

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

ALGORITHMIC AND PROGRAMMING

УДК 004.738.5

Я. А. Игнаткова, Н. П. Шутько

Белорусский государственный технологический университет

АЛГОРИТМЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА КОМБИНИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ ВЕБ-КОНТЕНТА

В статье рассмотрен метод комбинированной оценки доступности веб-контента, базирующийся на совмещении логики автоматизированного и ручного тестирования веб-ресурсов. Данный метод позволяет существенно сократить время, необходимое для тестирования доступности ресурсов, а также минимизировать затраты на его проведение. Комбинированный подход обеспечивает более точную и подробную оценку, учитывающую различные аспекты доступности и удобства использования. Внедрение предложенного метода может повысить качество веб-контента, делая его более инклюзивным для пользователей с ограниченными возможностями.

В контексте метода определены группы критериев оценки доступности и их весовые коэффициенты. Представлена формула для расчета весовых коэффициентов, основанная на ранжировании групп по ряду выделенных параметров. Выведены формулы для расчета коэффициентов критериев, количества исключительных ситуаций, оценок по критерию и по группе. Логика представленного метода отражена в четырех алгоритмах его реализации. Основной алгоритм включает шесть этапов: получение файла или ссылки на ресурс, выбор групп проверки и пересчет их коэффициентов, определение вида проверки для каждой из групп, проведение тестирования выбранного вида, пересчет коэффициентов и вычисление итогового значения по группе, расчет итоговой оценки. Три дополнительных алгоритма описывают логику проведения видов проверки: ручной, автоматической и полуавтоматической. Алгоритм ручной проверки включает в себя этапы вывода вопросов для тестирования, обработки результатов, определения количества исключительных ситуаций и сохранения результатов. Алгоритм автоматической проверки подобен ручному, однако этапы вывода вопросов и обработки ответов заменяются на запрос и обработку данных с ресурса. Основная логика алгоритма полуавтоматической проверки заключается в автоматическом сборе данных о характеристиках веб-страницы, обработке их и передачи для проверки тестировщику.

Ключевые слова: доступность веб-контента, автоматизация тестирования, юзабилити, методы и алгоритмы.

Для цитирования: Игнаткова Я. А., Шутько Н. П. Алгоритмы реализации метода комбинированной оценки доступности веб-контента // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2024. № 2 (284). С. 80–88.

DOI: 10.52065/2520-6141-2024-284-11.

Ya. A. Ignatkova, N. P. Shut'ko

Belarusian State Technological University

ALGORITHMS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF COMBINED ASSESSMENT OF THE AVAILABILITY OF WEB CONTENT

The article discusses a method for combined assessment of web content accessibility based on combining the logic of automated and manual testing of web resources. This method can significantly reduce the time required to test resource accessibility, as well as minimize the costs of its implementation. The combined approach provides a more accurate and detailed assessment that takes into account various aspects of accessibility and usability. The implementation of the proposed method can improve the quality of web content, making it more inclusive for users with disabilities.

In the context of the method, groups of accessibility assessment criteria are identified and their weighting factors are determined. A formula for calculating the weighting factors is presented, based on ranking groups by a number of selected parameters. Formulas are derived for calculating the criterion coefficients, the number of exceptional situations, assessments by criterion and by group. The logic of the presented method is reflected in four algorithms for its implementation. The basic algorithm includes six stages: obtaining a

file or a link to a resource, selecting test groups and recalculating their coefficients, determining the type of test for each group, testing the selected type, recalculating the coefficients and calculating the final value for the group, calculating the final score. Three additional algorithms describe the logic of conducting the types of testing: manual, automatic and semi-automatic. The manual testing algorithm includes the stages of outputting questions for testing, processing the results, determining the number of exceptional situations and saving the results. The automatic testing algorithm is similar to the manual one, but the stages of outputting questions and processing answers are replaced by a request and processing of data from the resource. The basic logic of the semi-automatic testing algorithm is to automatically collect data on the characteristics of the web page, process them and transfer them to the tester for verification.

Keywords: accessibility of web content, automation of testing, usability, methods, and algorithms.

For citation: Ignatkova Ya. A., Shut'ko N. P. Algorithms for the implementation of the method of combined assessment of the availability of web content. *Proceedings of BSTU, issue 3, Physics and Mathematics. Informatics*, 2024, no. 2 (284), pp. 80–88 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6141-2024-284-11.

Введение. Развитие информационных технологий привело к тому, что выполнение большинства бытовых задач перенесено на веб-сайты, платформы и приложения. Совершить покупку, оплатить счета, узнать погоду, просмотреть новости и многое другое можно посредством сети Интернет. Повышается спрос на ресурсы, предоставляющие подобные возможности, из-за чего растет конкуренция среди них. Поэтому помимо улучшения и расширения функциональных возможностей веб-ресурсов, большое внимание уделяется проработке удобства их использования и доступности.

