

## АКТУАЛЬНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СЛУШАТЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Предлагается использовать процедуру кластеризации множества слушателей курсов повышения квалификации вузов для выделения паттернов слушателей. Описываемая в работе процедура позволяет выявлять типичных представителей целевой аудитории, следовательно, вырабатывать приемы, которые наиболее эффективно воздействуют именно на этот сегмент обучающихся. Предлагаемый подход можно использовать в процедуре прогнозирования успешности обучения, а также в процессе выработки или выбора методики управляющего воздействия на обучающихся со стороны преподавателя.

**Ключевые слова:** электронное обучение; кластерный анализ; кластеры; паттерн.

### Введение

Цифровая экономика, которая стремительно развивается и интегрируется во все сферы человеческой жизнедеятельности в современном обществе, порождает потребность в системных технологических прорывах и инициирует потребность в поиске новых способов обработки информации [1].

Трансформация современного образования обусловлена внедрением цифровых технологий во все экономические процессы общества, которые влекут за собой создание новых профессий и рабочих мест. При этом стремительное развитие технологий вынуждает трудоспособное население повышать свою квалификацию, тем самым позволяя им оставаться конкурентоспособными на рынке труда.

Получение реальных знаний и практических навыков при освоении образовательных программ является необходимой составляющей при трудоустройстве выпускников современного вуза. Подготовка высококвалифицированных специалистов требуют соответствующих навыков использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе. Образовательные программы требуют постоянной адаптации под современные условия. Нынешние обучающиеся желают получать более глубокие знания в области обработки и анализа больших данных, машинного обучения и др. [2]. Университеты должны быть не просто вовлечены в цифровую экономику со своим укладом, методикой обучения и управленческими аспектами, которые были отработаны десятилетиями, а стать конкурентоспособным учреждением на рынке образовательных услуг, выпускающим востребованных на высокотехнологичных предприятиях специалистов. Трансформация учебного процесса и переработка образовательных программ нацелены на то, чтобы студенты овладели самыми современными цифровыми технологиями [3].

Современные подходы к организации учебного процесса позволяют обучающемуся реализовать потребности в выборе и построении своей собственной индивидуальной образовательной траектории. Классический набор дисциплин образовательных учреждений в настоящее время, как правило, не отвечает требованиям, предъявляемым к потенциальным сотрудникам высокотехнологичных мировых компаний. Осознание вчерашним выпускником школы своих временных, а зачастую и финансовых возможностей склоняет его к

выстраиванию своей образовательной стратегии оптимальным, насколько это возможно, способом – при минимизации временных и финансовых затрат.

При трансформации системы образования меняются и требования к преподавателю. Большой процент преподавателей имеют свой курс по преподаваемой дисциплине. Курс может быть использован как в качестве дистанционной поддержки очного обучения, так и для заочных студентов [4]. Обучение преподавателей на курсах повышения квалификации, где предоставляется возможность приобрести компетенции для самостоятельного формирования курса по своей дисциплине в образовательной среде, – необходимость организации учебного процесса в образовательной организации.

Преподаватель в новых условиях является не только транслятором знаний, но и ментором, тьютором, коучем. Ведущие эксперты в области инженерной педагогики, участники круглого стола «Современная аспирантура и судьба института повышения квалификации научно-педагогических кадров», который состоялся в 2014 г., в дискуссии отметили, что «проблема повышения квалификации преподавателя сегодня стоит весьма остро, поскольку без подготовки современного преподавателя никакой модернизации, никакой реформы образования не получится» [5].

Перед системой дополнительного профессионального образования стоят серьезные задачи в области повышения эффективности и качества учебного процесса обучения на курсах повышения квалификации профессорско-преподавательским составом. Персонализированный подход, который необходимо выстроить в системе повышения квалификации профессорско-преподавательского состава, должен быть ориентирован на конкретную личность, в интересах не только самого обучающегося, но и образовательной организации. Для формирования конкурентоспособного образовательного учреждения перечень дополнительных образовательных программ и курсов повышения квалификации должен быть направлен на развитие профессионального роста преподавателя.

Обучение специалистов и преподавателей университетов для реализации образовательных программ для современной экономики происходит по программам, которые позволяют приобрести дополнительные компетенции в области цифровизации образования. В ФГБОУ ВО «Уфимский нефтяной технический университет» обучение профессорско-преподаватель-

ского состава и специалистов по учебно-методической работе происходит на курсах повышения квалификации «Электронное обучение: использование информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе вуза».

Прогнозирование образовательной деятельности обучающихся является важной компонентой при реализации образовательных программ на курсах повышения квалификации, а также для выявления условий, которые позволяют в сроки и на высоком уровне завершить курс или сдать зачеты и экзамены.

