

**МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА УСПЕВАЕМОСТИ
СТУДЕНТОВ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ**Д.А. Новосельцева

Научный руководитель: доцент, к ф.-м. н. А.А. Михальчук

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: dary_2503@mail.ru**MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS OF THE QUALITY OF STUDENT
PERFORMANCE ON HIGHER MATHEMATICS**Novoseltseva D.A.

Scientific Supervisor: As. Prof., PhD A.A. Mikhailchuk

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: dary_2503@mail.ru

Annotation. *In this article we construct a factor model of educational indicators on the example of the Energy Institute (ENIN) at Tomsk Polytechnic University (TPU). On the basis of the factor model, the cluster model was built 19 training groups ENIN.*

В условиях усовершенствования современного высшего образования в России основным направлением его модернизации является улучшение качества обучения и контроля знаний [1]. В данной работе, аналогично заочной форме обучения [2], выполнен многомерный статистический анализ результатов оценивания знаний по высшей математике в объеме первого семестра 422-х студентов 19-ти групп очной формы обучения ЭНИН ТПУ (группы 5Б31-4 направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»; 5А31-6, 5Г31-5 – «Электроэнергетика и электротехника»; 5В31-2 – «Энергетическое машиностроение»; 5О31-2 специальности «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»). Рассмотрение проведено в системе 6-ти показателей: ЕГЭм – результаты единого государственного экзамена по математике, ЕГЭп – общая сумма баллов абитуриента, ВТ – результаты входного тестирования по математике, АТТ1 – результаты текущей аттестации по высшей математике в середине семестра, АТТ2 – итоги текущей аттестации по высшей математике в конце семестра, и ЭКЗ – результаты классического семестрового экзамена. Все числовые результаты показателей преобразованы в единую 5-балльную шкалу. Таким образом, созданная в MS Excel база данных впоследствии использовалась в пакете Statistica для статистического анализа данных.

В рамках корреляционного анализа обнаружены высоко значимые (на уровне значимости $p < 0,0005$) положительная корреляционная зависимость между АТТ1, АТТ2 и ВТ, а также ЕГЭм и ЕГЭп. Коэффициенты парных корреляции Пирсона r и Спирмена R приведены в табл.1. Также выявлены незначимые различия между значениями R и r (например, для АТТ1-АТТ2 $R \approx 0,68$ и $r \approx 0,71$ различаются незначимо на уровне значимости $p \approx 0,47 > 0,10$, для ЕГЭм-ЕГЭп $R \approx 0,72$ и $r \approx 0,77 - p \approx 0,1024$). Учитывая корреляционную зависимость исходных показателей (АТТ1, АТТ2 и ВТ; ЕГЭм и ЕГЭп) на

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

основании факторного анализа проведено уменьшение их количества до трех (Фегэ, Фатт и Фэкз) и проведена интерпретация новых переменных по нагрузкам, определяющим корреляции между факторами и показателями (табл.2).

Таблица 2

Корреляционная матрица коэффициентов Пирсона (верхняя правая треугольная матрица) и Спирмена R(нижняя левая

| перемен. | ВТ | АТТ1 | АТТ2 | ЭКЗ | ЕГЭм | ЕГЭп |
|----------|------|------|------|-------|------|-------|
| ВТ | 1 | 0.38 | 0.51 | 0.27 | 0.15 | 0.23 |
| АТТ1 | 0.39 | 1 | 0.71 | 0.33 | 0.11 | 0.12 |
| АТТ2 | 0.51 | 0.68 | 1 | 0.46 | 0.1 | 0.14 |
| ЭКЗ | 0.27 | 0.26 | 0.38 | 1 | 0.03 | 0.056 |
| ЕГЭм | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.02 | 1 | 0.77 |
| ЕГЭп | 0.21 | 0.12 | 0.12 | 0.069 | 0.72 | 1 |

Таблица 2

Вращаемые факторные нагрузки в полученной 3-х факторной модели ЭНИН

| Перемен. | Фактор 1 | Фактор 2 | Фактор 3 |
|-----------|--------------|--------------|--------------|
| ВТ | 0,770 | 0,182 | -0,011 |
| АТТ1 | 0,806 | 0,038 | 0,232 |
| АТТ2 | 0,830 | 0,046 | 0,358 |
| ЭКЗ | 0,206 | 0,022 | 0,959 |
| ЕГЭм | 0,039 | 0,938 | 0,019 |
| ЕГЭп | 0,100 | 0,936 | 0,019 |
| Общ.дис. | 1,984 | 1,793 | 1,102 |
| Доля общ. | 0,331 | 0,299 | 0,184 |

Из табл.2 видно, что высокие факторные нагрузки первоначальных показателей разделились по факторам таким образом: фактор 1 – фактор аттестации Фатт характеризуется положительной корреляционной связью с ВТ, АТТ1, АТТ2 и интерпретируется как фактор текущей успеваемости; фактор 2 – фактор вступительных испытаний Фегэ характеризуется положительной корреляционной связью с ЕГЭм, ЕГЭп и интерпретируется как фактор вступительных испытаний; фактор 3- фактор семестрового экзамена Фэкз характеризуется положительной корреляционной связью прежде всего с

ЭКЗ и интерпретируется как фактор экзаменационного контроля.

