# МОДЕЛИ РЕЙТИНГА УНИВЕРСИТЕТОВ

**А. В. Козулин, М. М. Ковалев**

*В статье заложены основы методологии построения рейтингов университетов, факультетов, других учебных учреждений. Построены математические модели рейтинга учебных заведений, приведены необходимые алгоритмы. Обобщен и систематизирован зарубежный опыт составления рейтингов университетов по уровням обучения, по специальностям. Изложенная теория и зарубежный опыт рейтинга университетов могут быть полезными как при выработке национальных методик сертификации и аккредитации учебных заведений, так и при формировании системы белорусских рейтинговых агентств.*

## 1. Введение

Одно из основных требований образовательного процесса – его прозрачность. Учебные учреждения не имеют права скрывать показатели качества образования и его соответствия образовательным стандартам.

Первая линия внешнего контроля качества образования за рубежом – это, как и у нас, правительственные институты управления образовательным учреждениями. Принципиальных отличий с нашей системой она не представляет. Вместе с тем за рубежом контроль государства образовательного процесса дополняется цельной системой общественного контроля. Это и есть вторая линия контроля качества образования. Она включает аккредитационные учреждения, профессиональные ассоциации. За рубежом существуют региональные аккредитационные институты, аккредитационные агентства профессиональных ассоциаций аккредитация по отраслям. В частности, в США на пятьдесят штатов существует 6 региональных ассоциаций, осуществляющих надзор за школами и колледжами. Региональная аккредитация, в принципе не обязательна, но она дает доступ к средствам различных федеральных фондов исследований и студенческих стипендий. Собственниками многих специализированных аккредитационных агентств служат профессиональные ассоциации и союзы: инженеров, врачей, юристов, журналистов. Например, ассоциация ABET объединяет 28 инженерных союзов США и аккредитует все инженерные факультеты США. Надзор за этими агентствами в США обеспечивается или специальной организацией формируемой университетами (Аккредитационный совет высшего образования (CHEA)), или Федеральным департаментом образования, или обеими организациями одновременно. Правительство включается в процесс аккредитации только по отдельным специальным направлениям, например, подготовка военных. В США существует более 10 аккредитационных агентств по профессиям.

- Третья линия контроля – рейтинговые агентства, которые публикуются в прессе и непосредственно влияют на выбор будущих студентов, а, следовательно, публикуются рейтинги образовательных учреждений рейтинги, как в целом университетов, так и в разрезе регионов, специальностей, уровней образования (undergraduate, graduate, postgraduate). Методика рейтингов, как правило, прозрачна и известна тем, кто выбирает место учебы. Мировые рейтинги по университетам регулярно публикуют - информационное агентство *U. S. News and World Report* (**www.usnews.com)**, по бизнес-школам журнал Business Week (**www.business.week.com)**, газета Financial Times. В ведущих университетских странах – США, Англии, Германии – существуют десятки национальных рейтингов. Наиболее авторитетные из них: TOP 50 национальных университетов США по методике *U. S. News*, Maclean рейтинг канадских университетов, газеты Times университетов Великобритании. В Германии около 10 рейтинговых агентств, например, наиболее известное из которых - общество FIBAA (**www.fibaa.de**).

Применяемые методики ранжирования университетов достаточно сложны, и чтобы их лучше понимать, мы ниже изложим основы теории рейтингов. Теория рейтингов есть раздел эконометрики, изучающий методы измерения сравнительных преимуществ одних объектов над другими.

Слово рейтинг (от лат. rating) означает оценку, отнесение к классу, разряду, категории и буквально переводится как «положение, класс, разряд, ранг». Идея рейтинга, т.е. упорядочения от первого до последнего в списке, восходит к известному французскому математику эпохи Великой французской революции Кондорсе (Condorcet), на основе которой он пытался построить теорию справедливых выборов – рейтинг политиков, программ, партий. Его идеи и легли в основу современной математической теории рейтинга (см. ниже раздел 2, 3).

В дальнейшем независимо от числа образовательных учреждений (университетов) и принципа отбора показателей, характеризующих их работу, исходные данные для рейтинга представляем в виде таблицы $[a_{ij}]_{n\times m}$, где n – число университетов, m – число показателей и $a_{ij}$ – значение j-го показателя для i-го университета. В динамических рейтингах таких матриц (таблиц $[a^t_{ij}]_{n\times m}$) может быть много для каждого момента времени t.

Оценочные критерии, применяемые при оценке университетов условно можно разбить на три больших группы.

**Первая группа** – репутация университета в академических кругах, т. е. в профессорско-преподавательских кругах, а также популярность среди абитуриентов, например, это интервал (скажем, два средних квантиля) тестовых баллов SAT-ACT[1] в США. Так в TOP 2001 университетов США с национальным статусом у 1-го в рейтинге Гарвардского университета этот

[1] SAT – Scholastic Aptitude Test, ACT – American College Testing Service (подробнее см. на сайте www._____).

показатель равен 1360-1540, а у 50-го Техасского – 1080-1300; в Германии – это балл оценок аттестата зачисленных. О популярности вуза свидетельствует и высокая стоимость обучения в нем. В данной группе показателей с помощью анкет измеряется мнение коллег, профессиональных союзов.

