

DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-7-73-82>

ПРОВЕДЕНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА

© Владимир Олегович Толчеев

НИУ «Московский энергетический институт», Россия, 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14;
e-mail: tolcheevvo@mail.ru*Статья поступила 21 января 2019 г. Поступила после доработки 21 января 2019 г.
Принята к публикации 25 января 2019 г.*

Рассмотрены вопросы организации экспертного опроса и проведения статистической обработки и анализа полученных результатов. В качестве экспертов выступают студенты пятого курса, проходящие обучение на кафедре управления и информатики Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт». Цель опроса — выявление кафедральных дисциплин, наиболее полезных при трудоустройстве по специальности. Обсуждаются особенности проведения опроса, формулируются вопросы для анкетирования, формализуется понятие «работа по специальности», анализируется статистическая достоверность получаемых результатов. Письменное анкетирование студентов проводится ежегодно, начиная с 2013 года. В данной статье основные выводы делаются на базе обработки и анализа ответов на вопросы анкет 2018 года. Полученные сведения изучаются и систематизируются с помощью использования кластерного анализа (построения дендрограмм и применения метода k -средних) и непараметрических статистических критериев (критерия Фридмана — для связанных выборок и критерия Манна – Уитни – Вилкоксона — для независимых выборок). Все исследования реализуются в программе STATISTICA. Анализ проводится в следующих целях: выявление значимых различий между курсами; оценка степени согласованности респондентов и разделение их на кластеры, объединяющие студентов с близкими суждениями; составление рейтинга дисциплин путем упорядочивания по количеству баллов; проверка однородности исследуемых данных (однородности оценок двух групп магистров А-1 и А-2, однородности оценок трудоустроенных и нетрудоустроенных студентов). По результатам анализа сделаны следующие выводы: оценки экспертов в 2018 году достаточно хорошо согласуются с оценками предыдущих исследований; среди респондентов имеются три коалиции, соответствующие учебным модулям «Программные средства», «Теория управления», «Анализ данных»; общая согласованность студентов в двух группах очень низкая (а в выявленных кластерах, наоборот, высокая); оценки являются однородными и не зависят от учебных групп. Как представляется, в условиях многопрофильности кафедры подобные исследования позволяют ответить на ряд важных вопросов по совершенствованию учебного процесса, в частности, оптимально распределить часы между различными учебными модулями.

Ключевые слова: статистическая обработка и анализ результатов опроса; иерархический кластерный анализ; метод k -средних; построение рейтинга; критерий Фридмана; критерий Манна – Уитни – Вилкоксона; «удобные» выборки.

EXPERT SURVEY AND ANALYSIS OF THE RESULTS

© Vladimir O. Tolcheev

Moscow Power Engineering Institute, Krasnokazarmennaya ul., 14, Moscow, 111250, Russia; e-mail: tolcheevvo@mail.ru*Received January 21, 2019. Revised January 21, 2019. Accepted January 25, 2019.*

The issues of organizing an expert survey and carrying out statistical processing and analysis of the results are considered. The experts are the fifth-year students undergoing training at the Department of Management and Informatics “Moscow Power Engineering Institute” of the National Research University. The goal of the survey is revealing the disciplines that are most useful for employment in their specialty. We discuss the special features of the survey and a concept of “work in the specialty”, with due regard for statistical reliability of the results. Data of written questionnaire gained in 2018 were processed and analyzed using cluster analysis (construction of dendrograms and application of the K -means method) and non-parametric statistical criteria (Friedman and Mann – Whitney – Wilcoxon). Data processing is implemented in the program STATISTICA. The analysis is carried out to reveal significant differences between the educational courses and assess the degree of consistency of the respondents to divide them into clusters that unite the students with similar judgments. Data analysis revealed that experts’ estimates in 2018 are in fairly good agreement with the estimates of previous studies; among the respondents there are three coalitions corresponding to the training modules “Software”, “Management Theory”, “Data Analy-

sis”; the overall consistency of students in the two groups is very low (and, on the contrary, high in the identified clusters); grades are homogeneous and do not depend on training groups (and employment – unemployment of the respondents). The obtained results allow us to address a number of important questions regarding the ways of improving the educational process, e.g., to optimize yearly course hours for different educational modules.

Keywords: statistical processing and analysis of survey results; hierarchical cluster analysis; k-means method; rating construction; Friedman criterion; Mann – Whitney – Wilcoxon criterion; “convenient” samples.

Введение

Основная цель образовательного процесса — приобретение студентами профессиональных компетенций, востребованных на рынке труда и позволяющих успешно конкурировать с другими соискателями. Для этого кафедры вузов разрабатывают комплексные учебные планы по направлениям подготовки бакалавров (магистров) и включают в них наиболее актуальные курсы, отражающие современные тенденции развития конкретных научно-технологических областей и учитывающие требования работодателей.

При формировании учебных планов кафедры сталкиваются с рядом неформализованных задач — как выбрать самые важные предметы, как распределить учебную нагрузку между лекционными и практическими занятиями, как оценить текущие и остаточные знания студентов, насколько преподаваемые дисциплины способны обеспечить высокое качество образования (т.е. способность выпускника успешно осуществлять профессиональную деятельность в современных условиях). Первоочередной проблемой является также оптимальное распределение часов между различными учебными модулями в условиях многопрофильности большинства кафедр.

