

Нечёткая модель оценки качества веб-сайта для электронного обучения

С. А. Глушенко¹, И. Ю. Шполянская², А. И. Долженко³, А. М. Прохорова⁴

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)

¹gs-gears@yandex.ru, ²irinapol@yandex.ru, ³doljenkoalex@gmail.com, ⁴blackleprosy@gmail.com

Аннотация. Веб-технологии предоставляют образовательным учреждениям новые возможности для более эффективной организации процесса обучения. Создаваемые образовательные сайты обеспечивают всем заинтересованным пользователям непосредственный доступ ко всем информационным ресурсам, используемым в учебном процессе. Оценка качества веб-сайта, на основе которого развивается система электронного обучения, является необходимым условием для ее непрерывного совершенствования. Особенно актуальным становится моделирование структуры образовательного сайта с учетом предпочтений пользователей. Целью данной работы является выявление основных характеристик качества образовательных сайтов, определяющих эффективное функционирование системы электронного обучения, для ее совершенствования. Для оценки качества образовательного сайта предложено использование экспертных методов и нечеткой логики. Данный подход представляет простой и удобный инструмент поддержки процесса проектирования и модернизации системы электронного обучения на основе экспертной оценки качества работы сайта и удовлетворенности его пользователей.

Ключевые слова: eLearning; веб-сайт; оценка качества; нечеткая логика

I. ВВЕДЕНИЕ

Сегодня веб-технологии открывают перед образовательными учреждениями новые возможности для более эффективной организации учебного процесса. В последние годы значительно возросло число систем e-learning, что объясняется значительными преимуществами электронного обучения, такими, как удобство, мобильность, гибкость [1]. Электронное обучение стало неотъемлемой частью профессионального развития в современном обществе, так как оно открывает новые возможности для обмена знаниями, изменяя традиционный подход к преподаванию и обучению. Этот метод снижает стоимость обучения и обеспечивает каждому студенту свободу доступа к информационным ресурсам и гибкую форму участия в учебном процессе.

Под электронным обучением понимается любая форма обучения или подготовки, которая частично или полностью осуществляется электронным способом, либо через веб-браузер (в Инtranете или Интернетe), либо через мультимедийные платформы. Материалы курса и комму-

никационные услуги могут быть потенциально доступны для целевой аудитории в любое время суток, каждый день и могут быть доступны из любой точки мира синхронно или асинхронно [5].

Веб-сайт предоставляет решение для объединения образовательного контента и сервисов организации для представления конечному пользователю в требуемом формате. Студент самостоятельно определяет продолжительность и последовательность курсов, изменяя траекторию учебного процесса в соответствии со своими потребностями. Существует множество образовательных сайтов, которые позволяют студентам получить образование с помощью технологий электронного обучения [1]. Качество учебного процесса определяется типом используемой LMS – системы управления обучением, а также качеством структуры самого сайта. Анализ и оценка качества образовательного веб-сайта по всем его показателям, приобретает решающее значение для создания, управления и постоянного совершенствования системы электронного обучения. Вследствие этого возникает проблема поиска эффективных методов оценки образовательных сайтов. Качество веб-сайта чрезвычайно важно для обеспечения удовлетворенности пользователей. Поэтому особенно актуальной становится задача моделирования структуры образовательного сайта на основе анализа восприятия сайта пользователями.

II. ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ВЕБ-САЙТА ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Большинство моделей оценки качества веб-сайтов учитывают, в первую очередь, характеристики удобства использования – юзабилити сайта, не учитывая другие показатели качества, такие как информационное наполнение, производительность и качество системы. Существуют некоторые исследования, которые в первую очередь рассматривали проблему качества веб-сайта с точки зрения показателей качества сервисов сайта на основе модели SERVQUAL [9]. Образовательные сайты рассматривались в литературе с разных точек зрения. Ряд исследований посвящено изучению отдельных характеристик образовательного веб-сайта, таким как удобство использования и доступность сайта. Исследований, посвященных обобщенной оценке качества образовательных веб-сайтов, довольно немного. В работе [5] авторы представили метод WebQEM, который они использовали для оценки образовательных сайтов. Авторы рассмотрели характеристики

качества сайта с точки зрения пользователя. Они выделили характеристики веб-сайта, описывающие восприятие сайта пользователями, такие как навигация, интерфейс и надежность. Процесс оценки качества сайта в WebQEM включает в себя определение и агрегацию нефункциональных требований, основанных на субъективных экспертных оценках, а также объективно измеримых показателей, таких как некорректные ссылки, пустые страницы и страницы быстрого доступа.

III. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВЕБ-САЙТА ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

A. Оценка качества образовательного сайта

Некоторые модели оценки качества веб-сайта определяют показатели качества веб-сайта в виде иерархической структуры. Для оценки влияния всех этих факторов был предложен многокритериальный подход к принятию решений (MCDM). Для оценки качества образовательных сайтов были использованы некоторые методы MCDM, такие как метод анализа иерархий (АНП) и его модификации ANP, TOPSIS, DEMATEL [4]; метод Delphi [3]. В последних исследованиях проблема оценки качества образовательных сайтов рассматривается в нечеткой постановке. Так, в работе [6] был проведен анализ эффективности сайтов электронного обучения на основе набора выделенных показателей. Чтобы получить веса выбранных показателей был использован метод FAHP, а затем на основе совместного использования методов COPRAS, VIKOR и WDBA, были получены рейтинговые оценки каждого из веб-сайтов электронного обучения.

Нами была разработана новая модель для оценки качества веб-сайта электронного обучения. С помощью разработчиков и пользователей был рассмотрен ряд факторов, имеющих определяющее значение для эффективности работы системы электронного обучения. Мы рассматривали следующие группы показателей качества веб-сайтов электронного обучения.

1. Требования к информационному содержанию сайта электронного обучения, включающие такие показатели, как релевантность информации, полнота информационных материалов, уникальность образовательной информации, актуальность и достоверность информации, доступной на сайте, понимаемость; обучаемость; структура, формат и дизайн курсов.

2. Системные показатели качества сайта, которые включают: мультимедийные возможности; доступность, безопасность, конфиденциальность, время отклика (скорость загрузки), «юзабилити» (простота использования и удобство навигации, эстетические качества и т.д.), доступность, возможность использования во всех браузерах и устройствах.

3. Требования к качеству сервисов, которые включают в себя: надежность, средства поиска, обратная связь, адаптивность и «кастомизация», переносимость; многоязычная поддержка; доступность для людей с ограниченными возможностями; мультиплатформенность.

Чтобы получить исходные данные для оценки системы электронного обучения и качества услуг, был проведен анализ эффективности образовательных веб-сайтов. Были проанализированы следующие показатели эффективности образовательного сайта: показатели, связанные с поведением пользователей в процессе обучения (время нахождения пользователя странице; время, на поиск информации и т.д.); показатели эффективности работы сайта (посещаемость сайта, количество ошибок на сайте с точки зрения пользователя, время загрузки, время отклика, количество сбоев, и т.д.); лингвистические аспекты качества сайта, такие как названия пунктов меню, полей и их соответствие ожиданиям пользователя и т.д.; анализ поведения пользователя на сайте на основе лог-файлов и показателей качества пользовательского интерфейса (расположение компонентов на экране, цвет и стиль сайта, эффективность структуры сайта и т.д.); показатели достижения пользователем своих целей. Эти показатели определяются с помощью онлайн анкет, рассылок или экспертных оценок сайта. Для оценки показателей эффективности веб-сайта электронного обучения использовались следующие методы: анализ данных веб-статистики с использованием систем веб-аналитики, таких как Яндекс Метрика, Google Analytics; организация обратной связи с помощью опросов, анкет и пользовательских форм для получения информации об удовлетворенности пользователем работой сайта; изучение эргономики и юзабилити сайта с помощью Google Website Optimizer и Yandex Webmaster; анализ поведения пользователя на сайте на основе log-файлов. В результате анализа эффективности работы сайтов была разработана иерархическая модель оценки качества веб-сайта электронного обучения (рис. 1).

B. Нечеткий лингвистический метод оценки качества сайтов электронного обучения

Традиционный подход к процессу оценки качества сайта предполагает, что эксперты представляют свои суждения в виде числовых значений. Иногда эксперт не может выразить свои суждения точным числовым значением. В таком случае, можно использовать более реалистичный подход для определения экспертных оценок с помощью лингвистических переменных [7].