При реализации программы курса повышения квалификации необходимо учитывать известную неоднородность контингента обучающихся. Данная неоднородность носит многофакторный и латентный характер, так как преподаватели одной и той же кафедры, факультета и т.п. при формальной однородности по тому или иному признаку (возраст, пол, наличие ученой степени и пр.) могут совершенно различно проявлять себя в процессе обучения. Оставляя в стороне психологические аспекты, тем не менее, сочтем целесообразным выявить основные паттерны слушателя данных курсов. Опираясь на опыт ранее проведенных исследований [6], считаем необходимым проведение данной предварительной процедуры для наиболее эффективного прогнозирования результатов обучения. Несомненным, с нашей точки зрения, является и тот факт, что увеличение объема выборки (контингента обучающихся) позволит минимизировать фактор неопределенности в прогнозировании и, следовательно, повысить его результативность.

Для решения поставленной задачи из множества алгоритмов кластеризации наиболее оптимальным,

по мнению авторов, являются алгоритмы: k-means (метод средних) и ЕМ (метод максимального правдоподобия) [7, 8].

В связи с вышесказанным авторами выдвигается следующая гипотеза исследования: сходное множество обучающихся возможно разделить на устойчивые группы (кластеры), которые формируют паттерны для дальнейшего целевого прогнозирования для объектов данного кластера.

### Материалы и методы.

Данные обучающихся представляют собой объемные массивы данных, далеко не всегда поддающиеся результативной обработке для выявления закономерностей средствами стандартной статистики.

Рассмотрим выборку объемом 187 человек – слушателей курсов повышения квалификации. Для удобства обработки данных проведем бинаризацию ряда параметров (табл. 1).

Таблица 1

Бинаризация ряда параметров объектов выборки

| Параметр       | Код          |                     |             |
|----------------|--------------|---------------------|-------------|
|                | 0            | 1                   | 2           |
| Пол            | Женщина      | Мужчина             | –           |
| Ученая степень | Без степени  | Кандидат наук       | Доктор наук |
| Кафедра        | Гуманитарная | Естественно-научная | –           |
| Кафедра        | Общенаучная  | Выпускающая         | –           |

Визуально распределение объектов выборки в соответствии со значениями параметров приведено на рис. 1.

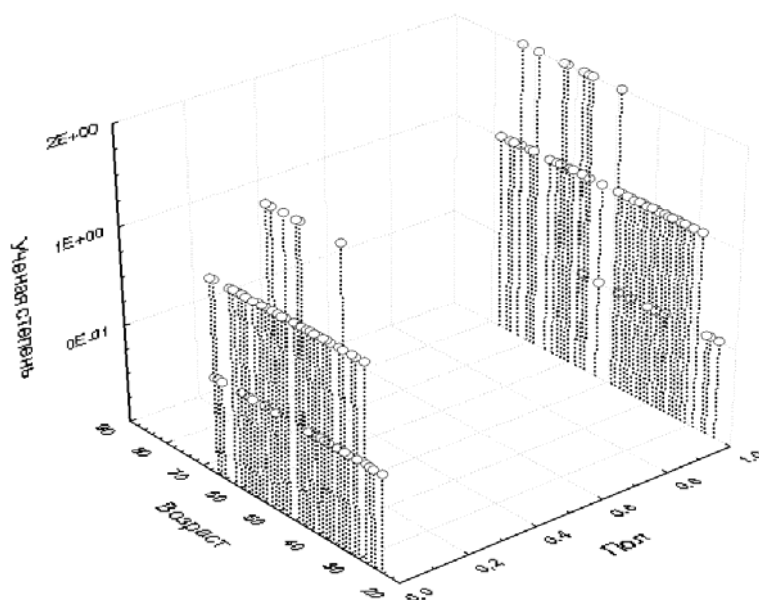


Рис. 1. Распределение объектов выборки по трем исходным параметрам

Согласно визуализации исходных данных (рис. 1) основной состав мужчин и женщин составляют кандидаты наук, средний возраст – 50 лет. У женщин возраст обучающихся без степени и кандидатов наук распределен равномерно, доктора наук группируются в интервале 45–55 лет. У мужчин кандидаты наук также распре-

делены равномерно, а преподаватели без степени и доктора наук, наоборот, концентрируются в практически непересекающихся диапазонах – до 50 и после 55 лет соответственно. Параметр «Возраст» по очевидным причинам не бинаризовался, но была предварительно проверена нормальность его распределения (рис. 2).

