

МНОГОМЕРНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ В СИСТЕМЕ ЗАОЧНОГО ИННОВАЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Арефьев В.П.¹, Михальчук А.А.¹, Филипенко Н.М.¹

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

Проведен многомерный статистический анализ результатов первой сессии по высшей математике студентов заочной формы обучения с использованием дистанционных образовательных технологий Томского политехнического университета. Рассмотрение проведено в системе 3 показателей: ИДЗ – оценка выполнения индивидуальных домашних заданий, ЭКЗ – результат тестового экзамена в режиме online и ДТ – разность моментов окончания и начала экзамена. В рамках корреляционного анализа выявлены высоко значимые положительная корреляционная зависимость между ИДЗ и ЭКЗ и отрицательная – между ДТ и ЭКЗ. С учетом корреляционной зависимости показателей на основании факторного анализа построены Ф1 – фактор успеваемости {ИДЗ+ЭКЗ} и Ф2 – фактор времени ДТ выполнения тестового экзамена. В построенном 2-мерном факторном пространстве {Ф1, Ф2} методом К-средних получена 7-кластерная высококачественная модель, распределяющая 248 студентов по 7 кластерам. В рамках дисперсионного анализа выделены для каждого фактора однородные группы кластеров. Результаты подобной кластеризации результатов оценивания знаний могут быть учтены при внедрении современных информационных образовательных интернет-технологий в организацию заочного обучения для обеспечения качества образования и контроля знаний.

Ключевые слова: многомерный статистический (корреляционный, факторный, кластерный, дисперсионный) анализ, дистанционные образовательные технологии, заочное обучение.

MANY-DIMENSIONAL STATISTICAL METHODS OF THE ESTIMATION OF KNOWLEDGE IN SYSTEM OF CORRESPONDENCE INNOVATIVE TRAINING

Arefyev V.P.¹, Mihalchuk A.A.¹, Filipenko N.M.¹

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

The many-dimensional statistical analysis of outcomes of the first session on higher mathematics of students of correspondence mode of study with use of distant educational process engineerings of Tomsk polytechnic university is spent. Reviewing is spent in system of 3 indicators: IHW - an estimation of performance of individual home works, EX - outcome of test examination in a condition on-line and DT - a difference of the moments of the termination and the examination beginning. Within the limits of a correlation analysis are revealed highly significant positive correlative association between IHW and EX and negative - between DT and EX. Taking into account correlative association of indicators on the basis of a component analysis are constructed F1 - the progress factor { IHW + EX } and F2 - the factor of time DT of performance of test examination. In constructed 2 measured factor space {F1, F2} the method of K-averages receives 7 cluster high-quality model distributing 248 students on 7 clusters. Within the limits of an analysis of variance are selected for each factor homogeneous groups of clusters. Outcomes similar clustering outcomes of an estimation of knowledge can be considered at introduction modern informational educational the Internet - process engineerings in the organisation of correspondence course for security of quality of formation and control of knowledge.

Keywords: many-dimensional statistical (correlative, factor, cluster, dispersing) the analysis, distant educational process engineerings, correspondence course.

Основными направлениями совершенствования современного заочного высшего образования являются внедрение новых, современных систем обучения (информационных образовательных интернет-технологий), повышение качества заочного высшего образования и контроля знаний с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) [4; 6; 7; 9; 10].

В данной работе аналогично [1-3; 5; 8] проведен многомерный статистический анализ результатов оценивания знаний по высшей математике (выборка ЭНИН1 объема $n = 248$) в объеме 1-го семестра (линейная алгебра и аналитическая геометрия) студентов заочной формы обучения с использованием ДОТ Энергетического института Томского политехнического университета. Рассмотрение проведено в системе 3 показателей (рис. 1): ИДЗ – оценка выполнения 4 индивидуальных домашних заданий (по 5-балльной шкале), ЭКЗ – результат тест-экзамена в режиме online (по 5-балльной шкале) и DT – разность моментов окончания и начала экзамена (в минутах).