В данной работе рассмотрены пути решения задач, связанных с выявлением наиболее важных предметов с точки зрения получения работы по специальности. Как представляется, часто используемые подходы малоэффективны и неинформативны. Вряд ли имеет смысл полагаться на самый простой индикатор — экзаменационные оценки. Во-первых, многие преподаватели не имеют опыта практической деятельности вне учебных заведений и далеко не всегда участвуют в проведении совместных НИОКР с промышленностью или частным бизнесом. Поэтому читаемые ими курсы перегружены теоретическими сведениями и получаемые студентами знания (даже в случае высоких оценок) малоприменимы на практике. Во-вторых, оценки чаще всего являются достаточно субъективными, при их выставлении во внимание принимается широкий набор факторов, лишь косвенно влияющих на профессиональные навыки и компетенции студента (посещаемость занятий, личностные взаимоотношения и темперамент, сложившаяся «репутация»,

активность и инициативность вне учебного процесса и т.п.).

Конечно, полезным индикатором может стать выяснение мнения заказчиков, например, представителей промышленности и других работодателей. Но при более внимательном анализе и этот индикатор не особенно полезен. Основными причинами, ограничивающими привлечение специалистов-практиков к оценке учебных курсов, являются:

незаинтересованность заказчиков в сотрудничестве с вузами из-за больших временных затрат и негарантированного результата (в данном случае не рассматриваются базовые кафедры при университетах);

существенные различия в требованиях работодателей (например, в бизнесе и ВПК), что затрудняет создание универсального набора курсов и общих требований к необходимым компетенциям.

В последнее время принято в качестве индикатора активно использовать оценки кадровых агентств и служб крупных компаний по набору персонала. Именно по их статистическим данным выстраиваются различные рейтинги вузов, специальностей, даются оценки имеющихся вакансий в различных секторах экономики. При этом в большинстве случаев «за кадром» остаются закономерные вопросы — на основании чего сделаны выводы (были ли использованы репрезентативные выборки), почему рейтинги различных агентств и консалтинговых компаний чаще всего «концептуально» не совпадают (не заказные ли это исследования)?

Остается еще один индикатор — анализ ценности кафедральных курсов с точки зрения самих студентов, исходя из имеющегося у них опыта трудоустройства по специальности [1, 2]. В данной работе приводятся и анализируются результаты опроса магистров 5-го курса, проходящих обучение на кафедре управления и информатики НИУ «Московский энергетический институт». Целью опроса является выявление дисциплин из бакалаврского цикла, которые, по мнению студентов, оказались наиболее полезными при поиске работы по специальности и трудоустройстве. Данное исследование имеет достаточно «узкую» направленность, чтобы не рас-

пылять усилия, «за скобки» вынесены многие проблемы, которые заслуживают отдельного изучения (реальные знания студентов по бакалаврским предметам, качество преподавания дисциплин и их соответствие актуальным трендам в предметной области, заинтересованность участников опроса работать по специальности, их активность в поиске работы). Таким образом, в фокусе опроса находится лишь один аспект — оценка курсов с точки зрения их соответствия востребованным на практике научно-техническим проблематикам и, как следствие, полезности при трудоустройстве.

Особенности проведения опроса

Отметим ряд важных особенностей проводимого опроса.

1. Обследуемая совокупность составляется с помощью нестатистического подхода. Для этого используется хорошо известный в социологии и психологии метод *привлечения реальных групп* [3]. Получаемая «удобная» выборка не извлекается случайным образом из генеральной совокупности, а состоит из всех («назначенных») участников опроса [4, 5]. Такое формирование выборки не способно гарантировать обоснованное распространение сделанных наблюдений и обобщений на всю генеральную совокупность, поскольку исследуемый массив изначально нерепрезентативен и составлен «преднамеренно». Вместе с тем метод привлечения реальных групп является практически безальтернативным решением для ряда специфических задач и чаще всего позволяет на основании изучения характеристик «удобной» группы выявить конкретные особенности, присущие всей популяции. Обнаружение сильных связей (закономерностей), действующих в реальных коллективах, дает возможность сформировать «типологическую картину», на основе анализа которой можно сделать обобщающие выводы (или по крайней мере сформировать гипотезы для дальнейших исследований). Учитывая нерепрезентативность выборки, автор старался как можно чаще сопоставлять результаты текущего опроса респондентов (2018 г.) с оценками, которые были получены ранее при аналогичных исследованиях в 2013 – 2017 гг.

2. Опрос проводится в письменном виде анонимно, путем анкетирования. Респондентами являются студенты двух групп магистров, обучающихся в 2018 году на 5-м курсе кафедры управления и информатики НИУ «МЭИ». Фактически в ходе опроса организаторы получают экспертные оценки, так как студенты, прослушавшие бакалаврские курсы и успешно сдавшие экзамены, являются в рассматриваемой области квалифицированными специалистами, способными сфор-

мировать компетентное мнение по задаваемым вопросам.

3. Организация экспертного опроса возложена на модератора, который назначается (выбирается) из числа студентов. Модератор организует обсуждение по вопросу выбора оцениваемых курсов, критериев и шкал измерения (результаты обсуждения утверждаются преподавателем), обрабатывает результаты анкетирования. В целях получения более достоверных выводов модератором выполняется «обезличивание» студентов и каждому присваивается порядковый номер.

Общий размер исследуемой выборки составил 24 респондента (15 человек учится в группе А-1 и девять — в группе А-2; гендерный состав: 19 мужчин и 5 женщин). Абсолютное большинство респондентов обучается на бюджетной основе и прослушало бакалаврские дисциплины на кафедре управления и информатики НИУ «МЭИ».

В опрос включены следующие курсы:

- 1) теория управления (ТУ);
- 2) моделирование систем управления (МСУ);
- 3) электромеханические системы и элементы систем управления (ЭМС);
- 4) микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления (ММСУ);
- 5) технические средства автоматизации и управления (ТСАУ);
- 6) статистические методы инженерных исследований и методы обработки данных (СМИИ);
- 7) системное программное обеспечение (СПО);
- 8) информационные сети и телекоммуникации (ИСТ);
- 9) методы оптимизации (МО);
- 10) системы управления базами данных (СУБД);
- 11) автоматизированные информационно-управляющие системы (АИУС);
- 12) технологии программирования (ТП).

