Доступность массовых открытых онлайн-курсов по математике для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

Е. А. Косова, М. Ю. Изетова

Косова Екатерина Алексеевна

кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной математики факультета математики и информатики Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. E-mail: lynx99@inbox.ru

Изетова Милера Юсуфовна

магистрант кафедры прикладной математики факультета математики и информатики Таврической академии Крымского федерального университета им. В.И.Вернадского. E-mail: milera16@mail.ru

Адрес: 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4.

Аннотация. В результате просмотра каталогов пяти ведущих платформ массовых открытых онлайн-курсов (МООК) с русскоязычным контентом обнаружены 56 МООК по математическим дисциплинам бакалавриата. Методом экспертного анализа по 70 признакам получены оценки доступности МООК для лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Нарушений в трактовке гиперссылок, качестве звукового воспроизведения, визуализации в графических браузерах, адаптации к мобильным устройствам, контрастности и клавиатурном управлении в ходе анализа не зарегистрировано. В то же время установлено, что ни в одном из исследованных МООК нет возможности осуществлять пользовательскую настройку интерфейса, не реализована функция воспроизведения контента в текстовом браузере; 98% цифровых документов, 82% математического контента и 91% тестов некорректно воспроизводятся программами экранного доступа; 64% курсов не имеют субтитров, 66% — стенограмм, 52% конспектов к видеоурокам; ни на одном из курсов нет интерпретации видео с помощью языка жестов; во всех МООК аудиоряда недостаточно для адекватного восприятия видеоуроков. Результаты свидетельствуют о низкой доступности русскоязычных МООК по математическим дисциплинам для лиц с ОВЗ, особенно с глубоким нарушением зрения и слепотой. Обнаруженные проблемы в доступе обусловлены технологическими ограничениями МООК-платформ. а также ошибками разработчиков. На основании полученных результатов сделан вывод о необходимости исправить существующие МООК в соответствии с Рекомендациями по доступности веб-контента WCAG 2.1; обеспечить соблюдение этих рекомендаций администраторами платформ, размещающими новые курсы; обучать авторов и разработчиков МООК методам создания доступного учебного контента; привлекать лиц с ОВЗ к бетатестированию МООК.

Ключевые слова: МООК, математическое образование, электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, доступность веб-контента, лица с ограниченными возможностями здоровья.

DOI: 10.17323/1814-9545-2020-1-205-229

Статья поступила в редакцию в июне 2019 г.

Массовые открытые онлайн-курсы являются наиболее перспективным инструментом для обучения людей с ограниченными возможностями здоровья, так как предполагают освоение образовательных программ дистанционно, без необходимости личного присутствия обучающегося в аудитории [Policar, Crawford, Alligood, 2017; Kent, 2015; De Waard et al., 2014].

При разработке МООК следует учитывать потребности уязвимых групп обучающихся, к которым в первую очередь относятся лица с OB3 [De Waard et al., 2014]. Адаптировать контент онлайн-курсов к потребностям обучающихся с ОВЗ провайдеров и разработчиков МООК обязывают международные и федеральные правовые акты: Всеобщая декларация прав человека (1948 г.)¹, Конвенция о правах инвалидов (2006 г.)², Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»³, Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» и др. В частности, согласно ст. 19 «Образование инвалидов» Федерального закона «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации», «государство поддерживает получение инвалидами образования и гарантирует создание инвалидам необходимых условий для его получения». В ст. 79 «Организация получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья» Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» сформулирована обязанность образовательных организаций высшего образования и организаций, осуществляющих образовательную деятельность по основным программам профессионального обучения. создавать «специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья». Статья 9.13 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях⁵ предусматривает административную ответственность должностных лиц за уклонение от исполнения требований доступности для инвалидов объектов социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры и предоставляемых услуг. В то же время в законодательстве и подзаконных актах Российской Федерации нет однозначных директив к соблюдению доступности онлайн-контента образовательных ресурсов.

Адаптацию учебного веб-контента к нуждам обучающихся с ОВЗ можно трактовать в соответствии с Конвенцией о правах инвалидов как «разумное приспособление», т.е. «внесение <...> необходимых и подходящих модификаций и коррективов,

¹ http://www.consultant.ru/document/cons doc LAW 120805/

² https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml

³ http://www.consultant.ru/document/cons doc LAW 8559/

⁴ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

⁵ http://www.consultant.ru/document/cons doc LAW 34661/

не становящихся несоразмерным или неоправданным бременем, в целях обеспечения реализации или осуществления инвалидами наравне с другими всех прав человека и основных свобод», а неисполнение требований веб-доступности образовательных ресурсов рассматривать как дискриминацию обучающихся по признаку инвалидности.

В некоторых странах (Австралия, Великобритания, государства Европейского союза, США и др.) государственные стандарты веб-доступности основаны на Рекомендациях по доступности веб-контента — Web Content Accessibility Guidelines, WCAG: WCAG 2.0 (2008)⁶; WCAG 2.1 (2018)⁷, и имеют силу правовых норм [АНRC, 2014; BSI, 2010; Eur-Lex, 2016; GSA, 1998 и др.]. Своды правил распространяются на все продукты и услуги, предоставляемые через веб-браузер, в том числе на образовательные веб-ресурсы типа МООК.

Вне зависимости от наличия инвалидности обучающиеся должны иметь возможность беспрепятственного просмотра учебных материалов, выполнения проверочных заданий, свободного общения в форумах, получения квалифицированной консультации тьюторов. Таким образом, МООК должны соответствовать руководящим принципам WCAG, принципам универсального дизайна [NC State University, 1997], а также согласовываться с рекомендациями платформ-провайдеров по созданию доступного контента⁸.

Исследование доступности математических МООК требует особого внимания, так как лица с ОВЗ зачастую обнаруживают склонность к занятиям наукой и техникой, в частности инженерией и математикой, в особенности это относится к лицам с расстройствами аутистического спектра высокофункционального типа [Wei et al., 2013]. Профессии, связанные с математикой и программированием, обеспечивают независимость и самостоятельность, предоставляя возможность работать удаленно, не имеют или позволяют избегать противопоказанных для инвалидов условий труда. Должности «математик», «инженер-программист», «техник-программист», «научный сотрудник в области математики», «научный сотрудник в области информатики и вычислительной техники», «преподаватель высшей школы» ре-

⁶ https://www.w3.org/TR/WCAG20/

⁷ https://www.w3.org/TR/2018/REC-WCAG21-20180605/

⁸ Требования и рекомендации по разработке онлайн-курсов, публикуемых на национальной платформе открытого образования (http://npoed.ru/docs); Accessibility Best Practices Guidance for Content Providers (https://edx.readthedocs.io/projects/edx-partner-course-staff/en/latest/accessibility/index.html#); Accommodations for learners with disabilities (https://learner.coursera.help/hc/en-us/articles/208280056-Accommodations-for-learners-with-disabilities).

комендованы инвалидам с нарушением функций зрения, слуха, опорно-двигательного аппарата и кровообращения⁹.

МООК по математическим дисциплинам относятся к группе наиболее востребованных [Семенова, Вилкова, Щеглова, 2018]. При этом математический контент сложнее привести в соответствие с критериями доступности по сравнению с материалами, которые не содержат научной нотации и графических построений [Lowe, Mestel, Williams, 2016; Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017]. Доказательством важности исследований по обеспечению доступности математического контента в интернете служит создание специализированной рабочей группы Консорциума всемирной паутины (World Wide Web Consortium, W3C), основной задачей которой является распространение лучших с точки зрения современных решений в области веб-дизайна практик семантической разметки математического и научного контента 10.

