



Оригинальная статья / Original article

УДК 004.055:004.891.2

DOI: 10.21285/1814-3520-2017-9-83-94

ФОРМАЛИЗОВАННАЯ ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МУЛЬТИМЕДИА-РЕСУРСОВ

С.А. Сакулин¹, Д.А. Соколов², В.С. Выхованец³

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет),

Российская Федерация, 105005, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5, стр. 1.

РЕЗЮМЕ. ЦЕЛЬ. Изучается проблема построения формализованных экспертных оценок качества образовательных мультимедиа-ресурсов. Цель исследования состоит в повышении точности и объективности оценки качества ресурса для обоснования принятия решения о его внедрении в учебный процесс. **МЕТОДЫ.** Для получения итоговой оценки применяются иерархические структуры, состоящие из операторов агрегирования. В качестве таких операторов используются: средневзвешенный оператор, оператор минимума, нечеткий дискретный интеграл Шоке. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** Для оценки качества мультимедиа-ресурсов предлагается формальная модель, отражающая возможные взаимозависимости критериев оценки. Показана результативность применения предложенной модели на примере презентаций. **ВЫВОДЫ.** Подход к формализации экспертной оценки качества образовательных мультимедиа-ресурсов, основанный на иерархии операторов агрегирования, позволяет поэтапно формализовать экспертные предпочтения, которые могут включать в себя взаимозависимости критериев оценки. *Ключевые слова:* оценка качества образовательных ресурсов, мультимедиа, оператор агрегирования, интеграл Шоке, нечёткая мера.

Формат цитирования: Сакулин С.А., Соколов Д.А., Выхованец В.С. Формализованная экспертная оценка качества образовательных мультимедиа-ресурсов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 9. С. 83–94. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-9-83-94

FORMALIZED EXPERT QUALITY ASSESSMENT OF EDUCATIONAL MULTIMEDIA RESOURCES

S.A. Sakulin, D.A. Sokolov, V.S. Vykhovanets

Bauman Moscow State Technical University,
5/1 2nd Baumanskaya St., Moscow 105005, Russian Federation.

ABSTRACT. PURPOSE. The paper deals with the problem of constructing formalized expert assessments of educational multimedia resource quality. The purpose of the research is to increase the accuracy and objectivity of resource quality assessment in order to justify the decision-making on its introduction into the education process. **METHODS.** Hierarchical structures consisting of aggregation operators are used to obtain the final assessment of the resource. Aggregation operators can be represented by a weighted average operator, a minimum operator and a fuzzy discrete Choquet integral. **RESULTS.** A formal model reflecting possible correlations of assessment criteria has been introduced for the evaluation of the multimedia resource quality. The efficiency of the proposed model has been shown on the example of presentations. **CONCLUSIONS.** The approach to the formalization of the expert quality assessment of educational multimedia resources based on the hierarchy of aggregation operators allows stage-by-stage formalization of expert preferences which may include the interdependences of assessment criteria.

Keywords: educational resource quality assessment, multimedia, aggregation operator, Choquet integral, fuzzy measure

For citation: Sakulin S.A., Sokolov D.A., Vykhovanets V.S. Formalized expert quality assessment of educational multimedia resources. Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2017, vol. 21, no. 9, pp. 83–94. (In Russian). DOI: 10.21285/1814-3520-2017-9-83-94

¹Сакулин Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и телекоммуникаций, e-mail: sakulin@bmstu.ru

Sergei A. Sakulin, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Telecommunications, e-mail: sakulin@bmstu.ru

²Соколов Дмитрий Александрович, студент, e-mail: dim778@yandex.ru

Dmitry A. Sokolov, Student, e-mail: dim778@yandex.ru

³Выхованец Валерий Святославович, доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и телекоммуникаций, e-mail: vykhovanets@bmstu.ru

Valery S. Vykhovanets, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Information Systems and Telecommunications, e-mail: vykhovanets@bmstu.ru



Введение

Мультимедиа-ресурсы позволяют эффективно представлять различную информацию. В частности, в последние годы применение технологий мультимедиа стремительно набирает популярность в сфере образования. Результаты ряда исследований показывают, что чтение лекций с использованием мультимедиа позволяет повысить эффективность усвоения информации слушателями [1–7]. Так, например, в опросе, в котором участвовали 275 студентов [2], было выявлено, что среди основной целевой аудитории в сфере образования большинство отдает предпочтение мультимедиа-презентациям. В статье [8] рассмотрено влияние применения различных технологий представления информации, в том числе презентаций, на вовлеченность учащихся в образовательный процесс. В другой работе того же автора [9] было установлено влияние вовлеченности на успеваемость студентов, что свидетельствует об информативности этого показателя. По результатам широкого опроса российских студентов сделан вывод о том, что между использованием преподавателями мультимедийных технологий и вовлеченностью студентов имеется положительная взаимосвязь.

