

МОДЕЛЬ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ ВУЗОВ НА ОСНОВЕ ИХ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Арефьев В.П.¹, Арефьев П.В.², Михальчук А.А.¹

¹ ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: aamih@tpu.ru

² Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва

В рамках модели нормативно-подушевого финансирования вуза с дифференцированными нормативами предложена методика расчета повышающего коэффициента качества набора с помощью двух составляющих, одна из которых определяется из соображений приоритетности показателя качества набора с учетом объема экономии средств, а вторая составляющая рассчитывается на основе кластеризации вузов в пространстве показателей вступительных испытаний. Рассмотрен вариант расчета повышающего коэффициента качества набора на примере одномерного пространства вступительных испытаний на примере рейтинга вузов по среднему баллу ЕГЭ зачисленных студентов 2012 года. Подробно рассмотрен также вариант расчета повышающего коэффициента качества набора на примере двумерного пространства показателей вступительных испытаний, состоящего из сводного индекса качества приема студентов 2010 года и динамического показателя разности средних баллов ЕГЭ среди зачисленных по конкурсу в 2011 и в 2010 годах. В связи с этим проведен многомерный статистический анализ качества приема в российские государственные вузы на основе результатов вступительных испытаний 2010-2011 годов. Использован факторный анализ для построения двумерного факторного пространства, в котором в рамках кластерного анализа построена 8-кластерная модель вузов, выделены группы кластеров вузов, однородных по каждому факторному показателю, построены 4 категории уровней качества набора по совокупности показателей и рассчитаны соответствующие повышающие коэффициенты качества набора. Предложенная методика расчета повышающего коэффициента качества набора допускает обобщение на случай пространства более двух показателей вступительных испытаний.

Ключевые слова: финансирование вузов, многомерный статистический анализ, рейтинг, вступительные испытания.

MODEL OF REDISTRIBUTION OF FINANCING OF HIGH SCHOOLS ON THE BASIS OF THEM CLUSTERING IN SPACE OF INTRODUCTORY TRIALS

Arefyev V.P.¹, Arefyev P.V.², Mihalchuk A.A.¹

¹ National research Tomsk polytechnical university, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin's avenue, 30), an e-mail: aamih@tpu.ru

² Financial university at the Government of the Russian Federation, Moscow

Within the limits of model of is standard-individual financing of high school with differentiated specifications the design procedure of the raising factor of quality of a gang by means of two components one of which is defined from reasons importance an indicator of quality of a gang taking into account volume of economy of means is offered, and the second component pays off on a basis clustering high schools in space of indicators of introductory trials. The variant of calculation of the raising factor of quality of a gang on an example of one-dimensional space of introductory trials on an example of a rating of high schools on a mean score of Unified State Examination of the enlisted students of 2012 is considered. Explicitly the variant of calculation of the raising factor of quality of a gang on an example of two-dimensional space of indicators of the introductory trials, quality of enrolment of students of 2010 consisting of a summary index and a dynamic indicator of a difference of mean scores of Unified State Examination among enlisted on competition in 2011 and in 2010 is considered also. In this connection the many-dimensional statistical analysis of quality of reception is spent to the Russian state high schools on the basis of outcomes of introductory trials 2010 - 2011. The component analysis for construction of two-dimensional factor space in which within the limits of the cluster analysis 8 cluster model of high schools is constructed is used, groups of clusters of the high schools homogeneous for each factor indicator are selected, 4 categories of degrees of quality of a gang on a population of indicators are constructed and qualities of a gang corresponding the raising factors of quality of a set are calculated. The offered design procedure of the raising factor of quality of a gang supposes generalisation on a case of space more than two indicators of introductory trials.

Keywords: Financing of high schools, a many-dimensional statistical analysis, rating, introductory trials.

