

УДК 330:004.05

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

¹Крамаров С.О., ²Тищенко Е.Н., ²Арапова Е.А.

¹Сургутский государственный университет, Сургут, e-mail: maovo@yandex.ru;

²Ростовский государственный экономический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: dist_edu@ntti.ru

Авторы данной работы исходили из необходимости реализации третьей миссии университета, а именно: содействия социально-экономическому и культурному развитию общества, в котором университеты функционируют, создавая, внедряя, и распространяя новые знания, устанавливая прямые взаимосвязи с регионом и всеми его составляющими, что, в свою очередь, служит основанием для развития самого образования, основанного на решении реальных проблем. Одной из таких проблем является обеспечение качества информационных систем в образовании людей с ограниченными возможностями. В современных условиях пандемии такой анализ является весьма актуальным. В работе рассмотрены и предложены экономико-математические методы и модели комплексного анализа доступности веб-ориентированных образовательных систем, основанных на применении аппарата нечеткой логики. Основываясь на требованиях качества, нами были разработаны теоретические и методологические положения таких систем анализа. Выполнен аудит и сравнительный анализ доступности популярных национальных открытых образовательных платформ, который позволяет оценить уровень доступности ресурса и границы его применимости, сделать обоснованный выбор оптимального ресурса с учетом индивидуальных особенностей обучающегося, в том числе и для людей с ограниченными возможностями, что в настоящее время имеет очень важное значение. Основное понятие, использованное для математической формализации задачи, в работе основано на выборе экономических принципов, рассчитанных на основе нечеткого агрегирования разнородных комплексов параметров.

Ключевые слова: качество программного обеспечения, доступность, онлайн-курсы, инклюзивное образование, дистанционное обучение

MODELS AND METHODS OF EVALUATING ACCESSIBILITY OF WEB-ORIENTED EDUCATIONAL SYSTEMS

¹Kramarov S.O., ²Tishchenko E.N., ²Arapova E.A.

¹Surgut State University, Surgut, e-mail: maovo@yandex.ru;

²Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, e-mail: dist_edu@ntti.ru

The authors of this paper proceeded from the need to implement the third mission of the University, namely: to promote the socio-economic and cultural development of society, in which universities operate by creating, implementing, and distributing new knowledge, establishing direct relationships with the region and all its components, which, in turn, serves as the basis for the development of education itself, based on projects to solve real problems. One of these problems is ensuring the quality of information systems in the education of people with disabilities. In the current context of the pandemic, this analysis is very relevant. The economic and mathematical methods and models of complex analysis of the availability of web-oriented educational systems based on the use of fuzzy logic were considered and proposed in the paper. Based on the requirements of the quality of information systems in the education of people with disabilities, we have developed theoretical and methodological provisions for such systems of analysis. The audit and comparative analysis of the availability of popular national open educational platforms was performed, which allows us to assess the level of resource availability and the limits of its applicability, to make a reasonable choice of the optimal resource taking into account the individual characteristics of the student, including for people with disabilities, which is currently very important. The main concept used for mathematical formalization of the problem is based on the choice of economic principles calculated on the basis of fuzzy aggregation of heterogeneous sets of parameters.

Keywords: software quality, accessibility, online courses, inclusive education, distance learning

Важное значение имеет реализация третьей миссии университета, а именно: содействие социально-экономическому развитию общества, особенно в регионах, где университеты функционируют, создавая, внедряя, и распространяя новые знания, устанавливая прямые взаимосвязи с регионом и всеми его составляющими, что, в свою очередь, служит основанием для развития самого образования, основанного на решении реальных проблем [1]. Одной из таких проблем является обеспечение качества информационных систем в образовании людей с ограниченными возможностями.

В современных условиях пандемии такой анализ является весьма актуальным. Цифровая трансформация системы образования способствует повсеместному распространению массовых открытых образовательных ресурсов (МООС, МООС – Massive Open Online Courses), способных транслировать лучшие образовательные практики в любую точку мира [2].