Вместе с тем для принятия решения о внедрении того или иного мультимедиа-ресурса в учебный процесс необходимо удостовериться в том, что этот ресурс удовлетворяет критериям, в совокупности определяющим его качество.

Наиболее распространенным инструментом для создания образовательных мультимедиа-ресурсов в настоящее время является Microsoft Power Point [6]. В качестве примера рассмотрим презентацию,

выполненную посредством использования этой программы.

Проанализируем возможные критерии, определяющие качество такой презентации. Среди прочих выделяются группы подобных критериев качества: наполнение (содержание) и оформление презентации [9]. Оценкой качества презентации будем называть определение совокупной степени соответствия составных критериев значениям, задаваемым экспертом.

С определением понятия оценки качества презентации встает вопрос формального численного получения такой оценки.

Таким образом, для оценки качества презентаций представляется актуальным вопрос формализации связанных с этой оценкой экспертных знаний. Одним из возможных методов данной оценки является модифицированная модель Раша, представленная в работе [5]. Здесь значительное внимание уделено изучению самой модели, однако формализация экспертных знаний не рассмотрена, не затронут вопрос обоснования выбора тех или иных критериев оценки. Совокупную степень соответствия составных критериев заданным значениям и получение численных значений самих этих критериев возможно реализовать с помощью процедуры свертки или агрегирования критериев. Данную процедуру имеет смысл задавать экспертным путем, поскольку от ее характера также будет зависеть итоговая оценка качества презентации. В настоящей статье рассмотрен вопрос формализации экспертных знаний, касающихся оценки качества презентации посредством агрегирования пользовательских критериев с помощью операторов агрегирования.

Критерии качества презентации

Критерии качества презентации можно сформулировать по-разному, в зависимости от конкретного эксперта. В частности, в [10] приводится описание возмож-

ных рассуждений эксперта относительно содержания презентации. При этом критерий G_1 означает качество содержания. В



свою очередь, G_1 получается в результате агрегирования следующих критериев: g_1^1 – развернутость обозначенной темы; g_2^1 – соответствие изложенного материала поставленной задаче; g_3^1 – оценка использованной литературы. Критерии $g_1^1 - g_3^1$ оцениваются экспертом по 10-балльной шкале, после чего приводятся к интервалу $[0,1]$ или нормализуются. В случае отсутствия в презентации списка литературы либо слайда содержания критерии g_2^1 и g_3^1 невозможно оценить. В связи с этим качество содержания такой презентации также не оценивается.

Через g_4^1 обозначим критерий наличия списка литературы, g_5^1 – критерий наличия содержания. Эти критерии являются бинарными и принимают значения на множестве $\{0,1\}$. Введение g_4^1 и g_5^1 предусматривает необходимость наличия содержания и списка литературы в качественной презентации.

На качество презентации влияет также и ее оформление. Выделяют несколько критериев качества оформления. Одним из них является степень структурированности отдельных слайдов и презентации в целом [3, 4]. В работе [2] выявлена значимость критерия наличия звукового сопровождения презентации для студентов – 69% опрошенных отдает предпочтение презентации со звуковым сопровождением. Кроме того, критериями качества оформления презентации могут быть: параметры шрифта (размер, цвет символов); цветовое сочетание (контрастность, фон, выбор цветов); качество анимации, графиков и таблиц.

Приведенные критерии качества оформления объединим в два обобщенных критерия: g_1^2 – дизайн презентации (параметры шрифта, цветовое сочетание, качество анимации), и g_2^2 – структурированность презентации и слайдов. Критерии g_1^2

и g_2^2 также будут оцениваться экспертом по 10-балльной шкале, а затем нормализоваться. Как и в случае с критерием качества содержания G_1 , отсутствие в презентации введения приведет к невозможности оценки качества оформления из-за его влияния на структурированность презентации. Поэтому наличие критерия g_2^2 (структурированность презентации и слайдов) имеет смысл только при единичном значении бинарного критерия g_3^2 (введение), который принимает значения на множестве $\{0,1\}$. Таким образом, G_2 представляется составным критерием качества оформления. В свою очередь, G_2 является результатом агрегирования критериев $g_1^2 - g_3^2$.

Рассмотрим теперь возможные суждения эксперта, касающиеся взаимного влияния обозначенных критериев. Составные критерии G_1 (качество содержания) и G_2 (качество оформления) примем независимыми по отношению друг к другу, поскольку дизайн и наполнение одной и той же презентации могут выполнять разные люди без влияния на конечный результат. Критерии внутри соответствующих G_1 и G_2 независимых групп способны оказывать взаимное влияние.

