

Контроль вовлеченности в интерактивное взаимодействие пользователя образовательных веб-сервисов на основе анализа реакций

Е. В. Никульчев^{1*}, А. А. Гусев², Н. Ш. Газанова¹, Ш. Г. Магомедов¹

¹ ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва, Российская Федерация

Адрес: 119454, Российская Федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78

² ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Российская Федерация

Адрес: 350072, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

* nikulchev@mail.ru

Аннотация

Современные цифровые платформы предоставляют большое количество веб-сервисов для обучения и профессионального роста. В большинстве случаев образовательные веб-сервисы контролируют только доступ при подключении к ресурсам и платформам. Для образовательных и иных ресурсов (интернет-опросы, онлайн-исследования), которые характеризуются интерактивным взаимодействием с платформой, важно контролировать вовлеченность пользователя. Характеристикой вовлеченности может служить время задержки на элементах веб-интерфейса. Это время требуется на усвоение материала, прочтение текста задачи или теста. Существует два распространенных типа пользователей с «неестественными» реакциями: бот (робот) и пользователь-кликер. Последний, хоть и является человеком, но не вовлечен в интерактивный процесс взаимодействия с ресурсом. Кликер просто прощелкивает все вопросы, тексты и прочие элементы интерфейса веб-сервиса. Таким образом, контроль вовлеченности в интерактивный процесс взаимодействия с веб-ресурсом должен выявлять ботов и кликеров, их также требуется удалить при проведении онлайн-исследований и опросов. На основе гипотезы о хаотичности динамики временного ряда в качестве показателя контроля вовлеченности в интерактивное взаимодействие выбран максимальный характеристический показатель Ляпунова, вычисленный для временного ряда, сформированного из времени реакций пользователей при длительной работе с веб-интерфейсами. Особенностью предложенного контроля вовлеченности является высокая скорость и разработанность алгоритмов вычисления максимального показателя Ляпунова. Приведены результаты экспериментальных исследований на большом объеме данных, демонстрирующие применимость выбранной характеристики для выявления ботов и кликеров.

Ключевые слова: максимальный показатель Ляпунова, время реакции, кликер, веб-сервис, вовлеченность

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Контроль вовлеченности в интерактивное взаимодействие пользователя образовательных веб-сервисов на основе анализа реакций / Е. В. Никульчев [и др.] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т. 19, № 2. С. 489-497. doi: <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202302.489-497>

© Никульчев Е. В., Гусев А. А., Газанова Н. Ш., Магомедов Ш. Г., 2023



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Evaluating the Non-Involvement of the User of Educational Web Services in Interactive Interaction Based on Reaction Time

E. V. Nikulchev^{a*}, A. A. Gusev^b, N. S. Gazanova^a, S. G. Magomedov^a

^a MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

Address: 78 Vernadsky Ave., Moscow 119454, Russian Federation

^b Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

Address: 2 Moskovskaya St., Krasnodar 350072, Russian Federation

* nikulchev@mail.ru

Abstract

Modern digital platforms provide a large number of web services for learning and professional growth. In most cases, educational web services only control access when connecting to resources and platforms. For educational and other resources (internet surveys, online research), which are characterized by interactive interaction with the platform, it is important to control user involvement. The characteristic of involvement can be the delay time on the elements of the web interface. This time is required for mastering the material, reading the text of the task or test. There are two common types of users with “unnatural” reactions: bot (robot) and clicker user. The latter, although he is a person, is not involved in the interactive process of interaction with the resource. The clicker simply clicks through all the questions, texts and other elements of the web service interface. Thus, the control of involvement in the interactive process of interacting with a web resource should identify bots and clickers, they also need to be removed when conducting online research and surveys. On the basis of the hypothesis about the randomness of the dynamics of the time series, the maximal Lyapunov exponent calculated for the time series formed from the reaction time of users during prolonged work with web interfaces was chosen as an indicator for controlling involvement in interactive interaction. A feature of the proposed involvement control is the high speed and development of algorithms for calculating the maximal Lyapunov exponent. The results of experimental studies on a large amount of data are presented, demonstrating the applicability of the selected characteristic for detecting bots and clickers.

Keywords: the maximal Lyapunov exponent, reaction time, clicker, web service, involvement

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For citation: Nikulchev E.V., Gusev A.A., Gazanova N.S., Magomedov S.G. Evaluating the Non-Involvement of the User of Educational Web Services in Interactive Interaction Based on Reaction Time. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(2):489-497. doi: <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202302.489-497>



Введение

Развитие веб-технологий и доступность интернета кардинально изменило многие образовательные процессы [1, 2], что особенно проявилось во время эпидемии коронавируса COVID-19 [3]. Широкое внедрение новых педагогических инструментов выявило как преимущества, так и ограничения образовательных онлайн-технологий. Для педагогических и психологических исследований веб-технологии создали условия для сбора больших объемов фактологических данных, что позволило уйти от малых выборок в традиционных исследованиях. Большие данные, получаемые в практике онлайн-обучения и онлайн-тестирований [4], позволяют уйти от низкой статистической мощности, достигая более надежных результатов¹ за счет существенного расширения выборки. Кроме того, большие накопленные массивы данных являются основой для применения механизмов машинного обучения и других подходов, использующих искусственный интеллект в решении задач обработки данных педагогических и психологических исследований² [5-8]. Однако широкая практика удаленных образовательных технологий выявила и недостатки. Так, стало понятно, что на образовательных цифровых платформах значительное внимание в процессе обучения необходимо уделять интерактивному взаимодействию пользователя (ожиданию отклика пользователя, прочтыванию определенных текстов, тестов и опросов). Для анализа вовлеченности требуется разработка специальных технологий и математических методов и алгоритмов.

Характеристикой вовлеченности пользователя (обучающегося) в интерактивный образовательный процесс может служить время между стимулом, необходимым действием (прочитать текст, решить задачу, дать ответ на вопрос), и нажатием клавиши клавиатуры или мыши на элементе веб-интерфейса, т. е. время реакции при интерактивном взаимодействии. Учитывая возможности, предоставляемые образовательными обучением и веб-технологиями, можно фиксировать и сохранять время реакции как время между заданием и результатом, выполненным и зафиксированным пользователем в веб-интерфейсе (ввод ответа, действие мыши или нажатие на веб-интерфейсе кнопки «Ок», «Далее» и т. д.). То есть время реакции пользователя — это время, которое требуется, в зависимости от задания, на усвоение материала, прочтение текста задачи или теста или иное требуемое действие образовательной системы.

Получение данных о времени реакции позволяют сформировать систему контроля за вовлеченностью в образовательный процесс. Не вовлеченными в интерактивный процесс можно считать неестественные типы реакций двух типов: ботов и кликеров. Боты представляют собой программный скрипт (робот), который каким-либо случайным или закономерным образом взаимодействует с цифровой платформой через веб-интерфейс посредством программного кода. Кликеры — это пользователи (паттерн поведения пользователя), не вовлеченные в интерактивный процесс взаимодействия с платформой, которые просто прощелкивают (кликают) по элементам веб-интерфейса,

формально проходя дальше, например, по темам обучения, но фактически не останавливаясь на экране. Проблема контроля вовлеченности также важна при проведении веб-опросов и психологических онлайн-исследований, поскольку люди и кликер-боты могут сильно исказить результат опроса, влияя на суть выводов и решений, основанных на недостоверных данных.

В настоящее время существуют методы выявления кликеров при фильтрации данных психологических исследований на основе машинного обучения. Но эти методы не могут быть применены в онлайн-режиме [9], а только при обработке данных [10]. Кроме того, методы машинного обучения требуют значительного количества вычислительных ресурсов и для больших данных, которые собирают современные образовательные онлайн-системы. Подход должен быть точным, воспроизводимым, нетребовательным к вычислительным ресурсам, способным идентифицировать кликеров по неполным данным. Выявление ботов и кликеров позволит повысить качество данных [11, 12], что положительно скажется на достоверности результатов исследований.

Среди различных методов выделения кликеров одним из перспективных представляется метод, основанный на анализе аномалий времени реакции пользователя [13-15]. Образовательные цифровые системы, которые хранят данные о сеансе пользователей, генерируют большие объемы данных. Такие системы могут хранить не только время ответов на тесты и какую-либо реакцию на происходящее в интерактивном режиме (нажать кнопку, выбрать мышью элемент, пролистать страницу), но и время, требуемое пользователю на выполнение действия или решение задачи [16, 17]. Таким образом, исходными данными для анализа вовлеченности пользователя может являться время реакции пользователя на каждый элемент интерактивного взаимодействия (веб-интерфейса) от момента предоставления ему на экране информации до выполнения требуемого действия. При длительном интерактивном взаимодействии серия реакций может образовать временной ряд, который можно исследовать методами теории динамических систем. «Реальные», вовлеченные в интерактивный процесс пользователи, хотя и имеют персональные реакции [12, 15], но при длительном взаимодействии в образовательной системе (в течение 2-3 часов) имеют задержки в ответах, вызванные внешними причинами (например: упала ручка, учащийся отвлекся на внешний шум или раздражитель, сходил попить воды и проч.). Единичные, незакономерные задержки времени реакции при интерактивном взаимодействии с цифровой средой не могут быть запрограммированы, они являются частью существования индивидуума в своей среде.

Таким образом, в предложенных обстоятельствах для контроля вовлеченности в интерактивное осмысленное взаимодействие с образовательной платформой нужны вычислительные нересурсоемкие инструменты, которые позволят узнать, является ли пользователь человеком, просто пролистывающим вопросы и экраны, или ботом либо человеком, продумывающим все предлагаемые образовательной средой вопросы и задания.

¹ Das J. W. M., Ester P., Kaczmirek L. Social and Behavioral Research and the Internet: Advances in Applied Methods and Research Strategies. Taylor & Francis, 2010. 504 p.

² Цифровая революция и будущее психологии: к прогнозу развития психологической науки и практики / А. В. Юревич, А. Л. Журавлев, Т. А. Нестик // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: Результаты и перспективы развития / Отв. ред. А. Л. Журавлёв, В. А. Кольцова. М.: Институт психологии РАН, 2017. С. 2091-2100. EDN: ZVECGI



1. Постановка задачи

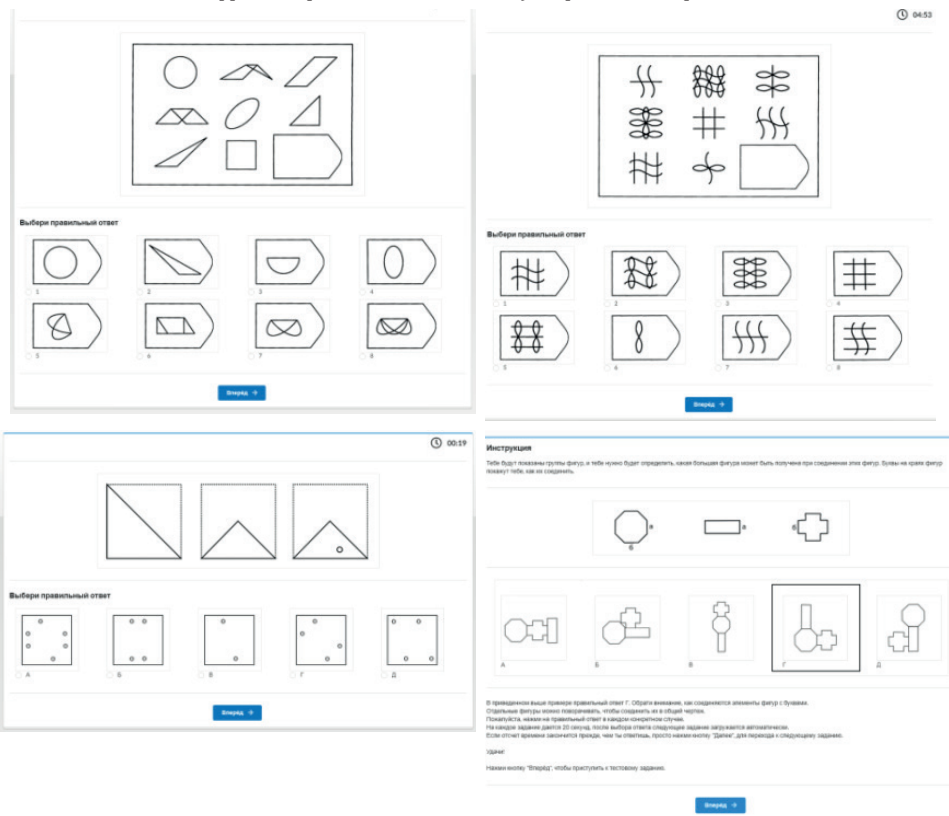
Формально задачу можно сформулировать следующим образом. Пусть имеется ряд, полученный из реакций пользователя при длительном интерактивном взаимодействии с образовательным веб-сервисом. Требуется определить вовлеченных в образовательный процесс пользователей. Контроль будем осуществлять на основе определения двух типов поведения не вовлеченных в интерактивный процесс: 1) кликеров — очень быстрая реакция (например, время намного меньше, чем требуется для прочтения текста, решения задачи и т. д.); 2) ботов — время реакции закономерно, независимо от сложности задачи (возможно, подчинены какому-либо закону распределения случайно величины), в условиях предположения, что временной ряд реакций реальных людей при интерактивном взаимодействии является хаотическими.

Для решения поставленной задачи используется характеристика хаотичности временного ряда значения максимального показателя Ляпунова, что позволило выявить в экспериментальных данных кликеров и ботоподобных пользователей при длительном взаимодействии с цифровой средой.

2. Методы исследования

Исходными данными для экспериментов являлись результаты проведения массового тестирования школьников и студентов с использованием цифровой платформы психологических исследований [16]. Учащимся предлагалось пройти батарею тестов, включающих вопросы, когнитивные тесты и задачи. На рисунке 1 показаны примеры веб-страниц с заданиями пользователю. Платформа использовала веб-интерфейс, который пользователи открывали на любом своем устройстве с выходом в интернет. Сохранялись не только результаты ответы, но и время реакций пользователей, последние и используются в настоящем исследовании.

Количество вопросов на страницу различалось, но было одинаковым для всех пользователей. Время реакции пользователя — это промежуток времени от начала представления экрана веб-опроса до момента, когда пользователь нажал кнопку «Далее». Технически время реакции определялось как разница между последним зарегистрированным временем ответа (в том числе с учетом возврата на страницу для изменения ответа) и временем первого показа.



Р и с. 1. Примеры интерактивного взаимодействия образовательной платформы с использованием веб-интерфейса: вопросы тестов с кнопкой «Далее»; после нажатия фиксируется и сохраняется ответ и время реакции, представляющее собой интервал времени от загрузки страницы в браузер пользователя до нажатия кнопки «Далее»

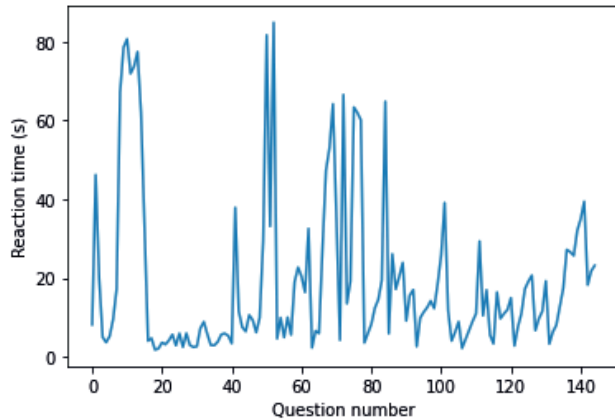
Fig. 1. Examples of interactive interaction of educational platforms using a web interface: test questions with the "Next" button; after clicking, the response and reaction time are recorded and saved, which is the time interval from loading the page into the user's browser until clicking the "Next" button

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all figures were made by the authors.



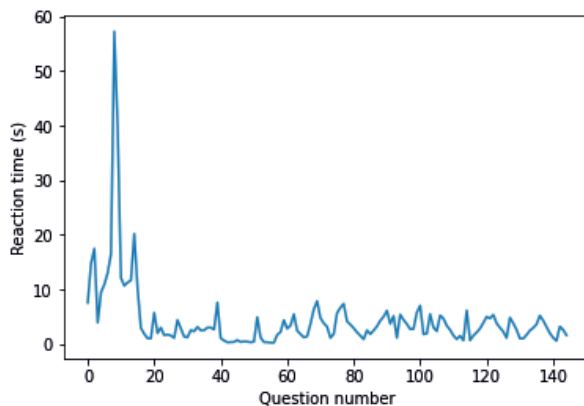
Для каждого пользователя построим временной ряд, представляющий собой время реакций при работе с веб-интерфейсами, пример временного ряда приведен на рисунке 2.



Р и с. 2. Временной ряд типowego реального пользователя, вовлеченного в интерактивное взаимодействие с платформой

Fig. 2. Time series of a typical real user engaged in interactive interaction with the platform

Необходимо выявить пользователей с паттерном поведения кликера, который либо с начала взаимодействия, либо после нескольких вопросов отвечал «не раздумывая». Типовой ряд реакций невовлеченного пользователя приведен на рисунке 3.



Р и с. 3. Временной ряд пользователя, не вовлеченного в интерактивное взаимодействие с платформой, «уставшего» отвечать на вопросы

Fig. 3. Time series of a user who is not involved in interactive interaction with the platform and is "tired" of answering questions

Также необходимо выявить пользователей с паттерном поведения бота, т. е. во времени реакции есть закономерность, иными словами, отсутствуют хаотические явления.

Путем применения различных показателей хаотической динамики выявлено, что для рассматриваемых рядов вычислительно-надежной характеристикой является максимальное значение характеристического показателя Ляпунова (МПЛ)³.

³ Никулчев Е. В. Идентификация динамических систем на основе симметрий реконструированных аттракторов. М.: МГУП, 2010. 98 с. EDN: QJXPER

Использование теории динамических систем и хаоса позволило зафиксировать, а затем распознать лежащую в основе динамику различных видов человеческой деятельности [18-21]. Гипотеза состоит в том, что для вовлеченных пользователей имеет место хаотическое поведение (расходящиеся фазовые траектории), следовательно, их значение λ будет неотрицательным, в то время как реакции кликеров и ботов людей будут характеризоваться сжимающимися фазовыми траекториями, их значение λ будет отрицательным.

Пусть полученный временной ряд реакций пользователя $U = (T(q_1), \dots, T(q_i), \dots, T(q_n))$, где T — время реакции (с), q — вопрос, i — номер вопроса $[1, \dots, n]$ сформирован динамической системой с хаотической динамикой [22]. Тогда для временного ряда при условии, что $n \gg 2$, может быть вычислена

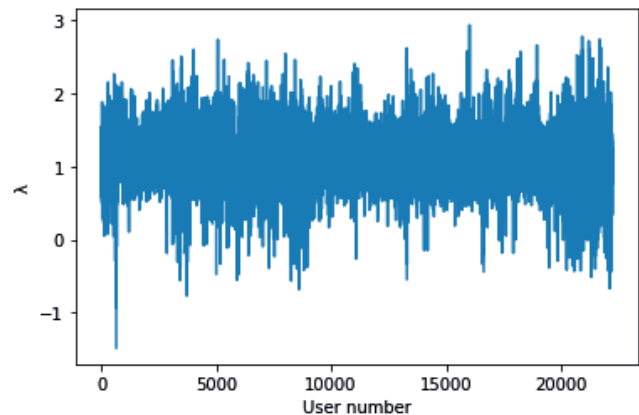
$$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln |U'(q_i)|.$$

Здесь $U'(q_i) = T(q_i) - T(q_{i-1})$.

3. Экспериментальные результаты

Для экспериментального исследования I рассматривалась выборка из 22 236 записей веб-тестов студентов.

Установлено, что из 22 236 записей неотрицательный показатель λ имеют 21 663 записи. На рисунке 4 представлены значения λ по всей выборке. Отрицательный показатель λ имеют 573 записи.



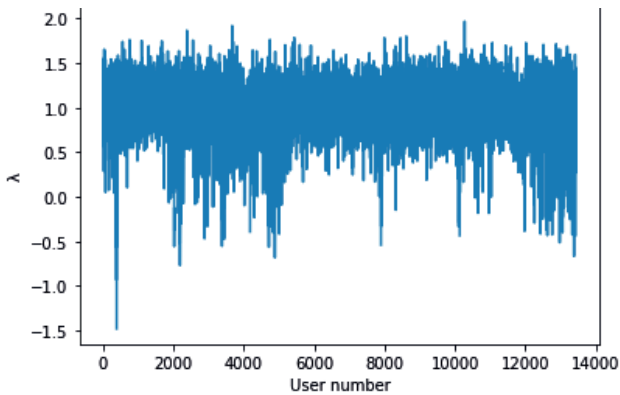
Р и с. 4. Значения λ по выборке из 22 236 записей для эксперимента I

Fig. 4. Values λ based on a sample of 22 236 records for Experiment I

Таким образом, доля отрицательных по показателю λ строчек (доля кликеров) составляет 2,48 %.

При сокращении исходной выборки (удалены данные пользователей, содержащие значения, выходящие за границы 3σ) до 13 444 записей проведены расчеты МПЛ. На рисунке 5 представлены значения λ по модифицированной выборке.

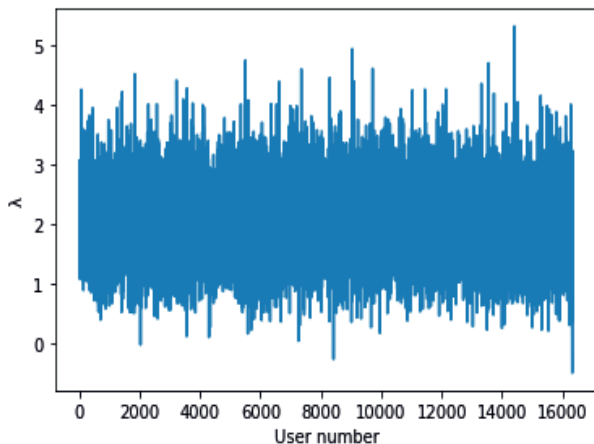




Р и с. 5. Значения λ по выборке из 13 444 записей для эксперимента I
F i g. 5. Values λ based on a sample of 13 444 records for Experiment I

Неотрицательный показатель λ имели 13 083 записи. Отрицательный показатель λ имела 361 запись. Доля отрицательных по Ляпунову строчек составила 2,68 %. Таким образом, фильтрация данных существенно сократила выборку, но не изменила пропорцию кликеров в общем объеме выборки.

Для экспериментального исследования II использовалась выборка из 16 350 записей пользовательских реакций, рассмотренных в статье [23]. На рисунке 6 приведены значения λ по выборке.



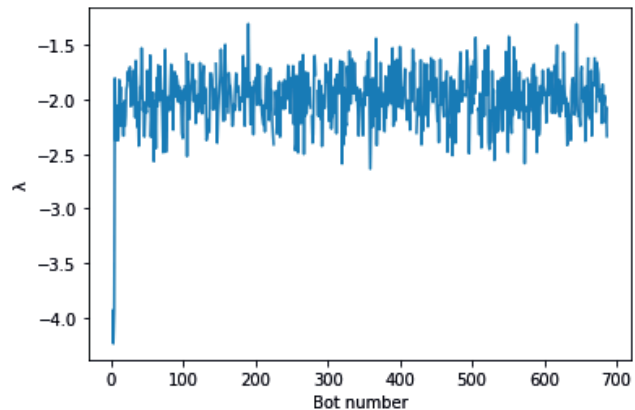
Р и с. 6. Значения λ по выборке из статьи экспериментального исследования II

F i g. 6. Values λ based on a sample from the experimental study article II

В этом эксперименте только 27 записей из 16 350 оказались выполненными невовлеченными пользователями-кликерами. Это согласуется с организационным сопровождением

проведения данного исследования, которое осуществлялось администрациями учебных заведений.

Для заполнения веб-опроса в экспериментальном исследовании II был разработан скрипт-бот, автоматически отвечающий на заданные вопросы. Применили вычисление λ к выборке данных из 688 записей, сгенерированных этим ботом (рис. 7). Для всех записей значения показателя λ были отрицательными, что подтверждает гипотезу.



Р и с. 7. Значения λ по выборке из 688 сгенерированных ботом реакций
F i g. 7. Values λ based on a sample of 688 bot-generated reactions

Таким образом, проведение экспериментов подтвердило гипотезу о выявлении не включенных в интерактивный процесс пользователей на основе неотрицательности МПЛ как характеристики хаотической динамики.

Заключение

В статье рассмотрена задача контроля вовлеченности в интерактивное взаимодействие пользователя образовательных веб-сервисов [24, 25]. Для реализации контроля предложено использовать реакции пользователей, представляющие собой зафиксированные диапазоны времени между представлением экранной формы и реакцией пользователя в веб-интерфейсе. Выделено два типа паттернов невовлеченного интерактивного поведения учащихся — ботов и кликеров. В качестве вычислительной характеристики, выделяющей два указанных типа, предложено использовать характеристики хаотической динамики. Для больших данных проведены вычислительные эксперименты, показывающие возможность выявления ботов и кликеров в общем объеме пользователей. Предложенные решения позволяют совершенствовать систему текущего контроля за вовлеченностью в образовательный процесс в цифровых средах, а также удалять недостоверные данные в веб-опросах и психологических исследованиях.



Список использованных источников

- [1] Hays R. D., Liu H., Kapteyn A. Use of Internet panels to conduct surveys // Behavior research methods. 2015. Vol. 47, issue 3. P. 685-690. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0617-9>
- [2] Greenhow C., Graham C. R., Koehler M. J. Foundations of online learning: Challenges and opportunities // Educational Psychologist. 2022. Vol. 47, issue 3. P. 131-147. <https://doi.org/10.1080/00461520.2022.2090364>
- [3] Blackburn A. M., Vestergren S. COVIDiSTRESS diverse dataset on psychological and behavioural outcomes one year into the COVID-19 pandemic // Scientific data. 2022. Vol. 9. P. 1-25. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01383-6>
- [4] Keusch F. Why do people participate in Web surveys? Applying survey participation theory to Internet survey data collection // Management review quarterly. 2015. Vol. 65. P. 183-216. <https://doi.org/10.1007/s11301-014-0111-y>
- [5] Exploring Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence and Machine Learning in Higher Education Institutions / V. Kuleto [et al.] // Sustainability. 2021. Vol. 13, issue 18. Article number: 10424. <https://doi.org/10.3390/su131810424>
- [6] Разработка открытой цифровой платформы масштабных психологических исследований / Е. В. Никульчев [и др.] // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 105-119. <https://doi.org/10.22204/2410-4639-2019-104-04-105-119>
- [7] Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda / P. C. Verhoef [et al.] // Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- [8] Mathôt S., Schreij D., Theeuwes J. OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences // Behavior research methods. 2012. Vol. 44. P. 314-324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- [9] Real-time big data processing for anomaly detection: A survey / R. A. A. Habeeb [et al.] // International Journal of Information Management. 2019. Vol. 45. P. 289-307. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.08.006>
- [10] Chetverikov A., Upravitelev P. Online versus offline: The Web as a medium for response time data collection // Behavior research methods. 2016. Vol. 48. P. 1086-1099. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0632-x>
- [11] Addressing participant validity in a small internet health survey (The Restore Study): protocol and recommendations for survey response validation / J. Dewitt [et al.] // JMIR research protocols. 2018. Vol. 7, no. 4. Article number: e7655. <https://doi.org/10.2196/resprot.7655>
- [12] Магомедов Ш. Г., Колясников, П. В., Никульчев Е. В. Разработка технологии контроля доступа к цифровым порталам и платформам на основе встроенных в интерфейс оценок времени реакций пользователей // Российский технологический журнал. 2020. № 6(38). С. 34-46. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-6-34-46>
- [13] Kim J., Gabriel U., Gyax P. Testing the effectiveness of the Internet-based instrument PsyToolkit: A comparison between web-based (PsyToolkit) and lab-based (E-Prime 3.0) measurements of response choice and response time in a complex psycholinguistic task // PLoS ONE. 2019. Vol. 14, no. 9. Article number: e0221802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221802>
- [14] Users' Reaction Time for Improvement of Security and Access Control in Web Services / S. Magomedov [et al.] // Applied Sciences. 2021. Vol. 11, issue 6. Article number: 2561. <https://doi.org/10.3390/app11062561>
- [15] Dataset of user reactions when filling out web questionnaires / S. Magomedov [et al.] // Data. 2020. Vol. 5, issue 4. Article number: 108. <https://doi.org/10.3390/data5040108>
- [16] Digital Psychological Platform for Mass Web-Surveys / E. Nikulchev [et al.] // Data. 2020. Vol. 5, issue 4. Article number: 95. <https://doi.org/10.3390/data5040095>
- [17] Anrijs S., Ponnet K., De Marez L. Development and psychometric properties of the Digital Difficulties Scale (DDS): An instrument to measure who is disadvantaged to fulfill basic needs by experiencing difficulties in using a smartphone or computer // PLoS ONE. 2020. Vol. 15, issue 5. Article number: e0233891. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233891>
- [18] van Geert P. L. C. Dynamic Systems, Process and Development // Human Development. 2020. Vol. 63, issue 3-4. P. 153-179. <https://doi.org/10.1159/000503825>
- [19] A light weight smartphone based human activity recognition system with high accuracy / M. O. Gani [et al.] // Journal of Network and Computer Applications. 2019. Vol. 141. P. 59-72. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.05.001>
- [20] Ramchandra S. K., Sanjay S. P., Dashrath W. N. Insider Interruption Identification and Protection by using Forensic Technique // International Research Journal of Engineering and Technology. 2019. Vol. 6, issue 3. P. 700-704. URL: <https://www.irjet.net/archives/V6/i3/IRJET-V6I3129.pdf> (дата обращения: 12.01.2023).
- [21] Nikulchev E. Robust chaos generation on the basis of symmetry violations in attractors // 2014 2nd International Conference on Emission Electronics (ICEE). St. Petersburg, Russia : IEEE Computer Society, 2014. P. 1-3. <https://doi.org/10.1109/Emission.2014.6893972>
- [22] Земцова Н. И., Северцев Н. А. Математические методы выбора и оценки показателей безопасности динамических систем в процессе их работы в окружающей среде // Вопросы теории безопасности и устойчивости систем. 2019. № 21. С. 135-155. EDN: BYXIF
- [23] Evaluation of User Reactions and Verification of the Authenticity of the User's Identity during a Long Web Survey / E. Nikulchev [et al.] // Apply Science. 2021. Vol. 11, issue 22. Article number: 11034. <https://doi.org/10.3390/app112211034>
- [24] Ong S. G. T., Quek G. C. L. Enhancing teacher-student interactions and student online engagement in an online learning environment // Learning Environments Research. 2023. Vol. 26. P. 681-707. <https://doi.org/10.1007/s10984-022-09447-5>



- [25] Tuma F. The use of educational technology for interactive teaching in lectures // *Annals of Medicine and Surgery*. 2021. Vol. 62. P. 231-235. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.01.051>

Поступила 12.01.2023; одобрена после рецензирования 12.03.2023; принята к публикации 16.04.2023.

Об авторах:

Никульчев Евгений Витальевич, профессор кафедры цифровых технологий обработки данных, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Российская Федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78), доктор технических наук, профессор, профессор РАО, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1254-9132>**, nikulchev@mail.ru

Гусев Александр Алексеевич, старший научный сотрудник НОЦ перспективных технологий и наноматериалов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», (350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2437-8537>**, alexandrgsv@gmail.com

Газанова Нурзия Шапиевна, старший преподаватель кафедры интеллектуальных систем информационной безопасности, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Российская Федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7512-1008>**, gazanova@mirea.ru

Магомедов Шамиль Гасангусейнович, заведующий кафедрой интеллектуальных систем информационной безопасности, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Российская Федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78), кандидат технических наук, доцент, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8560-1937>**, magomedov_sh@mirea.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Hays R.D., Liu H., Kapteyn A. Use of Internet panels to conduct surveys. *Behavior research methods*. 2015;47(3):685-690. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0617-9>
- [2] Greenhow C., Graham C.R., Koehler M.J. Foundations of online learning: Challenges and opportunities. *Educational Psychologist*. 2022;47(3):131-147. <https://doi.org/10.1080/00461520.2022.2090364>
- [3] Blackburn A.M., Vestergren S. COVIDiSTRESS diverse dataset on psychological and behavioural outcomes one year into the COVID-19 pandemic. *Scientific data*. 2022;9:1-25. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01383-6>
- [4] Keusch F. Why do people participate in Web surveys? Applying survey participation theory to Internet survey data collection. *Management review quarterly*. 2015;65:183-216. <https://doi.org/10.1007/s11301-014-0111-y>
- [5] Kuleto V., Ilić M., Dumangiu M., Ranković M., Martins O.M.D., Păun D., Mihoreanu L. Exploring Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence and Machine Learning in Higher Education Institutions. *Sustainability*. 2021;13(18):10424. <https://doi.org/10.3390/su131810424>
- [6] Nikulchev E.V., Ilin D.Yu., Kolyasnikov P.V., Ismatullina V.I., Zakharov I.M., Malykh S.B. *Razrabotka otkrytoj cifrovoj platformy masshtabnyh psihologicheskikh issledovaniy* [Development of the Open Digital Platform for Conducting the Large-Scale Psychological Research]. *Vestnik Rossijskogo fonda fundamental'nyh issledovaniy = Russian Foundation for Basic Research Journal*. 2019;(4):105-119. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.22204/2410-4639-2019-104-04-105-119>
- [7] Verhoef P.C. et al. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*. 2021;122:889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- [8] Mathôt S., Schreij D., Theeuwes J. OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior research methods*. 2012;44:314-324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- [9] Habeeb R.A.A., Nasaruddin F., Gani A., Hashem I.A.T., Ahmed E., Imran M. Real-time big data processing for anomaly detection: A survey. *International Journal of Information Management*. 2019;45:289-307. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.08.006>
- [10] Chetverikov A., Upravitelev P. Online versus offline: The Web as a medium for response time data collection. *Behavior research methods*. 2016;48:1086-1099. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0632-x>
- [11] Dewitt J., Capistrant B., Kohli N., Rosser B. S., Mitteldorf D., Merengwa E., West W. Addressing participant validity in a small internet health survey (The Restore Study): protocol and recommendations for survey response validation. *JMIR research protocols*. 2018;7(4):e7655. <https://doi.org/10.2196/resprot.7655>
- [12] Magomedov Sh.G., Kolyasnikov P.V., Nikulchev E.V. *Razrabotka tekhnologii kontrolya dostupa k cifrovym portalam i platformam na osnove vstroennyh v interfejs ocenok vremeni reakcij pol'zovatelej* [Development of technology for controlling access to digital portals and platforms based on estimates of user reaction time built into the interface]. *Rossiiskij tekhnologicheskij zhurnal = Russian Technological Journal*. 2020;(6):34-46. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-6-34-46>
- [13] Kim J., Gabriel U., Gyax P. Testing the effectiveness of the Internet-based instrument PsyToolkit: A comparison between web-based (PsyToolkit) and lab-based (E-Prime 3.0) measurements of response choice and response time in a complex psycholinguistic task. *PLoS ONE*. 2019;14(9):e0221802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221802>
- [14] Magomedov S., Gusev A., Ilin D., Nikulchev E. Users' Reaction Time for Improvement of Security and Access Control in Web Services. *Applied Sciences*. 2021;11(6):2561. <https://doi.org/10.3390/app11062561>



- [15] Magomedov S., Ilin D., Silaeva A., Nikulchev E. Dataset of user reactions when filling out web questionnaires. *Data*. 2020;5(4):108. <https://doi.org/10.3390/data5040108>
- [16] Nikulchev E., Ilin D., Silaeva A., Kolyasnikov P., Belov V., Runtov A., Pushkin P., Laptev N., Alexeenko A., Magomedov Sh., Kosenkov A., Zakharov I., Ismatullina, Malykh S. Digital Psychological Platform for Mass Web-Surveys. *Data*. 2020;5(4):95. <https://doi.org/10.3390/data5040095>
- [17] Anrijs S., Ponnet K., De Marez L. Development and psychometric properties of the Digital Difficulties Scale (DDS): An instrument to measure who is disadvantaged to fulfill basic needs by experiencing difficulties in using a smartphone or computer. *PLoS ONE*. 2020;15(5):e0233891. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233891>
- [18] van Geert P.L.C. Dynamic Systems, Process and Development. *Human Development*. 2020;63(3-4):153-179. <https://doi.org/10.1159/000503825>
- [19] Gani M.O., Fayezeen T., Povinelli R.J., Smith R.O., Arif M., Kattan A.J., Ahamed S.I. A light weight smartphone based human activity recognition system with high accuracy. *Journal of Network and Computer Applications*. 2019;141:59-72. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.05.001>
- [20] Ramchandra S.K., Sanjay S.P., Dashrath W.N. Insider Interruption Identification and Protection by using Forensic Technique. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2019;6(3):700-704. Available at: <https://www.irjet.net/archives/V6/i3/IRJET-V6i3129.pdf> (accessed 12.01.2023).
- [21] Nikulchev E. Robust chaos generation on the basis of symmetry violations in attractors. In: 2014 2nd International Conference on Emission Electronics (ICEE). St. Petersburg, Russia: IEEE Computer Society; 2014. p. 1-3. <https://doi.org/10.1109/Emission.2014.6893972>
- [22] Zemtsova N.I., Severtsev N.A. *Matematicheskie metody vybora i ocenki pokazatelej bezopasnosti dinamicheskikh sistem v processe ih raboty v okruzhayushchej srede* [Mathematical methods for selecting and evaluating safety indicators of dynamic systems in the process of their operation in the environment]. *Voprosy teorii bez-opasnosti i ustojchivosti sistem* = Questions of the theory of safety and stability of systems. 2019;(21):135-155. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: BYXIIF
- [23] Nikulchev E., Gusev A., Ilin D., Gazanova N., Malykh S. Evaluation of User Reactions and Verification of the Authenticity of the User's Identity during a Long Web Survey. *Apply Science*. 2021;11(22):11034. <https://doi.org/10.3390/app112211034>
- [24] Ong S.G.T., Quek G.C.L. Enhancing teacher-student interactions and student online engagement in an online learning environment. *Learning Environments Research*. 2023;26:681-707. <https://doi.org/10.1007/s10984-022-09447-5>
- [25] Tuma F. The use of educational technology for interactive teaching in lectures. *Annals of Medicine and Surgery*. 2021;62:231-235. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.01.051>

Submitted 12.01.2023; approved after reviewing 12.03.2023; accepted for publication 16.04.2023.

About the authors:

Evgeny V. Nikulchev, Professor of the Department of Digital Data Processing Technologies, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Ave., Moscow 119454, Russian Federation), Dr. Sci. (Tech.), Professor, Processor of Russian Academy of Education, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1254-9132>**, nikulchev@mail.ru

Alexander A. Gusev, Senior Researcher of the Scientific and Educational Center “Advanced Technologies and Nanomaterials”, Kuban State Technological University (2 Moskovskaya St., Krasnodar 350072, Russian Federation), Cand. Sci. (Tech.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2437-8537>**, alexandrgsv@gmail.com

Nurzia S. Gazanova, Senior Lecturer of the Intelligent Cyber-Security System Department, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Ave., Moscow 119454, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7512-1008>**, gazanova@mirea.ru

Shamil G. Magomedov, Head of the Department of the Intelligent Cyber-Security System Department, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Ave., Moscow 119454, Russian Federation), Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8560-1937>**, magomedov_sh@mirea.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