Одной из массовых целевых категорий пользователей таких систем являются люди с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), осваивающие профессиональные образовательные программы непосред-

ственно по месту жительства [3]. Однако наличие барьеров информационного доступа вследствие имеющихся у человека нарушений является серьезным препятствием для использования онлайн-ресурсов в инклюзивной образовательной практике. Так, по результатам мониторинга обеспечения доступности ведущих интернет-ресурсов Рунета [4], ни одна из протестированных платформ не выполняет требований минимального уровня доступности международных стандартов. В качестве типичных ошибок доступности отмечаются отсутствие альтернативных представлений для графического и мультимедийного контента (например, альтернативного текста для изображений, отсутствие титров и описания для аудио-, видеоконтента), нарушение правил оформления ссылок, заголовков, навигационных панелей, форм ввода данных, наличие временных ограничений на странице и многое другое. Эти ошибки распространяются в том числе и на ресурсы образовательного назначения.

В этой связи доступность образовательных систем предлагается рассматривать как одну из базовых характеристик потребительского качества при их использовании в обучении людей с ограниченными возможностями. Целью данного исследования является разработка моделей и методов комплексной оценки уровня доступности таких систем.

Интегральная модель оценки доступности образовательного контента

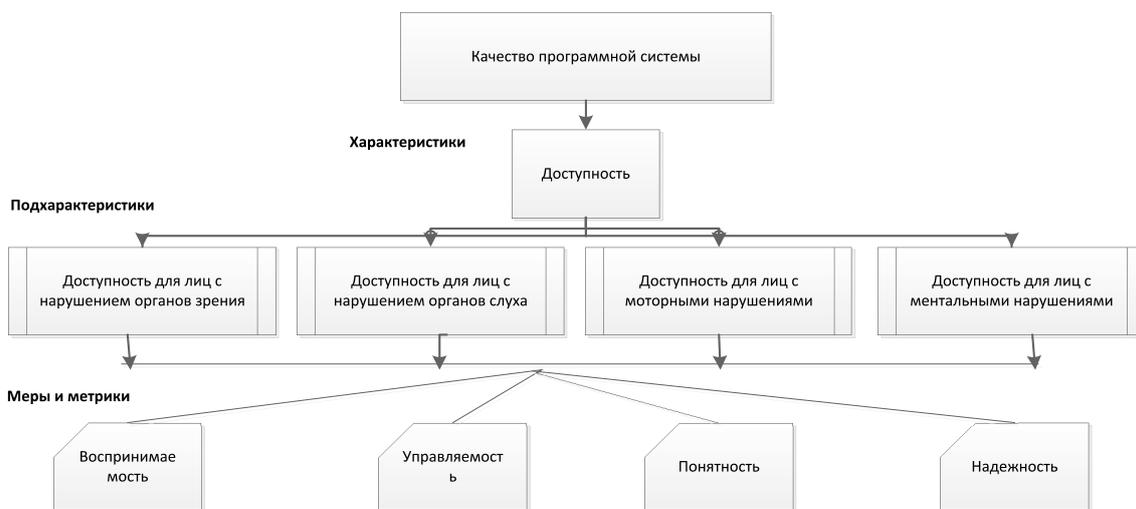
Доступность (accessibility) определяется в международном стандарте ISO/IEC 25010 [5] как характеристика качества программного обеспечения (ПО), которая от-

ражает способность программной системы поддерживать работу людей с ограниченными возможностями.

Основываясь на многоуровневой модели качества программного обеспечения международного стандарта ISO 9126 [6], можно построить трехуровневую модель оценки доступности. В этой модели на верхнем уровне представлена рассматриваемая характеристика качества (цель) – доступность программной системы, включающая четыре базовые подхарактеристики. Критерии доступности определяют уровень атрибутов, необходимых для достижения цели (доступности), а их количественные характеристики – уровень метрик.