На современном этапе реформирования российского высшего образования Министерство образования и науки РФ разработало перечень критериев, по которым будет оцениваться эффективность деятельности вузов [8] и приниматься решения об оптимизации сети вузов и их финансировании. Образовательную деятельность предлагается оценивать, в частности, средним баллом ЕГЭ зачисленных студентов (m_E). Такой рейтинг [6], показывающий уровень знаний абитуриентов 2012 г., поступивших на бюджетные места в государственные вузы страны, возглавляют лидер социально-экономических вузов МГИМО (1-е место) и лидер технических вузов МФТИ (2-е место), а у лидера классических университетов МГУ – 7-е место. При реорганизации сети вузов РФ предполагается изменение механизма перераспределения средств в государственном секторе образования таким образом, что финансирование вуза будет зависеть, в частности, от качества сформированного им контингента студентов, то есть от рейтинга вуза по m_E . В данной работе предлагается модель перераспределения существующей системы финансирования вузов на основе их кластеризации в пространстве показателей вступительных испытаний (ПВИ).

Своеобразие текущего момента преобразования существующей системы финансирования вузов [5; 7; 9; 10] состоит в переходе от сметного финансирования к поэтапному нормативно-подушевому финансированию государственных услуг в сфере образования, осуществление которого в полном объеме планируется к 2016 году [2-4]. Применение нормативно-подушевого метода финансирования вузов, во-первых, должно дать импульс к возникновению конкуренции вузов за «бюджетных» студентов и способствовать повышению качества образования, и, во-вторых, за счет управления значениями дифференцированных нормативов позволит осуществлять поддержку отдельных направлений высшего профессионального образования, которые являются социально значимыми и важными в свете реализации программ инновационного развития экономики РФ. Чтобы рассчитать необходимый для конкретного вуза объем финансового обеспечения выполнения государственного задания на оказание образовательных услуг, базовый норматив умножается на контингент обучающихся по данной специальности и на соответствующие корректирующие коэффициенты, отражающие стоимость обучения по группе специальностей и особенности положения вуза [3], а также качество предоставляемых вузом образовательных услуг [9]. Такой подход к формированию субсидий на выполнение государственного задания, во-первых, основывается на общих нормативных правовых актах и, во-вторых, учитывает специфику положения образовательных

учреждений. Модель нормативно-подушевого финансирования вуза с дифференцированными нормативами можно задать следующей формулой:

$$V = S_{БФ} \cdot \left(\sum_{k=1}^5 \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^9 N_{ijk} \cdot K_{ij} \cdot K_k \right) \cdot K_{СВ} \cdot K_{ТР} \cdot K_{ВИ} \cdot K_{КО} \cdot K_{ТУ} \cdot \dots, (1)$$

где V – объем бюджетного финансового обеспечения выполнения государственного задания на оказание образовательных услуг;

$S_{БФ}$ – базовый (минимальный) подушевой норматив, равный медианному значению стоимости обучения бакалавра по специальностям первой стоимостной группы, составивший 60,2 тыс. рублей (в расчете на студента первого курса 2012/2013 учебного года) [3] и включающий затраты, непосредственно связанные с оказанием образовательной услуги (57,5 %), на общехозяйственные нужды (35,5%) и прочие расходы;

K_{ij} – повышающие коэффициенты для разного уровня ВПО ($j = \overline{1,3}$: бакалавриат, специалитет и магистратура) и разных стоимостных групп специальностей ($i = \overline{1,9}$ в зависимости от потребностей материально-технической базы обучения и стоимости годовой подготовки в расчете на одного студента), различающиеся по уровням образования бакалавров и специалистов (от 1,00 до 1,86) и магистров (от 1,17 до 2,12) [3];

K_k – коэффициент дифференциации формы обучения ($k = \overline{1,5}$: $K_1 = 1,0$ – очная, $K_2 = 0,4$ – очно-заочная, $K_3 = 0,2$ – заочная, $K_4 = 0,2$ – экстернат, дистанционная) [3];

N_{ijk} – контингент обучающихся по данной стоимостной группе специальностей ($i = \overline{1,9}$) с учетом уровня ВПО ($j = \overline{1,3}$) и формы обучения ($k = \overline{1,5}$);

$K_{СВ}$ – повышающий коэффициент статуса вуза, т.е. принадлежности к категории «федеральный университет» или «национальный исследовательский университет», где затраты на обучение выше (на 20–60%), чем в большинстве вузов, не имеющих такого статуса;

$K_{ВИ}$ – повышающий коэффициент качества набора по результатам вступительных испытаний;

$K_{КО}$ – повышающий коэффициент качества предоставления образовательной услуги;

$K_{ТУ}$ – повышающий коэффициент качества выпуска.