Курсы ТУ, ЭМС и СМИИ являются двухсеместровыми.

Для оценки курсов и проставления баллов респондентам предлагалось ответить на следующие вопросы (в скобках указано минимальное и максимальное количество баллов, которое может быть проставлено по каждому критерию).

1. Востребованы ли знания по анализируемому курсу на рынке труда — общая оценка (0/10).
2. Насколько актуален курс с точки зрения Вашего возможного трудоустройства (0/5).
3. Планируется ли по данному курсу получение дополнительных знаний во внешних организациях и у работодателя (0/5).
4. Хотели бы Вы защитить магистерскую работу или кандидатскую диссертацию по этому курсу (0/3).

5. Развивает ли курс важные навыки для изучения других, необходимых для трудоустройства дисциплин (0/5).

6. Удовлетворяет ли требованиям работодателя объем даваемого материала (0/10).

7. Каковы уровень современности излагаемого материала, ориентация на программно-аппаратные разработки, используемые на практике (0/10).

В опросе собирались также дополнительные сведения: оценка по магистерскому экзамену (в баллах) и наличие работы по специальности на момент проведения анкетирования. Введена единообразная трактовка понятия «работа по специальности».

Трудоустройство по специальности включает:

моделирование и идентификацию объектов, анализ данных с помощью известных программно-алгоритмических средств;

программирование микропроцессоров и создание программного обеспечения;

разработку систем управления, обработки и анализа данных;

разработку автоматизированных систем управления технологическими процессами;

разработку автоматизированных систем научных исследований;

применение интеллектуальных технологий для решения прикладных задач.

Обработка и анализ результатов опроса

В ходе проведения анкетирования респонденты заполняли таблицу «курсы – критерии», в которой каждый критерий оценивается в пределах установленной для него шкалы. После чего рассчитывался суммарный балл по каждому курсу. На основе ответов респондентов модератор составлял сводную обезличенную таблицу «эксперты – курсы» (табл. 1).

Максимально возможная оценка для каждого курса в табл. 1 составляет 48 баллов. Обработку и анализ результатов экспертного опроса осуществляют с помощью программы STATISTICA (версия 6.0).

Для изучения характерных особенностей полученной выборки и формирования обобщенных выводов проведем следующие исследования.

Таблица 1. Оценки экспертов, выставленные учебным курсам

Table 1. Expert estimates of the educational courses

Эксперты	ТУ	МСУ	ЭМС	ММСУ	ТСАУ	СМИИ	СПО	ИСТ	МО	СУБД	АИУС	ТП
E1	32	30	27	29	30	30	30	42	35	44	37	36
E2	36	40	33	34	31	34	35	36	37	41	33	39
E3	12	30	27	25	16	37	23	11	36	33	2	15
E4	30	34	33	34	36	32	29	24	30	35	32	34
E5	30	28	20	23	21	32	24	31	32	32	16	29
E6	23	38	22	23	30	43	30	32	43	41	22	24
E7	40	29	39	39	37	28	34	39	30	33	40	37
E8	33	26	25	20	28	26	28	28	27	25	29	28
E9	40	38	39	28	39	24	16	17	19	11	23	11
E10	7	13	10	28	12	26	34	44	25	48	34	48
E11	31	35	19	40	32	20	45	42	22	31	24	45
E12	25	22	21	26	22	35	40	38	29	40	29	42
E13	34	30	25	35	33	27	27	34	24	34	20	30
E14	23	24	33	30	22	27	27	32	31	35	23	31
E15	33	36	29	28	32	39	22	34	30	31	41	33
E16	25	21	18	26	12	31	33	29	30	36	13	38
E17	34	34	31	37	24	40	29	35	45	35	16	27
E18	44	35	25	34	30	35	25	30	32	31	27	26
E19	10	18	13	11	6	30	20	34	40	31	0	30
E20	37	21	24	24	17	38	30	31	38	42	17	45
E21	19	20	20	20	20	28	36	37	37	40	19	37
E22	14	26	16	31	22	30	41	43	31	38	27	43
E23	27	30	24	39	16	28	43	41	23	41	13	44
E24	23	29	20	36	24	36	34	28	16	31	35	41

Исследование № 1. Разведочный анализ.
Построим диаграмму размаха Тьюки (график «ящик с усами») для рассматриваемых дисциплин. На графике (см. рис. 1) для каждого курса указано значение медианы и размаха [6, 7]. Числовые значения характеристик положения (медиана, среднее) и разброса (размах, среднеквадратическое отклонение) представлены в табл. 2.

Анализ диаграммы Тьюки и данных табл. 2 позволяет выделить следующие особенности:

для половины курсов имеются существенные расхождения в оценках респондентов, в частности, заметные различия обнаружены по технологии программирования (ТП), теории управления (ТУ), автоматизированным информационно-управляющим системам (АИУС), системам управления базами данных (СУБД), информационным сетям и телекоммуникациям (ИСТ), техническим средствам автоматизации и управления (ТСАУ);

наблюдается значительная вариативность в значениях рассчитанных медиан и средних (между «лидером» ТП и «аутсайдером» АИУС — более 10 баллов);

по курсу АИУС получена одна маргинальная оценка — респондент Е19 поставил «нуль» баллов (в предыдущих опросах такие случаи не встречались).

На стадии разведочного анализа проверим также предположение, что все курсы, прочитанные кафедрой в бакалаврском цикле, могут быть разделены на интерпретируемые тематические группы.