**Вторая группа** – качество на выходе. Для первой ступени (undergraduate) качество измеряется с помощью такого показателя как количество выпускников, продолживших образование в магистратурах и аспирантурах престижных университетов. Для второго (магистратура) и третьего (аспирантура) уровня образования это качество измеряется одним критерием - перспективами получения работы. В рыночной экономике это главный критерий. Измеряют его с помощью разных показателей, например, для рейтинга бизнес-школ (см. 2001 TOP Business Schools) учитывается процент получивших работу в течение 3-х и 12-ти месяцев после окончания вуза, а также стартовая зарплата. Учитывается также, насколько вуз помогает в поиске работы. Учитывается и целый ряд других критериев, полученных из анкет, собранных союзами выпускников данного университета. В некоторых рейтингах важный критерий – мнение рейтинговых агентств и администраций ярмарок-вакансий. Опросы работодателей по сравнению качества подготовки, работающих у них выпускников различных магистратур, – дают важную информацию для их ранжирования. Для многих профессий, например, юристов, иногда педагогов, существуют экзамены для включения в профессиональное сообщество (например, известный в США экзамен для вступления в American Bar Association)[2]. Естественно, что доля выпускников магистратуры или аспирантуры успешно прошедших профессиональные экзамены независимых ассоциаций – важная информация для рейтинга.

**Третья группа** – собственно качество учебного процесса, соотнесенное к затратам. Эту нетрадиционную группу оценочных критериев образуют меры «добавленной стоимости», т.е. отношение результата к затратам и потенциалу. По этим критериям в лидеры выходят молодые амбициозные университеты, которые энергично и целеустремленно внедряют эффективные новые технологии и тем самым стремительно улучшают качество учебного процесса. Финансирование и качество библиотек – также не последний показатель при оценке вуза.

Применяемые критерии в конкретных рейтингах рассмотрим в разделах 4 – 6.

## 2. Простейшие методы ранжирования университетов

Экспертиза и ранжирование социально-экономических объектов любой природы – сложная проблема теории принятия решений и теории коллективного выбора. Исследованию данной проблемы посвящена обширная литература (см. напр. [1]). Здесь мы остановимся только кратко на отдельных

[2] Обзор рейтингов юридических факультетов университетов (Law Schools) см. на сайте http://www.ilrg.com/rankings.

методах, применимых для экспертизы и рейтинга учебных учреждений. Впрочем, схожие методы применимы и при рейтинге научных проектов [2] и проведении тендеров [3], рейтинге банков [4], государств [5]. Рассмотрим сначала самые простые методы рейтинга.

**Метод Кондорсе.** Буквальное применение метода Кондорсе к рейтингу *УУ* формулируется следующим образом: наилучшим университетом называется университет *i* (с необходимостью единственный), который лучше любого другого по правилу большинства: рейтинговых показателей таких что, $a_{ik} \rangle a_{jk}$ больше чем тех показателей *k*, что $a_{ik} \langle a_{jk}$. Затем определяется наилучший из оставшихся и т.д.

**Метод Борда.** Популярно в теории ранжирования также метод другого французского математика Борда (Borda).По каждому показателю *k* упорядочиваем все *n* университетов от лучшего к худшему. За последнее место университет получает 0 баллов, один балл за предпоследнее и так далее, за первое место университет получает *n–1* балл. Суммируются баллы, полученные за каждый показатель. В итоговом рейтинге на первое место ставится университет с наибольшей суммой баллов и т.д. Упорядочение, полученное этим методом, обобщает мнения всех экспертов или показателей, учитывая мнение большинства.

**Метод Копленда.** Университету ставится +1, если большинство считает его лучше какого-то другого, -1, если хуже, и 0 при равенстве. Рейтинг суммирует все оценки при сравнении университета с другими университетами. Получается, что рейтинг университета равен разности между числом университетов лучше данного и числом университетов хуже данного по мнению экспертов или по значению объективных показателей. Метод рекомендуется использовать, когда необходимо построить упорядочение по мнению большинства и узнать про каждый университет, по сравнению со сколькими университетами по мнению большинства он выигрывает или проигрывает. Если в полученном упорядочении сумма рейтингов университетов равна числу экспертов, то рейтинг каждого университета означает, сколько экспертов поставило его на первое место, и что нет больших расхождений во мнениях экспертов. Если же сумма рейтингов больше числа экспертов, то у экспертов большие расхождения во мнениях оценки объектов. И в этом случае оценки объектов могут оказаться необъективными.

**Метод Симпсона.** Для каждых двух университетов *i* и *j* находим число экспертов и показателей, указывающих, что университет *i* лучше, чем университет *j*. *Оценкой Симпсона* $u_{ij}$ университета *i* будем называть наименьшее из чисел ($u_{i1}$ ,...,$u_{in}$). Университеты упорядочиваем в порядке убывания. В результате упорядочения получается усреднение мнений экспертов. Этот метод рекомендуется использовать, когда нет больших расхождений экспертов во мнениях об упорядочении объектов. Тогда метод выделит самые лучшие университеты, по мнению самых необъективных экспертов. С помощью метода Симпсона можно также обнаружить необъективность экспертов.

В методах Копленда и Симпсона все эксперты равноправны, т.е. их веса равны единице, и для анализа нужно знать лишь упорядочение университетов каждым экспертом. Однако при опросе экспертов, кроме простого упорядочения университетов по критериям, можно требовать упорядочения с оценками.

## 3. Методы линейного ранжирования на основе результирующего критерия

Методика линейного ранжирования состоит из четырех этапов: отбор показателей, переход к безразмерным показателям, построение результирующего критерия, упорядочение университетов в линейный список. Рассмотрим подробнее эти этапы.

***Этап 1.*** *Отбор рейтинговых показателей.* Каждая методика рейтинга опирается на свой набор показателей. Показателей можно брать немного – это хорошо известно специалистам по распознаванию образов. Однако трудно определить, какие показатели существенны. Поэтому на практике приходится брать достаточно показателей. Иные рейтинговые агентства используют сотни показателей.

***Этап 2.*** *Шкалирование показателей*, т. е. превращение рейтинговых показателей в безразмерные величины путем сравнения либо с лучшим, либо со средним, либо с эталонным значением для данного показателя.

