

Математическая модель формирования базовой статистической выборки для оценки уровня освоения цифровых компетенций преподавателей*

Цель исследования. Исследование влияния системы профессионального образования на параметры развития цифровой экономики в регионах РФ могут осуществляться в различных направлениях: выявление состояния системы профессионального образования как института, обеспечивающего человеческими ресурсами цифровую экономику региона; выявление потребностей отдельных отраслей экономики в специалистах, обладающих соответствующими компетенциями для работы в цифровой экономике. Целью данного исследования является обоснование математической модели, позволяющей доказательно сформировать базовую статистическую выборку для оценки уровней освоения цифровых компетенций преподавателями образовательных учреждений профессионального образования.

Материалы и методы. В данной работе предлагается методика оценивания, основанная на мягких вычислениях. Данный подход позволяет соотнести качественный показатель освоения цифровых компетенций и количественную категорию, сформировать базовую статистическую выборку для анализа кадрового потенциала в сфере профессионального образования и оценки развития цифровых компетенций по исследуемой области.

Для оценки готовности преподавателей системы профессионального образования осуществлять профессиональную деятельность, направленную на обеспечение развития цифровой экономики региона, использован компетентностный подход.

Полученные значения уровней освоения различных цифровых компетенций агрегируются по каждому показателю лингвистической переменной в сводные значения, которые могут быть использованы в качестве базовой статистической выборки.

Результаты. На основе данной модели может быть проведен статистический анализ данных об уровне человеческих ресурсов региона в аспекте сформированности знаний и умений в сфере информационно-компьютерных технологий. Данная модель

может быть использована для обработки информации о тестировании разных групп: педагогических работников, государственных и муниципальных служащих. Результаты позволяют диагностировать исходное состояние уровней освоения цифровых компетенций работников отрасли региона или исследуемой организации и осуществлять мониторинг развития человеческих ресурсов региона в рамках проекта «Цифровая экономика». Статистические данные, полученные на основе предложенной модели, хорошо интерпретируются с использованием стандартных графических средств (например, графиков и гистограмм).

Заключение. Разработанная математическая модель апробирована на основе реальных данных и принята в качестве базовой для оценки уровня освоения цифровых компетенций преподавателей министерством образования и молодежной политики Рязанской области. Предложенная модель обладает свойством универсальности и может быть применена для получения базовых статистических выборок уровня освоения цифровых компетенций в областях реального сектора экономики. Дальнейшие исследования планируется проводить в сфере автоматизации процесса статистического анализа данных по цифровизации населения региона, прежде всего в сфере профессионального образования. На основе разработанной математической модели разрабатывается алгоритм аналитической обработки статистических данных по мониторингу цифровых компетенций.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровые компетенции, интерпретация результатов тестирования, вероятностная модель, мягкие вычисления, лингвистическая переменная, функция принадлежности по компетенциям, базовая статистическая выборка, формирование статистических данных, анализ уровня освоения цифровых компетенций

Svetlana V. Avilkina, Marina A. Bakuleva, Nadezhda P. Kleynosova

Ryazan State Radio Engineering University (RGRTU), Ryazan, Russia

Mathematical model of the formation of the basic statistical sample for evaluating the level of the digital competence of lecturers

Purpose of the research. The research of influence of the system of professional education on parameters of development of digital economy in Russian Federation regions can be conducted in different directions: identification of the professional education system status as the institute, providing the digital economy of the region with human resources; to identify the needs of the separate industries of economy for the specialists, having the corresponding competences

for the work in the field of the digital economy. The purpose of this research is justification of the mathematical model, allowing creating evidential basic statistical sampling for the evaluation of the levels of mastering digital competences by lecturers of educational institutions of professional education.

Materials and methods. In this work the estimation methods, based on soft computing is offered. This approach allows correlating a quality

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Рязанской области в рамках научного проекта № 18-410-620002.

indicator of mastering digital competences and quantitative category, to create basic statistical sampling for the analysis of personnel potential in the field of professional education and assessment of digital competences development in the explored area.

The competence-based approach is used for the assessment of readiness of lecturers of the professional education system to carry out the professional activity, aimed at providing development of digital economy of the region.

The received values of levels of mastering different digital competences are aggregated on each indicator of a linguistic variable in summary values, which can be used as basic statistical sampling.

Results. On the basis of this model statistical analysis of the human resources of the region in the aspect of formation of knowledge and abilities in the field of information and computer technologies can be carried out. This model can be used for information processing about testing of different groups: pedagogical employees, public and municipal officers. The results will allow to diagnose an initial status of levels of mastering digital competences of the employees of the regional industry or the studied organization and to carry out monitoring of development of human resources of the region within the Digital

Economy project. Statistically the data obtained on the basis of the offered model are well interpreted with the use of standard graphic means (for example, diagrams and histograms).

Conclusion. The developed mathematical model is tested on the basis of real data and accepted as the basic one for evaluating the level of mastering digital competences of lecturers by the Ministry of Education and Youth Policy of the Ryazan region. The offered model has characteristic of universality and can be applied to receive basic statistical samplings of the level of mastering digital competences of areas of the real sector of economy. Further researches are planned to be conducted in the sphere of automation of process of the statistical data analysis on digitalization of the population of the region, first of all in the sphere of professional education. On the basis of the mathematical model the algorithm of analytical processing of statistical data on monitoring of digital competences is developed.

Keywords: digital economics, digital competencies, interpretation of test results, probabilistic model, soft computing, linguistic variable, membership function by competences, basic statistical sampling, statistical data generation, analysis of the level of digital competence.