На рис. 2 приведены результаты визуализации табл. 1 с помощью метода главных компонент. Отображение рассматриваемых курсов в пространство первых двух главных компонент позволяет выделить несколько достаточно обо-

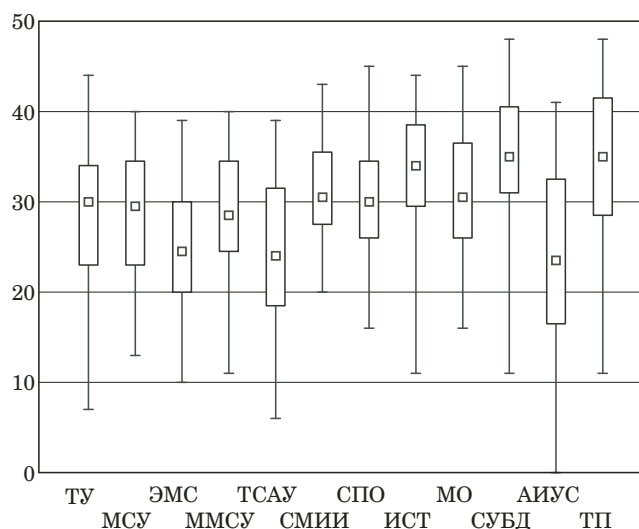


Рис. 1. Диаграммы размаха Тьюки, построенные для учебных курсов

Fig. 1. Tukey charts for courses

собленных групп (кластеров), объединяющих «идеологически близкие» и взаимосвязанные дисциплины:

- 1) кластер (учебный модуль) «Теория управления» (ТУ, МСУ, ЭМС, ТСАУ);
- 2) кластер «Анализ данных» (СМИИ, МО);
- 3) кластер «Аппаратные средства» (ММСУ, АИУС);
- 4) кластер «Программные средства» (ТП, СУБД, ИСТ, СПО).

Возможен альтернативный вариант — разделение всех дисциплин на три кластера (такая картина более четко наблюдалась в предыдущих опросах, в частности, в 2014 и 2016 годах). В этом случае кластер «Теория управления» и кластер «Аппаратные средства» объединяются в единую большую группу «Промышленная автоматика».

Таблица 2. Значения характеристик положения и разброса для учебных курсов

Table 2. The values of the characteristics of position and dispersion for courses

Курсы	Mean	Median	Range	Std. Dev.
ТУ	27,58333	30,00000	37,00000	9,85070
МСУ	28,62500	29,50000	27,00000	7,02054
ЭМС	24,70833	24,50000	29,00000	7,45700
ММСУ	29,16667	28,50000	29,00000	7,13026
ТСАУ	24,66667	24,00000	33,00000	8,68615
СМИИ	31,50000	30,50000	23,00000	5,58725
СПО	30,62500	30,00000	29,00000	7,27600
ИСТ	33,00000	34,00000	33,00000	7,92903
МО	30,91667	30,50000	29,00000	7,24669
СУБД	34,95833	35,00000	37,00000	7,34539
АИУС	23,83333	23,50000	41,00000	10,78109
ТП	33,87500	35,00000	37,00000	9,32651

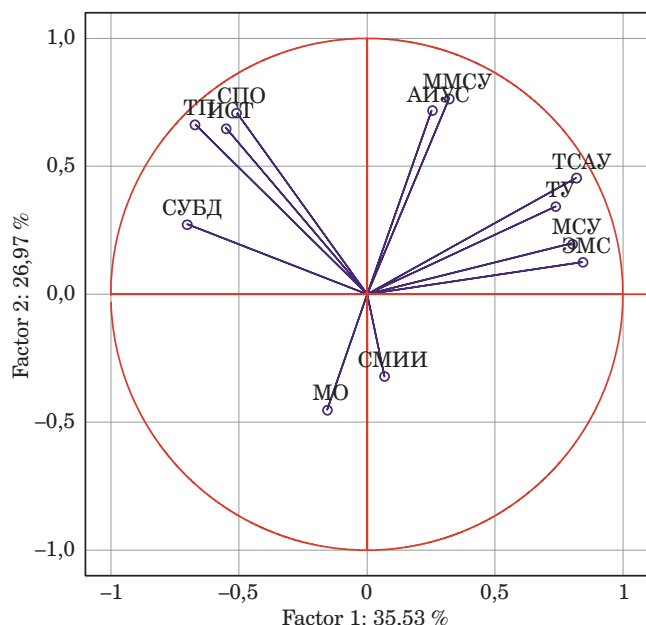


Рис. 2. Визуализация кластеров с помощью метода главных компонент

Fig. 2. Cluster visualization using method of principal components

Исследование № 2. Построение рейтингов курсов. Рейтинг определяется путем упорядочивания курсов по набранному количеству баллов. В работе рассчитываются три рейтинга: общий для двух групп магистров (А-1 и А-2) и два отдельных рейтинга для каждой из учебных групп (в скобках указывается общий балл):

для двух групп (А-1 и А-2)

1 — СУБД (877), 2 — ТП (852), 3 — ИТС (825), 4 — СММИ (786), 5 — МО (775), 6 — СПО (768), 7 — ММСУ (731), 8 — МСУ (721), 9 — ТУ (693), 10 — ЭМС (621), 11 — ТСАУ (619), 12 — АИУС (606);

для группы А-1

1 — СУБД (496), 2 — ТП (486), 3 — ИТС (478), 4 — СММИ (463), 5 — МО (458), 6 — СПО (433), 7 — ММСУ (431), 8 — ТУ (428), 9 — МСУ (412), 10 — ЭМС (378), 11 — ТСАУ (362), 12 — АИУС (338);

для группы А-2

1 — СУБД (381), 2 — ТП (366), 3 — ИТС (347), 4 — СПО (335), 5 — СММИ (323), 6 — МО (315), 7 — МСУ (309), 8 — ММСУ (300), 9 — АИУС (268), 10 — ТУ (265), 11 — ТСАУ (257), 12 — ЭМС (243).