Мы предлагаем использовать нечеткий подход к решению проблемы оценки качества веб-сайта электронного обучения в терминах нечетких отношений предпочтений и лингвистических переменных [8]. Интегральная оценка качества веб-сайта электронного обучения формально может быть представлена следующим образом: $FMG = \langle D, Q, R, O \rangle$, где D это граф, в котором каждая вершина $H_j (j = 0, \dots, N_B)$ ассоциирована с лингвистической переменной (ЛП) $x_j^i \in Q_j$, которая описывает отдельный показатель качества сайта; $Q = \{Q_j (j = 0, \dots, N_B)\}$ – множество лингвистических значений, которые принимает лингвистическая переменная $x_j^i \in Q_j$; R – нечеткое отношение предпочтения; O – оператор агрегирования.

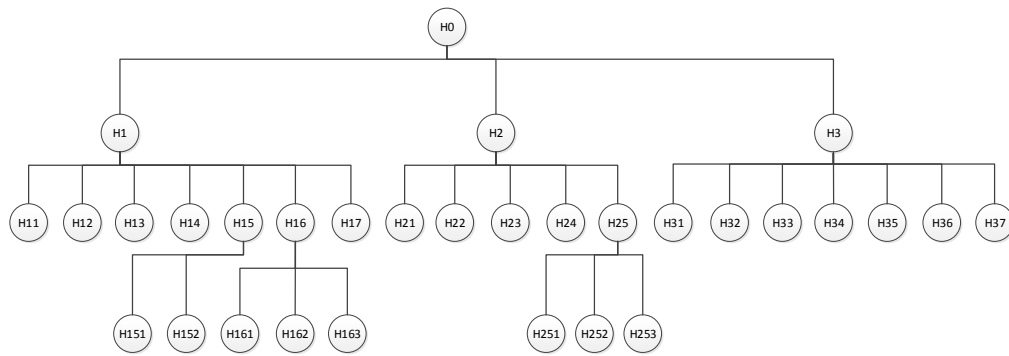


Рис. 1. Иерархическая модель оценки качества веб-сайта электронного обучения

На рис. 1 используются следующие обозначения: H_0 – интегральный показатель качества образовательного сайта; H_1 – качество системы управления сайтом; H_{11} – доступность; H_{12} – безопасность, конфиденциальность; H_{13} – удобство навигации; H_{14} – Время отклика; H_{15} – структура сайта; H_{151} – Информационная структура; H_{152} – карта веб-сайта; H_{16} – юзабилити; H_{161} – дизайн веб-страницы; H_{162} – возможности Мультимедиа; H_{163} – эстетические качества; H_{17} – доступность; H_2 – качество сервисов; H_{21} – надежность; H_{22} – возможности поиска; H_{23} – Обратная связь; H_{24} – Способность к адаптации, кастомизации; H_{25} – Переносимость; H_{251} – поддержка многоязычности; H_{252} – возможность работы людей с ограниченными возможностями; H_{253} – поддержка многоплатформенности; H_3 – Качество контента (информационного наполнения); H_{31} – Актуальность информации; H_{32} – Полнота; H_{33} – Точность; H_{34} – Понимаемость; H_{35} – Возможности для эффективного изучения материала; H_{36} – Формат; H_{37} – Структура и дизайн учебных курсов.

При использовании тернарного классификатора на шкале $[0,1]$ значения Q_j могут быть следующие: $\{Low\ level\ (L),\ Middle\ level\ (M),\ High\ level\ (H)\}$. Нечеткие отношения предпочтения определяются следующим образом: $R = \{H_i(\varphi)H_j \mid \varphi \in (\succ, \approx)\}$, где \succ обозначает строгое предпочтение, \approx отношение безразличия или индифферентности. Чтобы получить интегрированную лингвистическую оценку качества веб-сайта, мы используем оператор агрегирования для каждой нетерминальной вершины графа. Агрегатор использует оценки показателей качества, представленные как дочерние вершины на графе. Для агрегирования используются OWA-оператор [10], а для весовых коэффициентов – коэффициенты Фишберна [2], как ассоциированный набор весов, используемый для агрегации. Коэффициенты Фишберна вычисляются следующим образом: $r_i = s_i / \sum_{j=1}^N s_j$, где $i = \overline{1, N}$ и N – это число дочерних вершин графа, подлежащих агрегированию; s_i определяется на основе отношений предпочтения. Если для каждого показателя $(H_{p,1}, \dots, H_{p,N})$ на выбранном уровне графа p определены лингвистические значения $Q = (Q_{p,1}, \dots, Q_{p,N})$ и весовые коэффициенты $s_p = (s_{p,1}, \dots, s_{p,N})$ то оператор агрегирования будет представлять лингвистическую оценку функции принадлежности, определенной

на шкале 01-классификатора: $\mu_p(x) = \sum_{i=1}^N \mu_{p,i}(x)r_i, i = \overline{1,3}$.