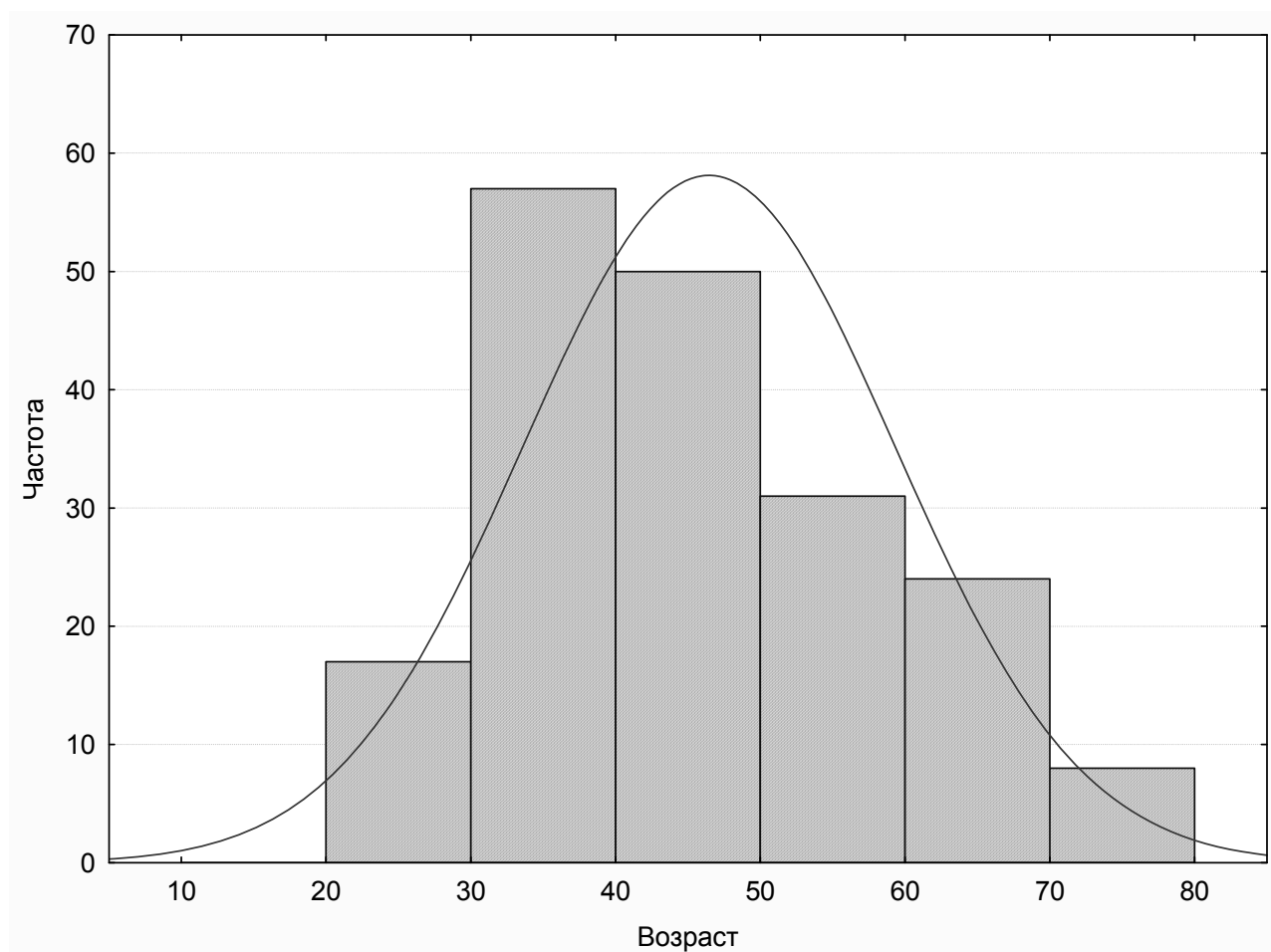


Рис. 2. Гистограмма распределения частот параметра «Возраст»

Так как в рассматриваемом случае формой итоговой аттестации был зачет, принято решение рассматривать лишь положительные результаты аттестации. Отрицательные результаты (отчисление) в данном случае составляли менее 1% от общего числа. Поэтому итоговым параметром было выбрано время закрытия курса, которое в дальнейшем было разделено на три части – по числу разделов курса.

Изучение связей между параметрами выборки средствами стандартной статистики не привело к очевидным результатам. Характерным примером в данном случае могут служить данные рис. 3, на котором представлено корреляционное облако, указывающее на отсутствие связи между значениями двух параметров (входного и выходного). Аналогичные результаты были получены и для других параметров.

Тем не менее представляется весьма вероятным, что существуют различия в поведении обучающихся разных возрастов, пола и пр. Данные сложные, скорее всего, нелинейные связи требуют предварительной обработки исходного множества. На наш взгляд, множество всех обучающихся можно условно разделить на подгруппы, выделяя в них типичного представителя – паттерн. Иными словами, выделяя типичного представителя, по факту удастся выделить и его

типичное поведение или результат определенной деятельности.