Полностью согласованное мнение сложилось у респондентов (вне зависимости от учебных групп) по курсам-«лидерам»: «Системы управления базами данных», «Технология программирования», «Информационные сети и телекоммуникации». Наибольшие различия наблюдаются у курсов-«аутсайдеров»: «Автоматизирован-

ные информационно-управляющие системы», «Теория управления», «Моделирование систем управления», «Электромеханические системы». Достаточно близкие оценки получили предметы, различающиеся не более чем на одну позицию в рейтингах («Статистические методы в инженерных исследованиях», «Методы оптимизации», «Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления»). Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена между рейтингами А-1 и А-2 показывает сильную связь (значение коэффициента равняется 0,9).

Результаты исследований № 1 и № 2 позволяют сделать несколько предположений: курсы группируются по тематической близости, их упорядочивание (набранные баллы) свидетельствует о существенных различиях в полезности при трудоустройстве, оценки респондентов изменяются в широких пределах и, скорее всего, слабо согласованы. Для проверки этих предположений организуем отдельное исследование.

Исследование № 3. Определение значимых различий между курсами и степени согласованности респондентов. В ходе исследования необходимо ответить на два вопроса:

а) можно ли на основании оценок респондентов сделать вывод о значимых различиях в ценности кафедральных курсов для трудоустройства;

б) имеет ли смысл доверять респондентам — согласованы ли их оценки.

Для ответа на поставленные вопросы воспользуемся непараметрическим статистическим критерием Фридмана, который используется при наличии более чем двух связанных выборок [8, 9].

Обозначим X_{ij} элементы табл. 1. В качестве математической модели используем следующую [8]:

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + \theta_j + \varepsilon_{ij},$$

где μ — неизвестное общее среднее; β_i — неизвестные параметры, которые отражают «эффект выборки»; θ_j — неизвестные параметры, характеризующие «эффект обработки»; ε_{ij} — ненаблюдаемые случайные взаимно независимые величины, извлеченные из непрерывной совокупности, $i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, m$.

Проверяется нулевая гипотеза о том, что все кафедральные курсы равноценны с точки зрения трудоустройства и в оценках респондентов имеются лишь случайные различия (между столбцами табл. 1 нет различий). Альтернативная гипотеза утверждает, что курсы неэквивалентны. Обозначив ценность j -го курса для трудоустройства θ_j ($j, i = 1, \dots, m$), нулевую гипотезу можно

записать в формальном виде: $H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_j = \dots = \theta_m$ ($H_1: \exists i, j: \theta_i \neq \theta_j$).

Выборочная статистика Фридмана вычисляется по формуле

$$F = \frac{12N}{m(m+1)} \left[\sum_{j=1}^m R_j - R \right]^2 = \left[\frac{12N}{m(m+1)} \sum_{j=1}^m R_j^2 \right] - 3N(m+1).$$

Здесь $R = (m+1)/2$, средний ранг $R_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_{ij}$,

где r_{ij} — ранг j -го предмета в i -й выборке.

Поскольку в нашем случае $N > 10$ и $m > 5$, для проверки гипотезы можно воспользоваться тем, что статистика F имеет асимптотическое χ^2 распределение с $(m-1)$ степенями свободы.

Из табл. 1 следует, что в исследовании имеются 24 ранжировки ($N = 24$) и $m = 12$ объектов (анализируемых курсов). Далее воспользуемся непараметрическим модулем в программе STATISTICA. Полученные результаты представлены в табл. 3. Найдем в ней статистику критерия Фридмана $F_{\text{расч}}$ (Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance ANOVA Chi Sqr. ($N = 24$, $df = m - 1 = 11$) = 49,487). Гипотеза H_0 отклоняется на уровне значимости $\alpha/2$, если $F_{\text{расч}} > \chi^2(1 - \alpha/2, m - 1)$. Здесь $\chi^2(1 - \alpha/2, m - 1)$ — квантиль распределения $\chi^2(m - 1)$ порядка $1 - \alpha/2$. Для анализируемых данных при $\alpha = 0,05$ и $m = 12$ значение $\chi^2(11) = 21,92$, поэтому нулевая гипотеза отклоняется и принимается альтернативная гипотеза (курсы неэквивалентны с точки зрения их полезности для трудоустройства) без

конкретизации направлений различий. Для получения более детальных выводов необходимо применять дополнительные тесты, например, критерий Вилкоксона или критерий знаков [10].

В табл. 3 содержится еще один важный показатель — коэффициент конкордации W , который характеризует степень согласованности респондентов. Для анализируемого опроса $W = 0,187$, что свидетельствует об очень низкой согласованности оценок. Проверим значимость коэффициента конкордации ($H_0: W = 0$, $H_1: W \neq 0$). Для этого используется статистика $\gamma = N(m-1)W$, которая при $N \rightarrow \infty$ имеет распределение $\chi^2(m-1)$. Расчетное значение статистики в табл. 3 Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance ANOVA = 49,48701; оно существенно превосходит табличное значение χ^2 -критерия при $\alpha/2 = 0,025$ и $m - 1 = 11$, поэтому нулевая гипотеза отвергается.

Низкая согласованность оценок неприемлема для большинства экспертиз, но достаточно часто встречается в социологических опросах. В первую очередь она является следствием цели проводимого опроса и задаваемых вопросов. Действительно, ценность предмета для трудоустройства — очень индивидуальное понятие. Даже если респондент выставляет объективный балл по первому вопросу («Востребованы ли знания по анализируемому курсу на рынке труда»), то вопросы 2 – 5 требуют личностной субъективной оценки. Во всех предыдущих опросах (2013 – 2017 гг.) коэффициент конкордации (по общей таблице) не превосходил значение 0,2.