Рассматриваемые в модели меры и их метрики классифицированы по четырем принципам доступности в соответствии с международным стандартом WCAG (Web Content Accessibility Guidelines, версии 2.0-2.1) [7; 8]. Они неравнозначны, то есть могут оказывать различное влияние на возможность полноценного доступа к информации в зависимости от степени выраженности нарушения. Степень важности каждой меры в процессе интегрированной оценки доступности ресурса можно учитывать, используя весовые коэффициенты.

Таким образом, для получения интегральной характеристики доступности необходимо осуществить выбор весовых коэффициентов в зависимости от значимости каждой меры для конкретной характеристики (подхарактеристики). После этого значения подхарактеристик, характеристик и интегральной оценки доступности могут быть получены в соответствии с формулами, предложенными в [9].



Многоуровневая модель оценки доступности ПО

Интегральная оценка j -й подхарактеристики i -й характеристики S_{ij} качества равна

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^m (M_{jk} V_{jk}^M), \quad (1)$$

где M_{jk} – значение k -й меры j -й подхарактеристики, V_{jk}^M – значение весового коэффициента меры M_{jk} .

Интегральная оценка i -й характеристики качества вычисляется по формуле

$$C_i = \sum_{j=1}^n (S_{ij} V_{ij}^S), \quad (2)$$

где V_{ij}^S – значение весового коэффициента каждой подхарактеристики.

Тогда интегральная оценка доступности аналогичным образом определяется по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^q (C_i V_i^C), \quad (3)$$

где V_i^C – весовые коэффициенты каждой характеристики.

Весовые коэффициенты выбираются таким образом, чтобы $\sum_{k=1}^m V_{jk}^M = 1$, $\sum_{j=1}^n V_{ij}^S = 1$, $\sum_{i=1}^q V_i^C = 1$.

Выбор числовых критериев для изменения доступности может быть выполнен на основе актуальной нормативной базы. В работе [10] сформирован и классифицирован перечень требований информационной доступности веб-контента, выполненный на основе международного стандарта веб-доступности WCAG и отечественного ГОСТ Р. 52872-2012 [11]. На их основе выделены и классифицированы по различным видам нарушений критерии, наиболее значимые при построении архитектуры веб-ориентированных образовательных систем, построена модель инклюзивного образовательного ресурса. Вес каждого критерия установлен исходя из его значимости для определенной степени тяжести рассматриваемого нарушения.

Нечетко-логические методы оценки доступности

Наличие большого количества разновесных входных параметров с высокой долей неопределенности предполагает целесообразность привлечения аппарата нечеткой логики, в особенности когда необходимо принимать управленческие решения [12; 13]. Результатом оценки в данном случае является принадлежность полученных значе-

ний характеристики некоторому множеству или системе множеств.

В настоящей работе предложена методика комплексной оценки доступности веб-ориентированной образовательной системы на основе стандартных нечетких 5-точечных [0,1]-классификаторов. Комплексная оценка доступности формируется на основе нечетко-множественного агрегирования соответствующих оценок доступности для четырех базовых категорий нарушений: слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата (ОДА), ментальной сферы. Значимость отдельных критериев и показателей доступности учитывается за счет весовых коэффициентов. В соответствии с общим алгоритмом нечетко-множественный анализ доступности выполняется в несколько этапов.

На первом этапе вводятся в рассмотрение лингвистические переменные g_i ($i = 1..4$), соответствующие комплексной оценке доступности контента для лиц 4 категорий нарушений, g – комплексная оценка доступности контента в целом. Универсальным множеством для каждой лингвистической переменной служит отрезок [0,1], а множеством значений всех пяти переменных g_1, g_2, g_3, g_4, g – терм-множество $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$. Здесь G_1 – «полная недоступность», G_2 – «низкий», G_3 – «средний», G_4 – «достаточно высокий», G_5 – «высокий» уровни доступности для каждого вида нарушений.

Для каждого из термов задается трапециевидная функция принадлежности (табл. 1), в соответствии с теорией стандартных пяти-уровневых нечетких [0,1]-классификаторов.