Заметим, что в ходе реформы системы финансирования вузов не исключаются корректировки как в составе индексных коэффициентов стоимостных групп специальностей

(K_{ij} и K_k), так и в составе литературных корректирующих коэффициентов особенностей положения вуза ($K_{CB}, K_{TP}, K_{ВН}, K_{КО}, K_{ТУ}$ и т.п.).

В связи с рассматриваемой моделью (1) представляет интерес рассмотренная в данной работе методика расчета повышающего коэффициента качества набора $K_{ВН}$. Предлагается следующая формула вычисления:

$$K_{ВН} = 1 + R \cdot \Delta, \quad (2)$$

где Δ определяется из соображений приоритетности показателя качества набора с учетом объема экономии средств, а R рассчитывается на основе кластеризации вузов в пространстве ПВИ.

Простейший вариант пространства вступительных испытаний – рейтинг вузов по m_E [6] (рис. 1). Можно ввести, например, 4 категории уровней качества набора по результатам m_E 2012 г., характеризующиеся соответствующим балльным интервалом, средним m значений m_E интервала, числом n вузов в интервале и относительным расстоянием категорий $R = (m - m_{min}) / (m_{max} - m_{min})$, где m_{max} и m_{min} наибольшее и наименьшее значения m (табл. 1).

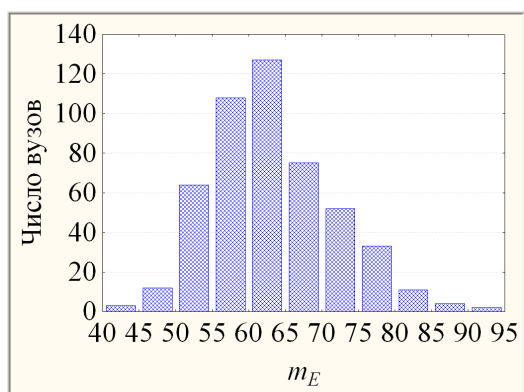


Рис. 1. Гистограмма распределения вузов по m_E 2012 г. по 100-балльной шкале.

Таблица 1 – Характеристики 4-уровневой номинальной шкалы качества набора по результатам m_E 2012 г.

Категория	баллы	m	n	R
лидер	90,0-100	91,35	2	1
высокий	70,0-89,9	75,61	101	0,60
средний	55,0-69,9	61,83	311	0,26
низкий	40,0-54,9	51,61	77	0

Например, при $\Delta=0,20$ согласно табл. 1 по формуле (2) можно вычислить соответствующие разным уровням качества набора значения коэффициента $K_{ВН}$: 1,20 для уровня «лидер»; 1,12 для уровня «высокий»; 1,052 для уровня «средний» и 1,00 для уровня «низкий».

Далее рассмотрим вариант более емкой кластеризации вузов в двухмерном пространстве ПВИ, состоящем из сводного индекса качества приема (СИКП) студентов 2010 года и динамического показателя разности в средних баллах ЕГЭ среди зачисленных по конкурсу в 2011 и 2010 годах (Dm_E) [6]. Показатель СИКП учитывает средние баллы ЕГЭ студентов, зачисленных в вузы на бюджетные места, средние баллы ЕГЭ студентов, зачисленных в вузы на коммерческие места, а также результаты зачисления в вуз победителей и призеров олимпиад

школьников, и рассчитывается как их средневзвешенное значение. Более того, в расчетной формуле значения СИКП аналогично формуле (1) присутствует повышающий коэффициент сложности вуза, равный значению 1,10 для технических университетов, значению 1,05 для классических университетов и 1,00 для остальных вузов. Рейтинг вузов по СИКП возглавляют МГУ (123,9 балла), у МФТИ 5-е место, а у МГИМО 6-е место.