Рассмотрим соответствующие взаимосвязи. Критерии g_1^1 – развернутость обозначенной темы, g_2^1 – соответствие теме, и g_3^1 – оценка литературы – взаимосвязаны, так как очевидно, что развернутость темы прямо зависит как от использованной литературы, так и от соответствия поставленной задаче. Кроме того, критерии g_1^1 (развернутость обозначенной темы) и g_2^1 (соответствие теме) являются в некотором смысле взаимозаменяемыми. По мнению эксперта, удовлетворение критерия g_2^1 может оказывать почти такое же влияние на результат оценки, как и удовлетворение обоих критериев g_1^1 и g_3^1 , поскольку в том



случае, если содержание презентации соответствует поставленной задаче, пусть даже обозначенная тема не полностью развернута, то презентация, скорее всего, качественна с точки зрения представления информации. При этом эксперт отмечает, что критерий g_3^1 (оценка использованной литературы) не является зависимым от критериев g_1^1 и g_2^1 , а критерии g_1^1 и g_2^1 , в свою очередь, не зависят от g_3^1 . Критерии g_1^2 (дизайн), g_2^2 (структурированность презентации и слайдов) положительно корре-

лированы ввиду очевидности того факта, что качественный дизайн может быть выстроен только лишь при наличии качественной структуры презентации. Здесь логично отдать предпочтение критерию g_2^2 в сравнении с критерием g_1^2 , потому как структурированность презентации более важна при восприятии информации, чем ее дизайн. Влияние бинарных критериев g_4^1 , g_5^1 и g_3^2 на остальные критерии было описано выше.

Формализация оценки качества презентации

Приведенные выше рассуждения возможно формализовать с помощью иерархии соответствующих операторов агрегирования. Такой оператор представляет собой функцию, зависящую от входных критериев и обладающую заданными свойствами [11]. Сами критерии и результат агрегирования определены и принимают значения на единичном интервале $[0,1]$, в связи с чем в модели формальной оценки качества презентации все критерии приводятся к единичному интервалу. Для того чтобы из значений исходных критериев $g_1^1, \dots, g_5^1; g_1^2, \dots, g_3^2$ получить итоговую оценку качества презентации Ω , необходимо выбрать операторы агрегирования.

Задача выбора операторов не является тривиальной [11]. Различия между операторами и методами построения соответствующих иерархий обусловлены спецификой решаемых задач. Примерами таких прикладных задач являются: оценка спортсмена в фигурном катании (модифицированный средневзвешенный оператор); формирование интегральной оценки успеваемости учащегося; оценка удобства веб-страниц; анализ и оценка эффективности какого-либо производственного процесса; оценка возраста наступления смерти по скелету в судебной медицине [12–17]. Наиболее распространенные и относительно простые операторы – минимум

(min), максимум (max), средневзвешенный оператор. С их помощью невозможно учитывать взаимодействие между критериями, в том числе рассмотренные выше корреляцию и взаимозаменяемость. Для того чтобы формализовать знания эксперта о зависимых критериях, применяются дискретные интегралы Шоке и Сугено [11]. Основное различие между ними заключается в том, что интеграл Шоке основывается на линейных операторах, а интеграл Сугено – на нелинейных операторах (min и max). Интеграл Шоке подходит для количественной агрегации, в то время как интеграл Сугено больше подходит для порядковой агрегации.

Критерии качества презентации являются количественными, изменение каждого из них должно влиять на результат оценки, поэтому в качестве оператора агрегирования зависимых критериев нами был выбран интеграл Шоке.

Для использования интеграла Шоке требуется идентифицировать нечеткую меру. Идентификация затруднена необходимостью экспертным путем задавать значение меры для каждого подмножества критериев, что невозможно реализовать на практике. Поэтому такая идентификация осуществляется различными косвенными методами. Для построения модели оценки качества презентаций был выбран метод наименьшей дисперсии, поскольку он, в



отличие от других методов, обеспечивает уникальность получаемой нечеткой меры, а также отсутствие субъективизма в результате агрегирования помимо субъективизма экспертного мнения [18–20].

Построим иерархию в виде дерева операторов агрегирования для оценки качества презентации. Основанием для выбора операторов, входящих в дерево, послужит влияние критериев друг на друга и на результат в целом.

Составные критерии G_1 (качество содержания) и G_2 (качество оформления) независимы друг от друга, поэтому целесообразно будет использовать простой средневзвешенный оператор

$$AGG(G_1, G_2) = w_1 G_1 + w_2 G_2,$$

где w_1 и w_2 – весовые коэффициенты, определенные экспертом напрямую или косвенно.