Кроме того, с данным объектом в дальнейшем гораздо проще проводить исследования и прогнозировать его успешность обучения [9]. Поэтому в дальнейшем проведем процедуру разбиения на кластеры в пакете STATISTICA. В качестве методов кластеризации выберем k-means (метод средних) и ЕМ (метод максимального правдоподобия) [10. С. 281]. Данный выбор обусловлен следующими преимуществами методов: относительная простота применения; наглядность визуализации кластеризации; сходимость алгоритма (невозможность закликивания).

В то же время необходимо учитывать и особенности данных методов: заранее неизвестное число кластеров; плохая применимость алгоритма ЕМ при слабой дифференциации исходного множества на кластеры (сравнение с результатами метода k-means); неустойчивость результатов (проверяется опытным путем). При этом, как показывают отдельные исследования [10], «алгоритм k-means может иметь преимущество при работе с обособленными (неперекрывающимися) кластерами, но полностью проигрывает алгоритму ЕМ при наличии их перекрытия».

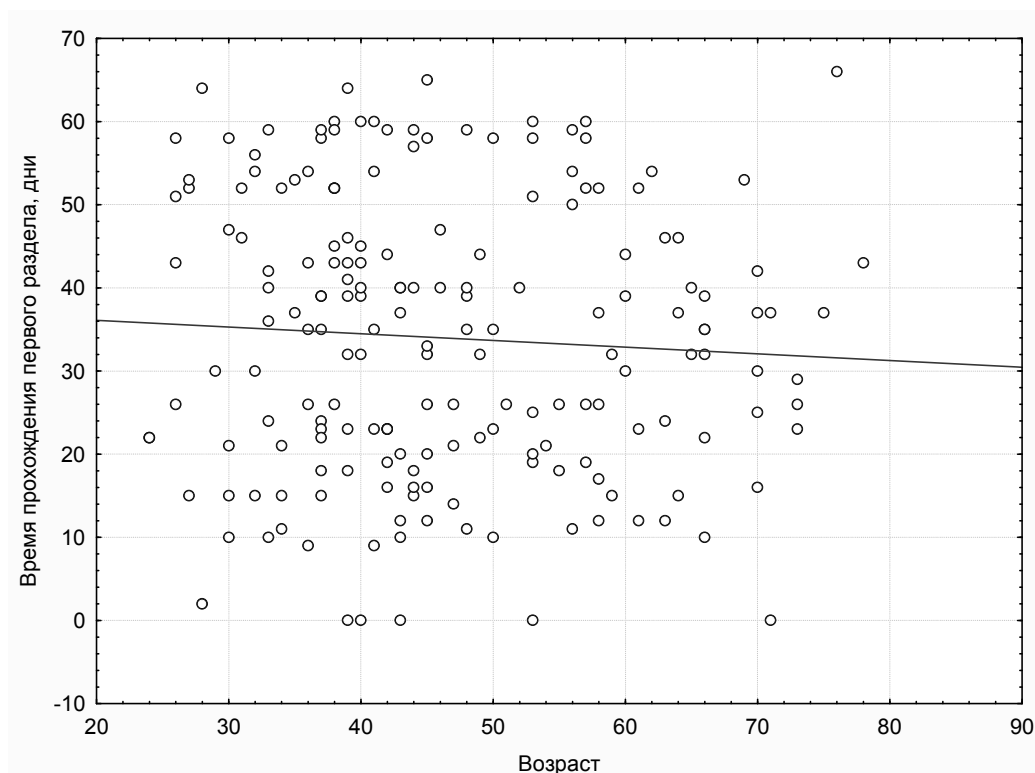


Рис. 3. Распределение значений параметра «Время прохождения первого раздела, дни» в зависимости от значений параметра «Возраст»

#### Обсуждение.

На первом этапе проведем кластеризацию рассматриваемой выборки по методу средних. Определим первоначальное число кластеров – 2. Входные данные – пять параметров (табл. 1). Выходные – три (время в днях завершения каждого из трех разделов курса). Согласно результатам кластеризации исходное множество разбилось на два подмножества с паттер-

нами – женщинами. Данный результат вызвал обоснованные сомнения, так как в состав исходной выборки входило около 40% мужчин. Поэтому было принято решение об увеличении числа кластеров [10. С. 279]. При формировании трех и четырех кластеров дифференциация прослеживалась достаточно четко. При этом три из четырех кластеров заняли женщины и один – мужчины (рис. 4, табл. 2).