Введение

Большинство исследователей формирование цифровой экономики России связывают с развитием информационной инфраструктуры. Это вполне очевидно. В тоже время, работа в цифровой экономике требует наличие у работника ряда специфических компетенций, что обуславливает зависимость темпов экономического развития от качества человеческих ресурсов. Формирование кадрового потенциала цифровой экономики любого региона РФ предполагает оптимизацию подготовки специалистов, обладающих компетенциями в области информационных технологий [17]. Система профессионального образования играет значительную роль в формировании национальной инновационной системы [9, 19].

Курс на цифровую экономику становится определяющим в развитии российского образования и охватывает все его ступени. Совершенствуются механизмы государственной политики в области образования [11]. В программе развития цифровой экономики РФ выделено направление «Образование и кадры» [14]. Цифровизация образования становится следующим за информатизацией этапом в технологическом развитии образования [6]. Необходимо оценить теку-

щий уровень информатизации системы профессионального образования, в частности при помощи оценки уровня освоения цифровых компетенций преподавателями, что в дальнейшем можно использовать для анализа процессов цифровизации образования в качестве базовой статистической выборки. В связи с этим актуальными становятся теоретические и методологические вопросы диагностики компетентностных параметров человеческих ресурсов в аспекте готовности к цифровой трансформации.

Вопросы разработки моделей компетенций, рассмотрены различными исследователями. Можно выделить группу исследований, в которых осуществляются попытки сформулировать и обосновать единые базовые требования к специалисту, сотруднику или обучающемуся. Хьюзлид М.А., Беккер Б.Е. и Битти Р.У. отмечают целесообразность внедрения единых базовых требований, охватывающих всех сотрудников независимо от их роли в компании, обосновывая это тем, что мировая практика свидетельствует в пользу нацеленности усилий каждого работника на стратегию компании [18]. В России разработка концепции базовой модели компетенций цифровой экономики запланирована в 2019

году в соответствии с национальной программой «Цифровая экономика Российской Федерации» [14].

В то же время в рамках реализации указанной программы предполагается разработка методики сбора данных для выявления компетенций различных секторов цифровой экономики и общества в целом, а так же выявление и определение востребованных компетенций для различных секторов цифровой экономики.

Группа других исследований разрабатывает модели компетенций и методики их диагностики с учетом сферы деятельности человека. Прокофьевой Е.Н., Левиной Е.Ю. и Загребинной Е.И. описан алгоритм оценки компетенций студентов вуза, который реализует структурирующую функцию (учет требований стандарта, работодателя, администрации вуза к целям и содержанию обучения), контрольную функцию (разработку контрольных оценочных средств, их информационное обеспечение и непрерывный мониторинг) и управляющую функцию (на основе корректировки процесса освоения учебного материала дисциплины по результатам диагностики компетенций) [15]. Реализация компетентностного подхода в образовании немыслима без мониторинга личностно-про-

фессионального развития обучающегося, который, в свою очередь, невозможен без диагностики его компетенций и личностно-профессиональных качеств [3, 20, 21].

Проблема заключается в том, что ни одна из известных моделей компетенций не ориентирована на задачи развития цифровой экономики и информационного общества.

В контексте мировых тенденций разрабатываются статистические подходы к исследованию развития информационного общества [10]. Появление цифровых технологий тесным образом связано с возникновением огромного числа различных источников информации. Данные, генерируемые цифровой экономикой, по своим масштабам, разнообразию, природе возникновения и сложности нуждаются в адекватном статистическом учете [12].

Для оценки готовности преподавателей системы профессионального образования осуществлять профессиональную деятельность, направленную, в том числе, на обеспечение развития цифровой экономики региона, использован компетентностный подход. Выбор данного подхода обоснован, поскольку используется на протяжении многих лет для квалификационной оценки обучающихся всех уровней образования и соответствует требованиям образовательных стандартов РФ. Как правило, степень освоения компетенций разделяют на несколько уровней, где минимальный уровень трактуется как отсутствие данной компетенции у обучающегося, в то время как максимальный уровень свидетельствует о том, что компетенция освоена, соответствующие знания студента могут быть практически применены для решения конкретной задачи.

Переход на новый технологический уклад обостряют проблемы цифрового нера-

венства между различными социальными слоями [10]. Региональная общественная организация «Центр Интернет-технологий» провела Всероссийское исследование «Индекс цифровой грамотности граждан РФ», направленное на измерение уровня знаний и умений населения, необходимых для безопасного и эффективного использования цифровых технологий и ресурсов интернета. Структура Индекса представляет собой трехуровневую модель, формируемую на основе: субиндекса цифрового потребления, субиндекса цифровых компетенций, субиндекс цифровой безопасности. По данным проведенного исследования в 2017 году Индекс цифровой грамотности в России составил 5,99 пт. по десятибалльной шкале, с разбросом от 4,17 до 6,41 пт. между федеральными округами [4].

Низкие показатели диджитализации сохраняются несмотря на усиление попыток государства стимулировать переход российского бизнеса «к цифре» и его инновации [5, 13]. Согласно данным исследования, проведенного в 2018 году Московской школы управления «Сколково», Рязанский регион занимает 46 место при оценке уровня цифровизации с помощью индекса «Цифровая Россия» [8]. С 2018 года в регионе запущен проект «Цифровая экономика», который предполагает интеграцию социально-экономических процессов в цифровом пространстве. Одним из направлений реализации проекта является подготовка квалифицированных кадров и создание IT-инфраструктуры для использования информационно-телекоммуникационных технологий в различных сферах управления и образования.