Например, по многим показателям **шкалирование** осуществляется по формуле:

$$\overline{a_{ik}} = \left( \frac{a_{ik} - a_k^{\min}}{a_k^{\max} - a_k^{\min}} \right),$$

где $a_k^{\max}$, $a_k^{\min}$ - максимальное и минимальное значение $k$- го показателя. Процедуру шкалирования часто называют переходом к баллам (score).

***Этап 3.*** *Построение результирующего критерия*, как некоторой функции свертки шкалированных показателей, чаще всего осуществляется с помощью сепарабельной функции следующего вида:

$$F_i(i) = \sum_{j=1}^{m} f\left(a_{ij}\right),$$

где $f$ - некоторая возрастающая функция. Как правило, она выбирается из одного из следующих классов:

1) класс линейных функций - $F(i) = \sum_{j=1}^{n} C_j a_{ij}$ , где $P_j$ – вес критерия $j$;

2) класс логарифмических функций - $F(i) = \sum_{j=1}^{n} P_j \log \ a_{ij}$ ;

3) класс экспоненциальных функций - $F(i) = \left(sign\ \ p_j\right)\sum_{j=1}^{n} e^{p_j a_{ij}}$ ;

4) класс степенных функций - $F(i) = \left(sign\ q\right)\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{q}$ .

Можно дать простейшие рекомендации по выбору на практике вида функции:

**Логарифмическую функцию** рекомендуется использовать, когда значения показатели имеют большой разброс. При этой функции вперед выйдут университеты с равномерными значениями показателей.

При **экспоненциальной функции с положительной степенью**: p>0 более высокие оценки сильнее влияют на результат, чем более низкие, т.к. в первом случае слагаемые при суммировании получаются больше. Такую функцию хорошо использовать, когда хотим дать преимущество университетам по отдельным показателям резко вырвавшимся вперед. Выбор значения коэффициента p зависит от того, в каких единицах измеряются показатели. Если показатели даже после шкалирования выражаются большими числами, то коэффициент p лучше брать ближе к 0, чтобы при суммировании не получались очень большие слагаемые, которые не будут наглядными и будут перекрывать низкие значения других показателей. Если показатели выражаются маленькими числами, то коэффициент p имеет смысл брать от 1 и больше, чтобы слагаемые не были слишком маленькими и рейтинги отличались друг от друга на большую величину. Для диапазона значений оценок от 0 до 100 удобны коэффициенты p = 0,1.

**Экспоненциальная функция с отрицательной степенью**: p<0 (в противоположность предыдущей функции) благодаря отрицательному показателю степени приводит к тому, что более низкие значения показателей сильнее влияют на результат, чем более высокие. Функцию хорошо использовать, когда нужно чтобы более низкие показатели сильнее повлияли на результат. Для диапазона оценок от 0 до 100 предлагается $p$ = -0,1.

**Степенную функцию с положительной степенью** при 0<q<1, рекомендуется использовать при желании сгладить высокие оценки, т.к. большие показатели при возведении в степень q уменьшаются в большее число раз, чем меньшие оценки а при q>1 большие оценки влияют на рейтинг сильнее, чем меньшие. При **степенной функции с отрицательной степенью** большие оценки при возведении в степень $q$ уменьшатся в большее число раз, чем оценки меньшие. При подсчете рейтинга большие оценки сглаживаются сильнее, чем меньшие. Для диапазона оценок от 0 до 100 часто используется значение $q$=*-0,3*. Метод рекомендуется использовать при желании сгладить высокие оценки.

Следует отметить, что в практике чаще всего применяется линейная функция с суммой весов, равной 1, т. е. вес каждого критерия есть его доля в общем критерии. Поэтому ниже при описании конкретных рейтингов будем употреблять термины типа 10% результирующего критерия, это значит, что данный критерий входит с весовым коэффициентом 0,1.

***Этап 4.*** *Линейное упорядочение университетов* в зависимости от значения результирующего критерия.

Теперь рассмотрим две конкретные методики, основанные на методах линейного ранжирования.

## 4. Методика рейтинга U. S. News and World Report[3]

Восемнадцать показателей, которые использует *U. S. News* для определения рейтинга (см. Приложение 1) можно разбить на семь классов: академическая репутация, способность удержать студентов, ресурсы профессорско-преподавательского состава, селективность студентов, финансовые ресурсы, пожертвования выпускников и норма окончивших учебное заведение, т. е., разница между количеством студентов, которые должны были окончить учебное заведение и теми, кто действительно это сделал. Один из показателей дает оценку «вложенных усилий» - качество студентов и профессорско-преподавательского состава, и обеспеченность финансовыми ресурсами к «результату» - показывает, насколько хорошо колледж справляется со своей работой по обучению студентов при имеющемся потенциале.

- **Академическая репутация.** Результирующая рейтинговая формула *U. S. News* наибольший вес (25 %) отдает академической репутации, поскольку факт окончания известного (престижного) колледжа очень помогает выпускникам найти хорошую работу или поступить в привилегированные магистратуры. Академическая репутация определяется через опрос директоров, ректоров и деканов учебных заведений этой категории, каждый из которых оценивает учебные заведения по пятибалльной системе. Те, кто не достаточно знает о данном колледже, ставит ответ «не знаю». Для рейтинга 2000 года 67% из 3,969 человек прислали анкеты с ответами. Для обработки столь большого массива экспертных ответов привлекается чикагская фирма Market Facts Inc. по изучению общественного мнения.