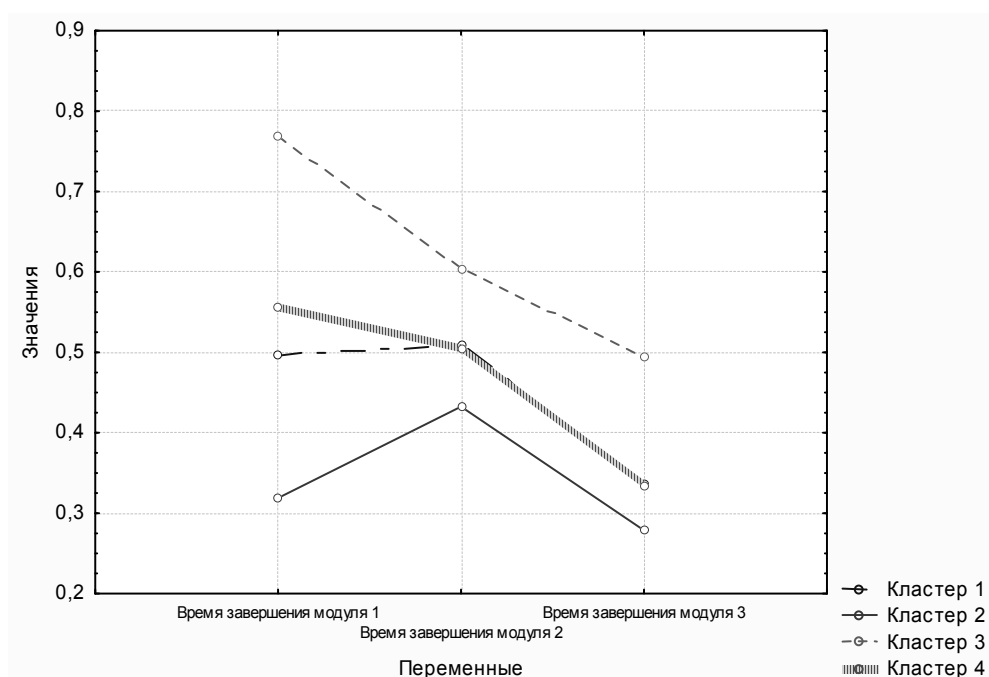


Рис. 4. Графики средних значений четырех кластеров по методу средних

Результаты разбиения на четыре кластера по методу средних

| Кластер | Переменные |         |                |  |                                     |                           |                           |                           | Число слушателей | %  |
|---------|------------|---------|----------------|--|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|----|
|         | Пол        | Возраст | Ученая степень | Кафедра (гуманитарная / естественно-научная) | Кафедра (общенаучная / выпускающая) | Время завершения модуля 1 | Время завершения модуля 2 | Время завершения модуля 3 |                  |    |
| 1       | 0          | 39      | 0              | 1  | 1                                   | 33                        | 35                        | 27                        | 43               | 23 |
| 2       | 0          | 37      | 1              | 1  | 1                                   | 21                        | 29                        | 22                        | 44               | 24 |
| 3       | 0          | 38      | 1              | 1  | 1                                   | 51                        | 41                        | 40                        | 25               | 13 |
| 4       | 1          | 70      | 1              | 1  | 1                                   | 37                        | 34                        | 27                        | 75               | 40 |

В дальнейшем было принято решение о проверке кластеров на стабильность. Для этого их число было увеличено до пяти. По данным табл. 3 кластер мужчин оставался стабильным и не распа-

дался на части. Тем не менее будем увеличивать число кластеров, так как 40% однородности выборки при паттерне 70 лет вызывает определенные сомнения.

Таблица 3

Результаты разбиения на пять кластеров по методу средних

| Кластер | Переменные |         |                |  |                                     |                           |                           |                           | Число слушателей | %  |
|---------|------------|---------|----------------|--|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|----|
|         | Пол        | Возраст | Ученая степень | Кафедра (гуманитарная / естественно-научная) | Кафедра (общенаучная / выпускающая) | Время завершения модуля 1 | Время завершения модуля 2 | Время завершения модуля 3 |                  |    |
| 1       | 0          | 39      | 0              | 1  | 1                                   | 32                        | 34                        | 26                        | 40               | 21 |
| 2       | 0          | 37      | 1              | 1  | 1                                   | 22                        | 30                        | 22                        | 43               | 23 |
| 3       | 0          | 38      | 1              | 1  | 1                                   | 52                        | 44                        | 43                        | 19               | 10 |
| 4       | 1          | 70      | 1              | 1  | 1                                   | 36                        | 34                        | 27                        | 71               | 38 |
| 5       | 0          | 38      | 1              | 0  | 0                                   | 40                        | 37                        | 30                        | 14               | 8  |