Комплексных исследований веб-доступности математических МООК в Российской Федерации до сих пор не проводилось. Цель данной статьи состоит в том, чтобы оценить доступность для обучающихся с ОВЗ содержания русскоязычных МООК по математическим дисциплинам.

1. Понятие веб-доступности

Под веб-доступностью понимают практику организации вебконтента, при которой интернет-ресурс может быть доступен для максимально широкого круга пользователей. Чем больше людей имеют возможность воспользоваться веб-контентом, тем выше доступность ресурса [Carter, Markel, 2001; W3C, 2012]. Индивидуальные особенности человека, в том числе ограничения здоровья, влияют на возможность получения доступа к веб-контенту. Различают следующие категории нарушений, создающих барьеры веб-доступности: слепота, прочие нарушения зрения (включая пониженное зрение и цветовую слепоту), глухота (включая сниженный слух), нарушения речи, нарушения мобильности (в том числе моторики рук), когнитивные нарушения (включая специфические нарушения обучаемости), неврологические расстройства (включая судорожные припадки) [Carter, Markel, 2001; W3C, 2012; Burgstahler, 2015]. Веб-доступность предполагает наличие среды обучения, при которой обеспечивается совместимость с ассистивными (вспомогательными) технологиями, такими как экранные увеличители, сканеры,

⁹ Приказ Минтруда России от 4 августа 2014 г. № 515 «Об утверждении методических рекомендаций по перечню рекомендуемых видов трудовой и профессиональной деятельности инвалидов с учетом нарушенных функций и ограничений их жизнедеятельности» (https://rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/268).

¹⁰ W3C Math Home (https://www.w3.org/Math).

программы экранного и речевого доступа, программы преобразования текста в шрифт Брайля [Wentz, Jaeger, Lazar, 2011]. Доступный дизайн веб-страниц позволяет пользователям воспринимать и понимать контент, свободно ориентироваться внутри контента и перемещаться по связанным гиперссылкам, вносить свой вклад в контент, если функциональность страницы предусматривает интерактивное взаимодействие [Luján-Mora, 2013; Acosta et al., 2018].

Международные стандарты доступности веб-контента WCAG разрабатываются W3C в рамках Инициативы по обеспечению веб-доступности (Web Accessibility Initiative, WAI), имеют общепризнанный в интернете статус конститутивных документов в области веб-доступности и представляют собой набор руководящих принципов по обеспечению воспринимаемости, управляемости, понятности и надежности веб-контента для всех пользователей, вне зависимости от наличия у них каких-либо ограничений. Рабочей группой W3C разработана Методология оценки доступности веб-ресурсов (Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology, WCAG-EM)¹¹, содержащая рекомендации по проведению аудита готовых веб-ресурсов на предмет соответствия WCAG.

При оценке доступности МООК используются несколько подходов: автоматический анализ веб-контента онлайн-инструментами для проверки доступности [Iniesto, Rodrigo, 2014; Ferati, Mripa, Bunjaku, 2016; Martın, Amado-Salvatierra, Hilera, 2016; Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017; Akgül, 2018; Косова, Халилова, 2019]; экспертный анализ учебного контента методами мануальной, аудиальной и визуальной оценки содержимого веб-страниц [Al-Mouh, Al-Khalifa, Al-Khalifa, 2014; Iniesto, Rodrigo, 2014; Ferati, Mripa, Bunjaku, 2016; Martın, Amado-Salvatierra, Hilera, 2016; Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017; Шутова, 2018]; оценка доступности с помощью программ-симуляторов инвалидности [Iniesto, Rodrigo, 2014]; тестирование контента лицами с ОВЗ [Bohnsack, Puhl, 2014]. В последнее время в рейтингах качества МООК учитывается доступность образовательного контента [Iniesto, Rodrigo, 2016].

Изначально технологии MOOK разрабатывались без учета доступности для лиц с OB3 [McAndrew, Gruszczynska, 2013]. Результаты современных исследований свидетельствуют о низкой доступности для них MOOK-платформ и курсов. Так, путем эвристического экспертного анализа показано, что курсы *Coursera* не соответствуют рекомендациям WCAG 2.0 [Al-Mouh, Al-Khalifa, Al-Khalifa, 2014]. При оценивании доступности пяти MOOK-

¹¹ Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology 1.0 (https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/).

платформ обнаружено, что только EdX полностью доступна для слепых пользователей [Bohnsack, Puhl, 2014]. Автоматический и экспертный анализ восьми МООК-платформ показал, что все платформы, кроме EdX и Futurelearn, имеют серьезные нарушения доступности [Martin, Amado-Salvatierra, Hilera, 2016]. Испаноязычные платформы недоступны пользователям с ОВЗ, особенно людям с серьезными нарушениями функций зрения [Iniesto, Rodrigo, 2014]. К аналогичным выводам пришли авторы, проводившие анализ албаноязычной платформы Almooc [Ferati, Mripa, Bunjaku, 2016] и оценивавшие доступность трех турецких MOOK-платформ [Akgül, 2018]. Визуальный анализ отдельных страниц четырех МООК с русскоязычным контентом выявил низкую доступность курсов для пользователей с сенсорными нарушениями [Шутова, 2018]. Автоматическая проверка веб-контента русскоязычных математических МООК обнаружила многочисленные нарушения требований доступности WCAG 2.0 [Косова, Халилова, 2019].

В последние годы в некоторых работах [W3C, 2014; Iniesto et al., 2017; Gay, Djafarova, Zefi, 2017] рассматриваются вопросы аудита МООК с точки зрения доступности для лиц с ОВЗ. Обоснована необходимость моделирования профиля пользователя для учета предпочтений и потребностей учащегося при разработке и подборе доступных МООК [Iniesto, Rodrigo, 2016]. Предложен алгоритм программного дизайна МООК-платформ (на примере EdX), направленный на проектирование, разработку и тестирование доступных МООК [Sanchez-Gordon, Lujan-Mora, 2016]. На основании результатов интервьюирования специалистов, причастных к производству МООК, можно судить о наличии определенного прогресса в разработке универсально доступных МООК или адаптации существующих МООК для пользователей с ОВЗ [Iniesto et al., 2016].

Таким образом, несмотря на открытость и бесплатность, современные MOOK-платформы и курсы не обеспечивают равного доступа к контенту для уязвимых категорий обучающихся, особенно для лиц со значительными нарушениями зрения.

2. Материал и методы исследования

Отбор курсов осуществлялся путем тотального просмотра каталогов пяти ведущих платформ онлайн-образования с русскоязычным контентом: «Открытое образование»¹², «Лекториум»¹³, «Универсариум»¹⁴, *Coursera*¹⁵ и *Stepik*¹⁶. При выборе курсов учи-

¹² https://openedu.ru/

¹³ https://www.lektorium.tv/

¹⁴ https://universarium.org/

¹⁵ https://www.coursera.org/

¹⁶ https://welcome.stepik.org/ru

тывалась возможность их использования в учебном процессе бакалавриата по направлениям подготовки 01.03.01 Математика, 01.03.04 Прикладная математика и 01.03.02 Прикладная математика и информатика. В результате получен массив из 56 бесплатных русскоязычных МООК, доступных для прохождения на момент проведения исследования (январь—март 2019 г.).