Вместе с тем логично предположить, что среди респондентов складываются определенные коалиции, состоящие из студентов со сходными

Таблица 3. Расчет коэффициента конкордации и статистики Фридмана в программе STATISTICA

Table 3. Calculation of coefficient of concordance and Friedman statistics in the STATISTICA program

Курсы	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance ANOVA Chi Sqr. ($N = 24$, $df = 11$) = 49,48701, $p = 0,00000$, Coeff. of Concordance = 0,18745, Aver. rank $r = 0,15212$			
	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std. Dev.
ТУ	5,979167	143,5000	27,58333	9,85070
МСУ	6,270833	150,5000	28,62500	7,02054
ЭМС	4,020833	96,5000	24,70833	7,45700
ММСУ	6,416667	154,0000	29,16667	7,13026
ТСАУ	4,604167	110,5000	24,66667	8,68615
СМИИ	7,354167	176,5000	31,50000	5,58725
СПО	6,395833	153,5000	30,62500	7,27600
ИСТ	8,041667	193,0000	33,00000	7,92903
МО	7,000000	168,0000	30,91667	7,24669
СУБД	8,895833	213,5000	34,95833	7,34539
АИУС	4,604167	110,5000	23,83333	10,78109
ТП	8,416667	202,0000	33,87500	9,32651

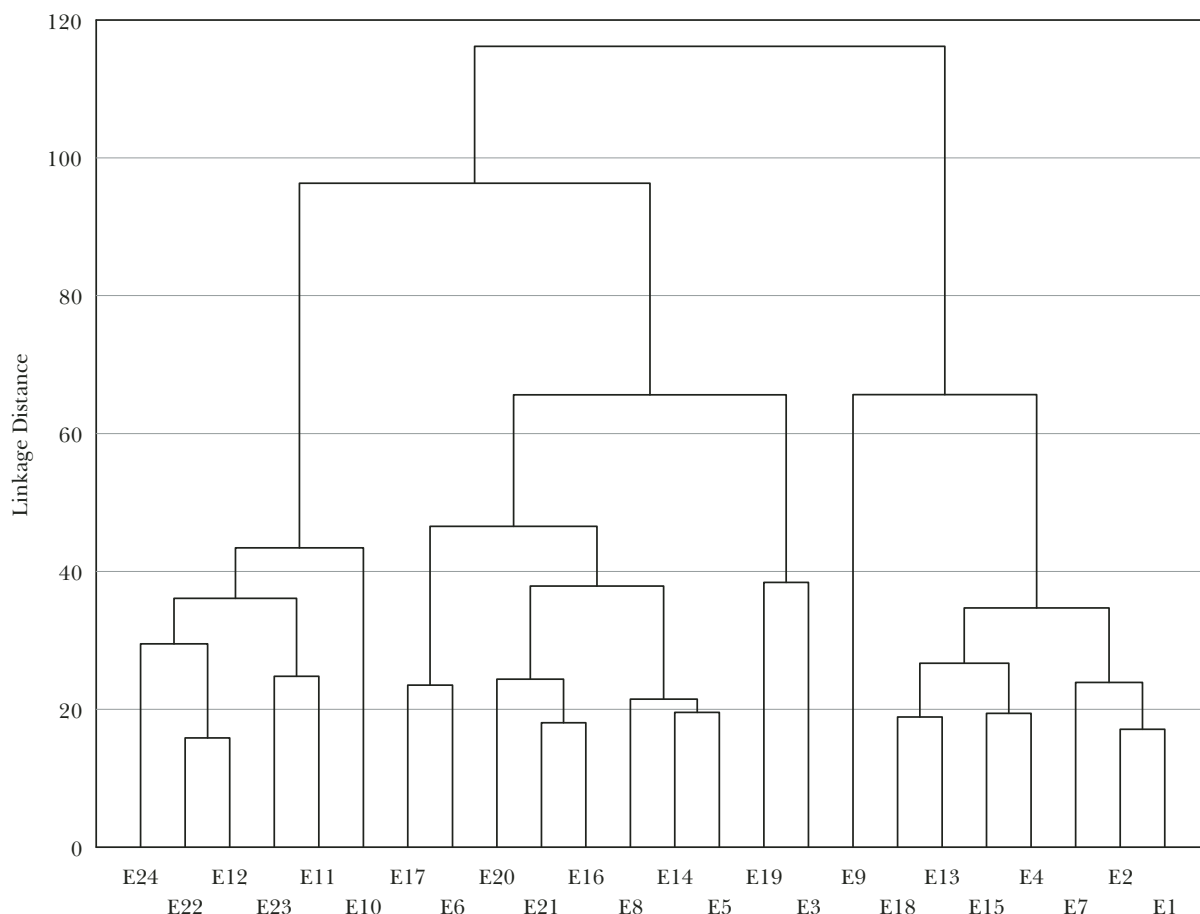


Рис. 3. Разбиение экспертов на кластеры с помощью иерархического кластерного анализа

Коалиция (кластер) № 1 (6 респондентов): E24, E22, E12, E23, E11, E10; Коалиция № 2 (10 респондентов): E17, E6, E20, E21, E16, E8, E14, E5; E19, E3; Коалиция № 3 (8 респондентов): E9, E18, E13, E15, E4, E7, E2, E1.

Fig. 3. Cluster partitioning using hierarchical cluster analysis

взглядами на трудоустройство. В частности, справедливо ожидать, что если выпускники кафедры планируют специализироваться в одной прикладной области, то они ставят близкие оценки соответствующим курсам.