- **Способность удержать студентов.** Чем большее количество первокурсников продолжает учебу в следующем году и заканчивает в итоге учебное заведение, тем видимо качественнее и разнообразнее услуги по предложению курсов лекций. Данный критерий имеет два составных компонента: норма окончивших университет (бакалавриат) в шесть лет (80% общего показателя) и норма, показывающая способность удержать первокурсников (20% общего показателя). Норма окончивших колледж показывает усредненное количество выпускников, закончивших колледж за шесть или менее лет; рассматривались те группы студентов, которые начали учиться в период с 1990 по 1993 год. Норма, показывающая способность удержать первокурсников, среднее соотношение количества первокурсников, поступивших между 1995 и 1998 годами, и тех, кто продолжил обучение на следующий год.

[3] Результаты применения методики можно найти на сайте: www.usnews.com.

- **Норма окончивших учебное заведение.** Этот показатель «добавленной стоимости» был разработан с целью изучить влияние программ и политики колледжа на количество окончивших учебное заведение по отношению к затратам и способностям студентов. Измеряется разница между количеством окончивших учебное заведение за шесть и менее лет обучения и прогнозируемой нормой выпуска. Прогнозируемая норма учитывает результаты тестов у поступивших студентов и затраты них колледжа. Если действительное количество окончивших колледж выше прогнозируемого, колледж добивается успехов.

- **Ресурсы профессорско-преподавательского состава.** Исследования показывают, что чем более студенты довольны своими преподавателями, тем дольше они будут учиться в данном колледже и тем больше вероятность того, что они окончат это учебное заведение. Используются шесть показателей за 1999 - 2000 академический год. Показатель размера группы имеет два компонента: один представляет собой количество групп с числом студентов менее 20 человек (30% показателя) и второй представляет число групп с 50 и более студентами (10% общего показателя). Зарплата профессорско-преподавательского состава (35%) представляет собой среднюю оплату преподавателя, плюс льготы за 1998–99 и 1999–2000 учебный год, скорректированную на региональные различия в стоимости жизни. Измеряется доля профессоров, имеющих высшую ученую степень в своей области (15% общего показателя),соотношение студентов и преподавателей (5% показателя) и доля преподавателей, занятых полный рабочий день (5% показателя).

- **Селективность студентов.** Академическая атмосфера колледжа определяется способностями и амбициями студенчества. Показатель измеряется с помощью следующих четырех компонентов: оценки, полученные на тестах SAT и ACT (40% показателя) для двух средних квантилей студентов, т. е. отброшены по 25% студентов с самыми высокими баллами; количество первокурсников, которые вошли в число первых 10% выпускников средних школ для национальных вузов и первых 25% для региональных вузов (35% общего показателя); конкурс студентов (15%); и доля принятых студентов по отношению к конкурсу (10%).

- **Финансовые ресурсы.** Значительные финансовые затраты на студента показывают, что университет может предложить широкий выбор программ и услуг. *U. S. News* определяет средние затраты на обучение, исследования и услуги студентам и по нему ранжирует университеты.

- **Пожертвования выпускников.** Процентная доля выпускников, которые сделали пожертвования колледжу. Показатель является косвенным свидетельством удовлетворенности выпускников своим колледжем.

Рейтинг университета вычисляется как взвешенная сумма баллов. Баллы определяются следующим образом: наилучшие колледжи по данному показателю получают 100 баллов, остальные получают балл в пропорции показателя от этой наивысшей суммы. Окончательное количество баллов округляется до целых чисел, и колледжи ранжируются в порядке убывания.

*U. S. News* определяет также рейтинги магистратур в разрезе специальностей (примеры лучших магистратур в области информатики, права см. в Приложении 2). Оценочные критерии, особенно в части измерения конечного результата – качества выпускника, несколько адаптируются к профессии. Так для юристов очень важный показатель – доля выдержавших экзамены для вступления в профессиональный союз адвокатов (BAR), для бизнес-школ – начальная зарплата.

Для всех магистратур и особенно аспирантур чрезвычайно важный оценочный показатель – исследовательский рейтинг, который присваивает Национальный исследовательский совет. *U. S. News* публикует также списки лучших в каждой специализации (см. приложение 3). Определяются последние списки исключительно на основе опроса университетских экспертов.

Газета *«The Times»* оценивает английские университеты по следующим критериям:

1. **Оценка преподавания:**
   - Преподаватели, не принадлежащие к данному университету, оценивают разные факультеты университетов. По данным результатам выводится средний рейтинг для всего университета.
2. **Оценка исследований:**
   - Преподаватели разных факультетов были оценены по шкале от 5 (лучший) до 1 (худший), из результатов был выведен средний балл.
3. **Количество баллов, нужных для поступления в университет:**
   - Для поступления в университет ученику нужно пройти двухгодовое образование по трем предметам (A-levels), которые оцениваются по шкале от A до E (A = 10 баллам, B = 8 баллам, C = 6 баллам и т. д.);
   - В этом рейтинге наибольшая возможная сумма (30 баллов) приравнивается к 100. Например, для поступления в Кембриджский университет необходимо набрать 30 баллов, а для поступления в Шеффилдский университет – 22 балла и т. д.
4. **Пропорция студентов к преподавателям:**
   - Вычисляется путем деления числа студентов на число преподавателей в университете.
5. **Затраты на библиотеки и компьютерное обеспечение:**
   - Метод вычисления: затраты университета на библиотеки и компьютеры, деленные на число студентов. Базируется на данных за 3 года.
6. **Расходы на социальные нужды студентов:**
   - Расходы на спортивные сооружения и площадки, оздоровительные центры и т. д., деленные на число студентов в университете. Базируется на данных за три года.
7. **Качество дипломов выпускников:**
   - Число выпускников, получивших дипломы 1-го и 2-го верхнего класса, деленное на число всех выпускников.
8. **Занятие выпускников после окончания университета:**

- Число выпускников, нашедших работу или продолжающих учеб у спустя 6 месяцев после окончания университета, деленное на общее число выпускников.