Заметим, что показатели СИКП и Dm_E являются корреляционно зависимыми, так как характеризуются по выборке 347 вузов статистически значимыми коэффициентами парных корреляций Пирсона $r = 0,177$ (уровень значимости $p \approx 0,001$) и Спирмена $R = 0,209$ (уровень значимости $p \approx 0,0001$).

Наличие корреляционной связи СИКП и Dm_E позволило использовать факторный анализ для построения двухмерного факторного пространства ПВИ {Ф1, Ф2} и классифицировать Ф1 как фактор качества набора, определенного в значительной степени показателем СИКП, а Ф2 – как фактор динамики качества набора, определенного в значительной степени показателем Dm_E . При этом сами координаты пространства Ф1 и Ф2 являются уже корреляционно независимыми. Далее была проведена кластеризация вузов в {Ф1, Ф2} методом K -средних и построена 8-кластерная модель вузов, согласно λ -критерию Уилкса высоко значимо (на уровне значимости $p < 0,000005$) различающая 8 кластеров вузов по совокупности {Ф1, Ф2}, а согласно как параметрическому F -критерию, так и ранговому критерию Краскела–Уоллиса высоко значимо (на уровне значимости $p < 0,0005$) различающая кластеры по каждому фактору.

Затем были рассчитаны факторные средние значения кластеров вузов по каждому фактору, а также для сравнения приведены соответствующие абсолютные кластерные средние по СИКП и Dm_E и их стандартизированные аналоги (табл. 2). В факторном пространстве вычислено также для каждого кластера его евклидово кластерное расстояние по формуле:

$$R_{Kl} = \sqrt{(\Phi1 - \Phi1_{min})^2 + (\Phi2 - \Phi2_{min})^2} = \sqrt{(\Phi1 + 1,062)^2 + (\Phi2 + 1,674)^2} .$$

Таблица 2 – Кластерные средние вузов 2011 г. в абсолютных, стандартизированных и факторных показателях, а также n – число вузов в кластере и R_{Kl} – кластерное расстояние

Кластер	Абсолютные		Стандарт.		Факторные		n	R_{Kl}
	СИКП	Dm_E	СИКП	Dm_E	$\Phi1$	$\Phi2$		
К1	51,742	0,895	-1,092	-0,478	-1,062	-0,385	60	1,289
К2	60,823	4,047	-0,175	0,675	-0,238	0,698	81	2,511
К3	72,776	4,084	1,032	0,688	0,983	0,603	45	3,061

K4	56,569	8,719	-0,605	2,383	-0,827	2,466	16	4,147
K5	62,148	1,195	-0,041	-0,368	-0,008	-0,369	83	1,677
K6	71,061	0,109	0,859	-0,765	0,939	-0,852	23	2,163
K7	107,500	4,743	4,540	0,929	4,511	0,531	7	5,993
K8	60,944	-2,363	-0,163	-1,669	-0,014	-1,674	32	1,048

Заметим, что выше перечисленные лидеры российского образования МГИМО, МФТИ и МГУ входят в кластер K7, характеризующийся очень высоким качеством приема и его положительной динамикой.

Согласно как параметрическому апостериорному критерию наименьших значений разности, так и ранговому критерию Краскела–Уоллиса можно выделить для каждого фактора однородные (различающиеся незначимо, то есть на уровне значимости $p > 0,10$) группы кластеров, расположенные в порядке убывания факторных средних:

- Ф1: {K7}, {K3, K6}, {K2, K5, K8}, {K1, K4}.
- Ф2: {K4}, {K2, K3, K7}, {K1, K5, K6}, {K8}.