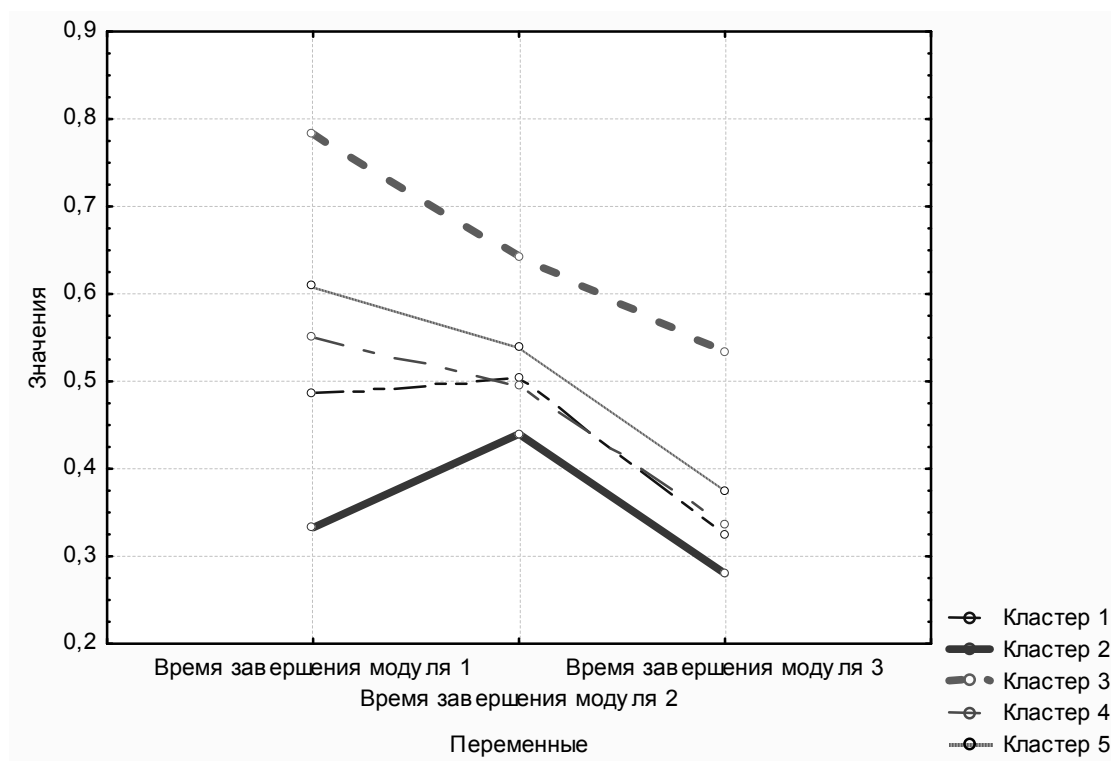


Рис. 5. Графики средних значений пяти кластеров по методу средних

При увеличении числа кластеров до семи произошло расслоение данного кластера на два. Первый из них является более возрастным, второй – лица среднего возраста. В обоих случаях паттерны – мужчины, кандидаты наук, сотрудники естественно-научных выпускающих кафедр. Интересным здесь является тот

факт, что число докторов в каждом из кластеров пропорционально его объему. Однако при этом на освоение материалов разделов курса членам первого кластера, т.е. возрастной группе, требовалось минимум в 1,5 раза меньше времени, чем второму. Совершенно иной характер имела динамика трансформации кла-

стеров женщин. В целом оказалось, что эти кластеры весьма слабо дифференцированы по значениям входных параметров (табл. 2), однако сильно дифференцированы по выходному результату – времени освоения разделов курсов (в среднем – в 1,5 раза). Дифференциация кластеров № 2 и № 3 – самая заметная на рис. 5 (верхняя и нижняя ломаные).

Наиболее стабильным при увеличении числа кластеров до семи проявил себя кластер № 2 – число его объектов фактически не изменилось и осталось равным 43. Паттерн данного кластера – женщина 37 лет,

кандидат наук, сотрудник выпускающей естественно-научной кафедры. Полученное противоречие между идентичностью входных параметров и устойчивым различием выходных параметров свидетельствует, на наш взгляд, о наличии скрытых, неучтенных параметров, существенно влияющих на результат. Поэтому в дальнейшем необходимо их выявить и ввести в рассмотрение. Дифференциация кластеров № 2 и № 3 – по-прежнему оставалась самой сильной. В то же время входные параметры объектов кластеров женщин идентичны по имеющимся данным (табл. 4).