Задачей исследования является моделирование оценки готовности преподавателей системы профессионального образования участвовать в ре-

ализации проекта «Цифровая экономика» как некоторой вероятностной математической модели, дающей первичные статистические данные. Для получения первичных статистических результатов и дальнейшего анализа необходимо собрать базовую выборку, которая станет основой последующих исследований и формирования адекватных показателей реализации проекта.

Для проведения исследования определен перечень цифровых компетенций:

- «Цифровой офис» - оценка знаний и навыков работы в офисных программах;

- «Использование сетевых технологий» - оценка знаний и навыков работы использования сетевых технологий;

- «Цифровая безопасность в профессиональной деятельности» - оценка знаний в области информационной и компьютерной безопасности;

- «Инсталляция программного обеспечения и приложений» - оценка знаний, умений и навыков работы по установке программного обеспечения на компьютер и/или мобильные устройства.

В качестве инструментария для независимой оценки компетенций выбрано тестирование. Тест состоит из 40 вопросов, по 10 для оценки каждой компетенции, предусмотрена выборка случайных вопросов по каждой компетенции для каждого респондента, предусмотрена разная сложность вопросов. Тест размещен в системе дистанционного обучения Рязанского государственного радиотехнического университета на базе Moodle.

Результаты тестирования загружаются в сводную таблицу (табл. 1), где крайний столбец содержит суммарный показатель результатов каждого тестируемого.

Проанализировав суммарные показатели, можно получить некоторую математическую оценку результатов освоения

Таблица 1

Фрагмент сводной таблицы результатов тестирования

| | Вопрос 1 | Вопрос 2 | Вопрос 3 | Вопрос 4 | Вопрос 5 | Вопрос 6 | Вопрос 7 | Вопрос 8 | Вопрос 9 | Вопрос 10 | Вопрос 11 | Вопрос 12 | Вопрос 13 | Вопрос 14 | Вопрос 15 | Вопрос 16 | Сумма Q_i |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| User 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 10 |
| User 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 10 |
| User 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 |
| User 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 |
| User 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| User 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| User 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 9 |

компетенций, однако данные результаты нельзя интерпретировать как статистический показатель цифровой грамотности преподавателей. Необходимо провести математическую обработку полученных результатов, а также разработать дескриптор для перевода математических значений в «компетентностную» модель.

1. Решение на основе известных методов

На сегодняшний день широко применяются два основных подхода к интерпретации результатов тестирования: нормативно-ориентированный и критериально-ориентированный подход. При нормативно-ориентированном подходе производится сравнение результатов тестирования, при критериально-ориентированном подходе оценивается, в какой степени тестируемые овладели материалом. Данный подход подробно описан в [1].

Однако критериально-ориентированный подход может быть применен только для интерпретации результатов тестирования по разделу теста «Цифровой офис», поскольку только в этой части все вопросы равноценны по сложности и, следовательно, выставляются равные баллы за правильные ответы. Максимальный балл по данному разделу – 16, минимальный – 0. Согласно приведенному фрагменту сводной таблицы результатов тестирования (табл. 1), проанализи-

Таблица 2

Вычисление значений по интервалам

| Интервалы | V | n | $V \times n$ | $d = V - \bar{X}$ | d^2 | $d^2 \times n$ |
|-----------|-----|--------------|-----------------|-------------------|-------|------------------|
| 5-6 | 5,5 | 2 | 11 | -2,3 | 5,29 | 10,58 |
| 7-8 | 7,5 | 2 | 15 | -0,3 | 0,09 | 0,18 |
| 9-10 | 9,5 | 3 | 28,5 | 1,7 | 2,89 | 8,67 |
| | | $\Sigma = 7$ | $\Sigma = 54,5$ | $\bar{X} = 7,78$ | | $\Sigma = 19,43$ |

ровав суммарные показатели, можно разбить суммарные значения на интервалы. Далее рассчитывается значение средней арифметической величины $\bar{X} = \frac{\sum(V \times n)}{N}$, (где V – среднее значение в выбранном интервале, n – количество участников тестирования, результаты которых соответствуют выбранным интервалам) и среднего квадратичного отклонения $\bar{\delta} = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2 \times n}{\sum n}}$. Результаты вычислений отображены в табл. 2, а итоговое значение будет равно;

$$\bar{\delta} = \pm \sqrt{\frac{19,43}{7}} = \pm 1,7.$$

Тогда уровень освоения компетенции i -го тестируемого относительно базового значения (нулевая ось), будет вычисляться по формуле:

$$L_i = \frac{Q_i - \bar{Q}}{\bar{\delta}},$$

где $\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}$ (Q_i – количество правильных ответов i -го тестируемого). Для данных, представленных в таблице 1, $\bar{Q} = \frac{55}{7} = 7,857143$.