Для выявления таких коалиций воспользуемся иерархическим кластерным анализом. Построение дендрограммы, приведенной на рис. 3, осуществлялось путем расчета евклидова расстояния и применения правила Варда. В ходе исследования также строились дендрограммы с помощью правил ближайшего соседа и дальнего соседа. Однако правило Варда, основанное на минимизации внутригрупповых сумм квадратов, позволило получить наиболее интерпретируемые результаты и компактные коалиции приблизительно одинакового размера.

Оценим степень согласованности респондентов в коалициях. В первом (наиболее компактном) кластере коэффициент конкордации $W = 0,7$. Для коалиций № 2 и № 3 значения W несколько ниже из-за наличия обособленных участ-

ников кластеров (E19 и E3 — в коалиции № 2 и E9 — в коалиции № 3).

Дальнейшая детализация кластеров и выявление формирующих их признаков (предметов) проводится с помощью еще одной кластерной процедуры — метода k -средних. На рис. 4 приведен график, показывающий, какие средние оценки по предметам характерны для каждого кластера. На графике выводятся по оси X все четные номера курсов из табл. 1, всем нечетным номерам (ТУ, ЭМС, ТСАУ, СПО, МО, АИУС) соответствуют точки без подписей. Наиболее существенные различия между тремя кластерами наблюдаются по ТУ, ТП, ИСТ, СПО и МО.

На основе проведенного кластерного анализа дадим следующую содержательную интерпретацию полученным коалициям. Коалиция № 1 включает студентов, ориентированных на применение на практике знаний по предметам «Программные средства»; коалиция № 3 — студентов, выставивших наиболее высокие оценки курсам из учебного модуля «Теория управления»; коалиции № 2 — респондентов, которые отдали предпочтение СМII и МО, представляющими «Ана-

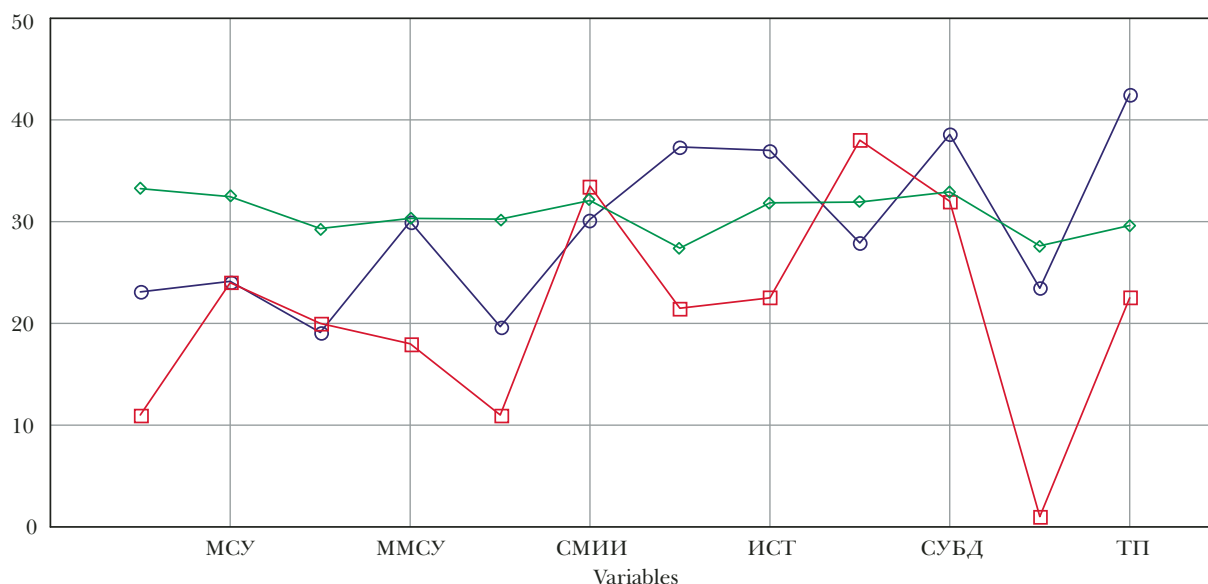


Рис. 4. Средние оценки по учебным курсам в кластерах

Fig. 4. Average estimates for educational courses in clusters

лиз данных». Однако в отличие от исследований предыдущих лет в коалиции № 2 оказались очень низкие оценки по «сопутствующим» дисциплинам (прежде всего, ТП и ИСТ). По этой причине данный кластер не в полной мере согласуется с ранее полученными результатами опросов и не охватывает область Data Science, объединяющей разработку алгоритмов и программ для анализа данных.

Исследование № 4. Проверка однородности исследуемых данных. Сформулируем нулевую гипотезу H_0 : две независимые выборки, содержащие оценки студентов группы А-1 и оценки студентов группы А-2 по конкретному предмету, принадлежат однородным генеральным совокупностям (в частности, имеют одинаковые средние и медианы).

Размер первой независимой выборки, составленной из оценок студентов А-1, $n_1 = 15$ и размер второй выборки (группа А-2) $n_2 = 9$. Для определенности рассмотрим баллы, проставленные по курсу ТУ. Воспользуемся непараметрическим статистическим критерием Манна – Уитни – Вилкоксона [11].

Построим общий вариационный ряд из элементов двух выборок ($n_1 = 15$ и $n_2 = 9$) и присвоим каждому элементу ранг. Выборочная статистика Манна – Уитни – Вилкоксона вычисляется по формуле [11, 7]:

$$Z = \frac{w - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}.$$

Здесь $w = \min\{w_1, w_2\}$,

$$w_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - R_1,$$

$$w_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - R_2,$$

R_1 и R_2 — суммы рангов соответственно элементов первой и второй выборок в общем вариационном ряду размера $n_1 + n_2$. Статистика Z имеет приблизительно стандартное нормальное распределение $N(0, 1)$.