Оценка трапециевидной функции принадлежности $\mu_p(x)$ может быть выполнена как оператор над вершинами графа, как функция $\mu_{p,i}(x)$. Функция $\mu_p(x)$ используется для оценки лингвистического значения показателя H_p . Для трапециевидного 01-классификатора необходимо определить минимальное расстояние между $\mu_p(x)$ и $\mu_i(x), i = \overline{1,3}$ на основе минимального расстояния ρ_{ki} между нечетким множеством, определенным функцией принадлежности $\mu_p(x)$, и каждым из нечетких множеств, соответствующих функции принадлежности $\mu_i(x), i = \overline{1,3}$. Чтобы оценить расстояние между нечеткими множествами A и B , можно использовать абсолютное или относительное расстояние Хэмминга, или Евклидово расстояние. Для показателя H_p который определен на основе трапециевидной функции принадлежности с параметрами $a_Q^p, a_1^p, a_2^p, a_S^p$ и функций принадлежности $\mu_i(x), i = \overline{1,3}$ которые тоже имеют трапециевидную форму, с параметрами $(b_Q^i, b_1^i, b_2^i, b_S^i)$, расстояние между нечеткими множествами вычисляется следующим образом: $\rho_{pi} = \max\{|a_Q^p - b_Q^i|, |a_1^p - b_1^i|, |a_2^p - b_2^i|, |a_S^p - b_S^i|\}$.

Искомое значение H_p лингвистического уровня на 01-классификаторе определяется как $\min(r_{p,i})$. Процедура агрегации показателей качества должна выполняться для каждой не концевой вершины снизу вверх для получения лингвистической оценки качества веб-сайта электронного обучения. Формирование интегрального показателя качества веб-сайта H_0 для графа D является агрегацией факторов для каждой из вершин нетерминального графа от листьев к вершине.

Алгоритм интегральной оценки качества веб-сайта электронного обучения представляется следующим образом.

1. Сформировать граф D показателей качества сайта с вершинами $H_j (j = 0, \dots, N_B)$.
2. Сформировать систему отношений предпочтений $R = \{H_i(\varphi)H_j \mid \varphi \in (\succ, \approx)\}$ между вершинами графа на основе экспертных оценок.

3. Для каждой из конечных вершин в графе образуют набор лингвистических значений уровней факторов.

4. Для неконечных вершин в графе примените оператор агрегации для вычисления их лингвистических значений.

В результате мы получаем лингвистическую оценку H_0 для корневой вершины графа, которая характеризует интегральную оценку качества веб-сайта электронного обучения, а для промежуточных не конечных вершин – характеристики качества сайта относительно определенной группы показателей, например, его качества сервисов сайта.

Следующий пример иллюстрирует предложенный нечеткий лингвистический подход к оценке качества веб-сайта электронного обучения. Рассмотрим иерархию показателей качества веб-сайта электронного обучения, которая представлена на рисунке. Экспертам было предложено ранжировать показатели качества веб-сайта. В результате, была получена следующая система предпочтений:

$R = \{ H1 \succ H2 \succ H3; H11 \approx H12 \approx H17 \succ H16 \succ H13 \approx H14 \succ H15; H21 \approx H25 \succ H22 \succ H23 \succ H24; H31 \succ H32 \succ H33 \succ H34 \succ H35 \succ H36 \succ H37; H151 \approx H152; H161 \succ H162 \succ H163; H253 \succ H252 \approx H251 \}.$

Для выбранных факторов эксперты установили следующие значения лингвистическим переменным, определяющим качество веб-сайта электронного обучения:

$H151-M; H152-L; H161-H; H162-M; H163-L; H251-L; H252-M; H253-L; H11-H; H12-H; H13-M; H14-L; H17-M; H21-H; H22-L; H23-M; H24-M; H31-M; H32-H; H33-M; H34-H; H35-H; H36-H; H37-M.$

Результаты нечеткого моделирования приведены в таблице. Значения лингвистических переменных *High* (H), *Medium* (M) и *Low* (L) задаются трапециевидной функцией принадлежности.