Тогда для первого тестируемого уровень освоения компетенции:

$$L_1 = \frac{10 - 7,857143}{1,6} = 1,286192.$$

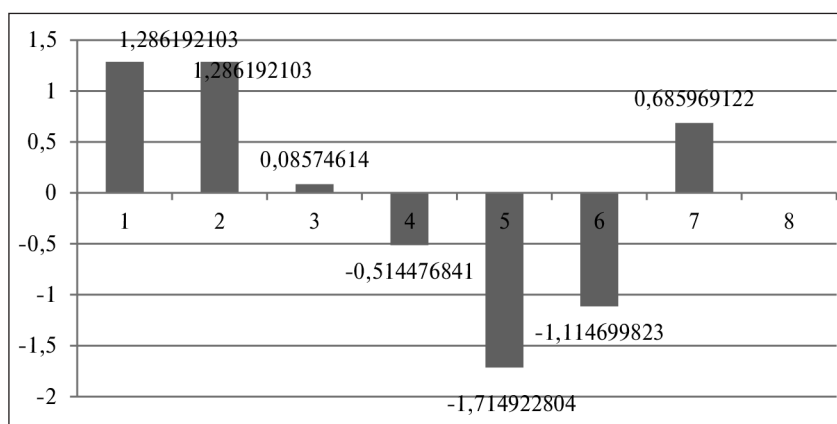


Рис. 1. Разбиение уровня освоению компетенций каждого тестируемого относительно базового (нулевая ось)

Результаты вычислений для данных табл. 1 отображены в виде гистограммы (рис. 1).

К существенным недостаткам данного метода можно отнести следующие:

- разбиения суммарных результатов на интервалы и последующие вычисления среднего не предполагают оценивания ответов дробными числами, при этом такое широко распространённое тестовое задание, как вопрос на соответствие подразумевает возможность ответа не только на 1 балл, а на 0,5 и даже на 1,25 балла;

- данные интерпретируются относительно среднего показателя, то есть дескриптор подразумевает только два значения освоения компетенции: освоена (показатель выше нулевой оси) и не освоена (показатель ниже нулевой оси);

- отсутствует возможность интерпретации результатов по вопросам вариативной сложности, однако в разработанном тесте предусмотрена градация сложности вопросов.

В данной работе предлагается методика оценивания, основанная на мягких вычислениях. Данный подход позволяет соотнести качественный показатель компетенций в количественную категорию и сформировать базовую статистическую выборку для анализа результатов реализации проекта «Цифровая экономика» в сфере профессионального образования.

2. Разработанная математическая модель

Каждая компетенция разделена на уровни освоения: продвинутый, пороговый, критический, ниже критического.

В соответствии с данными требованиями, результаты тестирования необходимо преобразовать в матрицу следующего вида (табл. 3).

Таким образом, можно сформировать лингвистиче-

Результирующая матрица

| | Компетенция 1 «Цифровой офис», k_1 | Компетенция 2 «Цифровая безопасность в профессиональной деятельности», k_2 | Компетенция 3 «Использование сетевых технологий», k_3 | Компетенция 4 «Способность устанавливать профессиональные программы приложения, в том числе, и мобильные», k_4 |
|-------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| User ₁ | $L_{1,1}$ | $L_{1,2}$ | $L_{1,3}$ | $L_{1,4}$ |
| User ₂ | $L_{2,1}$ | $L_{2,2}$ | $L_{2,3}$ | $L_{2,4}$ |
| | | | | |
| User _n | $L_{n,1}$ | $L_{n,2}$ | $L_{n,3}$ | $L_{n,4}$ |

скую переменную L – «Уровень освоения компетенции», которая будет формироваться для каждого участника тестирования.

Введем переменную x , которая интерпретируется как мера принадлежности каждого тестируемого к тому или иному уровню освоения компетенции. Область определения нечеткой переменной x – $[0, 1]$. Поставим соответствие между предложенными уровнями освоения компетенций и переменной x .

Продвинутый уровень: x – $[0,75..1]$.

Пороговый уровень: x – $[0,5..0,74]$.

Критический уровень: x – $[0,25..0,49]$.

Уровень ниже критического: x – $[0..0,24]$.

Тогда запись нечеткого множества $L_{user_i} = \{(0,6k_1), (0,8k_2), (0,3k_3), (0,67k_4)\}$ будет иметь следующую интерпретацию: «тестируемый User₁ имеет пороговый уровень освоения первой компетенции,

продвинутый уровень освоения второй компетенции, критический уровень освоения третьей компетенции и пороговый уровень освоения четвертой компетенции».

Для определения меры принадлежности по первой компетенции достаточно применить следующую формулу:

$$x_{ik_1} = \frac{B_{user_i}}{B_{max}}$$

где B_{user_i} – количество правильных ответов i -го тестируемого, B_{max} – максимальное количество баллов за первый раздел теста. Данная формула является обоснованной, поскольку все вопросы данного раздела имеют равную оценку по критерию сложности.

Например, для данных, приведенных во фрагменте сводной таблицы результатов тестирования (табл. 1) можно посчитать следующие меры принадлежности (табл. 4).

На рис. 2 представлена гистограмма мер принадлежности.

Таблица 4

Меры принадлежности по первой компетенции согласно лингвистической переменной L

| | B_{user_i} | B_{max} | x_{ik_1} |
|--------|--------------|-----------|------------|
| User 1 | 10 | 16 | 0,625 |
| User 2 | 10 | 16 | 0,625 |
| User 3 | 8 | 16 | 0,5 |
| User 4 | 7 | 16 | 0,4375 |
| User 5 | 5 | 16 | 0,3125 |
| User 6 | 6 | 16 | 0,375 |
| User 7 | 9 | 16 | 0,5625 |