В первую очередь наличие доступных ресурсов для получения и обмена информацией необходимо в сферах здравоохранения, образования и государственного информирования. Большинство существующих подобных веб-сайтов частично или полностью не соответствуют требованиям доступности, что подчеркивает актуальность создания новых средств и инструментов для ее оценки.

Основная задача доступности заключается в проектировании и разработке веб-сайтов, онлайн-приложений и систем, позволяющих беспрепятственно искать и получать информацию, а также общаться посредством сети Интернет людям с ограниченными возможностями. При этом важно помнить, что в условиях ситуационных ограничений (нестандартный размер устройства, временные нарушения зрения и двигательной активности) может оказаться практически любой человек [1].

Требования доступности регламентируются рядом международных и государственных стандартов [2]. Для стран СНГ основным подобным стандартом является ГОСТ Р 52872–2019 [3], который, как и большинство других, базируется на WCAG – руководстве по обеспечению доступности веб-контента [4]. Оно имеет несколько версий и состоит из ряда уровней, которые позволяют поэтапно выделить наиболее важные характеристики веб-сайта и критерии его оценки [5]. Критерии, связанные со структурой, оформлением и версткой, частично совпадают с требованиями юзабилити. Поэтому их соблюдение

может существенно повысить не только удобство использования, но и доступность веб-ресурса [6].

На данный момент существует несколько методов оценки доступности веб-контента [7]. Метод экспертной, или эвристической, оценки требует привлечения специалистов, имеющих опыт в области доступности и знания о конкретных стандартах, таких как WCAG.

Другим методом является юзабилити-тестирование, при котором для определения уровня доступности интерфейса привлекаются реальные пользователи. По итогам выполнения ими специально подобранных задач, основанных на реальных сценариях использования, формируется вывод о степени доступности ресурса для представителей каждой из групп.

Самым неудобным и трудозатратным является метод самооценки веб-ресурса. Для него разработчику необходимо изучить стандарты доступности и при помощи чек-листов, представленных в руководстве WCAG, вручную провести проверку [8].

Данную задачу можно частично автоматизировать при помощи различных программ и онлайн-сервисов, которые позволяют определить соответствие ресурса требованиям WCAG [9]. Существуют также браузерные расширения, задействующие искусственный интеллект при анализе веб-страницы. Их основными преимуществами являются скорость и простота использования, но полученные данные часто малоинформативны и сложны в интерпретации [10].

Все перечисленные методы требуют значительных финансовых и временных затрат. Поскольку при создании веб-продукта необходимо протестировать его характеристики с наименьшими затратами, актуальной задачей является нахождение способа улучшения или оптимизации существующих методов оценки доступности. В процессе изучения ранее упомянутых методов было выявлено, что наиболее популярными и простыми в реализации считаются автоматизированное тестирование и самооценка ресурса. Однако каждый из них имеет существенные

недостатки. В первом случае – это сложность при оценке результатов и отсутствие гибкой настройки. Во втором – повышенная вероятность допустить ошибку и необходимость повторения однотипных проверок длительное время. Чтобы нивелировать недостатки и наиболее эффективно использовать преимущества этих методов, был разработан метод комбинированной оценки доступности веб-ресурсов.

Основная часть. Основными задачами комбинированного метода являются: автоматизация проведения однотипных проверок, повышение скорости ручного тестирования и создание логики гибкой настройки критериев проверки.

При анализе требований, предъявляемых к доступности веб-контента стандартом WCAG, были выделены закономерности, позволившие распределить их по пяти группам: навигация и управление, визуальная, аудиальная, физическая и когнитивная доступности. Однако значимость критериев групп для стандартного веб-ресурса не одинакова. Чтобы количественно отразить приоритетность группы, были введены весовые коэффициенты FS_i . Для их расчета выделены два типа требований: общие и по виду ограничений. Общие требования представляют собой ряд критериев, проверяющих удобство использования ресурса любыми пользователями, а не только с ограничениями. Для второго типа требований были определены отдельные виды ограничений и их весовые коэффициенты: по слуху (0,30), по зрению (0,25), по особенностям опорно-двигательного аппарата (0,35) и когнитивные (0,10). Коэффициенты для каждого вида ограничений определялись на основании статистических данных о посещении веб-ресурсов пользователями с ограниченными возможностями [11].

Группы критериев были проранжированы по каждому виду ограничений. Полученные значения умножались на выбранные весовые коэффициенты для нахождения итогового значения по каждой группе. Более подробно о результатах ранжирования критериев и расчете итоговых коэффициентов описано в публикации [12].