Из-за упомянутой взаимозаменяемости критериев g_1^1 (развернутость обозначенной темы) и g_2^1 (соответствие теме) для их агрегирования применим интеграл Шоке. Кроме того, в составной критерий G_1 входит критерий g_3^1 (оценка литературы), который является взаимно предпочтительно независимым с критериями g_1^1 и g_2^1 . Ин-

теграл Шоке, в силу своей универсальности, позволяет отражать в итоговой оценке как взаимозаменяемость, так и независимость критериев, поэтому будем применять его для агрегирования всех трех критериев этой группы. В то же время необходимо учесть описанное выше влияние критериев g_4^1 (наличие списка литературы) и g_5^1 (наличие вступления) на составной критерий G_1 . Для этого используем оператор минимума, который будет сводить значение G_1 к нулю в том случае, если хотя бы один из критериев – g_4^1 или g_5^1 примет нулевое значение. Ввиду того что критерии g_1^2 (дизайн) и g_2^2 (структурированность презентации и слайда) взаимозависимы, в качестве соответствующего оператора агрегирования также применим интеграл Шоке.

Аналогично тому, как это сделано для критерия G_1 , критерий G_2 будем получать посредством оператора минимума, который обнулит значение критерия G_2 в случае отсутствия в презентации содержания (обнуление критерия g_3^2 – наличие содержания). Полученная в итоге иерархия операторов агрегирования представлена на рис. 1.

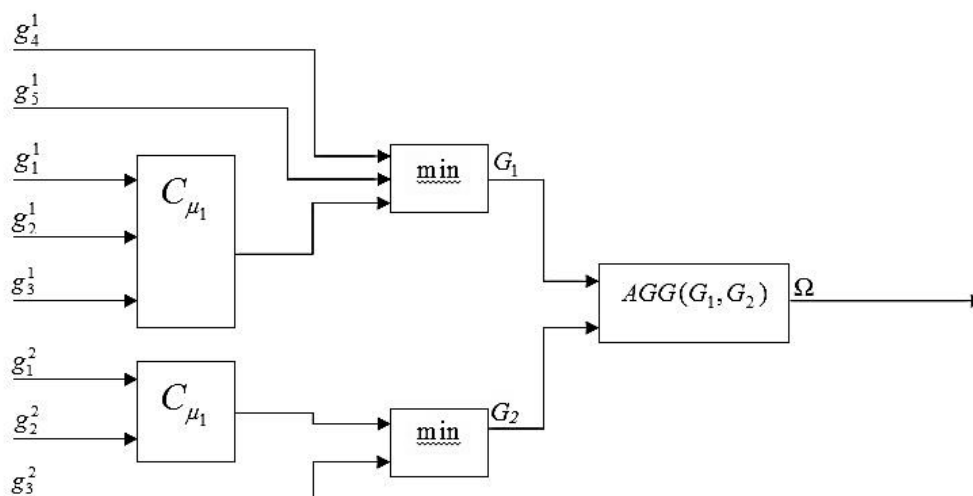


Рис. 1. Иерархия операторов агрегирования для оценки качества презентации
Fig. 1. Hierarchy of aggregation operators assessing presentation quality



Таким образом, в соответствии с приведенной иерархией операторов агрегирования итоговая оценка качества презентации Ω выражается формулой:

$$\Omega = w_1 \min[g_4^1, g_5^1, C_{\mu_1}(g_1^1, g_2^1, g_3^1)] + w_2 \min[C_{\mu_2}(g_1^2, g_2^2), g_3^2]. \quad (1)$$

Здесь интегралы Шоке

$$C_{\mu_1}(g_1^1, g_2^1, g_3^1) \text{ и } C_{\mu_2}(g_1^2, g_2^2)$$

совместно с соответствующими операторами минимума служат для вычисления значений составных критериев G_1 и G_2 .

Иллюстративный пример

Презентации широко используются в образовательной сфере. С помощью приведенных ниже примеров проиллюстрируем практическую применимость описанного подхода к формализации экспертных оценок. Рассмотрим две презентации, которые находятся в общем доступе [21, 22]. Первая – презентация с американского образовательного портала Science Prof Online (SPO) – представляет собой лекцию по физике о материи и энергии (рис. 2). Вторая используется в лекции кафедры экономики и менеджмента Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС), посвященная управлению организационными изменениями (рис. 3).

Эти презентации посвящены разным темам (физика и экономика), имеют отличия в стиле оформления, языке, поэтому намеренно выбраны для проверки универсальности применения предложенного подхода к формализации экспертных знаний в рассматриваемом классе образовательных ресурсов. В роли экспертов выступили 4 студента, обучающиеся на кафедре ИУ-3 МГТУ им. Н.Э. Баумана, которые уже прослушали курсы лекций по физике и экономике в университете. Кроме того, им было предложено ознакомиться с дополнительной литературой для более полного понимания содержания презентаций и объективности соответствующей оценки. Каждый студент провел оценку по всем критериям,



About Science Prof Online PowerPoint Resources

• Science Prof Online (SPO) is a free science education website that provides fully-developed Virtual Science Classrooms, science-related PowerPoints, articles and images. The site is designed to be a helpful resource for students, educators, and anyone interested in learning about science.