**9. Завершение работы:**

- Время, проведенное студентами в университете, деленное на время, которое студенты должны были бы проучиться для получения степени/диплома.

**10.Совокупная сумма всех вышеупомянутых показателей.**

## 5. Рейтинги бизнес-школ[4]

Один из наиболее авторитетных в мире рейтингов составляет с 1988 года журнал Business Week. Правда касается он только бизнес-магистратур. Полная методика рейтинга не раскрывается. Однако оценочные критерии известны и образуют то, что журнал называет профиль университета. Они разбиты на такие группы: качество абитуриентов, контингент студентов, трудоустройство (число предложений каждому выпускнику и стартовая зарплата), профессорский персонал, технологическая оснащенность, структура учебного плана (доля лекций и casestudy).

Отличительная черта рейтинга – плотность показателей, что при незначительном ослаблении позиций по отдельным критериям может привести к перемещению на 5 и более позиций в рейтинге. Так школа бизнеса Чикагского университета с 3-го места в 1999 году переместилась сразу на 10-е в 2000 году (см. рейтинг 20 лучших школ бизнеса). В то же время 7 первых мест в международной табели о рангах бизнес-школ (без учета американских) в рейтинге Business Week неизбежно занимают следующий порядок: французская INSEAD, английская LBS (London Business School), испанская IESE, швейцарская IMD (International Institute for Management), Western Ontario, голландская Erasmus (Rotterdam School of Management Erasmus-University), канадская Rotman (Toronto).

Комиссия по бизнес-образованию также дает лучшую десятку европейских бизнес-школ в следующем порядке: IMD, INSEAD, IESE, LBS, ISA, Erasmus, Manchester, SDA Bocconi, Nijenrode.

Следует заметить, что рейтинг бизнес-школ – любимое занятие многих журналов, ассоциаций, советов (см. сводную таблицу в Приложении 4). Наиболее известный из вышеперечисленных - это, безусловно, мировой TOP-100 Financial Times (последний см. в номере от 22 января 2001г.). Financial Times MBA 2001 первую десятку приводит в следующем порядке: Wharton, Harvard, Stanford, Chicago, Columbia, Sloan, INSEAD, LBS, Kellogg, Stern. В сотне ведущих по версии Financial Times в мире бизнес-школ пока отсутствуют университеты из стран СНГ и стран Центральной и Восточной Европы. Дело в том, что рейтинговые критерии Financial Times содержат стандартные оценки выпускников и работодателей, а получить их естественно возможно лишь после

[4] На сайте www.bschool.com собраны всевозможные рейтинги бизнес-школ.

нескольких выпусков. Перечислим критерии с весами (в процентах) рейтинга Financial Times при их линейной свертке в результирующий):

- **качество выпускников:** взвешенная зарплата (20%) - есть средняя зарплата выпускников за последующие три года после выпуска, динамика роста зарплаты за последующие три года (20%), доходность учебы (3%) - есть количество денег, заработанных за время учебы и за последующие три года после выпуска на каждый затраченный на обучение доллар, карьерный прогресс (3%) - измеряется уровнем карьерных изменений за три года после защиты магистерской диссертации, достигнутые цели (3%) - мера осуществления планов и целей получения магистерской степени, успешность трудоустройства (2%) - есть доля выпускников, получивших работу в результате рекомендации, трудоустройство в течение трех месяцев (2%) – процент трудоустроившихся в течение первых трех месяцев после окончания после получения степени;
- **научное качество персонала:** исследовательский рейтинг факультетских публикаций (10%), докторский рейтинг (5%) - измеряется числом защищенных в последние три года диссертаций в ведущих школах бизнеса, процент преподавателей со степенью доктора (5%);
- **степень интернационализации:** доля привлекаемых иностранных профессоров (4%), доля иностранных студентов (4%), доля иностранцев в руководстве (2%), интернациональная мобильность выпускников (6%), интернациональный опыт (2%) - измеряет степень интернационализации лекционных курсов, языки (2%) - число изучаемых дополнительно иностранных языков);
- **степень феминизации:** доля женщин-преподавателей (2%), доля женщин-студенток (2%), доля женщин в руководстве (1%).

Различны издания, различны рейтинги, но основные критерии оценки качества учебного учреждения в рыночной экономике одни и те же:

1) Репутация, оцениваемая качеством поступивших студентов (конкурс, средние баллы в той или иной шкале, возраст, трудовой стаж (для школ бизнеса), количество иностранцев, стоимость обучения);
2) Учебный процесс (обеспеченность штатным профессорско-преподавательским составом и его квалификация, объемы научных исследований для магистратур и аспирантур, размеры групп, стоимость оборудования вуза);
3) Возможности трудоустройства (доля быстро получивших работу, начальная зарплата, число выпускников, получивших работу в известных транснациональных корпорациях и т. п.).

# 6. Рейтинги на основе факторного анализа

Линейное ранжирование сводит рейтинговые показатели в один агрегированный результирующий критерий (фактор). Эффективнее рейтинги на основе двух-, трех- и более факторных моделей. В последнее время для рейтинга стали часто применять методику, основанную на применении двухфакторного анализа. Методика представляет университеты точками на плоскости факторов, что особенно удобно при составлении динамических рейтингов. В двухфакторной динамической модели университеты-точки превращаются в траектории во времени, указывающие в каком направлении движется тот или иной университет (см. рис. 1), на котором указана траектория движения одного белорусского университета.