Полученные весовые коэффициенты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение весовых коэффициентов и групп доступности

Группа доступности	Весовой коэффициент
Когнитивная	0,26
Визуальная	0,22
Навигация и управление	0,26
Физическая	0,16
Аудиальная	0,10

Поскольку тематика веб-ресурсов разнообразна, был введен механизм пересчета весовых коэффициентов, который позволяет исключить одну или несколько групп при проведении тестирования. Для этого сначала необходимо определить количество исключаемых групп (X), а после найти их сумму. Так как сумма весовых коэффициентов всех групп составляет единицу, для пересчета была выбрана формула

$$WIF_i' = \frac{WIF_i}{1 - \sum_{j=1}^X WIF_j}, \quad (1)$$

где WIF_i' – новое значение коэффициента; WIF_i – первоначальное значение коэффициента; WIF_j – значения исключенных коэффициентов.

Использование данной формулы позволяет увеличивать вес коэффициентов пропорционально их первоначальному значению. Например, если исключить проверку по критериям групп визуальной, когнитивной и физической доступностей, то для оставшихся групп получим значения:

$$WIF_1' = \frac{0,26}{1 - (0,22 + 0,26 + 0,16)} = 0,72;$$

$$WIF_2' = \frac{0,10}{1 - (0,22 + 0,26 + 0,16)} = 0,28.$$

При анализе критериев оценки по каждой из групп было установлено, что для проверки некоторых из них нужен тестировщик, для других возможна полная автоматизация, а для третьих необходимо комбинирование автоматического анализа данных с последующей ручной оценкой.

В табл. 2 представлено соотношение вида проверки к группе.

Таблица 2

Соотношение группы доступности к виду проверки

Группа доступности	Вид проверки		
	ручная	автоматическая	полуавтоматическая
Когнитивная	+	–	–
Визуальная	+	+	+
Навигация и управление	+	+	+
Физическая	–	+	+
Аудиальная	–	+	+

В каждой группе вне зависимости от вида проверки существует определенное количество критериев (N). Для каждого подобного критерия весовой коэффициент будет вычисляться по формуле

$$LWF_i = \frac{1}{N}, \quad (2)$$

где LWF_i – весовой коэффициент критерия; N – общее число критериев в группе.

Поскольку стандарт WCAG формулирует требования, соответствующие всем возможным характеристикам ресурса, может возникнуть ситуация, что для каких-либо ресурсов оценить корректность тех или иных критериев не представляется возможным. Это необходимо учитывать при расчете общей оценки по группе. Для определения количества подобных ситуаций (E) при ручных или автоматических проверках необходимо при оценке каждого критерия предполагать следующие возможные значения:

- положительный ответ – 1;
- неполный ответ – 0,5;
- отрицательный ответ – 0;
- данный критерий невозможно оценить на сайте – -1.

Неполным стоит считать ответ, когда некоторые критерии выполнены верно, а остальные – нет либо же когда элемент не полностью соответствует требованиям доступности. При получении значения -1 после анализа корректности критерия количество исключений (E) должно увеличиться.

Например, примем, что в группе «Навигация и управление» всего 15 критериев ($N = 15$). Изначально весовой коэффициент каждого из них рассчитывается по формуле (2):

$$LWF_i = \frac{1}{N} = \frac{1}{15} = 0,067.$$

Предположим, что три критерия невозможно оценить. Тогда новый весовой коэффициент будет определяться по формуле

$$LWF_i' = \frac{1}{N - E}, \quad (3)$$

где LWF_i' – новое значение коэффициента; E – количество исключений.

В данном примере он составит

$$LWF_i' = \frac{1}{15 - 3} = 0,083.$$

При этом, если три вышеупомянутых критерия оцениваются как отрицательные, то значения коэффициента не меняются. Подобный подход позволяет грамотно рассчитывать оценку и не терять баллы при наличии исключений.

В ситуации, когда критерий включает в себя проверку большого количества однотипных элементов, за итоговое значение берется число, вычисляемое по формуле

$$FV_i = \frac{CE_i}{TE_i}, \quad (4)$$

где CE_i – количество верно оформленных элементов; TE_i – общее число элементов.

Например, предположим, что в группе «Визуальная доступность» 25 критериев оценки (N). Допустим, что их все возможно оценить и пересчет коэффициентов не требуется. Тогда весовой коэффициент каждого критерия будет рассчитан по формуле (2):

$$LWF_i = \frac{1}{N} = \frac{1}{25} = 0,04.$$

Один из критериев данной группы – наличие связи тега <label> с тегом <input>. Предположим, что на тестируемом ресурсе 12 тегов <input> (TE), но только 9 (CE) из них связаны с тегом <label>. Тогда для расчета итогового значения по данному критерию будет использована формула (4) и получено значение:

$$FV_i = \frac{CE_i}{TE_i} = \frac{9}{12} = 0,75.$$

После проведения оценки критериев каждой из групп сумму их итоговых значений необходимо умножить на соответствующий весовой коэффициент (возможно пересчитанный), что отражено в формуле

$$FR_i' = \sum_{i=1}^N FV_i \cdot LWF_i, \quad (5)$$

где FR_i' – общая оценка группы.