На втором этапе выделяются критерии доступности по каждому виду нарушений. Учитывая, что показатели неравновесны (оказывают разное влияние на уровень доступности ресурса), ранжируется их важность за счет весовых коэффициентов k_{ij} ($\sum_{i=1}^N k_{ij} = 1$).

На третьем этапе выполняется расчет значений x_i ($i = 1..N$) каждого показателя. Значение x_i ($0 \ll x_i \ll 1$) представляет собой долю элементов образовательного контента, для которых исследуемый критерий выполняется относительно общего количества исследованных элементов.

На четвертом этапе осуществляется переход от числовых значений показателей к числовым значениям оценок. Правило перехода от значений показателей x_i к весам термов лингвистических переменных g_i имеет вид:

$$g_i = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{g}_k, \quad (5)$$

$$p_k = \sum_{k=1}^N k_i \cdot \mu_{ik}(x_k), \quad (6)$$

где k_i – весовые коэффициенты показателей, \bar{g}_k – середины промежутков, являющихся носителями термов, $\mu_{ik}(x_k)$ – значения функций принадлежности, рассчитанные для числовых показателей.

На пятом этапе осуществляется лингвистическое распознавание полученных числовых оценок в соответствии с определением терм-множества $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$.

С использованием предложенной методики выполнена оценка доступности нескольких национальных массовых открытых образовательных платформ (табл. 2).

В табл. 3 представлены значения оценок по каждому виду нарушения, а так-

же их интерпретация с определением границ применимости системы в обучении различной категории лиц с инвалидностью. Градация тяжести нарушений выполнена на основе международных классификаций зрительных и слуховых нарушений [14].

По результатам исследований, достаточно высокий уровень доступности демонстрирует только платформа «Открытое образование». Остальные платформы показывают низкую доступность, препятствующую их полноценному использованию в инклюзивной образовательной практике. Низкая доступность всех ресурсов для лиц с поражением зрения затрудняет их использование в обучении лиц с практической и абсолютной слепотой.

Таблица 1

Функции принадлежности подмножеств терм-множества G

Терм G_i	Функция принадлежности нечеткого множества G_i
G_1	$\mu_1 = \begin{cases} 1, & 0 \leq g < 0,15 \\ 10(0,25 - g), & 0,15 \leq g < 0,25 \end{cases}$
G_2	$\mu_2 = \begin{cases} 1 - 10(0,25 - g), & 0,15 \leq g < 0,25 \\ 1, & 0,25 \leq g < 0,35 \\ 10(0,45 - g), & 0,35 \leq g < 0,45 \end{cases}$
G_3	$\mu_3 = \begin{cases} 1 - 10(0,45 - g), & 0,35 \leq g < 0,45 \\ 1, & 0,45 \leq g < 0,55 \\ 10(0,65 - g), & 0,55 \leq g < 0,65 \end{cases}$
G_4	$\mu_4 = \begin{cases} 1 - 10(0,65 - g), & 0,55 \leq g < 0,65 \\ 1, & 0,65 \leq g < 0,75 \\ 10(0,85 - g), & 0,75 \leq g < 0,85 \end{cases}$
G_5	$\mu_5 = \begin{cases} 1 - 10(0,85 - g), & 0,75 \leq g < 0,85 \\ 1, & 0,85 \leq g \leq 1 \end{cases}$

Таблица 2

Комплексная оценка доступности образовательных платформ

	g1	Терм	g2	Терм	g3	Терм	g4	Терм	g	Терм
Открытое образование	0,885	G5	0,561	G3	0,625	G4	0,657	G4	0,622	G4
Интернет-университет «Интуит»	0,315	G2	0,379	G3	0,377	G2	0,343	G2	0,337	G2
Stepik	0,441	G3	0,354	G2	0,503	G3	0,562	G3	0,408	G3
Лекториум	0,315	G2	0,312	G2	0,314	G2	0,390	G2	0,320	G2
Универсариум	0,315	G2	0,308	G2	0,314	G2	0,390	G2	0,320	G2