• The SPO Virtual Classrooms offer many educational resources, including practice test questions, review questions, lecture PowerPoints, video tutorials, sample assignments and course syllabi. New materials are continually being developed, so check back frequently, or follow us on Facebook (Science Prof Online) or Twitter (ScienceProfSPO) for updates.

• Many SPO PowerPoints are available in a variety of formats, such as fully editable PowerPoint files, as well as uneditable versions in smaller file sizes, such as PowerPoint Shows and Portable Document Format (.pdf), for ease of printing.

• Images used on this resource, and on the SPO website are, wherever possible, credited and linked to their source. Any words underlined and appearing in blue are links that can be clicked on for more information. PowerPoints must be viewed in slide show mode to use the hyperlinks directly.

• Several helpful links to fun and interactive learning tools are included throughout the PPT and on the Smart Links slide, near the end of each presentation. You must be in slide show mode to utilize hyperlinks and animations.

• This digital resource is licensed under Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0:
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Alicia Cepaitis, MS
Chief Creative Nerd
Science Prof Online
Online Education Resources, LLC
alicia@scienceprofonline.com

Tami Port, MS
Creator of Science Prof Online
Chief Executive Nerd
Science Prof Online
Online Education Resources, LLC
info@scienceprofonline.com

From the Virtual Biology Classroom on ScienceProfOnline.com

Image: Compound microscope objectives, T. Port

Рис. 2. Вводная лекция по физике
Fig. 2. Introductory lecture on Physics



Рис. 3. Лекция по дисциплине «Управление изменениями»
Fig. 3. Lecture on “Change Management”

сформировав тем самым реализацию входных критериев. Экспертам предлагалось оценить значение каждого из критериев в диапазоне от 0 до 10, где 0 – критерий «полностью не удовлетворен», 10 – критерий «полностью удовлетворен». Студенты выставляли свою оценку для каждой из презентаций в соответствии с анкетой, состоящей из следующих вопросов.

1. Полностью ли развернута тема презентации?
2. Насколько содержимое соответствует обозначенной теме?
3. Оцените надежность и достоверность источников.
4. Присутствует ли введение, (0 – нет, 10 – да)?
5. Присутствует ли список литературы, (0 – нет, 10 – да)?
6. Оцените качество дизайна (графические, звуковые элементы; анимация, цветовое сочетание, читабельность шрифта).
7. Оцените структуру презентации и отдельных слайдов.
8. Присутствует ли содержание, (0 – нет, 10 – да)?

Осредненные результаты проведен-

ного анкетирования в виде нормализованных значений критериев представлены в табл. 1.

Обе презентации имеют слайды «содержание», «введение», «список литературы», что отражено в табл. 1 единичными значениями соответствующих критериев. Значение критерия g_1^1 (развернутость обозначенной темы) было оценено одинаково для обеих презентаций: темы в них были развернуты, но присутствовали некоторые недостатки. Основным недостатком, отмеченным экспертами в презентации ВГУЭС, признана некоторая избыточность информации, а в презентации SPO – напротив, некоторая ее недостаточность. По критерию g_2^1 презентация SPO имеет более высокую оценку по соответствию тематике. В презентации ВГУЭС содержится информация, не относящаяся к основной теме, составлен обширный список научной и учебной литературы. В презентации SPO в качестве источников в списке литературы приведены только ссылки на интернет-ресурсы, которые не отличаются надежностью и постоянством. Поэтому значение



Таблица 1

Осредненные результаты экспертных оценок

Table 1

Averaged results of expert assessments

Критерий / Criterion	ВГУЭС (g_1) / Vladivostok State University of Economics and Service (g_1)	SPO (g_2)
g_1^1	0,8	0,8
g_2^1	0,7	0,8
g_3^1	0,9	0,5
g_4^1	1	1
g_5^1	1	1
g_1^2	0,7	0,9
g_2^2	0,7	0,8
g_3^2	1	1

критерия g_3^1 (оценка литературы) у презентации ВГУЭС выше. Из табл. 2 видно, что презентация ВГУЭС имеет более низкие относительно презентации SPO значения критериев g_1^2 (дизайн), g_2^2 (структурированность презентации и слайдов), агрегированием которых является критерий G_2 (оформление). Причиной тому может служить недостаточная проработка графических элементов (изображений, таблиц, графиков и т.д.) в презентации ВГУЭС. Для экспертов было очевидным, что качество презентации SPO в целом выше качества презентации ВГУЭС, что можно формализовать в виде следующего отношения предпочтения на множестве A реализаций критериев (презентаций):

$$g_2 \succ_A g_1. \quad (2)$$

Здесь g_1, g_2 – реализации критериев для презентаций ВГУЭС и SPO (символом \succ обозначено отношение предпочтения); $A = \{g_1, g_2\}$ – множество реализаций.