Для нахождения итоговой оценки всего ресурса необходимо рассчитать сумму произведения коэффициента группы на полученное значение (FR_i) по формуле

$$FA = \sum_{i=1}^5 WF_i \cdot FR_i. \quad (6)$$

Поскольку весовые коэффициенты на каждом этапе расчетов в сумме дают единицу, то итоговая оценка ресурса (FA) будет принимать значение от 0 до 1.

Для определения логики реализации полученного метода был разработан алгоритм. Он состоит из шести этапов:

- получение файла или ссылки для анализа;
- определение количества групп и пересчет их коэффициентов при необходимости;
- определение вида проверки для каждой из групп;
- осуществление выбранного вида проверки по отдельным алгоритмам;
- пересчет весовых коэффициентов критериев и вычисление итогового значения по группе;
- расчет итоговой оценки.

На первом этапе необходимо получить доступ к анализируемому файлу с разметкой. Это может быть как физический HTML-файл, так и ссылка на веб-страницу.

На втором этапе происходит выбор группы критериев тестирования. Логика метода предполагает

выбор любого количества групп для получения более точного результата с учетом специфики ресурса. Обозначим их общее число как D . Если были выбраны все группы, то их весовые коэффициенты остаются неизменными и можно переходить к этапу анализа. Если же выбрано более одной, но менее D групп – необходимо произвести пересчет весовых коэффициентов по формуле (1).

Третий этап – выбор вида проверки. Поскольку при анализе параметров веб-страницы необходимо повторить однотипные виды проверки в каждой из групп, обозначим порядковый номер группы проверки как i . Как было отмечено ранее, в каждой группе существует три варианта типа проверки (M): ручная, автоматическая, полуавтоматическая. Для каждой из групп существуют различные комбинации типов проверки, соотношение которых ранее было представлено в табл. 2.

Обозначим j -й тип проверки i -й группы как A_{ij} . Если A_{ij} равно единице, то можно сказать, что для данной группы необходимо провести проверку выбранного типа.

На следующем этапе производится выбранная проверка по одному из алгоритмов.

Рассмотрим первый из них – ручной. Основной его задачей является вывод вопросов с вариантами ответа для заполнения тестирующим и последующей обработкой результатов. Обозначим общее число вопросов как C , а номер текущего вопроса как k . При проверке ответа на каждый вопрос (QW_k) требуется узнать, был ли данный вопрос отмечен тестирующим как невозможный для оценивания. Если это так, то счетчик исключений (E) требуется увеличить на один. После проверки всех вопросов нужно передать полученные ответы и количество исключений E на следующий этап. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 1.

Второй вид проверки – автоматический. Алгоритм его проведения подобен рассмотренному выше. Только этапы вывода вопросов и обработки ответов заменяются на запрос данных с веб-страницы и их анализ соответственно.

Блок-схема алгоритма третьего вида проверки представлена на рис. 2. Логика данного вида проверки базируется на комбинации первых двух. Основная суть его заключается в автоматическом сборе данных о характеристиках веб-страницы, обработке их и передаче для проверки тестирующему. Это необходимо для проверки критериев, связанных с тематикой анализируемого сайта.

Например, одним из требований визуальной доступности является наличие корректного описания в атрибуте `alt` у тега ``. При проведении автоматической проверки можно убедиться лишь в наличии заполненного атрибута, но невозможно оценить, насколько описание в нем подходит к соответствующей картинке. Для этой задачи необходим человек, знающий тематику сайта.