Таблица 4

Результаты разбиения на шесть кластеров по методу средних

| Кластер | Переменные |         |                |  |                                     |                           |                           |                           | Число слушателей | %  |
|---------|------------|---------|----------------|--|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|----|
|         | Пол        | Возраст | Ученая степень | Кафедра (гуманитарная / естественно-научная) | Кафедра (общенаучная / выпускающая) | Время завершения модуля 1 | Время завершения модуля 2 | Время завершения модуля 3 |                  |    |
| 1       | 0          | 39      | 0              | 1  | 1                                   | 33                        | 35                        | 26                        | 40               | 21 |
| 2       | 0          | 37      | 1              | 1  | 1                                   | 22                        | 30                        | 22                        | 43               | 23 |
| 3       | 0          | 38      | 1              | 1  | 1                                   | 52                        | 44                        | 44                        | 17               | 9  |
| 4       | 1          | 70      | 1              | 1  | 1                                   | 27                        | 27                        | 19                        | 40               | 21 |
| 5       | 0          | 38      | 1              | 0  | 0                                   | 40                        | 37                        | 30                        | 14               | 8  |
| 6       | 1          | 36      | 1              | 1  | 1                                   | 47                        | 42                        | 36                        | 33               | 18 |

Для проверки адекватности полученных результатов проведем кластеризацию другим методом, а именно – методом максимального правдоподобия. Полученные

ломаные для кластеров наивысшей дифференциации в данном случае практически идентичны (рис. 6). Отметим, что полное совпадение по определению невозможно.



Рис. 6. Сравнение результатов кластеризации по методу средних и методу максимального правдоподобия

Следующим, вполне закономерным шагом, на наш взгляд, может являться выделение паттернов преподавателей данных курсов. Несомненно, и здесь существуют различия, значимость которых определяется

критерием их оценивания. Более того, представляется вполне допустимым предположение, что между паттернами обучающихся и паттернами преподавателей курсов существуют различные по форме и силе связи.

Именно сила и направленность подобных связей и определяет, на наш взгляд, степень единства участников процесса обучения в достижении общего успеха.

### Заключение

Таким образом, предлагаемый авторами подход к выявлению устойчивых групп позволяет формировать паттерны слушателей курсов. Выделение таких устойчивых групп – кластеров предоставляет возможность преподавателям, проводящим обучение, выделять характерные черты этих паттернов. Описываемая в работе

процедура позволяет выявлять типичных представителей целевой аудитории, следовательно, вырабатывать приемы, которые наиболее эффективно воздействуют именно на этот сегмент обучающихся. Вполне уместно и даже необходимо при формировании контента курса применять соответствующее цветовое оформление, устойчивые словосочетания, типичные сравнения, подбор примеров, практических приложений и пр. Кроме того, результаты предлагаемого подхода можно использовать, например, и в процедуре прогнозирования успешности их обучения, так как в этом случае прогнозирование является более таргетированным.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пешкова Г.Ю., Самарина А.Ю. Цифровая экономика и кадровый потенциал: стратегическая взаимосвязь и перспективы // Образование и наука. 2018. Т. 20, № 10. С. 50–75. DOI: 10.17853/1994-2639-2018-10-50-75.
2. Шмелькова Л.В. Кадры для цифровой экономики: взгляд в будущее // Дополнительное профессиональное образование в стране и мире. 2016. № 8 (30). С. 1–4.
3. Ларионова В.А., Карасик А.А. Цифровая трансформация университетов: заметки о глобальной конференции по технологиям в образовании EdcrunchUral // Университетское управление: практика и анализ. 2019. № 23 (3). С. 130–135.
4. Тульчинский Г.Л. Элиминация университетского этоса: преподавание как precarious труд // Ведомости прикладной этики. 2015. Вып. 47. С. 76–83.
5. Современная аспирантура и судьба института повышения квалификации: материалы круглого стола // Высшее образование в России. 2014. № 6. С. 130–149.
6. Вайндорф-Сысоева М.Е., Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Исследование результатов обучения учащихся как нелинейной проекции профессиограмм преподавателей – важный этап формирования кадрового состава системы дистанционного обучения // Вестник Московского государственного гуманитарного университета им. М.А. Шолохова. Педагогика и психология. 2015. № 1. С. 45–52.
7. Классификация и кластер / под ред. Дж. Вэн Райзина. М.: Мир, 1980. 389 с.
8. Xu R., Wunsch II D.C. Clustering. Wiley And Sons, 2009.
9. Орешков В. EM – масштабируемый алгоритм кластеризации. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/em>
10. Дьячук А.А. Математические методы в психологических и педагогических исследованиях: учеб. пособие. Красноярск: Изд-во Красноярск. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2013. 347 с.

Статья представлена научной редакцией «Педагогика» 9 февраля 2020 г.

#### **The Relevance of Student Differentiation in the Modern System of Continuing Education**

*Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*, 2020, 460, 220–227.