Несмотря на то что общая оценка презентации, по мнению экспертов, должна быть выше у презентации SPO, ВГУЭС отдана предпочтительность презентации от-

носителю критериев g_1^1, \dots, g_5^1 , составляющих критерий G_1 (содержание), а предпочтительность презентации SPO – относительно критериев g_1^2, \dots, g_3^2 , составляющих критерий G_2 (оформление). Обозначим g_1^1 реализацию критериев g_1^1, \dots, g_5^1 для презентации ВГУЭС, а реализацию тех же критериев для презентации SPO – как g_2^1 . Обозначим g_1^2 как реализацию критериев g_1^2, \dots, g_3^2 для презентации ВГУЭС, а реализацию тех же критериев для презентации SPO – как g_2^2 . Тогда описанные предпочтения выражаются следующими отношениями порядка на соответствующих множествах реализации:

$$g_1^1 \succ g_2^1; \quad (3)$$

$$g_1^2 \prec g_2^2. \quad (4)$$

Другие предпочтения не так очевидны для экспертов. Положительную корреляцию критериев g_1^1, \dots, g_3^1 можно формализовать с помощью знака индекса взаимодействия соответствующих критериев:



$$I_{\mu_1}(1,2,3) < 0, \quad (5)$$

где индекс μ_1 указывает, что индекс взаимодействия (5) относится к интегралу $C_{\mu_1}(g_1^1, g_2^1, g_3^1)$.

Положительная корреляция критериев g_1^2 (дизайн) и g_2^2 (структурированность презентации и слайда) формализуется с помощью знака индекса взаимодействия соответствующих критериев:

$$I_{\mu_2}(1,2) < 0, \quad (6)$$

где индекс μ_2 указывает, что индекс взаимодействия (6) относится к интегралу $C_{\mu_2}(g_1^2, g_2^2)$.

Приведенные выше рассуждения эксперта о том, что при определении значения критерия G_2 более важным критерием является g_2^2 (структурированность презентации и слайда), чем g_1^2 (дизайн презентации), формализуются с помощью соответствующих индексов Шепли.

$$\Phi_{\mu_2}(1) < \Phi_{\mu_2}(2). \quad (7)$$

Для получения численных значений оценок качества презентаций нужно идентифицировать нечеткие меры μ_1 и μ_2 . Для их идентификации мы применяем метод максимизации энтропии нечеткой меры при заданных ограничениях, реализованный в специализированном свободно распространяемом пакете Kappalab [19]. В соответствии с этим методом отношения предпочтений (3) и (4) переводятся в неравенства:

$$C_{\mu_1}(0.8, 0.7, 0.9) - C_{\mu_1}(0.8, 0.8, 0.5) \geq \delta_c^{\mu_1}; \quad (8)$$

$$C_{\mu_2}(0.9, 0.8) - C_{\mu_2}(0.7, 0.5) \geq \delta_c^{\mu_2}, \quad (9)$$

где $\delta_c^{\mu_1}$, $\delta_c^{\mu_2}$ – пороги безразличия.

Критерии g_4^1 , g_5^1 и g_3^2 при переводе отношений предпочтений (3), (4) в неравенства (8), (9) не рассматриваются, поскольку имеют единичные значения и не влияют на результаты агрегирования в виде значений составных критериев G_1 (содержание) и G_2 (оформление).

Неравенства (5)–(7) преобразуются соответственно в неравенства:

$$-1 \leq I(1,2,3) \leq -\delta_I^{\mu_1}; \quad (10)$$

$$-1 \leq I(1,2) \leq -\delta_I^{\mu_2}; \quad (11)$$

$$\Phi(g_2^2) - \Phi(g_1^2) \geq \delta_\Phi^{\mu_2}. \quad (12)$$

Здесь $\delta_I^{\mu_1}$, $\delta_I^{\mu_2}$, $\delta_\Phi^{\mu_2}$, $\delta_c^{\mu_1}$, $\delta_c^{\mu_2}$ – задаваемые экспертом пороги безразличия для идентификации соответствующих нечетких мер. Исходя из того, что все входные критерии определены на шкалах вида $\{0, 0.1, \dots, 0.9, 1\}$, а также принимая во внимание ограничения на значения порогов безразличия, применяемые для недопущения выбора значений порогов, при которых задача идентификации нечеткой меры заведомо не имеет решения [23], были выбраны следующие значения этих порогов: $\delta_I^{\mu_1} = 0,005$; $\delta_I^{\mu_2} = 0,005$; $\delta_\Phi^{\mu_2} = 0,02$; $\delta_c^{\mu_1} = \delta_c^{\mu_2} = 0,055$.