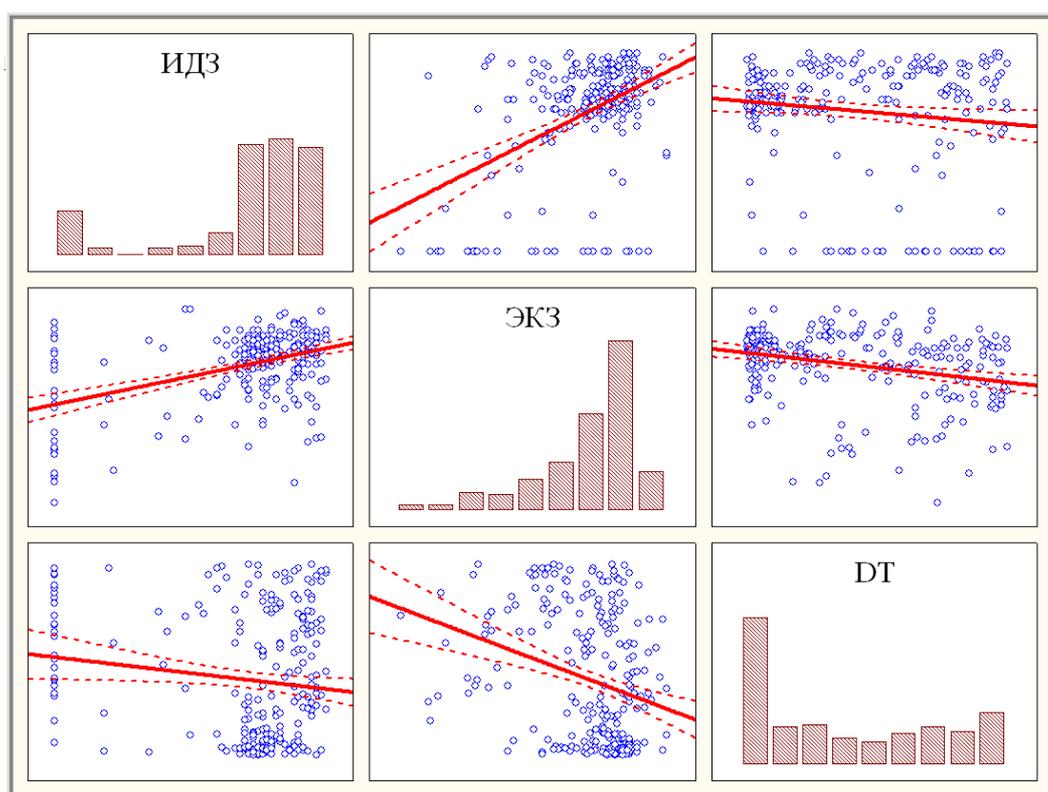


Рис. 1. Диаграммы рассеяния с прямыми регрессии и гистограммами переменных выборки ЭНИН1

В сравнении с [3] доля «неуд» ($ЭКЗ < 2,5$) уменьшилась в $\approx 1,5$ раза (с 16,2 до 10,5%), доля положительно сдавших тест-ЭКЗ за $DT < 20$ минут из выделенных 3 часов возросла в $\approx 1,5$ раза (с 20 до 31%). Среди сдавших ЭКЗ установлен новый рекорд минимального DT , = 4 мин.

Выявленное anomalous обстоятельство лишней раз подчеркивает несовершенство стадии оценивания усвоенных студентом знаний при дистанционном обучении с использованием ДОТ, создающее проблему идентификации студента [1; 3; 6].

В рамках корреляционного анализа выявлены высоко значимые (на уровне значимости $p < 0,0005$) положительная корреляционная зависимость между ИДЗ и ЭКЗ (коэффициент

корреляции Пирсона $r = 0,44$) и отрицательная – между DT и ЭКЗ ($r = - 0,28$) при критическом $r \approx 0,12$ (на уровне значимости $p = 0,05$ для $n = 248$).