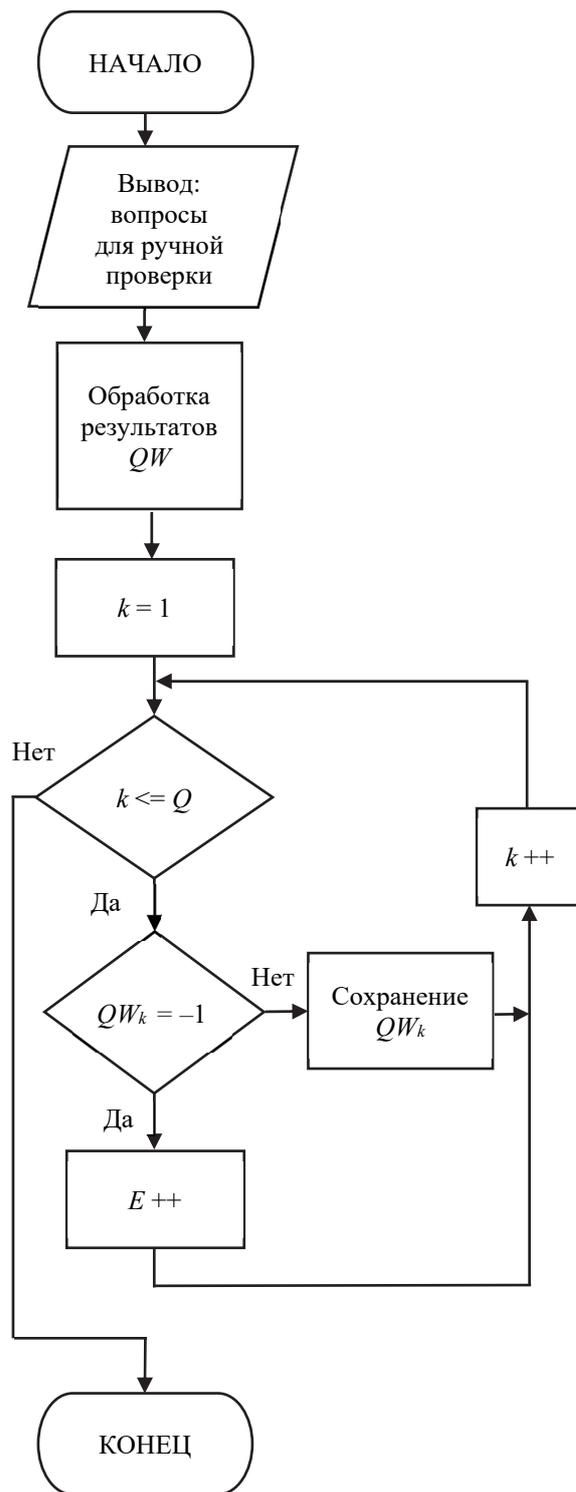


Рис. 1. Блок-схема алгоритма ручного вида проверки

Другим примером может служить еще одно требование визуальной доступности – выделение важных и тематических слов и словосочетаний тегами `` и ``. Наличие и содержимое этих тегов также можно считать автоматически, а проверку содержимого необходимо производить вручную.

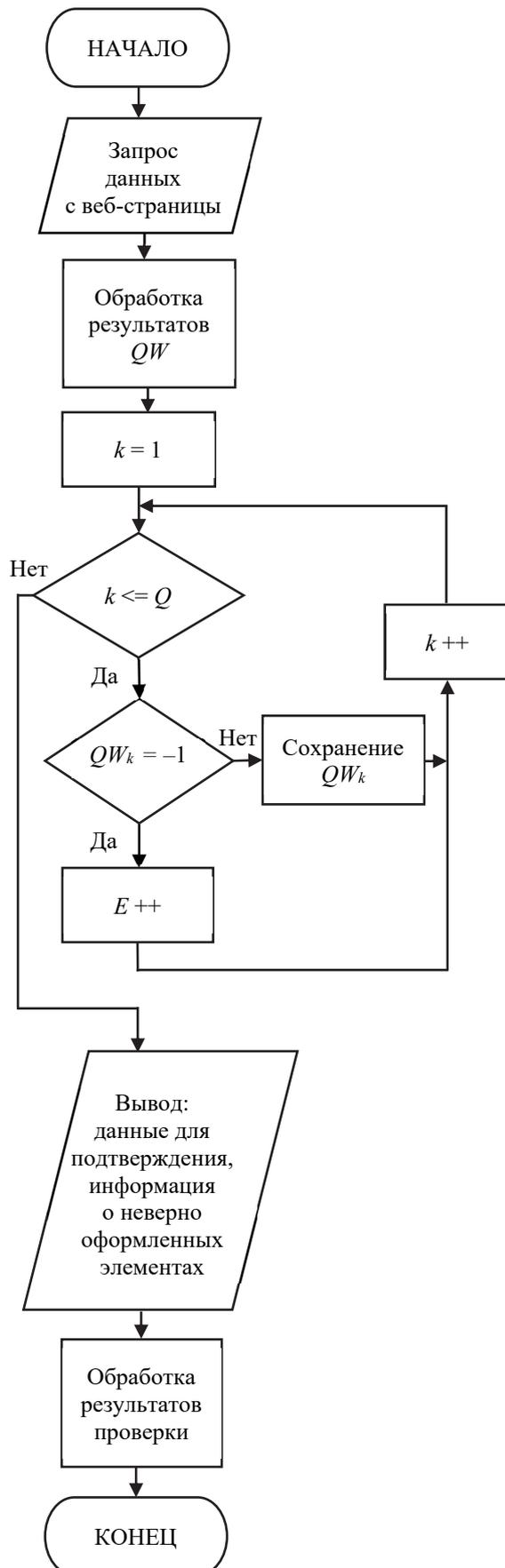


Рис. 2. Блок-схема алгоритма полуавтоматического вида проверки

После получения результатов тестирования следует проверить наличие исключений, как и в остальных видах проверок.