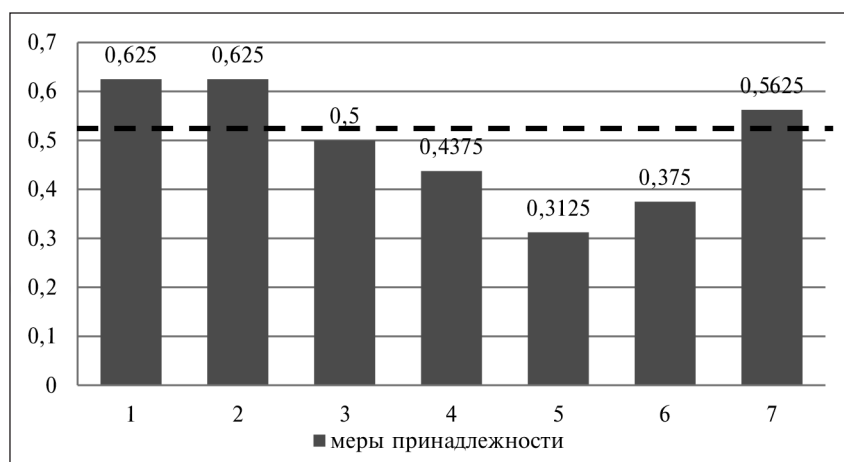


Рис. 2. Меры принадлежности тестируемых к уровням освоения компетенции «Цифровой офис» согласно лингвистической переменной L

Заметим, что результаты предыдущих вычислений совпадают с предложенными, при условии, что в качестве базового уровня (нулевой оси) выбрана прямая $y = 0,5$.

Задача определения мер принадлежности значительно усложняется при условии использования в тесте дифференциальных по сложности вопросов.

Тогда постановка задачи усложнится: пусть в банке вопросов содержится всего M вопросов следующего уровня: m_1 вопросов оцениваются на 1 балл, m_2 вопросов оцениваются на 2 балла и m_3 вопросов оцениваются на 3 балла. Необходимо определить верхнюю границу оценки результата теста как некую сбалансированную величину \tilde{D} .

Следует отметить, что введение вероятностной компоненты считается обоснованной, так как поставленная задача исследования предполагает общую

статистическую оценку уровня освоения компетенций по укрупненным группам. В тоже время, необходимо учитывать, вероятностный фактор уровня начальных знаний тестируемых (очевидно, что учитель информатики априорно лучше оперирует цифровыми технологиями, нежели учитель музыки, но как показало исследование, нельзя принимать это предположение как факт). С этой точки зрения разработанная математическая модель является универсальной и может быть сведена к частному случаю, когда отсутствие вероятностной компоненты обусловлено строгой классификацией уровня сложности вопросов на системном уровне.

В условии автоматического генерирования вопросов закон распределения случайной величины (в данном случае вопроса с той или иной сложностью) соответствует нормальному закону распределения. Тогда вероятность

попадания «однобального» вопроса в тест $P_1 = \frac{m_1}{M}$, «двубального» – $P_2 = \frac{m_2}{M}$ и «трехбального» – $P_3 = \frac{m_3}{M}$.

С учетом введенных вероятностей верхняя граница будет рассчитана по формуле $\tilde{D} = (1 \times P_1 + 2 \times P_2 + 3 \times P_3) \times n$, где n – количество сгенерированных вопросов из банка теста.

Например, по некоторой компетенции в банке вопросов содержится всего 30 вопросов следующего уровня: 12 вопросов оцениваются на 1 балл, 8 вопросов оцениваются на 2 балла и 10 вопросов оцениваются на 3 балла. Тогда $P_1 = \frac{12}{30} = 0,4$, $P_2 = \frac{8}{30} = 0,27$, $P_3 = \frac{10}{30} = 0,33$.

Следовательно, верхняя граница вычислена следующим образом:

$$\tilde{D} = (1 \times 0,4 + 2 \times 0,27 + 3 \times 0,33) \times 8 \approx 15,5.$$

Тогда для определения меры принадлежности по компетенциям, определяющимся по дифференциальным по сложности вопросам, вводятся следующие формулы:

$$x_{ik_2} = \frac{B_{user_i}}{\tilde{D}_2} \text{ для компетенции}$$

«Цифровая безопасность в профессиональной деятельности»,

$$x_{ik_3} = \frac{B_{user_i}}{\tilde{D}_3} \text{ для компетенции}$$

«Использование сетевых технологий»,

Таблица 5

Меры принадлежности по компетенциям, определяющимся по дифференциальным по сложности вопросам, согласно лингвистической переменной L

| | B_{user_i} | \tilde{D}_2 | x_{ik_2} | B_{user_i} | \tilde{D}_3 | x_{ik_3} | B_{user_i} | \tilde{D}_4 | x_{ik_4} |
|--------|--------------|---------------|------------|--------------|---------------|------------|--------------|---------------|------------|
| User 1 | 16 | 15,5 | 1,032258 | 12 | 15,73 | 0,762712 | 11 | 17,33333 | 0,634615 |
| User 2 | 5 | 15,5 | 0,322581 | 13 | 15,73 | 0,826271 | 8 | 17,33333 | 0,461538 |
| User 3 | 12 | 15,5 | 0,774194 | 10 | 15,73 | 0,635728 | 17 | 17,33 | 0,980958 |
| User 4 | 3 | 15,5 | 0,193548 | 4 | 15,73 | 0,254291 | 6 | 17,33 | 0,34622 |
| User 5 | 4 | 15,5 | 0,258065 | 9 | 15,73 | 0,572155 | 3 | 17,33 | 0,17311 |
| User 6 | 8 | 15,5 | 0,516129 | 8 | 15,73 | 0,508582 | 15 | 17,33 | 0,865551 |
| User 7 | 14 | 15,5 | 1,032258 | 12 | 15,73333 | 0,762712 | 11 | 17,33333 | 0,634615 |

$x_{ik_4} = \frac{B_{user_1}}{\tilde{D}_4}$ для компетенции «Способность устанавливать профессиональные программы приложения, в том числе, и мобильные»,

где \tilde{D}_j – сбалансированная величина максимальных баллов (верхняя граница) по каждой j -ой компетенции.