С учетом корреляционной зависимости исходных показателей (ИДЗ, ЭКЗ и DT) на основании факторного анализа проведено сокращение их числа до двух (Ф1 и Ф2) и проведена интерпретация новых переменных по нагрузкам, характеризующим корреляции между факторами и показателями (табл. 1).

Таблица 1

Вращаемые факторные нагрузки в выбранной 2-факторной модели ЭНИН1

Переменная	Фактор. нагрузки (Варим. исх.) ЭНИН1 Выделение: Главные компоненты (Отмечены нагрузки > 0,70)	
	Фактор 1	Фактор 2
ИДЗ	0,893	0,021
ЭКЗ	0,775	-0,330
DT	-0,081	0,978
Общая дисперсия	1,404	1,066
Доля общности	0,468	0,355

Согласно табл. 1, высокие факторные нагрузки исходных показателей распределились по факторам следующим образом.

Фактор Ф1 – фактор успеваемости {ИДЗ+ЭКЗ} характеризуется положительной корреляционной связью.

Фактор Ф2 – фактор времени DT выполнения тест-ЭКЗ характеризуется положительной корреляционной связью.

Для проведения дальнейшего анализа ЭНИН1 в рамках построенной 2-факторной модели вычислены значения наблюдений в новой системе факторных координат.

В построенном 2-мерном факторном пространстве {Ф1, Ф2} методом K-средних, проводящим классификацию объектов по заданному количеству кластеров, получена 7-кластерная высококачественная модель результатов ЭНИН1, распределяющая 248 студентов по 7 кластерам высоко значимо (на уровне значимости $p < 0,0005$) согласно λ -критерию Уилкса по совокупности показателей Ф1 и Ф2 (рис. 2).

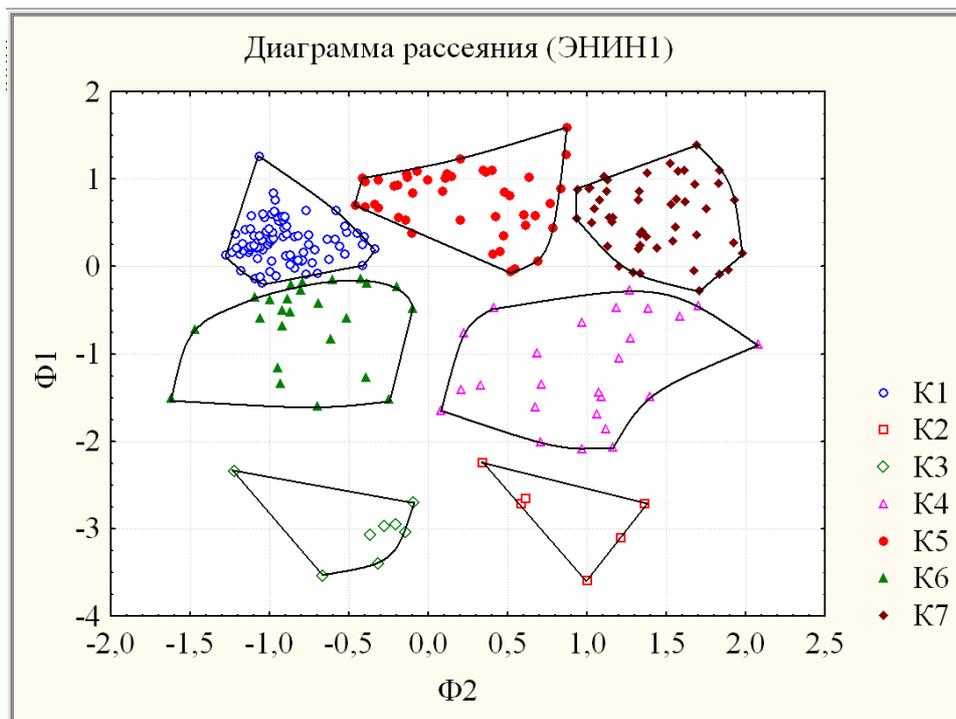


Рис. 2. Диаграмма рассеяния кластеров ЭНИН1 в факторных координатах {Φ1, Φ2}

Алгоритм метода *K*-средних, перемещая объекты в разные кластеры с целью минимизации изменчивости внутри кластеров и максимизации изменчивости между кластерами, оценивает качество кластеризации наблюдений по каждому фактору посредством параметрического дисперсионного анализа (табл. 2).