Проведем расчет в программе STATISTICA. Расчетная статистика $Z_{\text{расч}} = 1,7326$. Учитывая, что при $\alpha = 0,05$ квантиль $U_{1-\alpha/2} = 1,96$ и $Z_{\text{расч}} < U_{1-\alpha/2}$, то H_0 принимается. Таким образом, имеются основания считать, что оценки, проставленные по курсу ТУ (с точки зрения полезности этого предмета для трудоустройства) в двух учебных группах (А-1 и А-2) не отличаются и принадлежат однородной генеральной совокупности. Аналогичные тесты, проведенные для остальных курсов, подтверждают общность вывода об однородности оценок.

Заключение

Результаты опроса респондентов в 2018 году достаточно хорошо согласуются с оценками, полученными при проведении предыдущих исследований. Наиболее существенным отличием анкетирования 2018 года является низкий рейтинг курса «Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления» (ММСУ) — 7-е место в общем рейтинге. Ранее (в опросах 2013 – 2017 годов) ММСУ не опускался ниже 4-го места (в 2015

году ММСУ занял первую позицию). Дадим возможные объяснения данному «отклонению» от общих оценок. Во-первых, сработал «индивидуальный фактор» — лишь несколько человек в группах А-1 и А-2 хотят специализироваться в микропроцессорной технике и рассматривают ММСУ в качестве важного источника знаний и компетенций. Во-вторых, рынок труда, как представляется, в микропроцессорной области значительно меньше, чем, например, в сфере «Программные средства». При этом требования к квалификации соискателей приблизительно одинаковые и возможно «перетекание» студентов в область с более высоким спросом.

Несмотря на непротиворечивый общий рейтинг предметов, в котором доминируют курсы из учебного модуля «Программные средства», более детальный анализ полученных оценок с помощью кластерных методов показывает наличие трех достаточно больших коалиций среди респондентов. При этом коалиция «Программные средства» оказывается не самой большой по численности, однако обладает компактностью и внутри группы мнения респондентов имеют высокий уровень согласованности. Многие студенты объективно оценивая высокую востребованность дисциплин «Программные средства» на рынке труда, тем не менее не готовы лично конкурировать на этом «поле» и ищут другие варианты трудоустройства по специальности, прежде всего с использованием знаний по дисциплинам из учебного модуля «Теория управления». Это подтверждает целесообразность многопрофильного обучения на кафедрах с чтением лекций по предметам различной тематической направленности. Такой подход существенно расширяет возможности выпускников успешно находить работу по специальности с учетом собственных предпочтений (знаний, компетенций) и степени конкуренции на рынке труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черненко Я. А. Применение методов статистического анализа для обработки результатов опроса студентов института / Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 2. С. 189 – 194.

2. Ватульян М. А. Проблема профессиональной реализации и карьерные ожидания студентов-гуманитариев (результаты социологического опроса) / Современные научные исследования и инновации. 2012. № 5; <http://web.snauka.ru/issues/2012/05/12707>.
3. Дружинин В. Н. Экспериментальная психология: Учебное пособие. — М.: ИНФРА-М, 1997. — 256 с.
4. Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Выборка>.
5. Портал знаний StatSoft; <http://statistica.ru/knowledge-clusters/liberal-arts/osnovy-vyborochnogo-issledovaniya-i-formirovaniya-prostoy-sluchaynoy-vyborki>
6. Орлов А. И. Прикладная статистика. — М.: Экзамен, 2006. — 671 с.
7. Вуколов Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL. — М.: Форум-Инфра-М, 2004. — 462 с.
8. Холлендер М., Вульф Д. Непараметрические методы статистики. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 518 с.
9. Орлов А. И. Структура непараметрической статистики / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81. № 7. С. 62 – 72.
10. Орлов А. И. Методы проверки однородности связанных выборок / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2004. Т. 70. № 7. С. 57 – 61.
11. Хеттманспергер Т. Статистические выводы, основанные на рангах. — М.: Финансы и статистика, 1987. — 334 с.

REFERENCES

1. Chernenko I. A. Application of statistical analysis methods for processing the results of the survey of students of the institute / Nauch.-Metod. Élektron. Zh. "Konsept". 2017. Vol. 2. P. 189 – 194 [in Russian].
2. Vatulyan M. A. The problem of professional realization and career expectations of students-humanities (results of sociological survey) / Sovr. Nauch. Issl. Innov. 2012. N 5. <http://web.snauka.ru/issues/2012/05/12707> [in Russian].
3. Druzhinin V. N. Experimental psychology: textbook. — Moscow: INFRAM, 1997. — 256 p. [in Russian].
4. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Sample_\(statistics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sample_(statistics)).
5. StatSoft knowledge portal. <http://statistica.ru/knowledge-clusters/liberal-arts/osnovy-vyborochnogo-issledovaniya-i-formirovaniya-prostoy-sluchaynoy-vyborki>
6. Orlov A. I. Applied statistics. — Moscow: Ékzamen, 2006. — 671 p. [in Russian].
7. Vukolov E. A. Fundamentals of statistical analysis. Workshop on statistical methods and package operations research with Statistica and Excel. — Moscow: Forum, 2004 — 462 p. [in Russian].
8. Kholender M., Vulf D. Nonparametric statistical methods. — Moscow: Finansy and statistika, 1983. — 518 p. [in Russian].
9. Orlov A. I. Structure of nonparametric statistics / Zavod. Lab. Diagn. Mater. 2015. Vol. 81. N 7. P. 62 – 72 [in Russian].
10. Orlov A. I. Methods for testing homogeneity of related samples / Zavod. Lab. Diagn. Mater. 2004. Vol. 70. N 7. P. 57 – 61 [in Russian].
11. Khetmansperger T. Statistical inference based on ranks. — Moscow: Finansy and statistika, 1987. — 334 p. [in Russian].