Итак, первый этап методики требует свертки набора показателей, характеризующих университеты, к меньшему числу некоторых факторов (двум, трем), являющихся линейной комбинацией исходных показателей. Для этого каждый рейтинговый показатель $A^j$, $j=1,...,m$ представляется как линейная комбинация $r$ гипотетических факторов $F_1,...,F_r$:

$$A^j = x_{j1}F_1 + ... + x_{jp}F_p + ... + x_{jr}F_r,\ j=1,...,n$$

с неизвестным весом $x_{jp}$ фактора $p$ в показателе $j$.

На втором этапе полученную с помощью стандартных методов факторную матрицу $[x_{jp}]_{m\times r}$ размерности m×r вращаем, умножая на матрицу поворота $T$. Для двухфакторного анализа матрица поворота $T$ имеет вид:

$$T = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}.$$

Оптимальное значение угла поворота $\alpha$, определяется, например, перебором всех значений от 0 до $\pi/2$ с некоторым шагом, скажем, $\pi/720$.

Окончательный поворот будет произведен на угол, при котором выполнится критерий: для характеристик, которые должны быть превалирующими в данном факторе сумма квадратов отклонений (дисперсия) от абсолютного максимума должна быть минимальна:

$$\sum_{p=1}^{r}\sum_{j=T_{p_i}}(M_j - a_j)^2 \longrightarrow \min$$

где $T_p$ – множество показателей, которые должны нести в $p$-м факторе основную нагрузку.

Умножив, справа факторную матрицу $X=[x_{jp}]_{m\times r}$ на $T$, получим окончательную матрицу, показывающую расположение университетов в новых координатах (факторах $F_1,...,F_r$).

Для иллюстративного примера приведем результат двухфакторного анализа динамики развития одного коммерческого университета. В качестве рейтинговых показателей были взяты: конкурс, проходной балл, численность студентов, доля отчисленных, для дипломов с отличием, доля распределенных. В результате применения факторного анализа получены следующие формулы:

Масштабность = 0,5 число выпускников + 0,36 число студентов + 0,14 число абитуриентов.

Эффективность = 0,32 доля дипломов с отличием + 0,28 доля закончивших + 0,31 конкурс

Траектория развития одного из белорусских университетов в полученных факторных координатах показана на рисунке 1. Она ясно показывает, что с 1991 г. до 1994 г. университет динамично развивался, повышая эффективность своей работы и увеличивая примерно с тем же темпом масштабы работы. С 1994 г. по 1996 г. эффективность работы упала, но сохранялся до 1995 г. рост масштабов работы университета. В 1997 г. сохранилась та же эффективность, но университет уменьшил свою численность. С 1997 г. восстановился примерно тот же темп роста, что и в 1993 г.

В двухфакторных или трехфакторных моделях очень удобно разбивать университеты на классы, указывая интервалы значений для каждого фактора. Например, университет попадает в класс *A* – больших национальных университетов, если фактор масштабность находится в заданном интервале [a,b], если меньше *a*, то это уже класс $A^-$ - региональных университетов, а если больше *b*, то наивысший - $A^+$ - университетов, претендующих на международное значение (см. рис. 1). Таким образом каждый университет попадает в один из классов типа $A^-$, B, C. Классы $B^-$, B, $B^+$ по другой оси указывают, на каком уровне элитности образования в соответствии со своим масштабом работает университет. В итоге такого рейтинга университеты разбиты на классы, типа $A^+$, B. Точнее, каждому университету будет присвоено не место, как в рейтингах линейной свертки, а класс. Такой подход – стандартная практика мировых рейтинговых агентств, типа Standart & Poors.

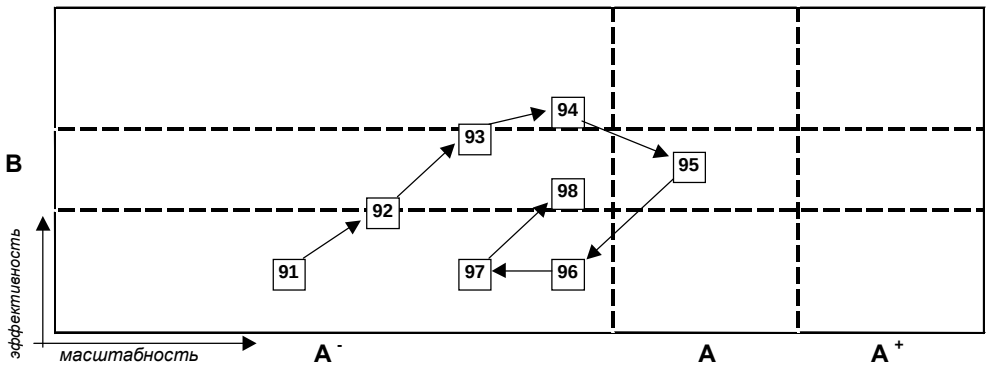


Рис. 1. Динамика развития некоторого университета с 1991 по 1998 на факторной плоскости (масштабность - качество)

# 7. Кластер-методики

Методики расчета рейтингов образовательных учреждений, основанные на разбиении университетов на группы (кластеры) однотипных называют **кластер-методики**. Последние являются относительно новым аппаратом присвоения университетам международных рейтингов. Однако, фактически все методики можно трактовать как кластерные. Наиболее простые кластеры получаются у методик линейного ранжирования: первые 30 национальных университетов в США, следующие 70 и т. д.

В кластер-методиках анализа первый этап стандартен – отбираются рейтинговые показатели. Далее, с помощью одного из методов кластерного анализа университеты группируются во множества однотипных. Точнее, ищется по тому или иному алгоритму наилучшая группировка (кластеризация) университетов относительно отобранных рейтинговых показателей эффективности работы. Число таких множеств (кластеров) и их содержательный смысл может быть либо задано заранее, либо получиться автоматически. Рассмотрим некоторые из таких методик.