ТАБЛИЦА 1 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Критерий	Показатель	ЛП	Трапециевидное число			
H0	Интегральный показатель	M	3,35	5,11	7,11	7,68
H1	Качество системы	M	2,22	3,72	5,72	7,36
H2	Качество сервисов	M	1,58	3,20	5,20	6,36
H3	Качество информационного наполнения	H	4,48	6,48	8,48	8,59
H15	Структура	L	1,0	2,0	4,0	6,0
H16	Юзабилити	M	1,67	2,67	4,67	6,33
H25	Переносимость	L	0,08	1,6	3,6	5,6

Из примера видно, что показатель качества информационного наполнения можно оценить как "H - High", в то время как интегральный показатель качества веб-сайта электронного обучения, показатель качества системы и качество сервисов – как "M - Medium". Это объясняется тем, что показатели качества структуры сайта и его возможностей переносимости можно оценить только как "L - Low". Таким образом, анализ качества веб-сайта электрон-

ного обучения показывает недостаточный уровень качества структуры и переносимости.

IV. Выводы

Целью данного исследования было определение принципов оценки качества веб-сайта электронного обучения с использованием нечеткой логики. Была представлена проблема оценки качества веб-сайта на основе учета требований пользователей и качества системы, а также на основе анализа эффективности работы веб-сайта электронного обучения. Было показано, что оценка качества веб-сайта электронного обучения должна основываться на интегральном показателе качества. Этот интегральный показатель качества включает в себя набор характеристик, связанных с системными требованиями, а также показателями удовлетворенности пользователей работой веб-сайта. Предлагаемая модель может быть использована для сравнения качества различных веб-сайтов электронного обучения, для определения приоритетов по улучшению работы веб-сайтов и предоставления рекомендаций разработчикам при создании новых веб-сайтов. Новый подход к оценке и совершенствованию веб-сайта электронного обучения представляет собой простой и удобный инструмент, основанный на обработке экспертной оценки показателей качества веб-сайта электронного обучения и удовлетворенности пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Abdellatif M., Sultan A. B., Ghani A. A., Jabar M. A. A Technique for Quality Evaluation of E-Learning from Developers Perspective // American Journal of Economics and Business Administration, 2011, 3(1).
- [2] Adelson R. M., Fishburn P. C. Utility Theory for Decision Making // Operational Research Quarterly (1970-1977), 1978, vol. 22, no. 3, p. 308.
- [3] Cebi S. Determining importance degrees of website design parameters based on interactions and types of websites // Decision Support Systems, 2013, 54(2), pp. 1030-1043.
- [4] Chen J., Chen I. Using a novel conjunctive MCDM approach based on DEMATEL, fuzzy ANP, and TOPSIS as an innovation support system for Taiwanese higher education // Expert Systems with Applications, 2010, 37(3), pp. 1981-1990.
- [5] Covella G. J., Olsina Santos L. A. Specifying quality characteristics and attributes for ELearning sites // In IV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, 2010.
- [6] Garg R., Jain D. Fuzzy multi-attribute decision making evaluation of e-learning websites using FAHP, COPRAS, VIKOR, WDBA // Decision Science Letters, 2017, 6(4), pp. 351-364.
- [7] Herrera-Viedma E., Peis E., Olvera M. D., Herrera J. C., Montero Y. H. Evaluating the Informative Quality of Web Sites by Fuzzy Computing with Words // Advances in Web Intelligence Lecture Notes in Computer Science, 2003, pp. 62-72.
- [8] Khubaev G.N., Shpolianskaya I.Yu., Dolzhenko A.I., Scherbakov S.M., Efimov E.N. Evaluating the Effectiveness of Management Information Systems for Small and Medium-sized Enterprises: a User Satisfaction Approach // European Research Studies Journal, 2017, 20 (3B), pp. 116-129.
- [9] Parasuraman A., Zeithaml V. A., Berry L. L. Servqual: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality // Journal of Retailing, 1988, 64(1), pp. 12-40.
- [10] Yager R.R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1988, vol. 18, pp. 183-190.