Методика экспертного анализа предусматривала оценку доступности контента онлайн-курсов в мануальном режиме двумя специалистами с использованием браузеров Google Chrome, Mozilla Firefox, Ms Edge, Opera, Lynx по 70 критериям, разработанным согласно WCAG 2.117, в соответствии с правилами оформления доступного контента, разработанными EdX¹⁸, [Burgstahler, 2019], а также Центром для лиц с ограниченными возможностями здоровья при Университете штата Юта [WebAIM, 2019а], с использованием чек-листов доступности [Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017]. Экспертный чек-лист содержал 6 блоков в соответствии с типами оцениваемого контента: общая доступность МООК (15 критериев), доступность медиаконтента (20 критериев), доступность цифровых документов (9 критериев), доступность тестов (6 критериев), доступность математической нотации (15 критериев), доступность симуляционных модулей (5 критериев). Последний блок не был задействован при анализе, так как ни один из курсов не содержал симуляций.

Экспертиза заключалась в кватернарной (да/нет/частично/ нет данных) оценке наличия каждого признака в массиве. Для подтверждения достоверности экспертизы на этапе проектирования исследования была проведена независимая параллельная проверка семи случайных курсов разных платформ двумя экспертами с последующим сравнением полученных результатов. Эксперты оценивали курсы в соответствии с разработанными критериями, используя одинаковое аппаратное и программное обеспечение. Их оценки совпали, что подтвердило достоверность методики мануального анализа. В роли экспертов выступали авторы исследования.

В результате тестирования контента онлайн-курсов на предмет доступности получен массив из 56 записей (по числу курсов). Данные экспертизы обработаны в программе IBM SPSS Statistics 23.0 методами описательной статистики (агрегирование данных в виде таблиц и графиков, частотный анализ, анализ таблиц сопряженности).

Ниже приведены допущения и ограничительные условия экспертизы.

¹⁷ https://www.w3.org/TR/2018/REC-WCAG21-20180605/

¹⁸ https://edx.readthedocs.io/projects/edx-partner-course-staff/en/latest/ac-cessibility/index.html#

- 1. Корректность визуализации веб-страниц проверялась для разрешений экрана: 800 x 600; 1024 x 768; 1280 x 1024.
- Проверка контраста между фоном и изображением/текстом производилась с помощью онлайн-инструмента Color Contrast Checker [WebAIM, 2019b]. Контраст считался достаточным при соотношении цвета текста к цвету фона не менее 4:1.
- 3. Адекватность воспроизведения страницы на мобильных устройствах тестировалась с помощью эмулятора Web Developer браузера Google Chrome и методом прямого просмотра веб-страниц на смартфоне и планшете с операционной системой Android.
- 4. Проверка совместимости медиаплеера с программами экранного доступа производилась в браузере *Google Chrome* с использованием экранного диктора *Chrome Vox*.
- 5. Правильность озвучивания текста документа проверялась при помощи экранных дикторов Chrome Vox (расширение Google Chrome), «Прочесть вслух» (встроенная функция Ms Edge) и программы экранного доступа NVDA. Для тестирования математического контента дополнительно к ведущему браузеру Google Chrome использовался браузер Mozilla Firefox, поддерживающий язык математической разметки MathML.
- 6. В процессе анализа не использовались вспомогательные устройства и программное обеспечение для лиц с ОВЗ, кроме программ экранного доступа, настроенных по умолчанию.
- 7. Считалось, что тест не ограничен во времени, если на выполнение заданий было отведено не менее трех часов.
- 8. К упражнениям, требующим хорошей координации зрения и манипуляций, относили задания, предусматривающие перетаскивание блоков, установление соответствия между блоками и прочие упражнения, для выполнения которых необходимо хорошее зрение и уверенное оперирование манипулятором.

3. Результаты исследования 3.1. Оценка общей доступности

Все курсы имеют удовлетворительное качество звукового воспроизведения видеофайлов с возможностью регулирования громкости и скорости звука. Во всех МООК обеспечен достаточный контраст между текстом и фоном. Все страницы адекватно воспроизводятся на мобильных устройствах, визуализируются без потери качества в браузерах *Chrome, Firefox, Opera* и *Edge*. Управление только с помощью клавиатуры доступно для всех курсов. Во всех оцененных курсах присутствуют видеоуроки, причем медиаплееры совместимы с программами экранного доступа и могут управляться только с помощью клавиатуры.

На страницах 54 курсов (96,4%) гиперссылки функциональны и трактуются однозначно.

Таблица 1. Результаты экспертного анализа доступности медиаконтента МООК по математическим дисциплинам, % (n), N = 56

Критерий анализа	Выполнен	Не выполнен	Частично выполнен	Нет данных
Присутствуют субтитры	35,7 (20)	64,3 (36)	0	0
Субтитры автоматические	5,4 (3)	30,4 (17)	0	64,3 (36)
Субтитры адекватные, текст грамотный, соответствует аудиоряду	30,4 (17)	5,4 (3)	0	64,3 (36)
Каждый кадр субтитров с надписью отображается не менее 2 с	10,7 (6)	25,0 (14)	0	64,3 (36)
Каждая надпись субтитров не превышает 2 строки	33,9 (19)	1,8 (1)	0	64,3 (36)
Каждая строка субтитров не превышает 45 символов	26,8 (15)	8,9 (5)	0	64,3 (36)
Все кадры субтитров точно синхронизированы по времени с аудио	33,9 (19)	1,8 (1)	0	64,3 (36)
При наличии нескольких ораторов в субтитрах присутствует указание, кто говорит	0	0	0	100 (56)
Фоновые звуки, важные для понимания контекста, добавлены в субтитры в квадратных скобках	1,8 (1)	14,3 (8)	10,7 (6)	73,2 (41)
Доступен для скачивания файл субтитров	30,4 (17)	5,4 (3)	0	64,3 (36)
Все визуальные фрагменты, важные для понимания контекста, описаны словами	8,9 (5)	48,2 (27)	42,9 (24)	0
Для адекватного восприятия материала видео достаточно только аудиоряда	0	71,4 (40)	28,6 (16)	0
Присутствует стенограмма	33,9 (19)	66,1 (37)	0	0
Стенограмма доступна для скачивания	30,4 (17)	3,6 (2)	0	66,1 (37)
В стенограмме присутствуют тифлокомментарии, важные для понимания видеофрагментов, не имеющих аудиоаналога	28,6 (16)	5,4 (3)	0	66,1 (37)
Присутствует доступный для скачивания конспект, эквивалентный видеоряду	39,3 (22)	51,8 (29)	8,9 (5)	0
Присутствует интерпретация видео- и аудиоряда с помощью языка жестов	0	100 (56)	0	0

В то же время ни один из курсов не содержит пользовательских инструментов для изменения размера шрифта и цветовой схемы. Кроме того, для всех МООК подтверждено отсутствие доступности контента с помощью текстового браузера (на примере *Lynx*).

В 15 МООК (26,8%) наблюдается потеря структуры и читабельности контента при изменении разрешения экрана.

Немногим более трети курсов имеют субтитры (табл. 1), причем платформы *Coursera* и «Лекториум» обеспечивают субтитрами все свои курсы—это 15 (26,8% выборки) и 3 (5,4%) МООК соответственно. На платформе «Открытое образование» только 2 курса (3,6%) содержат субтитры, а на платфор-

3.2. Оценка доступности медиаконтента

Coursera

= «Открытое

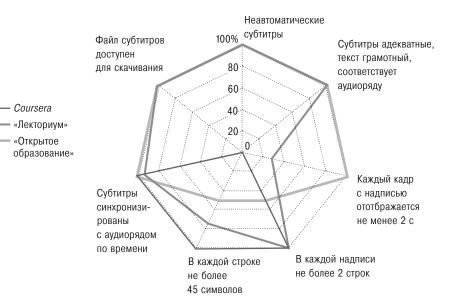


Рис. 1. Выполнение критериев доступности субтитров

мах «Универсариум» и *Stepik* субтитров не имеют 4 (7,1%) и 22 (39,3%) MOOK соответственно. В отличие от Coursera и «Открытого образования» на платформе «Лекториум» все субтитры автоматические и без возможности скачивания, что отрицательно сказывается на их качестве и ограничивает возможности дальнейшего использования. На рис. 1 показано соотношение долей выполненных критериев доступности для курсов с субтитрами.