Первоначально происходит запрос данных об определенном ряде параметров, которые зависят от группы проверки. На этом же этапе необходимо проверить наличие исключений и увеличить их счетчик (E) в случае, когда они есть. Например, если тегов `` нет на веб-странице, то и проверять наличие у них атрибутов бессмысленно.

Полученные результаты необходимо вывести тестирующему для подтверждения правильности заполнения атрибутов и применения специфических тегов. После получения его ответов необходимо сохранить результат и перейти к следующему этапу основного алгоритма.

Если после проведения проверок нужного вида для каждой группы возникли исключения, то на пятом этапе работы основного алгоритма необходимо пересчитать весовой коэффициент критерия по формуле (3).

Далее следует рассчитать итоговое значение по группе, используя формулу (5).

На заключительном, шестом этапе, необходимо найти итоговую оценку доступности веб-контента анализируемого ресурса по формуле (6). Блок-схема всех этапов основного алгоритма представлена на рис. 3.

Полученная оценка позволит количественно отразить уровень доступности веб-контента, что в дальнейшем можно будет использовать при расчете общей оценки юзабилити ресурса.

Рассмотренные метод и алгоритмы позволяют существенно упростить процесс тестирования доступности веб-ресурсов. За счет комбинирования преимуществ двух распространенных методов тестирования получилось минимизировать их недостатки.

Представленный метод имеет следующие особенности, повышающие его эффективность:

- разбиение критериев доступности по группам, за счет чего проводимая проверка может быть узконаправленной и точечной;
- возможность комбинировать группы критериев оценки в зависимости от тематики сайта, т. е. общая оценка не будет понижаться из-за несоблюдения критериев, которые не характерны ресурсу;
- учет ситуаций, когда критерий невозможно оценить из-за его отсутствия;
- повышение скорости проверки однотипных элементов и их атрибутов;
- получение точного итогового значения, которое численно описывает уровень доступности контента на веб-ресурсе.