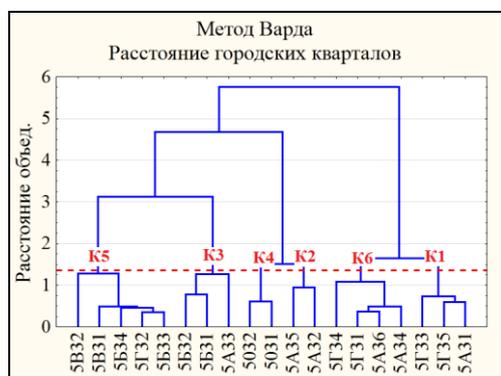


Рис. 1. Дендрограмма групп в {Фегэ, Фатт, Фэкз}

Для проведения дальнейшего анализа ЭНИН в рамках полученной 3-х факторной модели найдены значения наблюдений в новой системе факторных координат. В построенном 3-х мерном факторном пространстве {Фегэ, Фатт, Фэкз} проведена кластеризация 19-и учебных групп ЭНИН по их групповым средним, и построено иерархическое дерево (рис.1).

В результате получено разбиение 19 групп на 6 кластеров. Согласно дисперсионному анализу, кластеры групп студентов различаются высоко значимо по фактору Фатт (уровень значимости $p \approx 0,00003 < 0,0005$) и Фэкз (уровень значимости $p \approx 0,00015 < 0,0005$); сильно значимо по Фегэ (на уровне значимости $0,0005 < p \approx 0,0011 < 0,0050$).

Согласно апостериорному критерию наименьших значений разности можно упорядочить по убыванию факторных средних однородные (различающиеся незначимо) для каждого фактора группы кластеров:

Фегэ: {K4}, {K6, K1, K2, K3}, {K5};

Фатт: {K4, K2}, {K5, K1}, {K3, K6};

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

Фэкз: {K3, K4}, {K4, K5}, {K2, K6}, {K6, K1}.

Ранговый критерий Краскела–Уоллиса смягчает эти различия:

Фегэ: {K4, K6, K1, K2, K3}, {K1, K2, K3, K5};

Фатт: {K4, K2, K5, K1}, {K5, K1, K3, K6};

Фэкз: {K3, K4, K5, K2}, {K4, K5, K2, K6, K1}.

Итоги кластерного анализа наблюдений по совокупности факторов, учитывая результаты множественных сравнений кластерных средних для каждого фактора, дают возможность провести классификацию наблюдений в порядковой шкале стандартизованных измерений, считая в качестве уровня «Выше среднего» – стандартизованный интервал ($> +0,5$), «Средний» – $(-0,5; +0,5)$, «Ниже среднего» – $(< -0,5)$.

Из рис.2 видно, что, например, по фактору Фэкз группы студентов K1 и K6 демонстрируют уровень знаний «ниже среднего», группы студентов K2 и K5 – «средний», а группы студентов K3 и K4 имеют уровень знаний «выше среднего». Анализируя таким образом уровни знаний групп студентов также по

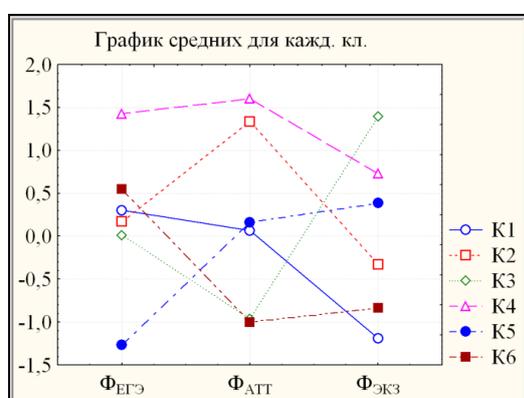


Рис.2. График средних для каждого кластера

факторам Фатт и Фэкз, можно заключить на основании дисперсионного анализа повторных испытаний, что группы кластера K5 имеют положительную высоко значимую текущую динамику ($\Phi_{\text{ЕГЭ}}$ и $\Phi_{\text{АТТ}}$ различаются высоко значимо на уровне значимости $p \approx 0,0002 < 0,0005$) и стабильную экзаменационную ($\Phi_{\text{АТТ}}$ и $\Phi_{\text{ЭКЗ}}$ различаются незначимо на уровне значимости $p \approx 0,47 > 0,10$); группы кластера K1 – стабильную текущую ($p \approx 0,55 > 0,10$) и статистически значимую ($0,005 < p \approx 0,0096 < 0,050$) отрицательную

экзаменационную; а остальные – в разной степени нестабильную: K2 – положительную статистически значимую ($0,005 < p \approx 0,008 < 0,050$) текущую и отрицательную высоко значимую ($p \approx 0,0007$) экзаменационную, K3 – отрицательную статистически значимую ($0,005 < p \approx 0,020 < 0,050$) текущую и положительную высоко значимую ($p \approx 0,00001 < 0,0005$) экзаменационную K4 – стабильную незначимую ($p \approx 0,25 > 0,10$) текущую и отрицательную статистически значимую ($0,005 < p \approx 0,042 < 0,050$) экзаменационную.

Построенные факторная и кластерная модели образовательного пространства могут быть применены при проведении мониторинга академической успеваемости студентов вузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баронин С.А., Сюзов К.С. Основные проблемные ситуации высшего образования // Высшее образование в России. –2013. – № 1. –С. 110-115.
2. Арефьев В. П., Михальчук А. А., Филипенко Н. М. Многомерные статистические методы оценивания знаний в системе заочного инновационного обучения [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014 – №. 2. – С. 1-8. - Режим доступа: <http://www.science-education.ru/116-12658>