В 51 курсе (91,1%) визуальные фрагменты, необходимые для понимания материала, или вообще не имеют устного описания, или выборочно проговариваются лектором. При этом во всех МООК аудиоряда недостаточно для адекватного восприятия темы.

В контенте трети МООК присутствуют стенограммы видеолекций: на платформе *Coursera* их содержат 15 курсов (26,8%), на «Открытом образовании» — 3 (5,4%), на «Лекториуме» — 1 (1,8%). Как правило, стенограммы доступны для скачивания: на платформе Coursera — все стенограммы, на «Открытом образовании» — 2 (3,6%). В большей части стенограмм содержатся тифлокомментарии, которые важны для понимания материала, не имеющего аудиоаналога: на *Coursera* они есть в 12 курсах (21,4%), на «Открытом образовании» — в 3 (5,4%), на «Лекториуме» — в 1 (1,8%). На платформах «Универсариум» и Stepik стенограмм нет.

Альтернативой или дополнением к стенограмме являются конспекты видеоуроков, которые присутствуют в содержании почти половины курсов. В большинстве случаев конспекты являются полным аналогом видео (табл. 1).

Ни один из курсов не имеет интерпретации видеоуроков с помощью языка жестов.

Три четверти МООК содержат в контенте цифровые документы: конспекты, презентации, глоссарии, списки рекомендованных источников литературы и т. д. (табл. 2). Наиболее распространены форматы pdf, реже html, в отдельных случаях doc(x) и xls(x). Анализ показал, что только для курса «Теория игр» (Томский государственный университет, *Coursera*) программы экранного доступа адекватно воспроизводят контент. При этом в большинстве курсов содержатся хорошо организованные документы с программно выделенными элементами структуры, включая разноуровневые заголовки и таблицы.

Важнейший критерий доступности— наличие и адекватное воспроизведение текстового описания рисунков— частично выполнен только для курса «Математическая теория игр» (Санкт-Петербургский государственный университет, *Coursera*); для 97% MOOK с рисунками критерий не выполняется.

Возможность масштабирования иллюстраций без потери качества поддерживается почти для половины документов с рисунками.

При разработке содержания цифровых документов авторы не рассматривают цвет как основной источник информации, что подтверждено для 87,9% MOOK с рисунками.

В большинстве случаев гиперссылки, содержащиеся в документе, определяют точный смысл и направление перехода, однако каждый пятый текст гиперссылок сформулирован некорректно.

Во всех МООК, за исключением двух курсов *Coursera* и одного курса «Универсариума», используется тестирование как инструмент проверки знаний. В 90,6% курсов с тестами отсутствуют упражнения, рассчитанные на точную координацию зрения и манипуляций (табл. 3), которые обычно вызывают затруднения у людей с нарушением зрения и расстройствами двигательных функций.

Анализ частот встречаемости проверочных упражнений разных типов не являлся предметом данного исследования, однако можно отметить наибольшую распространенность заданий на выбор одного или нескольких вариантов ответа и заданий с открытым ответом.

В некоторых МООК (4 курса платформы *Stepik*) предложены альтернативы упражнениям, требующим хорошего зрения и ко-

3.3. Оценка доступности цифровых документов

3.4. Оценка доступности тестов

Таблица 2. Результаты экспертного анализа доступности цифровых документов МООК по математическим дисциплинам, %(n), N = 56

Критерий анализа	Выполнен	Не выполнен	Частично выполнен	Нет данных
Есть цифровые документы (конспекты, презентации и др.)	76,8 (43)	23,2 (13)	0	0
Текст документа адекватно (последовательно, точно и правильно) воспроизводится при помощи программы экранного доступа	1,8 (1)	39,3 (22)	35,7 (20)	23,2 (13)
Документ хорошо структурирован: имеет программно определенные оглавление, заголовки, закладки	51,8 (29)	10,7 (6)	14,3 (8)	23,2 (13)
Таблицы в документе включают программно определенные заголовки столбцов и строк	23,2 (13)	3,6 (2)	0	73,2 (41)
Рисунки, которые важны для понимания материала, имеют текстовое описание, которое воспроизводится программой экранного доступа	0	57,1 (32)	1,8 (1)	41,1 (23)
Присутствует возможность увеличения масштаба рисунков (не менее чем в 2 раза) без потери качества	28,6 (16)	30,4 (17)	0	41,1 (23)
Цвет не используется в качестве единственного инструмента для выделения ключевых сущностей на рисунке	51,8 (29)	5,4 (3)	1,8 (1)	41,1 (23)
Гиперссылки представлены в виде текста, определяющего точное и однозначное направление перехода	48,2 (27)	14,3 (8)	5,4 (3)	32,1 (18)
Обеспечен достаточный контраст между фоном и текстом	76,8 (43)	0	0	23,2 (13)

Таблица 3. Результаты экспертного анализа доступности тестов в МООК по математическим дисциплинам, % (n), N = 56

Критерий анализа	Выпол- нен	Не выполнен	Частично выполнен	Нет данных
В тестах отсутствуют упражнения, требующие хорошей координации зрения и манипуляций	85,7 (48)	8,9 (5)	0	5,4 (3)
В тестах предложена альтернатива упражнениям, требующим хорошей координации зрения и манипуляций	7,1 (4)	1,8 (1)	0	91,1 (51)
Тест последовательно, точно и правильно воспроизводится программой экранного доступа	37,5 (21)	37,5 (21)	19,6 (11)	5,4 (3)
Программы экранного доступа достаточно для адекватного восприятия теста	8,9 (5)	76,8 (43)	8,9 (5)	5,4 (3)
Присутствует возможность обратной связи только с помощью клавиатуры (без визуального редактора)	94,6 (53)	0	0	5,4 (3)
Выполнение теста не ограничено по времени	87,5 (49)	7,1 (4)	0	5,4 (3)

ординации (например, вместо сопоставления объектов с помощью мыши предлагается установить соответствие выбором нужных вариантов из выпадающего списка напротив каждого объекта).

В 40% МООК, содержащих тесты, материалы упражнений воспроизводятся программой экранного доступа точно и последовательно. Для пятой части курсов обнаружены ошибки при озвучивании тестовых заданий. Вместе с тем программ экранного доступа, как правило, недостаточно для адекватного восприятия тестов. Системы заданий, которые можно понять и выполнить от начала и до конца, не глядя на экран, относятся к разряду исключений. Этот парадокс объясняется, в частности, наличием в тестах рисунков, которые экранные дикторы пропускают при озвучивании из-за отсутствия текстового описания.

Все тесты поддерживают возможность обратной связи только с помощью клавиатуры, и в подавляющем большинстве случаев выполнение заданий не ограничено по времени.

Математический контент оцененных MOOK представлен в виде рисунков, видео, разметок LaTeX и MathML или другим способом (табл. 4). Среди прочих способов представления математического контента можно выделить линейный формат, визуализацию средствами библиотеки MathJax, формат MsEquation, в единичных случаях—сканированные копии конспектов и использование спецсимволов HTML. На рис. 2 показано распределение основных форматов представления математического контента по платформам.

Наиболее доступным форматом считается разметка MathML [W3C, 2014], которая реализована в большинстве курсов.