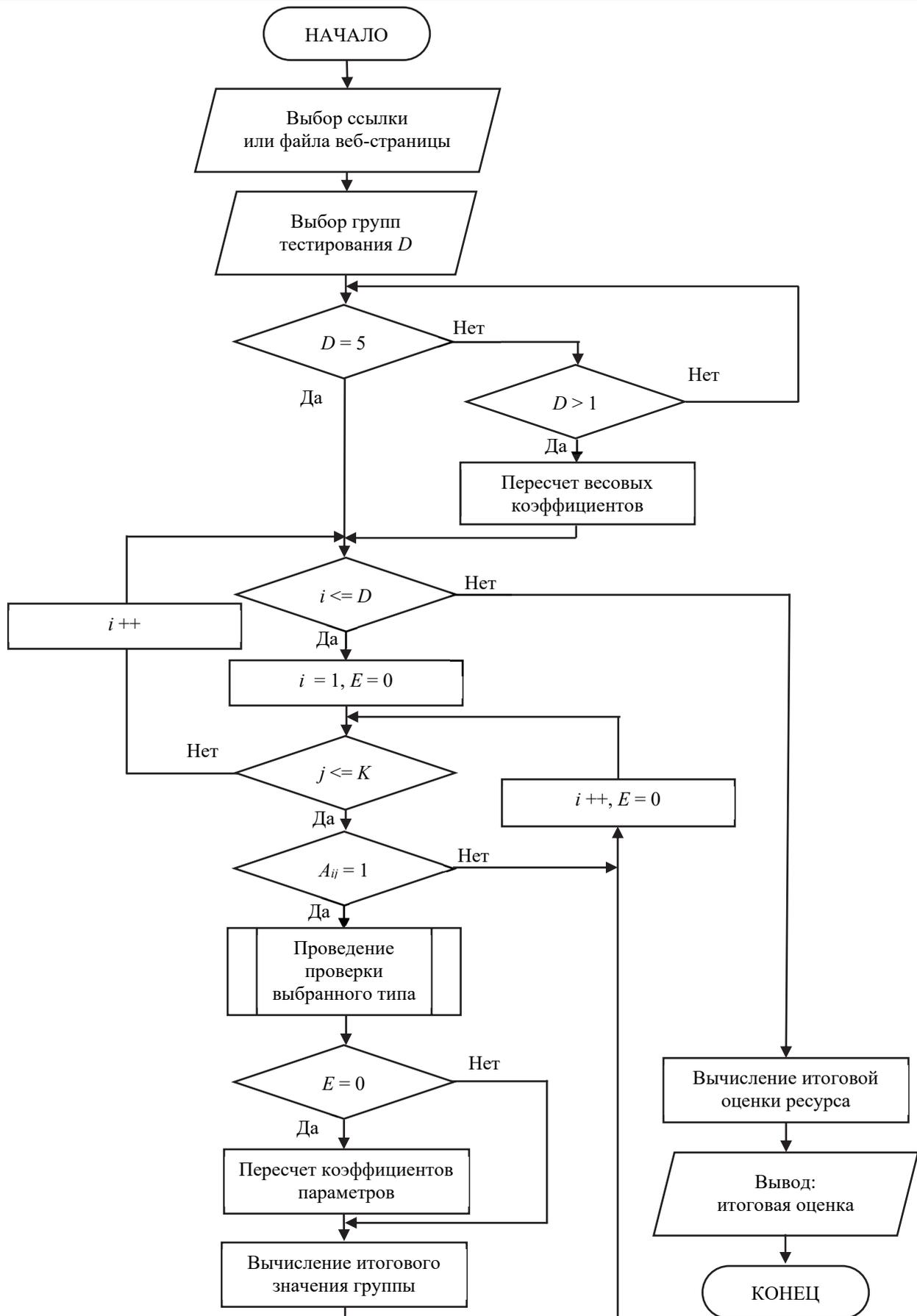


Рис. 3. Блок-схема алгоритма метода комбинированной оценки доступности

Разработанные алгоритмы методов оценки доступности веб-контента позволяют структурировать логику их работы и определять порядок действий при тестировании.

Представленные алгоритмы видов проверок помогают понять, как выстраивать логику проведения ручного, автоматического или полуавтоматического тестирования.

Заключение. В статье рассмотрен метод комбинированной оценки доступности веб-контента, базирующийся на совмещении логики ручного и автоматического тестирования. Определены группы проверок, приведены значения их весовых коэффициентов и формулы для пересчета. Выделены виды

критериев оценивания групп и алгоритмы расчета их коэффициентов.

Кроме того, составлен и описан алгоритм реализации метода, который включает в себя шесть этапов: получение файла или ссылки на веб-страницу, выбор групп проверки и их весовых коэффициентов, определение вида проверки, осуществление тестирования, пересчет коэффициентов критериев и расчет общей оценки. Отдельно описаны алгоритмы для каждого вида проверки.

Разработанный метод и алгоритмы могут использоваться также при тестировании доступности и юзабилити веб-контента любых ресурсов: локально хранящихся на компьютере или размещенных в сети Интернет.

Список литературы

1. Манохина Т. В. Юзабилити интерфейсов информационных систем для людей с ограниченными возможностями здоровья // Проблемы управления качеством образования: сб. ст. XII Всерос. науч.-практ. конф., Пенза, 18–19 дек. 2019 г. Пенза, 2019. С. 120–124.
2. Косова Е. А. Стандартизация доступности веб-контента // Открытое образование. 2020. Т. 24, № 3. С. 12–23.
3. Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению: ГОСТ Р 52872–2012 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/> (дата обращения: 24.01.2024).
4. W3C Accessibility Guidelines (WCAG) 3.0 // W3C Working Draft. URL: <https://www.w3.org/TR/wcag-3.0/> (date of access: 10.02.2024).
5. Игнаткова Я. А., Шутько Н. П. Доступность веб-контента как неотъемлемый параметр качественного веб-сайта // Прикладные вопросы точных наук: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, преподавателей. Армавир, 28–29 дек. 2022 г. Армавир, 2022. С. 162–165.
6. Игнаткова Я. А. Повышение юзабилити веб-сайта за счет улучшения доступности веб-контента // Юзабилити в дизайне – дизайн для человека: сб. тез. междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 26 июня 2023 г. СПб., 2023. С. 22–24.
7. Назаров Д. М. Методы оценки юзабилити и доступности веб-сайтов электронной коммерции // Integral – Международный журнал прикладных наук и технологий. 2022. № 4. С. 1150–1159.
8. Heydon Pickering Inclusive Design Patterns: Coding Accessibility Into Web Design // Smashing Magazine. 2016. URL: <https://www.smashingmagazine.com/ebooks/inclusive-design-patterns-ebook/> (date of access: 22.02.2024).
9. Гаджиев М. Г., Журавлева Н. А., Шайдуллоев А. А. Инструменты для анализа доступности сайтов // Инновационные технологии современной научной деятельности: стратегия, задачи, внедрение: материалы междунар. науч.-практ. конф., Магнитогорск, 6 июня 2022 г. Магнитогорск, 2022. С. 27–31.
10. Игнаткова Я. А., Шутько Н. П. Возможности использования искусственного интеллекта для оценки и повышения доступности веб-ресурсов // Технологическая независимость и конкурентоспособность Союзного государства, стран СНГ, ЕАЭС и ШОС: сб. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–8 дек. 2023 г.: в 2 т. Минск, 2023. Т. 1. С. 214–219.
11. Альтовский Е. В., Демидов А. А., Краснова Г. А. Доступность интернет-ресурсов инвалидам и лицам с ограниченными возможностями: информационно-аналитический обзор. М.: Изд. дом «Дело», 2021. 114 с.
12. Игнаткова Я. А., Шутько Н. П. Метод комбинированной оценки доступности веб-ресурсов // Информационные технологии. Физика и математика: материалы 88-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 29 янв. – 16 февр. 2024 г. Минск, 2024. С. 163–167.