Заметим, что при вычислении меры принадлежности с учетом балансировки верхнего значения, возможно, что значение x будет превышать единичное значение, в данном случае следует отбросить дробную часть.

С учетом приведенных формул по компетенциям рассчитаны следующие меры принадлежности (табл. 5.)

По данным таблицы можно сформировать нечеткое множество по каждому из тестируемых. Например, для пятого тестируемого (User 5) множество будет иметь вид: $L_{user_5} = \{(0,31k_1), (0,26k_2), (0,57k_3), (0,17k_4)\}$, что будет иметь следующую интерпретацию: «тестируемый User₅ имеет критический уровень освоения первой компетенции «Цифровой офис», критический уровень освоения второй компетенции «Цифровая безопасность в профессиональной деятельности», пороговый уровень освоения третьей компетенции «Использование сетевых технологий», и ниже критического уровня – уровень освоения четвертой компетенции «Способность уста-

навливать профессиональные программы приложения, в том числе, и мобильные».

Полученные значения далее агрегируются по каждому показателю лингвистической переменной и получаются сводные значения (рис. 3).

Рис. 3 показывает, что тестирование преподавателей образовательных учреждений профессионального образования Рязанской области обеспечило следующую статистическую выборку по уровням освоения компетенции «цифровой офис» - способность работать в среде «digital office», включая пакеты офисных программ и модели баз данных: в большинстве колледжей более половины педагогов имеют продвинутый и пороговый уровень освоения компетенции, только в двух образовательных учреждениях половина или более половины педагогов имеют критический уровень и ниже критического уровня освоения компетенции.

Сводные значения уровней освоения цифровых компетенций могут быть использованы в качестве базовой статистической выборки для первоначальной диагностики и дальнейшей оценки развития цифровых компетенций по исследуемой области.

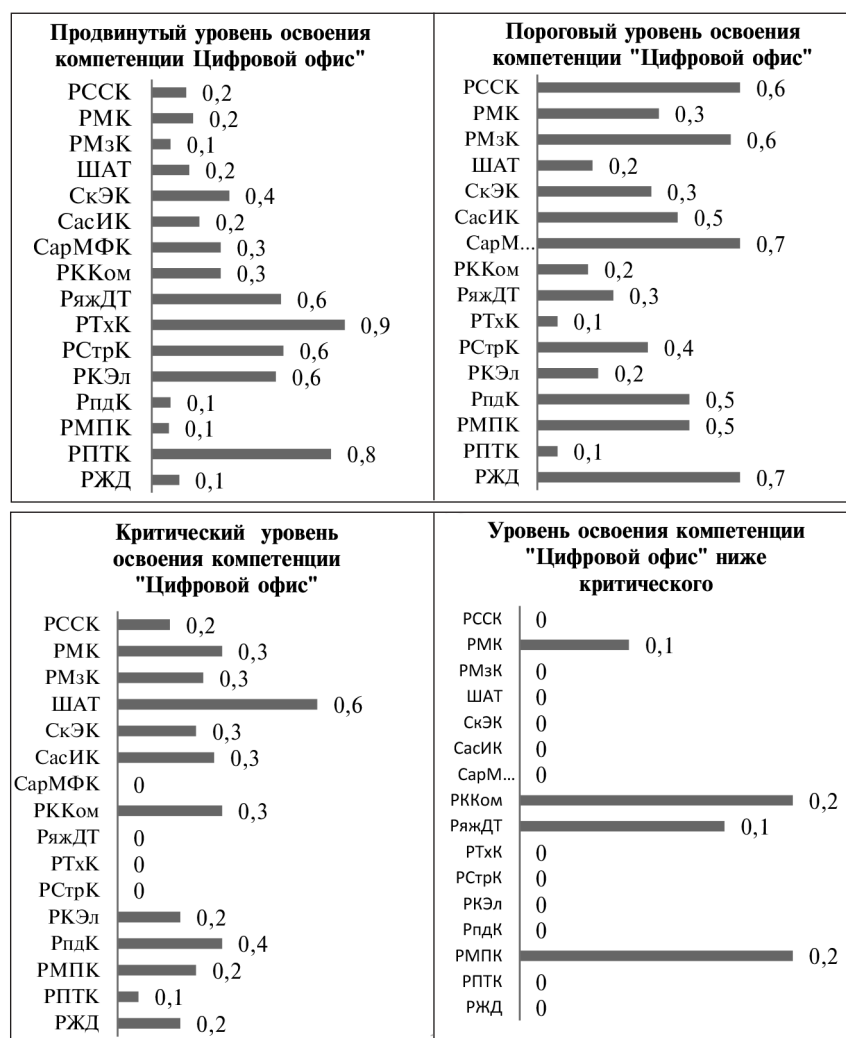


Рис. 3. Показатели уровня освоения цифровых компетенций преподавателей образовательных учреждений профессионального образования Рязанской области

Заключение

В данной работе предложена методика оценивания уровня освоения цифровых компетенций, основанная на мягких вычислениях. Данный подход позволяет соотнести качественный показатель компетенций в количественную категорию и сформировать базовую статистическую выборку для анализа результатов реализации проекта «Цифровая экономика» в сфере профессионального образования.