Только в 11,8% курсов, использующих рисунки для представления математических концепций (чертежи, графики, формулы), присутствует текстовое описание иллюстраций.

Детальное проговаривание видеоматериала с математической нотацией (тифлокомментирование или аудиодескрипция) доступно на курсах «Линейная алгебра и аналитическая геометрия» (Санкт-Петербургский политехнический университет; «Лекториум») и «Дополнительная общеобразовательная программа по математике» (Московский педагогический государственный университет; «Универсариум»).

В большинстве MOOK присутствуют функции поиска и масштабирования математического контента.

Для всех курсов в большей или меньшей степени выполняется критерий адаптированности математического контента к разным разрешениям экрана.

Четвертая часть видеолекций, содержащих математический контент, сопровождается адекватной стенограммой формул. Однако только в курсе «Теория вероятностей» (Томский госу-

3.5. Оценка доступности математического контента

Таблица 4. Результаты экспертного анализа доступности математического контента в МООК по математическим дисциплинам, %(n), N = 56

Критерий анализа	Выпол- нен	Не выполнен	Частично выполнен	Нет данных
Математический контент представлен в виде рисунков	60,7 (34)	39,3 (22)	0	0
Математический контент представлен в формате видео	98,2 (55)	1,8 (1)	0	0
Математический контент представлен в формате LaTeX	75,0 (42)	25,0 (14)	0	0
Математический контент представлен в формате MathML	57,1 (32)	42,9 (24)	0	0
Математический контент представлен другим способом	96,4 (54)	3,6 (2)	0	0
Если математический контент представлен в виде рисунка, присутствует его описание	7,1 (4)	51,8 (29)	1,8 (1)	39,3 (22)
Если математический контент представлен в формате видео, присутствует его тифлокомментирование	3,6 (2)	83,9 (47)	10,7 (6)	1,8 (1)
Присутствует и доступна функция поиска по контенту с математиче- ской нотацией	55,4 (31)	44,6 (25)	0	0
Присутствует функция масштабирования математического контента	55,4 (31)	44,6 (25)	0	0
Математический контент адаптируется и адекватно воспроизводится для различных разрешений экрана	60,7 (34)	0	39,3 (22)	0
Видео, содержащие математический контент, имеют адекватную текстовую транскрипцию (стенограмму) формул	25,0 (14)	67,9 (38)	5,4 (3)	1,8 (1)
Присутствует функция озвучивания математического контента при помощи программы экранного доступа	83,9 (47)	10,7 (6)	5,4 (3)	0
Программа экранного доступа адекватно озвучивает математический контент	17,9 (10)	55,4 (31)	16,1 (9)	10,7 (6)
Для адекватного восприятия видео, содержащего математический контент, достаточно субтитров и/или стенограммы	1,8 (1)	10,7 (6)	23,2 (13)	64,3 (36)
Присутствуют дополнительные материалы для интерпретации видео, содержащего математический контент	44,6 (25)	53,6 (30)	0	1,8 (1)

дарственный университет; «Открытое образование») стенограммы достаточно для однозначного и правильного восприятия видеоматериала.

Функция озвучивания математической нотации программой экранного доступа присутствует в подавляющем большинстве МООК, но только для одного курса из пяти экранный диктор озвучивает математический контент правильно. Наиболее компетентное озвучивание отмечено для линейного формата математической нотации в стенограммах платформы *Coursera*.

Дополнительные материалы для интерпретации видеолекций, содержащих математический контент, размещены в 45,5%

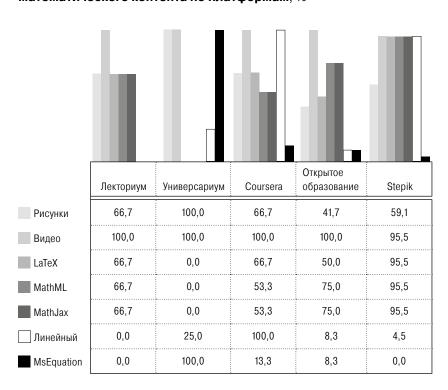


Рис. 2. Распределение форматов представления математического контента по платформам, %

курсов с видео. Как правило, это конспекты лекций, глоссарии, главы из учебников и списки источников.

Судя по результатам обзора литературы, проведенное исследование является третьей по счету публикацией о доступности математических МООК после работы А. Рамирес-Вега с соавторами [Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017] и нашей предыдущей статьи [Косова, Халилова, 2019]. Впервые в России проведена экспертная оценка доступности онлайн-курсов по математическим дисциплинам для обучающихся по математическим и информационно-технологическим направлениям подготовки.

Во всех проанализированных МООК отсутствуют возможности пользовательской настройки интерфейса, не реализована функция воспроизведения контента в текстовых браузерах. Снижение доступности медиаконтента связано с отсутствием или некачественной разработкой вспомогательных материалов—субтитров, стенограмм и конспектов. Кроме того, ни в одном из курсов нет интерпретации аудиоряда с помощью языка

4. Обсуждение результатов

жестов. Аналогичные результаты были получены в исследовании англоязычных математических MOOK [Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017].

Общая доступность медиауроков для обучающихся с нарушениями зрения низкая, что может быть связано с методикой построения видеолекций и спецификой математического контента, который редко проговаривается лекторами полностью. А. Рамирес-Вега с соавторами [lbid.] также констатируют низкую доступность медиаконтента МООК и рекомендуют использовать шаблоны для медиауроков, которые позволят обеспечить минимальные требования доступности.

Половина цифровых документов, содержащихся в оцененных нами онлайн-курсах, воспроизводится экранными дикторами некорректно, в первую очередь из-за отсутствия текстового описания рисунков, многие из которых представляют собой важные для понимания математические концепции (формулы, рассуждения и построения). В подавляющем большинстве случаев программа экранного доступа не может обеспечить правильное и точное озвучивание тестов из-за наличия в заданиях некорректно выполненной математической нотации и рисунков без описания. В зарубежных работах получены схожие результаты—ошибки воспроизведения различных типов контента МООК программами экранного доступа обнаружены во многих исследованиях [Akgül, 2018; Al-Mouh, Al-Khalifa, Al-Khalifa, 2014; Bohnsack, Puhl, 2014; Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017].

Математический контент, который присутствует во всех оцененных курсах в разных форматах (рисунки, видео, специальная разметка), представляет основную трудность в обеспечении доступности, особенно для людей с нарушениями зрения. К аналогичным выводам пришли А. Рамирес-Вега с соавторами [Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017], обнаружившие проблемы доступа для всех типов математического контента, несмотря на правильную визуальную интерпретацию научной нотации.

Необходимо разделять недостаток доступности, связанный с особенностями платформы, и нарушения, допущенные авторами при формировании контента курса. Например, платформа *Coursera* не поддерживает формат MathML, предлагая использовать для математической нотации линейный формат и LaTeX, что делает контент менее доступным для экранных дикторов. Платформы «Открытое образование» и «Лекториум» (использующие технологическую платформу с открытым кодом OpenEdX), а также платформа *Stepik* поддерживают MathML и MathJax, но математика не всегда озвучивается правильно как из-за выбора разработчиками альтернативных форм представления математического контента (рисунки без описания, видео без проговаривания материала, недоступные документы pdf и др.), так

и вследствие нарушений доступности, обусловленных спецификой платформы. В частности, на всех страницах *Stepik* не определяется основной язык контента, что является нарушением рекомендаций WCAG и может быть причиной некорректного воспроизведения текста [Bohnsack, Puhl, 2014], в том числе математической нотации [Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017]. Для ввода формул на платформах с поддержкой MathJax разработчики используют LaTeX, который менее доступен в сравнении с MathML, что может повлечь искажение воспроизведения материала экранными дикторами. В целом программы экранного доступа воспроизводят точно и правильно лишь 20% математического контента, что является серьезным препятствием для обучения лиц с глубоким нарушением зрения. Наименее доступен математический контент, размещенный на платформе «Универсариум».