**Объединяющие кластер-методики.** Каждый университет $i$ рассматриваем как $m$-мерный вектор $A_i = (a_{i1},...,a_{im})$ значений, характеризующих его оценочных показателей. Все университеты дают $n$ точек в $m$-мерном пространстве и их необходимо разбить на заданное число классов близко расположенных точек. Рассматриваем университеты, как совокупность одноэлементных кластеров. Выберем два из них, которые в смысле некоторой меры близости наиболее близки друг к другу, и объединяем их в один кластер. Новая совокупность кластеров содержит на один кластер меньше. Повторяя процесс, мы сведем получающуюся совокупность кластеров к требуемому числу кластеров, каждый из которых содержит однотипные университеты.

В качестве меры близости может применяться, например, расстояние между кластерами в евклидовой метрике. Изначально матрица расстояний $D = \{d_{ij}^2\}$, содержит $n$ строк и $n$ столбцов, где $d_{ij}$ есть евклидово расстояние между университетами $i$ и $j$, т. е. векторами ах показателей. После объединения двух кластеров в новый кластер и пересчета матрицы расстояний получим новую матрицу, содержащую на одну строку и на один столбец меньше. Пересчитывать необходимо лишь одну строку и один столбец, т.к. остальные элементы не изменятся. Вычисления удается свести к минимуму, выразив эти новые элементы через элементы "старой" матрицы расстояний.

В **методе максимального локального расстояния** два кластера объединяются, если максимальное расстояние между точками одного кластера и точками другого минимально. **Метод минимального локального расстояния** аналогичен методу максимального локального расстояния с точностью до наоборот. Этот метод "склонен" создавать крупные кластеры. В **методе Уорда** в качестве функции расстояния применяют внутригрупповую сумму квадратов отклонений, которая есть сумма квадратов расстояний между каждой точкой (университетом) и условным средним университетом в

кластере. На каждом шаге объединяются такие два кластера, которые приводят к минимальному увеличению внутригрупповой суммы квадратов отклонений. В **центроидном методе** близость кластеров определяется как расстояние между их центрами.

В **методе групповых средних** два кластера объединяются, если их среднее сходство максимально среди прочих. Среднее сходство между кластерами определяется как среднее сходство между всеми парами объектов из соответствующих кластеров.

Приведем формальную рекурсивную схему объединяющих кластер-методик.

1) Найти два кластера, расстояние между которыми минимально

$$d_{pq}^2 = \min\{d_{ij}^2\},$$

где квадрат евклидова расстояния между объектами i и j определяется по формуле: $d^2_{ij} = (A_i-A_j)^T (A_i-A_j)$. Здесь $A_i$ – вектор-строка i матрицы показателей $[a_{ij}]_{n\times m}$.

2) Кластер $p$ , объединяющийся с кластером $q$. Мера близости при этом увеличивается на

$$W_{pq} = \frac{1}{2} d_{pq}^2$$

3) Пересчитываются строка и столбец, соответствующие новому кластеру по формуле:

$$d_{hk}^2 = \alpha_i d_{hi}^2 + \alpha_j d_{hj}^2 + \beta d_{ij}^2 + \gamma \left| d_{hi}^2 - d_{hj}^2 \right|$$

Здесь значения параметров $\alpha,\beta,\gamma$ соответственно каждому методу равняются:

- для метода минимальных локальных расстояний: $\alpha_i=\alpha_j=1/2$; $\beta=0$; $\gamma =-1/2$;
- для метода максимальных локальных расстояний: $\alpha_i=\alpha_j=1/2$; $\beta=0$; $\gamma =1/2$;
- для метода медиан: $\alpha_i=\alpha_j=1/2$; $\beta=1/4$; $g=0$;
- для метода средних групп: $\alpha_i=n_i/n_k$; $\alpha_j=n_j/n_k$; $\beta=\gamma =0$;
- для метода центроидного: $\alpha_i=n_i/n_k$; $\alpha_j=n_j/n_k$; $\beta=-a_ia_j$; $\gamma =0$;
- для метода Уорда: $\alpha_i=(n_h+n_i)/(n_h+n_k)$; $\alpha_j=(n_h+n_j)/(n_h+n_k)$; $\beta=-n_h/(n_h+n_k)$; $\gamma =0$.

4) Возвращаемся к 1) и повторяем процедуру, до тех пор пока не получим требуемое число кластеров, например, три: университеты с высокими

показателями, университеты со средними показателями и университеты с низкими показателями. Заметим, что иногда данную схему удобнее применять в обратном порядке: сначала все университеты попадают в один класс, затем они разъединяются на два максимально однородных класса и т. д. Такие методики кластер-анализа называют разъединяющими.

**Оптимизационные кластер-методики.** Число кластеров заранее не определяется. Каждому показателю $k$ сопоставляется некоторое бинарное отношение $R_k$, которое характеризует "похожесть" между университетами $i$ и $j$ по показателю $k$. Обычно $R_k = \{(i,j) : |a_{ik}-a_{jk}| \le e_k\}$, где $e_k$ есть заданная вариация значений показателя $k$, т.е. если университеты $i$ и $j$ имеют различия в показателе $k$, не более $e_k$ , то считается, что они схожи по этому показателю. Искомое разбиение университетов на непересекающиеся классы однотипных университетов есть не что иное, как отношение эквивалентности $R$ на всем множестве университетов. Искомые кластеры есть как раз классы, определенные отношением эквивалентности $R$. Для определения наилучшей группировки необходимо сравнить отношение эквивалентности $R$ с каждым из бинарных отношений $R_k$, т.е подсчитать количество рассогласований между $R$ и $R_k$ (это число равно: $|R \Delta R_k| := \{(i, j) \mid (i, j) \in R$ и $(i, j) \notin R_k$, или $(i, j) \notin R$ и $(i, j) \in R_k\}$), просуммировать количество рассогласований по отношениям $R_k$ для всех показателей $k$ и найти отношение эквивалентности $R^*$, на котором достигается : $\min \sum_{k=1}^{m} |R^* \Delta R_k|$.