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа кластеризации наблюдений по факторам ЭНИН1

Дисперсионный анализ (ЭНИН1)						
перемен.	Между SS	сс	Внутри SS	сс	F	значим. р
Φ1	211,78	6	35,22	241	241,49	0,00000
Φ2	217,24	6	29,76	241	293,24	0,00000

Таблица 2 свидетельствует о высоком качестве (на уровне значимости $p < 0,0005$) группировки 248 студентов в 7 кластеров по каждому фактору. Полученные результаты (табл. 4) подтверждаются непараметрическим однофакторным дисперсионным анализом на основе критерия Краскела-Уоллиса и медианного теста.

Кластерные средние по старым {ИДЗ, ЭКЗ, ДТ} и новым {Φ1, Φ2} показателям приведены в табл. 3.

Таблица 3

Кластерные средние по ИДЗ, ЭКЗ (5-балльная шкала), Φ1, Φ2 (стандартизированные) и ДТ (минуты)

Кластер	ИДЗ	ЭКЗ	Ф1	Ф2	DT	n
K1	3,911	4,122	0,288	-0,915	17,699	93
K2	0,181	1,514	-2,841	0,856	134,333	6
K3	0,115	1,638	-3,000	-0,411	57,625	8
K4	2,050	2,714	-1,174	0,985	137,880	25
K5	4,424	4,194	0,761	0,226	84,488	43
K6	2,707	3,499	-0,648	-0,761	31,960	25
K7	4,333	3,655	0,565	1,416	153,104	48

Графики кластерных средних для каждого фактора приведены на рис. 3.

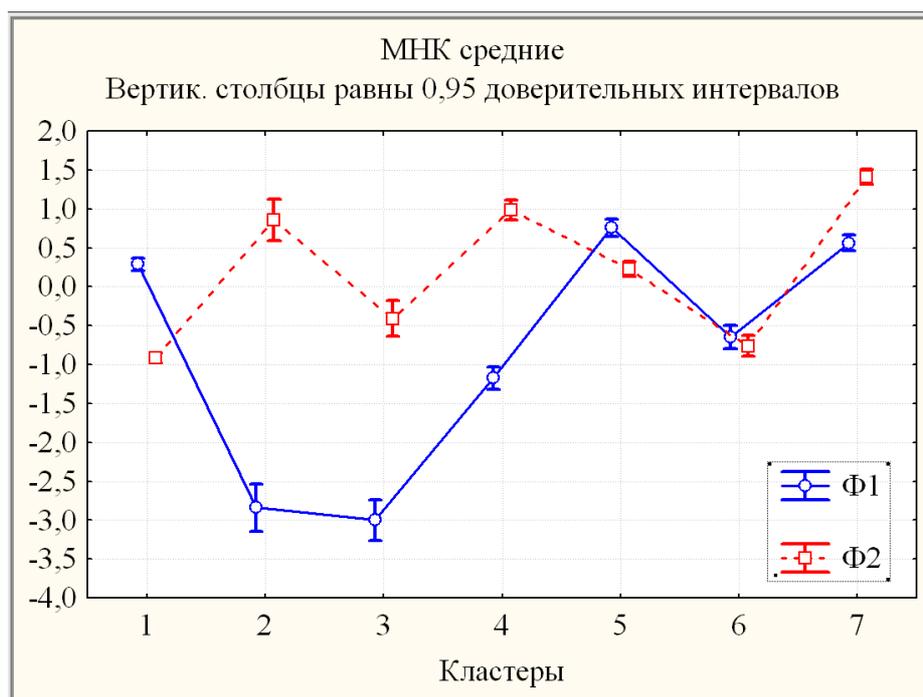


Рис. 3. Линейные графики факторных (стандартизированных) средних с 95% границами доверительных интервалов для каждого кластера

Согласно апостериорным критериям (Фишера, Шеффе, Тьюки) можно оформить результаты множественных сравнений кластерных средних в порядке их убывания для каждого фактора:

Ф1: {K5, K7}, {K1}, {K6}, {K4}, {K2, K3} так, что K7 ($m_{K7} \approx 0,565$) отличается от K1 ($m_{K1} \approx 0,288$) сильно значимо (на уровне значимости $0,0005 < p < 0,005$).