Результаты проведенной идентификации в виде параметров соответствующих интегралов (индексов взаимодействия и индексов Шепли, а также значения этих интегралов на реализациях g_1 , g_2) приведены в табл. 2. Весовые коэффициенты w_1 и w_2 эксперты определили одинаково – по 0,5 каждый. Значения итоговой оценки Ω для рассмотренных презентаций также приведены в табл. 2.

Индекс взаимодействия $I_{\mu_1}(1,2)$ принимает значение -0,0050, которое принадлежит интервалу $[-1 - \delta_I^{\mu_1}]$. Этим выражается взаимозависимость критериев



Таблица 2

Результаты агрегирования критериев

Table 2

Results of criteria aggregation

Критерии / Criteria	$\Phi(1)$	$\Phi(2)$	$\Phi(3)$	$I_{\mu_1}(1,2,3)$	$I_{\mu_2}(1,2)$	g_1	g_2
C_{μ_1}	0,33833 3	0,3350	0,3350	-0,0050	–	0,801	0,7015
C_{μ_2}	0,50250 0	0,50250 0	–	–	-0,0050	0,7	0,85025
Ω	–	–	–	–	–	0,7505	0,77587 5

g_1^1, g_2^1 , что соответствует экспертным рассуждениям. Остальные индексы взаимодействия для критериев, относящихся к $C_{\mu_1}(g_1^1, g_2^1, g_3^1)$, равны 0.

Как и ожидалось, результаты агрегирования отражают экспертное мнение, сформулированное в зависимостях (1)–(7). Предпочтительная зависимость реализа-

ций g_1, g_2 отражена в результате агрегирования Ω . Полученные значения интегралов Шоке $C_{\mu_1}(g_1^1, g_2^1, g_3^1)$ и $C_{\mu_2}(g_1^2, g_2^2)$, приведенные в табл. 2, отражают и рассуждения экспертов о более высокой оценке критерия G_1 (содержание) презентации ВГУЭС и более высокой оценке критерия G_2 (оформление) презентации SPO.

Заключение

Рассмотренный в статье подход к формализации экспертной оценки качества презентаций основан на построении иерархии из операторов агрегирования критериев, которые представляют собой то или иное свойство презентации. Значения этих критериев определены на соответствующих шкалах и могут задаваться экспертным путем с помощью анкетирования. Для агрегирования зависимых критериев применяется интеграл Шоке, который позволяет отражать подобные зависимости в результатах агрегирования.

В случае, если построение описанной иерархии выполняется несколькими экспертами, точки зрения которых на рассматриваемую предметную область различаются, применяя рассмотренный аппарат, эксперты способны прийти к компромиссному решению. Это достигается благодаря тому, что все рассмотренные виды экспертных предпочтений могут быть однозначно представлены в виде соответствующего оператора, входящего в иерархию.

Процесс формализации оценки качества презентации может быть итеративным, что предполагает постепенное уточнение предпочтений экспертов.

На примере двух презентаций, посвященных разным темам, показана практическая применимость предложенного подхода. Для реализации строго обоснованной и всесторонней формальной оценки образовательных мультимедиа-ресурсов необходимо привлечение в качестве экспертов специалистов из соответствующих прикладных областей как от образовательного сообщества, так и со стороны органов управления образованием.

В качестве продолжения исследований в данном направлении предполагается усовершенствование методов работы с экспертами по формализации их предпочтений.

Работа выполнена при поддержке гранта Госзадание Минобрнауки РФ № 2.5048.2017/8.9.