Полученные результаты кластеризации вузов наглядно проиллюстрированы графиками кластерных средних в факторных координатах Ф1 и Ф2 (рис. 2), а также диаграммой рассеяния кластерных средних по исходным показателям СИКП и Dm_E (рис. 3).

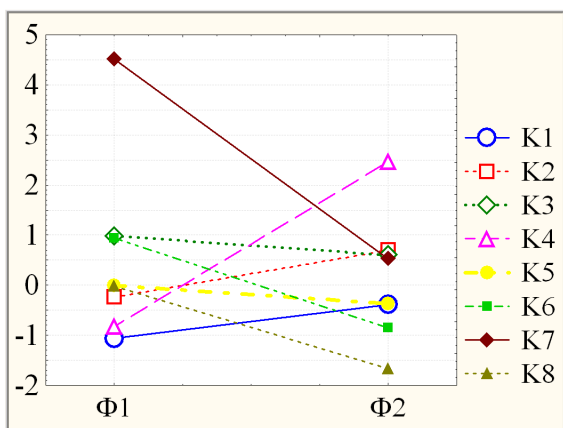


Рис. 2. Графики кластерных средних вузов в факторных координатах Ф1 и Ф2.

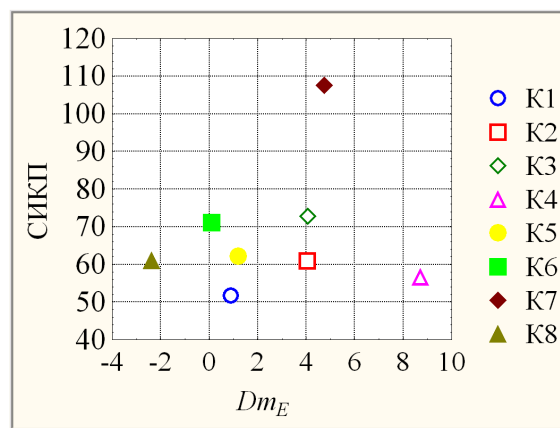


Рис. 3. Диаграмма рассеяния кластерных средних вузов в координатах СИКП и Dm_E .

На основании рис. 2, 3 можно ввести, например, 4 категории уровней качества набора по совокупности показателей СИКП и Dm_E и вычислить с помощью табл. 2 для каждой категории ее евклидово расстояние \bar{R} как среднее арифметическое R_{Kl} кластеров, входящих в категорию:

- «низкий», характеризующийся либо средним значением СИКП с отрицательной динамикой Dm_E (K8), либо значением СИКП ниже среднего со слабо положительной динамикой Dm_E (K1) и имеющий $\bar{R} = 1,169$;

- «средний», характеризующийся либо средним значением СИКП с положительной динамикой Dm_E (К2, К5), либо значением СИКП выше среднего с нулевой динамикой Dm_E (К6) и имеющий $\bar{R} = 2,117$;
- «высокий», характеризующийся либо значением СИКП выше среднего с положительной динамикой Dm_E (К3), либо значением СИКП ниже среднего с очень сильной положительной динамикой Dm_E (К4) и имеющий $\bar{R} = 3,604$;
- «лидер», характеризующийся очень высоким качеством приема и его положительной динамикой (К7) и имеющий $\bar{R} = 5,993$.

Согласно табл. 2 «низкий» уровень качества набора имеют 92 вуза ($\approx 26,5\%$); «средний» – 187 вузов ($\approx 53,9\%$), «высокий» – 61 вуз ($\approx 17,6\%$) и уровень «лидер» – 7 вузов ($\approx 2\%$).