Обнаруженные нарушения доступности подразделяются на три категории: 1) ошибки, связанные с несоблюдением рекомендаций WCAG 2.1, которые относительно легко исправить путем внесения изменений в HTML-код веб-страниц; 2) ошибки, связанные с логической структурой и наполнением курсов, исправление которых потребует от разработчиков МООК специальных знаний о способах формирования доступного учебного контента для лиц с ОВЗ различных нозологий; 3) ошибки МООК-платформ, которые невозможно исправить без вмешательства в исходный код платформы.

Резюмируя, можно утверждать: несмотря на наличие правовых оснований и рекомендательных норм для разработки доступного веб-контента, которые заложены в международных и федеральных нормативных актах (Всеобщая декларация прав человека, Конвенция о правах инвалидов, Федеральный закон «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации», Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» и др.), государственных и международных стандартах (ГОСТ Р ИСО 9241–151–2014¹⁹, ГОСТ Р 52872–2012²⁰; WCAG 2.1, 2018), разработчики МООК изначально не ставили перед собой задачу создавать доступные курсы в полном соответствии с действующими международными правилами; контент не проверялся на доступность инструментами автоматической проверки; в бета-тестировании не участвовали лица с ОВЗ; функциональные возможности МООК-платформ, ориентированные

¹⁹ ГОСТ Р ИСО 9241–151–2014 Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 151. Руководство по проектированию пользовательских интерфейсов сети Интернет (2015). http://docs.cntd.ru/document/1200113012

²⁰ ГОСТ Р 52872–2012 Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению (2014). http://docs.cntd.ru/document/1200103663

на разработку доступного контента, разработчиками не использовались или использовались некорректно; зачастую MOOKплатформы вообще не были ориентированы на доступность для пользователей с OB3.

Полученные нами результаты согласуются с данными зарубежных исследований [Bohnsack, Puhl, 2014; Ferati, Mripa, Bunjaku, 2016; Iniesto, Rodrigo, 2014; Martin, Amado-Salvatierra, Hilera, 2016; McAndrew, Gruszczynska, 2013; Ramírez-Vega, Iniesto, Covadonga, 2017] и свидетельствует о необходимости исправления уже имеющихся МООК в соответствии с WCAG 2.1; строжайшего соблюдения WCAG 2.1 администраторами платформ перед размещением новых курсов; привлечения лиц с ОВЗ к тестированию готовых МООК и МООК, находящихся в производстве; обучения авторов и разработчиков МООК методам создания доступного учебного контента. Учебный курс по разработке доступных математических МООК должен согласовываться с правилами и рекомендациями по созданию доступного контента (W3C, 2014; WCAG 2.1, 2018).

5. Заключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о низкой доступности русскоязычных МООК по математическим дисциплинам для лиц с ОВЗ, особенно с глубоким нарушением зрения. Обнаруженные проблемы доступности являются следствием недоработок МООК-платформ и ошибок разработчиков МООК. Значительное количество нарушений обусловлено некорректной формализацией математического контента. Дополнительные трудности в обеспечении веб-доступности МООК по математике обусловлены особенностями структурирования математической нотации. Вопрос разработки унифицированных рекомендаций по обеспечению доступности математического контента остается актуальным и требует дальнейшего изучения.

Разработка государственного стандарта веб-доступности образовательных интернет-ресурсов (в том числе МООК), основанного на международных требованиях доступности WCAG 2.1, передовых практиках стандартизации в области веб-доступности, правилах проектирования и разработки образовательного веб-контента, даст провайдерам и разработчикам МООК возможность при исправлении существующих и создании новых платформ и курсов руководствоваться нормативно установленным сводом требований к доступным образовательным веб-ресурсам, а также правилами и методами испытаний доступности образовательной веб-продукции.

Включение обязательных к исполнению требований по обеспечению доступности образовательных веб-ресурсов в федеральные законы и подзаконные акты соответствующего профиля послужит основой для легитимации мер, направленных

на обеспечение соблюдения платформами MOOK и веб-разработчиками рекомендаций по созданию веб-контента, доступного для пользователей с OB3.

1. Косова Е. А., Халилова М. Ю. (2019) Анализ веб-доступности массовых открытых онлайн-курсов по математическим дисциплинам // Высшее образование в России. Т. 28. № 10. С. 157–166.

Литература

- 2. Семенова Т.В., Вилкова К.А., Щеглова И.А. (2018) Рынок массовых открытых онлайн-курсов: перспективы для России // Вопросы образования/Educational Studies Moscow. № 2. С. 173–197. doi:10.17323/1814-9545-2018-2-173-197.
- 3. Шутова А. С. (2018) Открытое образование для людей с ограниченными возможностями здоровья: задачи дизайна // Академический вестник УРАЛНИИпроект РААСН. № 1. С. 85–91.
- Acosta T., Acosta-Vargas P., Salvador-Ullauri L., Luján-Mora S. (2018) Method for Accessibility Assessment of Online Content Editors // A. Rocha, T. Guarda (eds) Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems (ICITS2018) (Libertad City, Ecuador, January 10–12, 2018). P. 538–551.
- AHRC (2014) World Wide Web Access: Disability Discrimination Act Advisory Notes. https://www.humanrights.gov.au/our-work/disability-rights/world-wide-web-access-disability-discrimination-act-advisory-notes-ver
- Akgül Y. (2018) Accessibility Evaluation of MOOCs Websites of Turkey // Journal of Life Economics. No 5. P. 23–36.
- Al-Mouh N., Al-Khalifa A., Al-Khalifa H. (2014) A First Look into MOOCs Accessibility: The Case of Coursera // K. Miesenberger et al. (eds) Computers Helping People with Special Needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 8547. P. 145–152.
- 8. Bohnsack M., Puhl S. (2014) Accessibility of MOOCs // K. Miesenberger et al. (eds) Computers Helping People with Special Needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 8547. P. 141–144.
- BSI (2010) Web Accessibility. Code of Practice. https://shop.bsigroup. com/ProductDetail/?pid=000000000030180388&rdt=wmt
- Burgstahler Sh. (2015) Real Connections: Making Distance Learning Accessible to Everyone. http://www.washington.edu/doit/Brochures/Technology/distance.learn.html
- Burgstahler Sh. (2019) 20 Tips for Teaching an Accessible Online Course. https://www.washington.edu/doit/20-tips-teaching-accessible-on-line-course
- 12. Carter J., Markel M. (2001) Web Accessibility for People with Disabilities: An Introduction for Web Developers // IEEE Transactions on Professional Communication. Vol. 44. No 4. P. 225–233.
- De Waard I., Gallagher M.S., Zelezny-Green R., Czerniewicz L., Downes S., Kukulska-Hulme A., Willems J. (2014) Challenges for Conceptualising EU MOOC for Vulnerable Learner Groups // U. Cress, C. D. Kloos (eds) Proceedings of the European MOOC Stakeholder Summit 2014. Europe: Open Education Europa (Lausanne, Switzerland). P. 33–42.
- 14. Eur-Lex (2016) Directive (EU) 2016/2102 of the European Parliament and of the Council of 26 October 2016 on the Accessibility of the Websites and Mobile Applications of Public Sector Bodies. https://eur-lex.europa.eu/ eli/dir/2016/2102/oj
- Ferati M., Mripa N., Bunjaku R. (2016) Accessibility of MOOCs for Blind People in Developing Non-English Speaking Countries // Proceedings of