References

1. Manokhina T. V. Usability of information system interfaces for people with disabilities. *Problemy upravleniya kachestvom obrazovaniya: sbornik statey XII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems of education quality management: collection of articles of the XII All-Russian scientific and practical conference]. Penza, 2019, pp. 120–124 (In Russian).
2. Kosova E. A. Standardization of web content accessibility. *Otkrytoye obrazovaniye* [Open education], 2020, vol. 24, no. 3, pp. 12–23 (In Russian).

3. GOST R 52872–2012. Online resources. Accessibility requirements for the visually impaired. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/> (accessed 24.01.2024) (In Russian).
4. W3C Accessibility Guidelines (WCAG) 3.0. Available at: <https://www.w3.org/TR/wcag-3.0> (accessed 10.02.2024).
5. Ignatkova Ya. A., Shut'ko N. P. Accessibility of web content as an integral parameter of a high-quality website. *Prikladnyye voprosy tochnykh nauk: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov, prepodavateley* [Applied issues of exact sciences: proceedings of the VI International scientific and practical conference of students, postgraduates, and teachers]. Armavir, 2022, pp. 162–165 (In Russian).
6. Ignatkova Ya. A. Improving the usability of a website by improving the accessibility of web content. *Yuzabiliti v dizayne – dizayn dlya cheloveka: sbornik tezisov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Usability in design – design for humans: collection of abstracts of International scientific and practical conference]. St. Petersburg, 2023, pp. 22–24 (In Russian).
7. Nazarov D. M. Methods of assessing the usability and accessibility of e-commerce websites. *Integral – Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologiy* [Integral – International Journal of Applied Sciences and Technologies], 2022, no. 4, pp. 1150–1159 (In Russian).
8. Heydon Pickering Inclusive Design Patterns: Coding Accessibility Into Web Design. *Smashing Magazine*. 2016. Available at: <https://www.smashingmagazine.com/ebooks/inclusive-design-patterns-ebook/> (accessed 22.02.2024).
9. Gadzhiev M. G., Zhuravleva N. A., Shaidulloev A. A. Tools for analyzing the accessibility of sites. *Innovatsionnyye tekhnologii sovremennoy nauchnoy deyatel'nosti: strategiya, zadachi, vnedreniye: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative technologies of modern scientific activity: strategy, tasks, implementation: materials of the international scientific and practical conference]. Magnitogorsk, 2022, pp. 27–31 (In Russian).
10. Ignatkova Ya. A., Shut'ko N. P. The possibilities of using artificial intelligence to assess and increase the availability of web resources. *Tekhnologicheskaya nezavisimost' i konkurentosposobnost' Soyuznogo gosudarstva, stran SNG, EAES i ShOS: sbornik statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Technological independence and competitiveness of the Union State, CIS countries, EAEU and SCO: collection of articles of the VI International scientific and technical conference]. Minsk, 2023, vol. 1, pp. 214–219 (In Russian).
11. Altovsky E. V., Demidov A. A., Krasnova G. A. *Dostupnost' internet-resursov invalidam i litsam s ogranichennymi vozmozhnostyami: informatsionno-analiticheskiy obzor* [Accessibility of Internet resources to people with disabilities and persons with disabilities: an information and analytical review]. Moscow, Publishing House "Delo", 2021. 114 p. (In Russian).
12. Ignatkova Ya. A., Shut'ko N. P. Method of combined assessment of the availability of web resources. *Informatsionnyye tekhnologii. Fizika i matematika: materialy 88-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov* [Information technologies. Physics and Mathematics: materials of the 88th Scientific and Technical Conference of faculty, researchers and postgraduates]. Minsk, 2024, pp.163–167 (In Russian).

Информация об авторах

Игнаткова Янина Алексеевна – магистрант кафедры информационных систем и технологий. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ignatkova.yanina@gmail.com

Шутько Надежда Павловна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и веб-дизайна. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: NPCh@belstu.by

Information about the authors

Ignatkova Yanina Alekseevna – master's degree student, the Department of Information Systems and Technologies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ignatkova.yanina@gmail.com

Shut'ko Nadezhda Pavlovna – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Informatics and Web Design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: NPCh@belstu.by