Идея подхода – сведение сформулированной задачи к задаче дискретной оптимизации: для этого каждое бинарное отношение на множестве $N$ представляется с помощью булевой матрицы следующим образом: для каж дого $k$, $1 \le k \le m$, и каждой пары $(i, j) \in NxN$ пусть:

$$r_{ij}^{(k)} := \begin{cases} 1, если (i, j) \in R_k \\ 0, если (i, j) \notin R_k \end{cases} \qquad r_{ij} := \begin{cases} 1, если (i, j) \in R \\ 0, если (i, j) \notin R \end{cases}$$

Нелинейную целевую функцию $\sum_{k=1}^{m} |R^* \Delta R_k|$ можно линеаризовать, а требования бинарного отношения $R$ рефлексивности, симметричности и транзитивности выразить с помощью линейных уравнений и неравенств и исключив часть переменных $r_{ij}$, в силу $r_{ij}=r_{ji}$ (порядок $i$ и $j$ несущественен, так что можно считать $i < j$), определить новые веса $w_{ij} = c_{ij} + c_{ji}$, , то получим следующую эквивалентную задачу дискретной оптимизации:

$$\min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_{ij},$$

при условиях:

$$x_{ij} + x_{jk} - x_{ik} \le 1 , \; 1 \le i < j < k \le n$$

$$x_{ij} - x_{jk} + x_{ik} \le 1 , \; 1 \le i < j < k \le n$$

$$- x_{ij} + x_{jk} + x_{ik} \le 1 , \; 1 \le i < j < k \le n$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} , \; 1 \le i < j \le n.$$

Результатом решения последней задачи является разбиение множества университетов на кластеры, которые объединяют “близкие ” друг другу университеты. Эксперты анализируют полученный результат и определяют названия кластерам.

Легко видеть, что если университеты представить вершинами полного $n$-вершинного графа, ребра которого взвешены числами $w_{ij}$, то задача кластеризации университетов сводится к задаче разбиения на клики полного графа со взвешенными ребрами.

Используя этот метод, со стандартными значениями статистической отчетности о вузах республики, были получены следующие результаты: кластер 1 – [БГУ], кластер 2 – [ГрГУ, ГГУ, БрГУ], кластер 3 – [БГПА, БГЭУ, БАТУ, ГСА, ММИ, МГЛУ], кластер 4 – [ПГУ].

## 8. Заключение

К рейтингам, построенным в виде списков, в которых все университеты ранжированы от первого до последнего места, даже если это сделано только внутри групп однотипных университетов (больших, средних, малых) или классических и специализированных следует относиться с учетом сути методики и подбора экспертов. Как подобрать методики более адекватные реальности и менее субъективные? За рубежом это предмет многочисленных дискуссий и массы публикаций (обзор см. напр. на сайте: **www.collegeboard.org**). Однако есть простой критерий – если одни и те же университеты в разных рейтингах, составленных разными экспертами по разным методикам, попадают на первые места, или на последние, то так оно и есть (например, см. на сайте **http://www.bschool.com/rankings.html** сводные таблицы всевозможных рейтингов бизнес-школ). И если при этом будет выявлена корреляция между действительными результатами университета и тем, о чем сигнализировал некоторый рейтинг, то это придаст данному рейтингу вес и авторитет. За рубежом отмечают еще один недостаток рейтингов - чаще всего публикуются рейтинги только лучших университетов, хотя, для абитуриентов, безусловно, более важно знать имена университетов на низких местах. Также и для органов надзора и аккредитации (цель которых – защита интересов обучающихся) более важна система раннего предупреждения об ухудшении положения университета и о грозящем ему финансовом банкротстве. Словом, профессиональные рейтинги являются только одним из вариантов диагностики состояния университетов. Но, разумеется, если методики рейтингов открыты, т.е. содержат полное описание схемы и всех математических процедур, и есть возможность перепроверить рейтинг, и если известно, на основе каких показателей и с какими весами построен рейтинг, то, безусловно, он будет полезен для общества, даже если вызовет отток студентов из конкретного вуза, ибо интересы общества важнее интересов вуза.

# Литература


1. Мулен Э. Корпоративное принятие решений. М. Мир, 1991.
2. Ковалев М.М., Нехорошева Л.Н. Новые инновационные структуры. Вестник БГЭУ, №1, 1995, с. 54-69.
3. Ковалев М.М., Курбацкий А.Н., Листопад Н.И. Экспертная система анализа тендерных предложений компьютерного оборудования и софтвера. Інфарматызацыя адукацыі, №1, 1997, 68-92.
4. Ковалев М.М., Шибеко И.Т. Методики расчета банковских рейтингов. Банкаўскі веснік, №6, 1999, 30-39.
5. Горбач А.В., Ковалев М.М. Как определяются международные рейтинги государств. Вестник ассоциации белорусских банков, №33, 2000.
6. Saperstein L. Educational Standards and Accreditation in the USA. Tagungsdokumentation Bachelor und Master in der Ingenieurwissenschaften DAAD, Hochschul Rektoren Konferenz. 1998, 30-39.
7. Lippen L., Hossler D. Mapping the Landscape of Higher Education, 1993.
8. Morse R., Flanigan S. Our method uses 16 measures of academic excellence. U. S. News and World Report (**www.usnews.com)**.