- the 8th International Conference Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) (Orlando, July 27–31, 2016). P. 519–528.
- 16. Gay G., Djafarova N., Zefi L. (2017) Teaching Accessibility to the Masses // Proceedings of the 14th Web for All Conference on the Future of Accessible Work. Art. no 15. https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3058555.3058563
- 17. GSA (1998) Section 508 of the US Rehabilitation Act of 1973. https://www.section508.gov/section-508-of-the-rehabilitation-act
- Iniesto F., McAndrew P., Minocha S., Coughlan T. (2016) Accessibility of MOOCs: Understanding the Provider Perspective // Journal of Interactive Media in Education. Vol. 1. Art. 20. P. 1–10.
- Iniesto F., McAndrew P., Minocha S., Coughlan T. (2017) Auditing the Accessibility of Massive Open Online Courses (MOOCs) // Proceedings of the 14th Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe Congress. http://www.aaate2017.eu/
- Iniesto F., Rodrigo C. (2014) Accessibility Assessment of MOOC Platforms in Spanish: UNED COMA, COLMENIA and MiriadaX // Proceedings of the IEEE International Symposium on Computers in Education (Logrono, Spain, November, 12–14, 2014). P. 169–172.
- Iniesto F., Rodrigo C. (2016) A Preliminary Study for Developing Accessible MOOC Services // Journal of Accessibility and Design for All. Vol. 6. No 2. P. 102–124.
- 22. Kent M. (2015) Disability and eLearning: Opportunities and Barriers // Disability Studies Quarterly. Vol. 35. No 1. http://dsq-sds.org/article/ view/3815/3830
- 23. Lowe T., Mestel B., Williams G. (2016) Perceptions of Online Tutorials for Distance Learning in Mathematics and Computing // Research in Learning Technology. Vol. 24. Art. no 30630. http://oro.open.ac.uk/46797/
- Luján Mora S. (2013) Web Accessibility among the Countries of the European Union: A Comparative Study // Actual Problems of Computer Science. No 1 (3). P. 18–27.
- Martin J. L., Amado-Salvatierra H.R., Hilera J. R. (2016) MOOCs for All: Evaluating the Accessibility of Top MOOC Platforms // International Journal of Engineering Education. Vol. 32. No 5–B. P. 2374–2383.
- McAndrew P., Gruszczynska A. (2013) Accessibility Challenges and Techniques for Open Educational Resources (ACTOER) Project Report. https://www.researchgate.net/publication/280656260_ACTOER_project_report
- 27. NC State University (1997) The Principles of Universal Design. https://projects.ncsu.edu/design/cud/pubs_p/docs/poster.pdf
- 28. Policar L., Crawford T., Alligood V. (2017) Accessibility Benefits of e-Learning for Students with Disabilities. https://www.disabled-world.com/disability/education/postsecondary/e-learning.php
- 29. Ramírez-Vega A., Iniesto F., Covadonga R. (2017) Raising Awareness of the Accessibility Challenges in Mathematics MOOCs // Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM). Art. no 92. http://oro.open.ac.uk/id/eprint/50954
- Sanchez-Gordon S., Lujan-Mora S. (2016) How Could MOOCs Become Accessible? The Case of EdX and the Future of Inclusive Online Learning // Journal of Universal Computer Science. Vol. 22. No 1. P. 55–81.
- 31. W3C (2012) Introduction to Web Accessibility. http://www.w3.org/WAI/intro/accessibility.php
- 32. W3C (2014) Mathematical Markup Language (MathML). Version 3.0. https://www.w3.org/TR/MathML3/
- 33. WebAIM (2019a) Articles. https://webaim.org/articles/

- 34. WebAIM (2019b) Color Contrast Checker. https://webaim.org/resources/contrastchecker/
- Wei X., Yu J. W., Shattuck P., McCracken M., Blackorby J. (2013) Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Participation among College Students with an Autism Spectrum Disorder // Journal of Autism and Developmental Disorders. Vol. 43. No 7. P. 1539–1546. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3620841/
- Wentz B., Jaeger P.T., Lazar J. (2011) Retrofitting Accessibility: The Legal Inequality of After-the-Fact Online Access for Persons with Disabilities in the United States // First Monday. Vol. 16. No 11. https://journals.uic.edu/ ojs/index.php/fm/article/view/3666/3077

Accessibility of Massive Open Online Courses on Mathematics for Students with Disabilities

Authors Yekaterina Kosova

Candidate of Sciences in Education, Associate Professor, Department of Applied Mathematics, Faculty of Mathematics and Computer Science, Taurida Academy of V. I. Vernadsky Crimean Federal university. E-mail: lynx99@inbox.ru

Milera Izetova

Master's Student, Department of Applied Mathematics, Faculty of Mathematics and Computer Science, Faculty of Mathematics and Computer Science, Taurida Academy of V.I. Vernadsky Crimean Federal university. E-mail: milera16@mail.ru

Address: 4 Academica Vernadskogo Ave, 295007 Simferopol, Russian Federation

Abstract

The paper studies issues of accessibility of massive open online courses (MOOCs) for persons with disabilities. By browsing the catalogues of five leading MOOC-platforms with Russian-language content, 56 MOOCs on undergraduate mathematical disciplines were found. As a result of expert analysis according to 70 criteria, MOOCs' accessibility for people with disabilities was estimated. Any mistakes related to hyperlinks interpretation, audio playback quality, visualization in graphic browsers, adaptation to mobile devices, color contrast and keyboard controls were not revealed. At the same time, the analysis showed that 100% MOOCs offer no features for customizing a user interface, do not provide access to the content through a text browser; 98% of digital documents, 82% of math content and 91% of tests are incorrectly interpreted by screen readers; 64%, 66% and 52% of the courses, respectively, have no subtitles, shorthand transcripts and outlines to video lessons; no courses provide video interpretation using sign language; in all MOOCs the audio track is not enough for adequate perception of video lessons. The results indicate low accessibility of Russian-language mathematical MOOCs for people with disabilities, especially with severe visual impairments. The accessibility problems are related to technological limitations of the MOOC platforms and to developer errors. The results suggest the need for revising the MOOCs in accordance with the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1); guaranteeing strict adherence to the guidelines by platforms' administrators before posting new courses; training MOOCs' authors and developers in creating accessible learning content; involving persons with disabilities in beta testing of MOOCs.

Keywords

MOOC, mathematical education, e-learning, distance learning technologies, web content accessibility, people with disabilities.

References

Kosova Ye., Khalilova M. (2019) Analiz web-dostupnosti massovykh otkrytykh onlain-kursov po matematicheskim distsiplinam [Web Accessibility Analysis of Massive Open Online Courses on Mathematical Disciplines]. *Vysshee obrazovanie v Rossii/Higher Education in Russia*, vol. 28, no 10, pp. 157–166.

Semenova T., Vilkova K., Shcheglova I. (2018) Rynok MOOK: perspektivy dlya Rossii [The MOOC Market: Prospects for Russia]. *Voprosy obrazovaniya/Educational Studies Moscow*, no 2, pp. 173–197. doi:10.17323/1814-9545-2018-2-173-197.