Библиографический список

1. Cosgun Ögeyik M. The effectiveness of PowerPoint presentation and conventional lecture on pedagogical content knowledge attainment. *Innovations in Education and Teaching International*, 2016, pp. 1–8.
2. Apperson J.M., Laws E.L., Scepansky J.A. An assessment of student preferences for PowerPoint presentation structure in undergraduate courses. *Computers & Education*, 2008, vol. 50, no. 1, pp. 148–153.
3. Simpson C.L. [et al.]. An analysis of certain factors related to the use of PowerPoint. *Communications of the IIMA*, 2014, vol. 3, no. 2, p. 4.
4. Bridges T.M., Luks A.M. How to Give a Great PowerPoint Presentation. *Handbook of Clinical Teaching*. Springer International Publishing, 2016, pp. 63–75.
5. Basturk R. Applying the many-facet Rasch model to evaluate PowerPoint presentation performance in higher education. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 2008, vol. 33, no. 4, pp. 431–444.
6. Базилевич С.В., Брылова Т.Б., Глухих В.Р., Левкин Г.Г. Использование инновационных и интерактивных методов обучения при проведении лекционных и семинарских занятий // *Наука Красноярья*. 2012. № 4. С. 103–113.
7. Авраменко С.А., Ядровская М.В. Влияние информационных технологий на формирование и развитие коммуникативной культуры студентов // *Образовательные технологии и общество*. 2017. Т. 20. № 2. С. 404–412.
8. Малошонок Н.Г. Взаимосвязь использования Интернета и мультимедийных технологий в образовательном процессе со студенческой вовлеченностью // *Вопросы образования*. 2016. № 4. С. 59–83.
9. Малошонок Н.Г. Студенческая вовлеченность в учебный процесс: методология исследования и процедура измерения // *Социологические исследования*. 2014. № 3 (359). С. 141–147.
10. Ершова О.В. Использование потенциала мультимедийной презентации в педагогическом взаимодействии // *Образование и наука*. 2016. № 5 (134). С. 176–193.
11. Beliakov G., Sola H.B., Sánchez T.C. *A Practical Guide to Averaging Functions*. Springer International Publishing, 2016. 234 p.
12. *Special regulations & Technical rules single & pair skating and ice dance*, ISU. 2016, 414 p.
13. Белоус В.В., Бобровский А.В., Добряков А.А., Карпенко А.П., Смирнова Е.В. Интегральная оценка многокритериальных альтернатив в ментально-структурированном походе к обучению // *Наука и образование*. 2012. № 07 / URL: <http://technomag.edu.ru/doc/423252.html> (13.06.2017).
14. Сакулин С.А., Анисимова О.В. Формирование интегральных оценок успеваемости учащихся с помощью операторов агрегирования // *Наука и образование*. 2015. № 3. С. 256–268. DOI: 10.7463/0315.0759904
15. Alfimtsev A., Sakulin S., Levanov A. Formalization of Expert Knowledge About the Usability of Web Pages Based on User Criteria Aggregation. *International Journal of Software Innovation (IJSI)*, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 38–50.
16. Сакулин С.А., Девятков В.В. Анализ состояния технологических процессов на основе нечетких экспертных знаний. Moscow, LAMBERT Academic Publishing, 2012, 248 с.
17. Anderson M.F., Anderson D.T., Wescott D.J. Estimation of adult skeletal age-at-death using the Sugeno fuzzy integral. *American journal of physical anthropology*, 2010, vol. 142, no. 1, pp. 30–41.
18. Grabisch M. The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research*, 1996, no. 89, pp. 445–456.
19. Grabisch M., Kojadinovic I., Meyer P. A review of methods for capacity identification in Choquet integral based multi-attribute utility theory: Applications of the Kappalab R package. *European Journal of Operational Research*, 2008, vol. 186, no. 2, pp. 766–785. DOI: 10.1016/j.ejor.2007.02.025
20. Kojadinovic I. Minimum variance capacity identification. *European Journal of Operational Research*, 2007, vol. 1, no. 177, pp. 498–514.
21. Научные теории Powerpoint-3-VBC [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scienceprofonline.com/vbc/vbc-ppts/Matter-Energy-Lecture-Powerpoint-3-VBC.pptx> (13.06.2017).
22. Презентации специальных дисциплин [Электронный ресурс]. URL: http://old.vvsu.ru/distance/specializ/disciplines/presentation/idp/21393/prezentacii_k_kursu_lekciy (13.06.2017).
23. Сакулин С.А., Алфимцев А.Н. К вопросу о практическом применении нечетких мер и интеграла Шоке // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение»*. 2012. № 1. С. 55–63.

References

1. Cosgun Ögeyik M. The effectiveness of PowerPoint presentation and conventional lecture on pedagogical content knowledge attainment. *Innovations in education and teaching international*, 2016, pp. 1–8.
2. Apperson J.M., Laws E.L., Scepansky J.A. An assessment of student preferences for PowerPoint presentation structure in undergraduate courses. *Computers & Education*, 2008, vol. 50, no. 1, pp. 148–153.
3. Simpson C.L. [et al.]. An analysis of certain factors related to the use of PowerPoint. *Communications of the IIMA*, 2014, vol. 3, no. 2, p. 4.
4. Bridges T.M., Luks A.M. How to Give a Great PowerPoint Presentation. *Handbook of Clinical Teaching*. Springer International Publishing, 2016, pp. 63–75.
5. Basturk R. Applying the many-facet Rasch model to evaluate PowerPoint presentation performance in high-