Таблица 3

Значения комплексных оценок доступности и их интерпретация

Нарушения	Слуха		Зрения		Моторные		Ментальные	
	Терм	Уровень, границы	Терм	Уровень границы	Терм	Уровень	Терм	Уровень
Образовательная система								
Открытое образование	G5	высокий, без ограничений	G3	средний, острота зрения не менее 0,3	G4	достаточно высокий	G4	достаточно высокий
Интернет-университет «Интуит»	G2	низкий, только для I степени тугоухости	G2	низкий, острота зрения не менее 0,7	G2	низкий	G2	низкий
Stepik	G3	средний, I-II степень тугоухости	G2	средний, острота зрения не менее 0,3	G3	средний	G3	средний
Лекториум	G3	низкий, только для I степени тугоухости	G2	низкий, острота зрения не менее 0,7	G2	низкий	G2	низкий
Универсариум	G3	низкий, только для I степени тугоухости	G2	средний, острота зрения не менее 0,3	G2	низкий	G2	низкий

Выводы

Оценка качества информационных систем в образовании людей с ограниченными возможностями предполагает анализ их доступности. Предложенные модели и методы направлены на формирование комплексной оценки доступности на основе оценок по различным видам нарушений. Эти оценки позволяют выявить имеющиеся проблемы доступности, а также обозначить границы применимости образовательного ресурса для лиц с ограничениями различной степени тяжести, способствовать выбору оптимального образовательного инструмента, наиболее учитывающего индивидуальные особенности и ограничения обучающегося.

Список литературы

1. Крамаров С.О., Безуевская В.А., Храмов В.В. Возможности искусственного интеллекта в развитии третьей миссии университетов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15. № 2. С. 406–412.
2. Дацун Н.И., Уразаева Л.Ю. Модели обучающихся массовых открытых онлайн курсов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. № 11. С. 225–233.
3. Сабанов З.М. Особенности организации дистанционного обучения инвалидов в учреждениях профессионального образования // АНИ: педагогика и психология. 2017. № 3 (20). С. 374–377.
4. Исследование обеспечения доступности интернет – ресурсов Рунета для людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). [Электронный ресурс]. URL: https://perspektiva-inva.ru/userfiles/download/Accessibility_of_Runet_2013.pdf (дата обращения: 15.05.2020).

5. ISO/IEC 25010:2011. Системная и программная инженерия. Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). Модели качества систем и программных средств. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200121069> (дата обращения: 15.05.2020).

6. ISO / IEC TR 9126: 2003 Software engineering – Product quality. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/standard/22891.html> (дата обращения: 15.05.2020).

7. Guidelines for Web Content Accessibility (WCAG) 2.0. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-ru/> (дата обращения: 15.05.2020).

8. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG/> (дата обращения: 15.05.2020).

9. 1061-1998 IEEE Standard for Software Quality Metrics Methodology. [Электронный ресурс] URL: <https://standards.ieee.org/standard/1061-1998.html> (дата обращения: 15.05.2020).

10. Арапова Е.А., Полякова О.В. Модель инклюзивного образовательного контента // Теория и практика дистанционного обучения учащихся и молодежи с ограниченными возможностями здоровья: материалы VI Всероссийской научно-практической интернет-конференции (Кемерово, 19 декабря 2019 г.), Кемерово: Издательство ГОУ «Кемеровский областной центр образования», 2019. С. 163–168.

11. ГОСТ Р 52872-2012 Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70719822/> (дата обращения: 05.05.2020).

12. Киселёва Э.А., Краева А.А., Савинова Ю.С. Обзор нечеткой логики в управлении // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. № 3. С. 59.

13. Крамаров С.О., Смирнов Ю.А., Соколов С.А., Таран В.Н. Системные методы анализа и синтеза интеллектуально-адаптивного управления: монография (изд. 2). М.: РИОР: ИНФРА-М, 2018. 238 с.

14. Елифанцева Т.Б. Настольная книга педагога-дефектолога / Под ред. Елифанцева Т.О.; 2-е изд. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 486 с.