Ф2: {K7}, {K4, K2}, {K5}, {K3, K6}, {K6, K1} так, что K3 ($m_{K3} \approx -0,411$) отличается от K1 ($m_{K1} \approx -0,915$) сильно значимо (на уровне значимости $0,0005 < p < 0,005$).

Построенные последовательности неоднородных групп кластеров по каждому фактору находятся в согласии с результатами множественных сравнений по непараметрическому критерию Краскела-Уоллиса.

Результаты кластерного анализа наблюдений по совокупности факторов с учетом результатов множественных сравнений кластерных средних для каждого фактора позволяют провести классификацию наблюдений в порядковой шкале стандартизованных измерений, полагая в качестве уровня «Средний» – стандартизованный интервал (-0,25; +0,25), «Выше среднего» – (+0,25; +1,25), «Ниже среднего» – (-1,5; -0,25) и «Аутсайдер» – (< -1,5).

Таблица 4

Классификация наблюдений по совокупности факторов в порядковой шкале стандартизованных измерений

Кластер	Объем кластера	Ф1 {ИДЗ+ЭКЗ}	Ф2 {ДТ}
К1	93	Выше среднего	Ниже среднего
К2	6	Аутсайдер	Выше среднего
К3	8	Аутсайдер	Ниже среднего
К4	25	Ниже среднего	Выше среднего
К5	43	Выше среднего	Средний
К6	25	Ниже среднего	Ниже среднего
К7	48	Выше среднего	Выше среднего

Согласно рис. 2-3 и табл. 4, кластерная модель результатов оценивания знаний по высшей математике имеет спектральную структуру. Даже среди условно допущенных ($m_{\text{ИДЗ}} < 0,2$) и не сдавших тест-экзамен ($m_{\text{ЭКЗ}} < 1,7$), то есть имеющих уровень «Аутсайдер» по успеваемости ($m_{\text{Ф1}} < -2,8$), выделяются разные кластеры, значимо различающиеся по ДТ, то есть по Ф2: 8 студентов К3 ($m_{\text{ДТ}} \approx 58$ или $m_{\text{Ф2}} \approx -0,41$) и 6 студентов К2 ($m_{\text{ДТ}} \approx 134$ или $m_{\text{Ф2}} \approx 0,86$). Аналогично среди успешно допущенных ($m_{\text{ИДЗ}} > 3,9$) и успешно сдавших тест-экзамен ($m_{\text{ЭКЗ}} > 3,6$), то есть имеющих уровень «Выше среднего» по успеваемости ($m_{\text{Ф1}} > 0,28$), выделяются 3 кластера, значимо различающиеся по ДТ, то есть по Ф2: 93 «легкодума» К1 ($m_{\text{ДТ}} \approx 18$ или $m_{\text{Ф2}} \approx -0,92$), и 43 «среднедума» К5 ($m_{\text{ДТ}} \approx 84$ или $m_{\text{Ф2}} \approx 0,23$) и 48 «тугодумов» К7 ($m_{\text{ДТ}} \approx 153$ или $m_{\text{Ф2}} \approx 1,42$). Наличие самого массового кластера «успешных легкодумов» К1 в сравнении с аналогичными результатами в [3] свидетельствует об обострении проблемы идентификации оцениваемого студента. Заметим, что из 12 учебных групп ЭНИН1 основной вклад в кластер «успешных легкодумов» К1 вносят 4 учебные группы, выделяющиеся на фоне остальных географией набора.