DOI: 10.17223/15617793/460/26

**Nikolay Yu. Fatkullin**, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russian Federation). E-mail: [nick\\_idpo@mail.ru](mailto:nick_idpo@mail.ru)

**Valentina F. Shamshovich**, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russian Federation). E-mail: [shamshovich@mail.ru](mailto:shamshovich@mail.ru)

**Marina E. Vaindorf-Sysoeva**, Moscow Pedagogical State University (Moscow, Russian Federation). E-mail: [mageva@yandex.ru](mailto:mageva@yandex.ru)

**Keywords:** e-learning; cluster analysis; clusters; pattern.

The rapidly evolving digital economy creates a need for a transformation of the education system. In modern conditions, the requirements for both the student and the teacher are changing. The teacher, in order to improve his/her professional skills, needs to enhance and take courses in continuing education. At Ufa State Petroleum Technical University, courses for faculty on modern educational technologies are organized. Each student is given the opportunity to acquire competencies for the independent formation of a course in their discipline in the educational environment. When implementing the program of the refresher course, one should take into account the known heterogeneity of the student population. The authors put forward the following research hypothesis: similar sets of students in the course can be divided into stable clusters that form stable patterns with homogeneous characteristic features. The study examined a sample of students of continuing education courses of 187 people. Initially, the study of the relationship between the sample parameters using standard statistics did not lead to obvious results. It was hypothesized that there were differences in the behavior of students of different age, sex, etc. Data for analysis requires preliminary processing of the initial set. The set of all students can be conditionally divided into subgroups, a typical representative – the pattern – is then singled out. Identifying a typical representative makes it possible to distinguish his/her typical behavior or result of a certain activity. Further, the sample was divided into clusters in the STATISTICA package. The clustering methods used were k-means and EM. This choice is due to the following advantages of the methods: relative ease of use; clustering visualization; convergence of the algorithm (impossibility of looping). The number of clusters is not known in advance; the EM algorithm is poorly applied with weak differentiation of the initial set into clusters (comparison with the results of the k-means method); the results are volatile. To verify the adequacy of the results obtained, clustering was performed using the maximum likelihood method. The results obtained for clusters of the highest differentiation in this case are almost identical. Thus, the approach proposed by the authors to identify sustainable groups allows forming patterns of course participants. By identifying clusters, teachers that conduct training are given the opportunity to highlight the characteristic features of these patterns. The results of the proposed approach can be used in predicting the success of training, as well as for choosing a methodology for controlling the impact on students by the teacher.

## REFERENCES

1. Peshkova, G.Yu. & Samarina, A.Yu. (2018) Digital Economy and Recruitment Potential: Strategical Interconnection and Prospects. *Obrazovanie i nauka – The Education and Science Journal*. 20 (10). pp. 50–75. (In Russian). DOI: 10.17853/1994-5639-2018-10-50-75
2. Shmel'kova, L.V. (2016) Kadry dlya tsifrovoy ekonomiki: vzglyad v budushchee [Personnel for the digital economy: a look into the future]. *Dopolnitel'noe professional'noe obrazovanie v strane i mire*. 8 (30). pp. 1–4.
3. Larionova, V.A. & Karasik, A.A. (2019) Digital Transformation of Universities: Notes on the Global Conference Edcrunch Ural on Technologies in Education. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz – University Management: Practice and Analysis*. 23 (3). pp. 130–135. (In Russian).
4. Tul'chinskiy, G.L. (2015) The elimination of the university ethos: teaching how the precarious employment. *Vedomosti prikladnoy etiki – Semestrial Papers of Applied Ethics*. 47. pp. 76–83. (In Russian).
5. Vysshee obrazovanie v Rossii – *Higher Education in Russia*. (2014) Sovremennaya aspirantura i sud'ba instituta povysheniya kvalifikatsii: materialy kruglogo stola [Modern postgraduate studies and the fate of the institute for advanced training: materials of the round table]. 6. pp. 130–149.
6. Vayndorf-Sysoeva, M.E., Fatkullin, N.Yu. & Shamshovich, V.F. (2015) Research of Results of Training of Pupils as Nonlinear Projection Profession-Gramm of Teachers – the Important Stage of Formation of Personnel Structure of System of E-Learning. *Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Gumanitarnogo Universiteta Im. M.A. Sholokhova. Pedagogika i Psikhologiya*. 1. pp. 45–52. (In Russian).
7. Van Ryzin, J. (ed.) (1980) *Klassifikatsiya i klaster* [Classification and clustering]. Translated from English by P.P. Kol'tsov. Moscow: Mir.
8. Xu, R. & Wunsch, D. (2009) *Clustering*. Wiley and Sons.
9. Oreshkov, V. (n.d.) *EM – masshtabiruemyy algoritm klasterizatsii* [EM: a scalable clustering algorithm]. [Online] Available from: <https://basegroup.ru/community/articles/em>.
10. D'yachuk, A.A. (2013) *Matematicheskie metody v psikhologicheskikh i pedagogicheskikh issledovaniyakh: ucheb. posobie* [Mathematical methods in psychological and pedagogical studies: A textbook]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Pedagogical University.

Received: 09 February 2020