Shutova A. (2018) Otkrytoe obrazovanie dlya lyudey s ogranichennymi vozmozhnostyami zdorovya: zadachi dizajna [Open Education for People with Di-

- sabled Health Opportunities: Design Objectives]. Akademicheskij Vestnik UralNIIproekt RAASN, no 1, pp. 85–91.
- Acosta T., Acosta-Vargas P., Salvador-Ullauri L., Luján-Mora S. (2018) Method for Accessibility Assessment of Online Content Editors. Proceedings of the *International Conference on Information Technology & Systems (ICITS2018)* (*Libertad City, Ecuador, January 10–12, 2018*), (eds A. Rocha, T. Guarda), pp. 538–551.
- AHRC (2014) World Wide Web Access: Disability Discrimination Act Advisory Notes. Available at: https://www.humanrights.gov.au/our-work/disability-rights/world-wide-web-access-disability-discrimination-act-advisory-notes-ver (accessed 10 January 2019).
- Akgül Y. (2018) Accessibility Evaluation of MOOCs Websites of Turkey. *Journal of Life Economics*, no 5, pp. 23–36.
- Al-Mouh N., Al-Khalifa A., Al-Khalifa H. (2014) A First Look into MOOCs Accessibility: The Case of Coursera. *Computers Helping People with Special Needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science* (eds K. Miesenberger et al.), vol. 8547, pp. 145–152.
- Bohnsack M., Puhl S. (2014) Accessibility of MOOCs. Computers Helping People with Special Needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science (eds K. Miesenberger et al.), vol. 8547, pp. 141–144.
- BSI (2010) Web Accessibility. Code of Practice. Available at: https://shop.bsi-group.com/ProductDetail/?pid=00000000030180388&rdt=wmt (accessed 10 January 2019).
- Burgstahler S. (2015) Real Connections: Making Distance Learning Accessible to Everyone. Available at: http://www.washington.edu/doit/Brochures/Technology/distance.learn.html (accessed 10 January 2019).
- Burgstahler Sh. (2019) 20 Tips for Teaching an Accessible Online Course. Available at: https://www.washingt on.edu/doit/20-tips-teaching-accessible-online-course (accessed 10 January 2019).
- Carter J., Markel M. (2001) Web Accessibility for People with Disabilities: An Introduction for Web Developers. *IEEE Transactions on Professional Communication*, vol. 44, no 4, pp. 225–233.
- De Waard I., Gallagher M.S., Zelezny-Green R., Czerniewicz L., Downes S., Kukulska-Hulme A., Willems J. (2014) Challenges for Conceptualising EU MOOC for Vulnerable Learner Groups. Proceedings of the European MOOC Stakeholder Summit 2014. Europe: Open Education Europa (Laussane, Switzerland) (eds U. Cress, C. D. Kloos), pp. 33–42.
- Eur-Lex (2016) Directive (EU) 2016/2102 of the European Parliament and of the Council of 26 October 2016 on the Accessibility of the Websites and Mobile Applications of Public Sector Bodies. Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2016/2102/oj (accessed 10 January 2019).
- Ferati M., Mripa N., Bunjaku R. (2016) Accessibility of MOOCs for Blind People in Developing Non-English Speaking Countries. Proceedings of the 8th International Conference Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) (Orlando, July 27–31, 2016), pp. 519–528.
- Gay G., Djafarova N., Zefi L. (2017) *Teaching Accessibility to the Masses*. Paper presented at the 14th Web for All Conference on the Future of Accessible Work. Art. no 15. Available at: https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3058555.3058563 (accessed 10 January 2019).
- GSA (1998) Section 508 of the US Rehabilitation Act of 1973. Available at: https://www.section508.gov/section-508-of-the-rehabilitation-act (accessed 10 January 2019).
- Iniesto F., McAndrew P., Minocha S., Coughlan T. (2016) Accessibility of MOOCs: Understanding the Provider Perspective. *Journal of Interactive Media in Education*, vol. 1, art. no 20, pp. 1–10.

http://vo.hse.ru/en/

- Iniesto F., McAndrew P., Minocha S., Coughlan T. (2017) *Auditing the Accessibility of Massive Open Online Courses (MOOCs)*. Paper presented at the 14th Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe Congress. Available at: http://www.aaate2017.eu/ (accessed 10 January 2019).
- Iniesto F., Rodrigo C. (2014) Accessibility Assessment of MOOC Platforms in Spanish: UNED COMA, COLMENIA and MiriadaX. Proceedings of the *IEEE International Symposium on Computers in Education (Logrono, Spain, November, 12–14, 2014*), pp. 169–172.
- Iniesto F., Rodrigo C. (2016) A Preliminary Study for Developing Accessible MOOC Services. *Journal of Accessibility and Design for All*, vol. 6, no 2, pp. 102–124.
- Kent M. (2015) Disability and eLearning: Opportunities and Barriers. *Disability Studies Quarterly*, vol. 35, no 1. Available at: http://dsq-sds.org/article/view/3815/3830 (accessed 10 January 2019).
- Lowe T., Mestel B., Williams G. (2016) Perceptions of Online Tutorials for Distance Learning in Mathematics and Computing. *Research in Learning Technology*, vol. 24, art. no 30630. Available at: http://oro.open.ac.uk/46797/(accessed 10 January 2019).
- Luján Mora S. (2013) Web Accessibility among the Countries of the European Union: A Comparative Study. *Actual Problems of Computer Science*, no 1 (3), pp. 18–27.
- Martin J. L., Amado-Salvatierra H.R., Hilera J. R. (2016) MOOCs for All: Evaluating the Accessibility of Top MOOC Platforms. *International Journal of Engineering Education*, vol. 32, no 5–B, pp. 2374–2383.
- McAndrew P., Gruszczynska A. (2013) Accessibility Challenges and Techniques for Open Educational Resources (ACTOER) Project Report. Available at: https://www.researchgate.net/publication/280656260_ACTOER_project_report (accessed 10 January 2019).
- NC State University (1997) *The Principles of Universal Design*. Available at: https://projects.ncsu.edu/design/cud/pubs_p/docs/poster.pdf (accessed 10 January 2019).
- Policar L., Crawford T., Alligood V. (2017) *Accessibility Benefits of e-Learning for Students with Disabilities*. Available at: https://www.disabled-world.com/disability/education/postsecondary/e-learning.php (accessed 10 January 2019).
- Ramírez-Vega A., Iniesto F., Covadonga R. (2017) Raising Awareness of the Accessibility Challenges in Mathematics MOOCs. Paper presented at the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM), art. no 92. Available at: http://oro.open.ac.uk/id/ eprint/50954 (accessed 10 January 2019).
- Sanchez-Gordon S., Lujan-Mora S. (2016) How Could MOOCs Become Accessible? The Case of EdX and the Future of Inclusive Online Learning. *Journal of Universal Computer Science*, vol. 22, no 1, pp. 55–81.
- W3C (2012) Introduction to web accessibility. Available at: http://www.w3.org/WAI/intro/accessibility.php (accessed 10 January 2019).
- W3C (2014) Mathematical Markup Language (MathML). Version 3.0. Available at: https://www.w3.org/TR/MathML3/ (accessed 10 January 2019).
- WebAlM (2019a) *Articles*. Available at: https://webaim.org/articles/ (accessed 10 January 2019).
- WebAIM (2019b) Color Contrast Checker. Available at: https://webaim.org/resources/contrastchecker/ (accessed 10 January 2019).
- Wei X., Yu J.W., Shattuck P., McCracken M., Blackorby J. (2013) Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Participation among

College Students with an Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 43, no 7, pp. 1539–1546. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3620841/ (accessed 10 January 2019).

Wentz B., Jaeger P.T., Lazar J. (2011) Retrofitting Accessibility: The Legal Inequality of After-the-Fact Online Access for Persons with Disabilities in the United States. *First Monday*, vol. 16, no 11. Available at: https://journals.uic.edu/ojs/index.php/fm/article/view/3666/3077 (accessed 10 January 2019).

http://vo.hse.ru/en/