По-прежнему острой проблемой оценивания усвоенных студентом-заочником знаний в режиме ДОТ является чрезмерное увлечение автоматизацией (практически без участия преподавателя) итогового контроля знаний обучаемых в условиях несовершенства содержания и

формы тестовых заданий, что приводит к завышению на целый балл (по 5-балльной шкале) результатов оценивания усвоенных студентом-заочником знаний в режиме ДОТ по сравнению с классическим режимом [1].

Выводы

1. В рамках корреляционного анализа выявлены высоко значимые (на уровне значимости $p < 0,0005$) положительная корреляционная зависимость между ИДЗ и ЭКЗ (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,44$) и отрицательная – между ДТ и ЭКЗ ($r = - 0,28$).
2. С учетом корреляционной зависимости показателей на основании факторного анализа построены Ф1 – фактор успеваемости {ИДЗ+ЭКЗ} и Ф2 – фактор времени ДТ выполнения тест-ЭКЗ.
3. В 2-мерном факторном пространстве {Ф1, Ф2} методом K -средних получена 7-кластерная значимая модель, распределяющая 248 студентов по 7 кластерам.
4. В рамках дисперсионного анализа выделены для каждого фактора однородные (различающиеся незначимо) группы кластеров.
5. Проведена классификация результатов оценивания усвоенных студентом знаний по высшей математике при дистанционном обучении с использованием ДОТ в номинальной шкале измерений.
6. Результаты подобной кластеризации результатов оценивания знаний могут быть учтены при внедрении современных информационных образовательных интернет-технологий в организацию заочного обучения для обеспечения качества образования и контроля знаний.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда.

Список литературы

1. Арёфьев В.П., Михальчук А.А., Филипенко Н.М. Дисперсионный анализ качества современного заочного технического образования // Современные проблемы науки и образования : электронный журнал. - 2013 - №. 2. - URL: www.science-education.ru/108-8626 (дата обращения: 22.02.2014).
2. Арёфьев В.П., Михальчук А.А., Филипенко Н.М. Сравнительный статистический анализ входного и текущего контроля математических знаний в рамках классической формы заочного высшего образования // Современные проблемы науки и образования : электронный журнал. – 2013. - №. 5. - URL: www.science-education.ru/111-10676 (дата обращения: 22.02.2014).
3. Арёфьев В.П., Михальчук А.А., Филипенко Н.М. Кластерный анализ результатов оценивания знаний в системе заочного обучения с использованием дистанционных образова-

тельных технологий // Современные проблемы науки и образования : электронный журнал. – 2013. – № 3. - URL: science-education.ru/109-9506 (дата обращения: 22.02.2014).

4. Колгатин А.Г., Колгатина Л.С. Вопросы качества процедур тестирования и интерпретации тестовых результатов в информационно-коммуникационной педагогической среде // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2013. – Т. 16. – № 1. – С. 575-585.

5. Куринин И.Н., Нардюжев В.И., Нардюжев И.В. Статистический анализ результатов компьютерного тестирования в кредитной системе обучения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. - 2013. - № 1. - С. 115-125.

6. Лазутин С.Б. Новые информационные технологии в системе дистанционного обучения // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17. – № 1. – С. 161-164.

7. Медведева С.Н., Тутубалин П.И. Информационные технологии контроля и оценки знаний в системе дистанционного обучения Moodle // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). - 2012. - Т. 15. - № 1. - С. 555-566.

8. Михальчук А.А., Арефьев В.П., Филипенко Н.М. Сравнительный статистический анализ параметрических и непараметрических методов оценивания знаний в системе заочного обучения // Современные проблемы науки и образования : электронный журнал. – 2013. – № 3. - URL: science-education.ru/109-9553 (дата обращения: 22.02.2014).

9. Романенкова Д.Ф. Методы педагогического контроля качества учебной деятельности в системе дистанционного обучения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2013. – Т. 5. – № 1. – С. 121-126.

10. Тимирязева А.Н. Проблемы заочного образования // Совет ректоров. – 2013. – № 6. – С. 54-62.

Рецензенты:

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

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