Наконец, для каждой категории уровней качества набора можно вычислить относительное расстояние $R = (\bar{R} - \bar{R}_{min}) / (\bar{R}_{max} - \bar{R}_{min})$, где \bar{R}_{max} и \bar{R}_{min} наибольшее и наименьшее значения \bar{R} : 1,00 для уровня «лидер»; $\approx 0,50$ для уровня «высокий»; $\approx 0,20$ для уровня «средний» и 0,00 для уровня «низкий», что позволяет по формуле (2) при определенном Δ (например, $\Delta = 0,20$) вычислить для каждой категории значение коэффициента $K_{ВИ}$: 1,20 для уровня «лидер»; 1,10 для уровня «высокий»; 1,05 для уровня «средний» и 1,00 для уровня «низкий».

Возможна более детальная по ПВИ кластеризация вузов, когда вместо сводного показателя СИКП рассматривается система ПВИ [1]. При этом методика расчета повышающего коэффициента качества набора $K_{ВИ}$ аналогична второму варианту кластеризации вузов в двухмерном пространстве показателей вступительных испытаний.

Выводы

1. В рамках модели нормативно-подушевого финансирования вуза с дифференцированными нормативами предложена методика расчета повышающего коэффициента качества набора $K_{ВИ}$ на основе кластеризации вузов в пространстве показателей вступительных испытаний.
2. Рассмотрен вариант расчета $K_{ВИ}$ на примере одномерного пространства вступительных испытаний – рейтинга вузов по среднему баллу ЕГЭ зачисленных студентов 2012 г.
3. Подробно рассмотрен вариант расчета $K_{ВИ}$ на примере двухмерного пространства ПВИ, состоящего из сводного индекса качества приема студентов 2010 г. и динамического показателя разности в средних баллах ЕГЭ среди зачисленных по конкурсу в 2011 и 2010 гг. При этом использован факторный анализ для построения двухмерного факторного пространства, в котором в рамках кластерного анализа построена 8-кластерная модель вузов,

выделены группы кластеров вузов, однородных по каждому факторному показателю, построены 4 категории уровней качества набора по совокупности показателей и рассчитаны соответствующие повышающие коэффициенты качества набора.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука» № 1.604.2011 и поддержана ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» по контрактам П691.

Список литературы

1. Арефьев В.П., Михальчук А.А. Статистический анализ профильного высшего образования на основе вступительных испытаний // Современные проблемы науки и образования. – 2012 – № 6. – С. 1-9.
2. Боровская М.А., Ястребова О.К., Цветкова А.В. Новый механизм финансирования учреждений высшего профессионального образования: первые результаты // Высшее образование в России. – 2012. – № 5. – С. 3-14.
3. Боровская М.А. [и др.] Групповые нормативы затрат по специальностям и направлениям подготовки как ключевой этап реформы финансирования вузов // Высшее образование в России. – 2012. – № 6. – С. 3-14.
4. Груздев Г.В., Платонова Ю.А. Проблемы финансирования высшего образования в контексте задач инновационного развития вузов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 2-2. – С. 75-80.
5. Калашникова О.В. Качество высшего образования – основной критерий финансирования вузов в условиях инновационной экономики // Финансы и кредит. – 2011. – № 4. – С. 58-67.
6. Качество приема в вузы (2010 – 2012 гг.). – URL: <http://www.hse.ru/ege> (дата обращения: 02.02.2013).
7. Клячко Т.Л., Синельников-Мурылев С.Г. О реформировании системы финансирования вузов // Вопросы экономики. – 2012. – № 7. – С. 133-146.
8. Минобрнауки разработало критерии оценки деятельности вузов. – URL: http://ria.ru/edu_higher/20120730/712748694.html (дата обращения: 02.02.2013).
9. Фирсукова В.В. Финансово-экономические показатели и источники финансирования подготовки высококвалифицированных кадров // Сервис в России и за рубежом. – 2010. – № 1. – С. 91-98.
10. Халин В.Г. Финансирование российской высшей школы: состояние и перспективы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5: Экономика. – 2011. – № 1. – С. 47-53.

Рецензенты:

Трифонов Андрей Юрьевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры высшей математики и математической физики, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск.

Арефьев Константин Петрович, д.ф.-м.н., профессор кафедры высшей математики, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск.