

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ЦИФРОВОГО СЛЕДА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ОБУЧЕНИИ

Р. Р. Алимбеков<sup>1</sup>, [0000-0002-9306-8463], А. Ф. Хасьянов<sup>2</sup>, [0000-0002-1819-593X]

<sup>1, 2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская,  
д. 35, г. Казань, 420008

<sup>1</sup>arr1998@gmail.com, <sup>2</sup>ak@it.kfu.ru

### **Аннотация**

Горизонтальное обучение — это современная модель, альтернативная традиционному вертикальному обучению и основанная на сотрудничестве, взаимодействии между студентами в рамках образовательного процесса. При этом для промежуточной аттестации по дисциплине преподавателю необходимо оценить вклад каждого студента в решение групповой задачи.

На сегодняшний день пользователями мобильных приложений в разных областях оставляется огромное количество цифровых следов. Основными типами оставляемого цифрового следа являются текст, фотографии, видеозаписи, аудиозаписи, а также текущее местоположение.

Для содействия преподавателю при горизонтальном обучении нами разработано мобильное приложение, собирающее все вышеперечисленные виды цифрового следа, а также веб-приложение, анализирующее его.

**Ключевые слова:** *сотовая связь, мобильное приложение, цифровой след, сбор цифрового следа, учет, анализ.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время существуют разные методы сбора цифрового следа, среди которых можно выделить три основных: платформенный метод, метод очной фиксации и метод анализа общего результата. Все эти методы напрямую связаны с платформой-агрегатором, которая хранит собранный цифровой след, и различаются лишь в том, какой след и каким образом туда попадет [8].

Одним из основных методов сбора цифрового следа является платформенный метод. В этом случае платформа-агрегатор, например, образовательная онлайн-платформа или тестирующая система, имеющая свою собственную систему оценки и фиксации цифрового следа, самостоятельно регистрирует деятельность пользователя системы. Единоразово создав такую платформу, больше нет необходимости прибегать к ручному сбору цифрового следа, однако платформа не всегда находится в быстром доступе, и таким образом часть цифрового следа может пропасть [7].

Другой метод сбора цифрового следа – метод очной фиксации. Он предполагает, что если два человека взаимодействуют друг с другом, то в платформу информацию об этом может занести вручную третий участник - наблюдатель со стороны. При этом в контексте этого метода наблюдатель должен иметь объективный взгляд на результат взаимодействия студентов и указать только такой цифровой след, который отражает этот результат. Метод малоприменим в образовательных целях, так как наблюдатель выполняет функции преподавателя, который не может в постоянном режиме вести наблюдение за студентами [6].

Третий метод сбора – метод анализа общего результата. Он применим в ситуациях, когда команда выполняет какой-то общий проект, и информацию о деятельности одного из членов команды заносит в платформу другой член команды. В этом случае полученная информация необъективна, но единой системы оценки здесь не может быть. В этом случае оценивать полученный цифровой след следует по анализу итога, полученного командой в результате выполнения проекта [10].

Все три метода анализа цифрового следа применяются в различных ситуациях, в том числе при повышении качества образовательного процесса.

В случае, когда занятие проходит в аудитории, применим метод очной фиксации. Преподаватель, наблюдая за работой студентов или небольших студенческих групп, может оценивать вклад каждого студента в общий проект. В случае взаимодействия в команде среднего количества студентов (от 3 до 5 человек) применим метод анализа результата. Однако при существенном увеличении числа студентов и нагрузки на одного преподавателя, результат этого метода может быть нерелевантным, так как проверить ответ студента о своем

товарище по команде не представляется возможным. Помимо этого, оба эти методы неприменимы в случае, если работа над задачей идет за пределами аудитории в учебном заведении.

На сегодняшний день большинство молодых людей пользуется мобильными телефонами каждый день и в том числе постоянно – самыми разными мобильными приложениями.

Л. Севегианно Гарсиа и Эстебана Васкес-Кано на основании результатов исследования, проведенного в одном из испанских университетов, получили вывод о пользе использования мобильных телефонов в процессе обучения, так как они способствуют получению более легкого доступа к информации и стимулируют соревнование между студентами по зарабатыванию как можно большего количества баллов в конце семестра [11].

Одной из проблем интеграции цифрового следа в горизонтальное обучение является отсутствие мотивации у студента делиться информацией о горизонтальном обучении, так как помимо обычного образовательного процесса, который аналогичен процессу вертикального обучения, студенту будет необходимо делиться информацией о своем обучении через какой-нибудь сервис, например, сайт или мобильное приложение. Одним из решений этой проблемы является геймификация [16].

Основным преимуществом использования цифрового следа в образовательном процессе является возможность связать цифровой след с человеком, оставившим его. Для отслеживания прогресса у студентов можно использовать цифровой отпечаток, который студент, мотивированный геймификацией, добровольно оставляет в информационной системе и на основании которого у преподавателя появляется возможность в поощрении студента, тем самым повышая мотивацию к распространению информации о горизонтальном обучении.

Таким образом, разработанное приложение для мобильных телефонов с использованием платформенного метода дает пользователю удобную возможность оставить цифровой след, а преподавателям – наиболее эффективно собирать и анализировать полученные данные.

## **АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

С целью разработки мобильного приложения нами проведен анализ распределения мобильных операционных систем и мобильных устройств в настоящее время. В мире существует несколько разных мобильных операционных систем: iOS, Android, Tizen, Аврора, Harmony OS.

1) iOS — мобильная операционная система для смартфонов, электронных планшетов, носимых проигрывателей, разрабатываемая и выпускаемая американской компанией Apple [18].

2) Android — операционная система для смартфонов, планшетов, электронных книг, цифровых проигрывателей, наручных часов, фитнес-браслетов, игровых приставок, ноутбуков, нетбуков, смартбуков, очков Google Glass, телевизоров, проекторов и других устройств (в 2015 году появилась поддержка автомобильных развлекательных систем и бытовых роботов) [19].

3) Tizen — открытая операционная система на базе ядра Linux, поддерживает аппаратные платформы на процессорах архитектур ARM и x86 [20].

4) Аврора — российская мобильная операционная система, включающая проекты с открытым исходным кодом и компоненты с закрытым исходным кодом, создана для построения доверенной мобильной инфраструктуры, защиты чувствительной информации в государственных организациях/учреждениях и крупных и средних коммерческих компаниях. Востребована компаниями, которые ориентируются на импортозамещение и снижение операционных рисков. Единственная мобильная ОС, включенная в Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД [21].

5) Harmony OS — операционная система на базе Android, разрабатываемая компанией Huawei с 2012 года. Она разработана для интеллектуальных устройств, таких как умные часы, смарт-ТВ смартфоны, и используется в качестве мобильной операционной системы [22].

Несмотря на существенное разнообразие, в настоящее время самым активным образом развиваются лишь две мобильные операционные системы — Android и iOS. Согласно статистике, менее 1% устройств, которыми владеют пользователи, являются платформами для операционных систем, отличных от Android и iOS [11]. При этом количество пользователей, владеющих мобильным телефоном под управлением операционной системы Android, превышает

количество пользователей, владеющих мобильным телефоном под управлением операционной системы iOS более чем в 2 раза, как показано на рисунке 1. Также любое приложение, разработанное для Android, будет работать на Harmony OS, Авроре и Tizen [9].

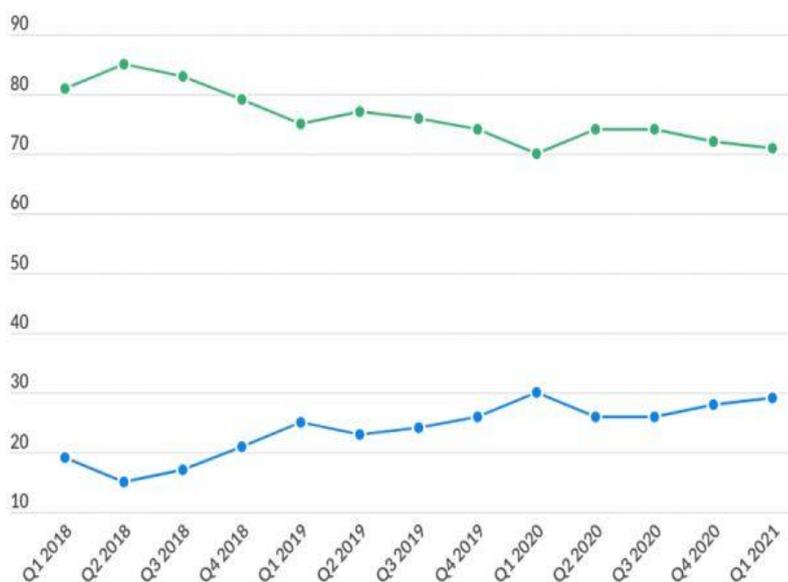


Рис. 1. Количество устройств Android и iOS

Таким образом, для разработки мобильного приложения по сбору цифрового следа в целях повышения качества горизонтального обучения была выбрана операционная система Android.

### **АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ СБОРА ЦИФРОВОГО СЛЕДА**

Следующим шагом разработки мобильного приложения стало рассмотрение механизмов сбора цифрового следа. Как уже было описано ранее, для реализации проекта был выбран единственно подходящий в данной ситуации платформенный метод. Учитывая специфику операционной системы Android, а также тот факт, что мобильный телефон чаще всего находится рядом со своим владельцем, в качестве активного цифрового следа будут рассмотрены заметки, фотографии, видеозаписи, и в качестве пассивного – геолокация. Также для имплементации элементов геймификации в приложении реализованы цифровые метки, выступающие в качестве наград за более частое количество предоставленного разнообразного цифрового следа. Для реализации возможности сбора активного цифрового следа использованы виджеты ввода

текста для ввода текста, а также встроенная в смартфон камера для съемки фотографий и видеозаписей. Сбор пассивного цифрового следа в свою очередь подразделяется на две подзадачи: определение местоположения с точностью до здания и определение местоположения внутри здания. Чтобы определить свое местоположение с точностью до здания, телефону необходимо использовать датчик GPS. В качестве сервиса, который будет предоставлять информацию о геолокации, был выбран сервис Google-карты, так как он позволяет отслеживать местоположение телефона, когда приложение находится в фоне, с помощью удобного API. Так как определение местоположения с помощью GPS внутри здания затруднено, вместо этого предлагается использовать QR-коды, RUKA-маркеры, NFC-метки или другие маячки разного рода, позволяющие определить местоположение с помощью телефона внутри здания. Примером такого определения может служить работа [17], где продемонстрировано эффективное отслеживание контактов внутри помещения с помощью QR-кодов.

Цифровые метки будут добавлены для повышения стимула студентов делиться цифровым следом, чтобы преодолеть проблему, показанную в исследовании о цифровых метках, связанную с низкой мотивацией студентов делиться цифровым следом [12].

Этическую сторону сбора цифрового следа характеризует исследование, проведенное группой ученых по получению географических данных пользователя [12]. В этой работе показано, что сбор цифрового следа о перемещении человека помогает лучше понять его цифровой профиль, который потом может быть использован для различного рода персонализаций деятельности, в которой он принимает участие. В то же время этот сбор является угрозой безопасности, так как дополнительная информация о передвижениях человека может стать целью кибератак или быть использована в криминальных целях.

Примером пользы цифрового следа в образовании может служить работа Боккони и Трентина, в которой они рассматривают смешанные способы сбора цифрового следа для высшего образования с помощью мобильных и сетевых технологий. Остается неизученным вопрос, может ли преподаватель корректировать и направлять группу студентов на основе собранного ими цифрового следа [1, 15].

Операционная система Android позволяет использовать встроенную в телефон камеру для фотографирования и видеосъемки, встроенный микрофон – для записи аудио, а также датчик GPS – для отслеживания текущей геолокации.

Несмотря на то, что Android является открытой операционной системой, она, тем не менее, дает возможность сохранять файлы в папку приложения. В случае такого сохранения файлы, созданные этим приложением, не будут видны в общем списке файлов и не доступны другим программам для чтения и редактирования.

Таким образом, для сохранения файлов использована вышеупомянутая возможность. Для сохранения геолокации использована база данных Room, интегрируемая в Android.

Благодаря этой технологии можно упростить разработку приложения, а также улучшить пользовательский опыт при использовании приложения.

С использованием вышеперечисленных инструментов разработки нами создано мобильное приложение для Android, позволяющее авторизованному пользователю оставлять цифровой след.

Для реализации системы, помогающей оценить успехи обучающегося на основании полученного цифрового следа, главной задачей является проведение анализа собранного цифрового следа [4, 6]. При этом, после анализа цифрового следа, должен быть сформирован отчет по каждому студенту, на основании которого можно делать вывод о его личных образовательных успехах, а также о том, кто наиболее из его одноклассников наиболее сильно повлиял на улучшение его успеваемости.

Важными видами собираемого цифрового следа являются аудиозаписи и видеозаписи, так как они позволяют фиксировать речь студентов, а также являются видами цифрового следа [5]

Для реализации такой системы был составлен следующий алгоритм анализа сбора цифрового следа:

- извлечение текста из аудио и видео записей;
- грамматический разбор и анализ ошибок, а также анализ тональности текстов;

- выявление инфлюенсеров - студентов, частота взаимодействия с которыми наиболее сильно сказывается на медиане тональности или числе грамматических ошибок.

На основании полученного результата формируется отчет, показывающий информацию об успехах обучающихся, Отчет показывает количество грамматических ошибок и распределение тональности текста для одного обучающегося, группы обучающихся и всех обучающихся. Также в нем указаны инфлюенсеры – студенты, частота взаимодействия с которыми наиболее сильно сказывается на медиане тональности или числе грамматических ошибок

Чтобы извлечь текст из аудиозаписи, была применена предобученная модель машинного обучения для распознавания текста с использованием набора Google Cloud Speech.

Google Cloud Speech – набор инструментов, позволяющий разработчикам преобразовывать звук в текст, применяя модели нейронных сетей.

Примененная модель распознавания текста из речи работает для всех аудиофайлов в формате «.wav», имеющих один канал и частоту дискретизации 16000 Гц. Так как микрофон мобильных телефонов позволяет записывать текст при таких параметрах, то для распознавания аудиозаписи не требуется никакой предобработки.

Чтобы распознать речь из видеозаписи, вместо поиска другой модели распознавания был реализован механизм конвертации видеозаписи в аудиозапись. Подавляющее большинство смартфонов записывает по умолчанию двухканальное видео в формате mp4 и не поддерживает запись в моно-режиме из коробки, так что для извлечения из видеозаписи аудиодорожки в «.wav» формате ее также необходимо предварительно обработать, сделав моноканальной, а также уменьшив частоту дискретизации, которая по умолчанию составляет 44100 Гц, чтобы модель могла извлечь текст из полученной аудиозаписи.

Следующим шагом проведения анализа являются грамматический разбор и анализ тональностей. Для выполнения этих процедур были использованы предобученные модели машинного обучения «transformers» и «language\_tool».

Transformers – модель, позволяющая классифицировать текст по его тональности как нейтральный, позитивный или негативный [16].

Language Tool – модель, позволяющая провести грамматический разбор текста, вычленив допущенные ошибки и классифицировав виды этих ошибок [16].

С помощью моделей transformers и language\_tool распознанный ранее текст был проанализирован на грамматические ошибки и тональность, таким образом выявив эти параметры для соответствующего пользователя.

Также строится график распределения тональности.

Последним шагом при проведении анализа является выявление инфлюенсеров. Для каждого пользователя с помощью ранее отсканированного QR-кода и выявленного с помощью GPS местоположения был определен список всех, с кем пользователь очно взаимодействовал. На основании этих списков в системе формируется список наиболее значимых других пользователей. Для формирования такого списка вычисляется среднее количество взаимодействий всех пользователей. После этого вычисляются среднее количество ошибок, допущенных пользователем за время обучения, а также медиана распределения тональности его речи. После этого пользователь становится инфлюенсером, если для большинства других пользователей выполняется следующее условие: если количество взаимодействий с пользователем больше(меньше) среднего количества взаимодействий среди всех обучающихся, а количество ошибок и медиана распределения тональности ниже(выше) чем средняя для пользователя, то такой пользователь является инфлюенсером. После выявления списка инфлюенсеров среди всех обучающихся они заносятся в отчет, который затем отображается по каждому пользователю в администраторской панели разрабатываемой системы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании изучения различных параметров технологий и методов, которые могут быть использованы для получения цифрового следа, был разработан и протестирован следующий прототип системы (Рис. 2):

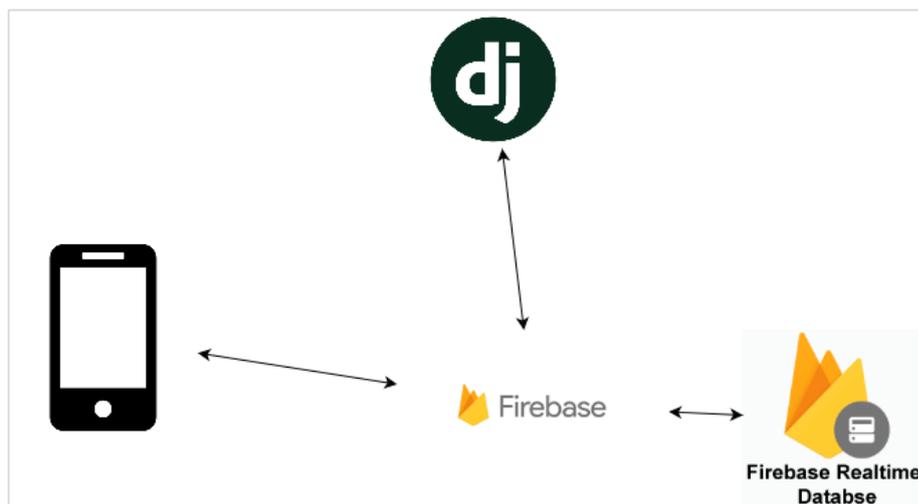


Рис. 2. Общая схема прототипа системы

Этапы работы системы:

1. С помощью сервиса Firebase пользователь авторизуется в мобильном приложении.
2. Мобильное приложение фиксирует цифровой след и отправляет в его Firebase, где он фиксируется и записывается в базу данных Realtime Database.
3. Администраторская панель, в качестве которой выступает Django, соединяется с firebase и получает данные о списке пользователей, которые авторизовались в приложении.
4. На основании полученного цифрового следа сервер вычисляет для каждого студента параметры: активность, основанная на количестве цифровых следов, посещаемость, основанная на определенном местоположении (GPS и QR-коды) в определенный промежуток времени и частые заметки, основанные на самых часто встречающихся словах в заметках, перечень грамматических ошибок в порядке убывания на основе аудио- и видеозаписей, медианную тональность и то, является ли пользователь инфлюенсером.

5. На основе полученных параметров сервер генерирует отчет (Рис. 3) по каждому студенту, понятный пользователю.

Количество взаимодействий с одним пользователем : 2

Количество взаимодействий с более чем одним пользователем : 4

Отзывы о пользователе : Хороший человек

Просчитать с .... :

- Чингиз Фатихов
- Robert Alimbekov
- Dmitry Woronow
- 123456

Просчитать

Результат:

**Всего взаимодействий:** 4

**В среднем взаимодействий:** 4

**Инфлюенсер:** Инфлюенсеры не выявлены

**Топ ошибок:** Морфологическая ошибка в русском языке: 2 Морфологическая ошибка в английском языке: 1

**Распределение тональности:**

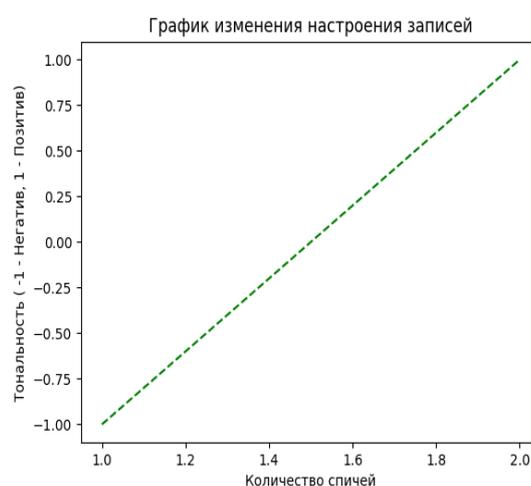


Рис. 3. Результат работы системы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанное мобильное приложение позволяет пользователю оставлять цифровой след при обучении русскому или английскому языкам. Разработанное веб-приложение позволяет анализировать собранный мобильным приложением цифровой след и формировать отчет, содержащий ключевые параметры для оценки преподавателем результатов обучения. Разработанные приложения могут быть использованы в образовательных учреждениях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bruffee K.A.* Collaborative learning: Higher education, interdependence, and the authority of knowledge. Johns Hopkins University Press, 2715 North Charles Street, Baltimore, MD 21218-4363, 1999.  
URL: <https://eric.ed.gov/?id=ed430508>.
2. *Daniel J., Kanwar A., Uvalić-Trumbić S.* A tectonic shift in global higher education // *Change: The magazine of higher learning*. 2006. Vol. 38. No. 4. P. 16–23. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3200/CHNG.38.4.16-23>.
3. *Altbach P.G., Reisberg L., Rumbley L.E.* Trends in global higher education: Tracking an academic revolution. Brill, 2019. 270 p. URL: [https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=-t-mDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=global+higher+education&ots=rGE74gmJnN&sig=gd8d4-lllnRYlppv8T7V-6Om950&redir\\_esc=y#v=onepage&q=global%20higher%20education&f=false](https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=-t-mDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=global+higher+education&ots=rGE74gmJnN&sig=gd8d4-lllnRYlppv8T7V-6Om950&redir_esc=y#v=onepage&q=global%20higher%20education&f=false).
4. *Machekhina O.N.* Digitalization of education as a trend of its modernization and reforming // *Revista Espacios*. 2017. Vol. 38. No. 40.  
URL: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n40/17384026.html>.
5. *Galimova E.G. et al.* Digital Educational Footprint as a Way to Evaluate the Results of Students' Learning and Cognitive Activity in the Process of Teaching Mathematics // *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2019. Vol. 15. No. 8. URL: <https://www.ejmste.com/download/digital-educational-footprint-as-a-way-to-evaluate-the-results-of-students-learning-and-cognitive-7689.pdf>.
6. *Buchanan R. et al.* Expert insights into education for positive digital footprint development // *Scan: The Journal for Educators*. 2018. Vol. 37. P. 49–64. URL: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.243445474304969>.
7. *Baranova E., Shvetsov G., Noskova T.* Educational Data Mining Methods for the Analysis of Student's Digital Footprint // *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2920. P. 44–58. URL: [http://ceur-ws.org/Vol-2920/paper\\_4.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2920/paper_4.pdf)
8. EdCrunch Томск: материалы международной конференции по новым образовательным технологиям, Томск, 2019. URL: [vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vtls:000661888/SOURCE1](http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vtls:000661888/SOURCE1).

9. *Мантуленко В.* Перспективы использования цифрового следа в высшем образовании, Преподаватель XXI век, 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-tsifrovogo-sleda-v-vysshem-obrazovanii>.

10. *Camacho M., Minelli J., Grosseck G.* Self and identity: Raising undergraduate students' awareness on their digital footprints // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 46. P. 3176–3181.

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812017685>

11. *Sevillano-Garcia M.L., Vázquez-Cano E.* The Impact of Digital Mobile Devices in Higher Education // *Educational Technology & Society*. 2015. No. 1. P. 106–118. URL: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.1.106>.

12. *Gibson D. et al.* Digital badges in education // *Education and Information Technologies*. 2015. Vol. 20. No. 2. – P. 403–410.

URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-013-9291-7>.

13. *Boase J.* Augmenting Survey and Experimental Designs with Digital Trace Data // *Communication Methods and Measures*. 2016. P. 165–166.

URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19312458.2016.1150975>

14. *Höhnle S., Michel B., Glasze G., Uphues R.* Digital geodata traces – new challenges for geographic education // *International Research in Geographical and Environmental Education*. 2013. P. 97–108.

URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10382046.2013.778713?scroll=top&needAccess=true>

15. *Bocconi S., Trentin G.* Modelling blended solutions for higher education: teaching, learning, and assessment in the network and mobile technology era // *Educational Research and Evaluation*. 2015. P. 516–535.

URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13803611.2014.996367>.

16. *Liu D.Y.T. et al.* Data-Driven Personalization of Student Learning Support in Higher Education // *Learning Analytics: Fundamentals, Applications, and Trends*. 2017. P. 143–169. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52977-6\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52977-6_5) Data-Driven Personalization of Student Learning Support in Higher Education.

17. Nakamoto I. et al. A qr code–based contact tracing framework for sustainable containment of covid-19: Evaluation of an approach to assist the return to normal activity // JMIR mHealth and uHealth. 2020. Vol. 8. No. 9. P. e22321.

URL: <https://mhealth.jmir.org/2020/9/e22321>.

18. IOS. URL: <https://www.apple.com/ru/ios/ios-15/>

19. Android. URL: [https://www.android.com/intl/ru\\_ru/](https://www.android.com/intl/ru_ru/)

20. Tizen. URL: <https://www.tizen.org/>

21. Aurora. URL: <https://auroraos.ru/>

22. Harmony OS. URL: <https://www.harmonyos.com/en/>

---

## A MOBILE SYSTEM FOR COLLECTING A DIGITAL TRACE FOR THE TASK OF ACCOUNTING AND ANALYZING HORIZONTAL LEARNING IN THE LEARNING PROCESS WITHOUT USING A CELLULAR CONNECTION

R. R. Alimbekov<sup>1</sup>[0000-0002-9306-8463], A. F. Khasianov<sup>2</sup>[0000-0002-1819-593X]

<sup>1,2</sup> Kazan (Volga Region) Federal University, 35 Kremlevskaya str., Kazan, 420008

<sup>1</sup>arr1998@gmail.com, <sup>2</sup>ak@it.kfu.ru

### **Abstract**

Today, users of mobile applications in different areas leave a huge amount of digital footprint. The main types of digital footprints are text, photos, videos, audio, and current location. To assist the teacher in horizontal learning, a mobile application that collects all of the above types of digital footprint was developed as well as web application that analyzes it.

**Key words:** cellular communication, mobile application, digital footprint, digital footprint collection, accounting, analysis.

### **REFERENCES**

1. Bruffee K.A. Collaborative learning: Higher education, interdependence, and the authority of knowledge. Johns Hopkins University Press, 2715 North Charles Street, Baltimore, MD 21218-4363, 1999.

URL: <https://eric.ed.gov/?id=ed430508>.

2. Daniel J., Kanwar A., Uvalić-Trumbić S. A tectonic shift in global higher education // *Change: The magazine of higher learning*. 2006. Vol. 38. No. 4. P. 16–23. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3200/CHNG.38.4.16-23>.

3. Altbach P.G., Reisberg L., Rumbley L.E. Trends in global higher education: Tracking an academic revolution. Brill, 2019. 270 p. URL: [https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=-t-mDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=global+higher+education&ots=rGE74gmJnN&sig=gd8d4-lllnRYlppv8T7V-6Om950&redir\\_esc=y#v=onepage&q=global%20higher%20education&f=false](https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=-t-mDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=global+higher+education&ots=rGE74gmJnN&sig=gd8d4-lllnRYlppv8T7V-6Om950&redir_esc=y#v=onepage&q=global%20higher%20education&f=false).

4. Machekhina O.N. Digitalization of education as a trend of its modernization and reforming // *Revista Espacios*. 2017. Vol. 38. No. 40. URL: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n40/17384026.html>.

5. Galimova E.G. et al. Digital Educational Footprint as a Way to Evaluate the Results of Students' Learning and Cognitive Activity in the Process of Teaching Mathematics // *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2019. Vol. 15. No. 8. URL: <https://www.ejmste.com/download/digital-educational-footprint-as-a-way-to-evaluate-the-results-of-students-learning-and-cognitive-7689.pdf>.

6. Buchanan R. et al. Expert insights into education for positive digital footprint development // *Scan: The Journal for Educators*. 2018. Vol. 37. P. 49–64. URL: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.243445474304969>.

7. Baranova E., Shvetsov G., Noskova T. Educational Data Mining Methods for the Analysis of Student's Digital Footprint // *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2920. P. 44–58. URL: [http://ceur-ws.org/Vol-2920/paper\\_4.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2920/paper_4.pdf)

8. EdCrunch Tomsk: materialy mezhdunarodnoj konferencii po novym obrazovatel'nym tekhnologiyam, Tomsk, 2019. URL: [vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vtIs:000661888/SOURCE1](http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vtIs:000661888/SOURCE1).

9. Mantulenko V. Perspektivy ispol'zovaniya cifrovogo sleda v vysshem obrazovanii, Prepo-davatel' HKHI vek, 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-tsifrovogo-sleda-v-vysshem-obrazovanii>.

10. Camacho M., Minelli J., Grosseck G. Self and identity: Raising undergraduate students' awareness on their digital footprints // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 46. P. 3176–3181. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812017685>

11. *Sevillano-García M.L., Vázquez-Cano E.* The Impact of Digital Mobile Devices in Higher Education // *Educational Technology & Society*. 2015. No. 1. P. 106–118. URL: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.1.106>.
12. *Gibson D. et al.* Digital badges in education // *Education and Information Technologies*. 2015. Vol. 20. No. 2. P. 403–410. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-013-9291-7>.
13. *Boase J.* Augmenting Survey and Experimental Designs with Digital Trace Data // *Communication Methods and Measures*. 2016. P. 165–166. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19312458.2016.1150975>
14. *Höhnle S., Michel B., Glasze G., Uphues R.* Digital geodata traces – new challenges for geographic education // *International Research in Geographical and Environmental Education*. 2013. P. 97–108. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10382046.2013.778713?scroll=top&needAccess=true>
15. *Bocconi S., Trentin G.* Modelling blended solutions for higher education: teaching, learning, and assessment in the network and mobile technology era // *Educational Research and Evaluation*. 2015. P. 516–535. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13803611.2014.996367>.
16. *Liu D.Y.T. et al.* Data-Driven Personalization of Student Learning Support in Higher Education // *Learning Analytics: Fundamentals, Applications, and Trends*. 2017. P. 143–169. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52977-6\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52977-6_5) Data-Driven Personalization of Student Learning Support in Higher Education.
17. *Nakamoto I. et al.* A qr code–based contact tracing framework for sustainable containment of covid-19: Evaluation of an approach to assist the return to normal activity // *JMIR mHealth and uHealth*. 2020. Vol. 8. No. 9. P. e22321. URL: <https://mhealth.jmir.org/2020/9/e22321>.
18. IOS. URL: <https://www.apple.com/ru/ios/ios-15/>
19. Android. URL: [https://www.android.com/intl/ru\\_ru/](https://www.android.com/intl/ru_ru/)
20. Tizen. URL: <https://www.tizen.org/>
21. Aurora. URL: <https://auroraos.ru/>
22. Harmony OS. URL: <https://www.harmonyos.com/en/>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**АЛИМБЕКОВ Роберт Ринатович** – магистрант, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

**Robert Rinatovich ALIMBEKOV** – Master’s student, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan.

Email: arr1998@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9306-8463



**ХАСЬЯНОВ Айрат Фаридович** – PhD (физико-математические науки), заведующий кафедрой программной инженерии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

**Airat Faridovich Khasyanov** – PhD (Physical and Mathematical Sciences), Head of the Department of Software Engineering, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan.

Email: ak@it.kfu.ru

ORCID: 0000-0002-1819-593X

*Материал поступил в редакцию 2 июня 2022 года*