В настоящий момент задачи использования современных ИКТ в статистике решаются частично. Окончательная их

реализация возможна только после определения отраслей экономики для внедрения отдельных цифровых решений и разработки целевых показателей, характеризующих эффек-

тивность внедрения выбранных технологий в те или иные отрасли [16].

Предложенная модель обладает свойством универсальности и может быть

применена для получения базовых статистических выборок уровня освоения цифровых компетенций в различных областях реального сектора экономики.

Литература

1. Бакулев А.В., Бакулева М.А. Построение ассоциативных правил на основе дифференцирования графовой модели анализируемой выборки // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 46-2. С. 86–88.

2. Бакулев А.В., Бакулева М.А., Авилкина С.В. Новые информационные технологии в формировании единого информационного пространства при изучении теории графов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. №4. С. 3–6.

3. Вайндорф-Сысоева М. Е. Методическая грамотность преподавателя вуза в онлайн-обучении как профессиональная компетенция // eLearning Stakeholders and Researchers Summit 2017. 2017. С. 137–141.

4. Всероссийское исследование «Индекс цифровой грамотности граждан РФ» — проект Региональной общественной организации «Центр Интернет-технологий» (РОЦИТ) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: цифроваяграмотность.рф

5. Готова ли Россия к цифровой экономике? // Аналитический центр при Правительстве РФ, 2017. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://ac.gov.ru/events/013465>.

6. Днепровская Н.В. Оценка готовности российского высшего образования к цифровой экономике. Статистика и Экономика. 2018. №15 (4). С. 16–28. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2018-4-16-28>

7. Индикаторы цифровой экономики: 2017: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, Л.М. Гохберг, М.А. Кевеш и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2017. 320 с.

8. Индекс «Цифровая Россия» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://finance.skolkovo.ru/downloads/documents/FinChair/Research_Reports/SKOLKOVO_Digital_Russia_Resume_2018-10_ru.pdf

9. Киянова Л.Д., Литвиненко И.Л. Роль системы высшего профессионального образования в формировании национальной инновационной системы // Статистика и Экономика. 2013. № 5. С. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2013-5-51-55>

10. Клочкова Е.Н. Статистический подход к исследованию развития информационного общества в контексте мировых тенденций // Ста-

тистика и Экономика. 2016. № 5. С. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2016-5-23-28>.

11. Луценко Н.О. Механизмы государственной политики в области образования // Государственное управление. Электронный вестник. 2017. № 65. С. 210–220. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://e-journal.spa.msu.ru/vestmk/item/65_2017lutsenko.html

12. Минашкин В.Г., Прохоров П.Э. Статистический анализ использования цифровых технологий в организациях: региональный аспект // Статистика и Экономика. 2018. №15(5). С. 51–62. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2018-5-51-62>

13. Морева Е.Л. Проблемы перехода к цифровой экономике: зарубежные рецепты и российские альтернативы // Государственное управление. Электронный вестник. 2018. № 70. Октябрь. С. 344–359

14. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 1632-р от 28 июля 2017 г. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>

15. Прокофьева Е.Н., Левина Е.Ю., Загребина Е.И. Диагностика формирования компетенций студентов в вузе // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–4. С. 797–801 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36936>

16. Смелов П.А., Егорова Е.А., Прохоров П.Э. Современные ИКТ в статистике в эпоху цифровой экономики // Материалы Международной научно-практической конференции «Статистика в цифровой экономике: обучение и использование» (Санкт-Петербург, 1–2 февраля 2018 г.). СПб: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. С. 140–141.

17. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Утверждена Указом Президента Российской Федерации № 203 от 9.05.2017 г. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919>

18. Хьюзлид М.А., Беккер Б.Е., Битти Р.У. Оценка персонала: как управлять человеческим капиталом, чтобы реализовать стратегию. Пер. с англ. М.: ООО "ИД "Вильямс", 2007. 432 с.

19. Чинаева Т.И. Основные тенденции развития международного рынка образовательных

услуг // Статистика и Экономика. 2017. № 1. С. 60–68. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2017-1-60-68>

20. Шапошникова Т. Л., Подольская О.Н., Пастухова И.П. Современные модели и методы диагностики конкурентоспособности выпускника вуза // Научные труды Кубанского госу-

дарственного технологического университета. 2016. № 8. С. 385–398.

21. Mariscal D.C., Deldago F.J.H. Main Motivations of Students of Childhood Education and Primary Education to Become Teachers // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2016. № 6 (7). P. 153-158.

References

1. Bakulev A.V., Bakuleva M.A. Construction of associative rules based on the differentiation of the graph model of the analyzed sample. Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Ryazan State Radio Engineering University. 2013; 46-2: 86-88. (In Russ.)

2. Bakulev A.V., Bakuleva M.A., Avilkina S.V. New information technologies in the formation of a single information space in the study of graph theory. Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO = Economics, statistics and computer science. Bulletin of UMO. 2013; 4: 3-6. (In Russ.)

3. Vayndorf-Sysoyeva M. E. Methodological literacy of a university teacher in online learning as a professional competence. eLearning Stakeholders and Researchers Summit 2017. 2017: 137-141. (In Russ.)

4. All-Russian study "Digital Literacy Index of Citizens of the Russian Federation" - a project of the Regional Public Organization "Center for Internet Technologies" (ROCIT) [Internet]. Available from: цифроваяграмотность.рф (In Russ.)

5. Is Russia ready for a digital economy? Analytical Center for the Government of the Russian Federation, 2017. [Internet]. Available from: <http://ac.gov.ru/events/013465>. (In Russ.)

6. Dneprovskaya N.V. Assessment of the readiness of Russian higher education for the digital economy. Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics. 2018; 15(4): 16-28. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2018-4-16-28> (In Russ.)

7. Indikatory tsifrovoy ekonomiki: 2017: statisticheskiy sbornik = Indicators of the digital economy: 2017: statistical compilation / G.I. Abdrahmanova, L.M. Gokhberg, M.A. Kevesh et al.; Moscow: NSU HSE, 2017. 320 p. (In Russ.)

8. Index "Digital Russia" [Internet]. Available from: https://finance.skolkovo.ru/downloads/documents/FinChair/Research_Reports/SKOLKOVO_Digital_Russia_Resume_2018-10_ru.pdf (In Russ.)

9. Kiyanova L.D., Litvinenko I.L. The role of the system of higher professional education in the formation of the national innovation system. Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics. 2013; 5: 51-55. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2013-5-51-55> (In Russ.)

10. Klochkova E.N. Statistical approach to the study of the development of the information society in the context of global trends. Statistika i Ekono-

mika = Statistics and Economics. 2016; 5: 23-28. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2016-5-23-28>. (In Russ.)

11. Lutsenko N.O. Mechanisms of state policy in the field of education. Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik = State administration. Electronic messenger. 2017; 65: 210-220. [Internet]. Available from: http://e-journal.spa.msu.ru/vestnik/item/65_2017lutsenko.html (In Russ.)

12. Minashkin V.G., Prokhorov P.E. Statistical analysis of the use of digital technologies in organizations: a regional aspect. Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics. 2018; 15(5): 51-62. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2018-5-51-62> (In Russ.)

13. Moreva E.L. Problems of the transition to a digital economy: foreign recipes and Russian alternatives. Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik = State administration. Electronic messenger. 2018; 70. October: 344-359 (In Russ.)

14. The program "Digital Economy of the Russian Federation." Approved by the Order of the Government of the Russian Federation No. 1632-p dated July 28, 2017. [Internet]. Available from: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4F-Hj4PsB7915v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (In Russ.)

15. Prokof'yeva E.N., Levina E.YU., Zagrebina E.I. Diagnostics of the formation of students' competencies in the university. Fundamental'nyye issledovaniya = Fundamental research. 2015; 2-4: 797-801 [Internet]. Available from: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36936> (In Russ.)

16. Smelov P.A., Egorova E.A., Prokhorov P.E. Modern ICT in Statistics in the Epoch of Digital Economy. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Statistics in the Digital Economy: Training and Use" (St. Petersburg, February 1–2, 2018). St. Petersburg: St. Petersburg State University of Economics, 2018: 140–141. (In Russ.)

17. Strategy for the development of the information society in the Russian Federation for 2017–2030. Approved by the Decree of the President of the Russian Federation No. 203 of 9.05.2017 [Internet]. Available from: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (In Russ.)

18. Kh'yuzlid M. A., Bekker B. E., Bitti R. U. Otsenka personala: kak upravlyat' chelovecheskim kapitalom, chtoby realizovat' strategiyu. = Staff Assessment: How to Manage Human Capital to Im-

plement a Strategy. Tr. fr. Eng. Moscow: LLC "Williams Publishing House", 2007. 432 P. (In Russ.)

19. Chinayeva T.I. The main trends in the development of the international market of educational services. *Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics*. 2017; 1: 60-68. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2017-1-60-68> (In Russ.)

20. SHaposhnikova T. L., Podol'skaya O.N., Pastukhova I.P. Modern models and methods for

diagnosing the competitiveness of a university graduate. *Nauchnyye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Scientific works of the Kuban State Technological University*. 2016; 8: 385-398. (In Russ.)

21. Mariscal D.C., Deldago F.J.H. Main Motivations of Students of Childhood Education and Primary Education to Become Teachers. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2016; 6 (7): 153-158.

Сведения об авторах

Светлана Викторовна Авилкина

*К.п.н., доцент, доцент кафедры ГМКУ
Рязанский государственный радиотехнический университет (РГРТУ),
Рязань, Россия
Эл. почта: avilkina.s.v@rsreu.ru
Тел.: +7(905)187-03-30*

Марина Алексеевна Бакулева

*К.т.н., доцент, доцент кафедры САПР ВС
Рязанский государственный радиотехнический университет (РГРТУ),
Рязань, Россия
Эл. почта: marina.bakuleva@gmail.com
Тел.: +7(920)960-98-47*

Надежда Павловна Клейносова

*К.пед.н., доцент кафедры ЭВМ
Рязанский государственный радиотехнический университет (РГРТУ),
Рязань, Россия
Эл. почта: cdo_rsreu@mail.ru
Тел.: +7(920)955-99-17*

Information about the authors

Svetlana V. Avilkina

*Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor, Associate Professor of the Department of the MMCU
Ryazan State Radio Engineering University (RGRTU), Ryazan, Russia
E-mail: s.avilkina@gmail.com
Tel.: +7(905)187-03-30*

Marina A. Bakuleva

*Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of CAD
Ryazan State Radio Engineering University (RGRTU), Ryazan, Russia
E-mail: marina.bakuleva@gmail.com
Tel.: +7(920)960-98-47*

Nadezhda P. Kleynosova

*Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor of the Computer Science Department
Ryazan State Radio Engineering University (RGRTU), Ryazan, Russia
E-mail: cdo_rsreu@mail.ru
Tel.: +7(920)955-99-17*