

Сервис мониторинга и контроля за дистанционным испытанием по видеоинформации

И. С. Григорьев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
grigorievivan.1@mail.ru

Аннотация. В докладе приведено описание существующих систем прокторинга. Описаны возможные нарушения и методы по их детектированию. В результате принято решение в разработке собственного сервиса обнаружения нарушений. Представлена архитектура предлагаемого решения и методы по обнаружению нарушений.

Ключевые слова: прокторинг; искусственный интеллект; дистанционное обучение; онлайн-экзамен

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время как никогда актуально дистанционное обучение. При дистанционном обучении возникает сложность в контроле знаний обучающихся: проблемы с верификацией личности и распознаванием нечестного поведения обучающегося в процессе тестирования. Для данной задачи разрабатываются технологии прокторинга, которые позволяют наблюдать за обучающимися во время написания контрольных и экзаменационных работ.

В изначальном виде прокторинг представлял собой наблюдение за процессом тестирования человеком в режиме реального времени. Также возможен вариант с обнаружением нарушений при просмотре записи экзамена. Однако такие подходы имеют ряд недостатков от трудоемкости и эффективности, до человеческого фактора.

В сведении к минимуму влияния таких недостатков помогает автоматизация проведения прокторинга. При таком подходе система непрерывно следит за поведением экзаменуемого и на основе заложенных в нее алгоритмов принимает решения о наличии нарушений, а также рассчитывает степень доверия к результатам. Затем результаты могут быть обработаны человеком.

С ростом популярности дистанционного обучения возрастает нагрузка на системы прокторинга. В частности, нагрузка ложится на людей (прокторов), принимающих экзамены в режиме реального времени или осуществляющих проверку экзаменов после их проведения. Для таких систем целесообразно использовать средства автоматизации. Это могут быть, например, отметки о возможных нарушениях со стороны испытуемого. Таким образом, автоматизация системы прокторинга позволит упростить процесс проверки дистанционных экзаменов.

В докладе рассматривается разработка сервиса мониторинга и контроля за дистанционным испытанием

по видеоинформации. Сервис в режиме постобработки определяет нарушения проведения экзамена на переданных ему медиаданных. Медиаданные представляют собой видеозаписи с веб-камеры и рабочего стола экзаменуемого, видеозапись с веб-камеры также содержит аудиоданные. Система прокторинга сможет воспользоваться результатами работы сервиса в интерфейсе проктора. В качестве результатов предоставляется список сессий прокторинга с меткой обнаружения нарушений для каждой и список самих нарушений с временным интервалом и описанием.

II. СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ

ProctorU – пример системы прокторинга, в которой используется микрофон и веб-камера. ProctorU включает в себя модуль искусственного интеллекта (ИИ), но он может быть обманут, поэтому компания рекомендует использовать их гибридное решение для обеспечения высокой безопасности – автоматизированный прокторинг дополняется профессиональными прокторами, которые имеют возможность прервать тест и вмешаться, если они что-то заподозрят [1].

Xproctor – еще одна популярная система прокторинга, аутентифицирует экзаменуемых, постоянно отслеживает и контролирует их с помощью распознавания лиц, потокового видео поведения, аудио и фотографических методов. Имеется поддержка различных систем управления обучением (LMS) [1].

Еще одним примером системы прокторинга является проект TeSLA. Целью TeSLA является разработка методов проверки испытуемых с помощью биометрии. Это включает в себя распознавание лица, распознавание голоса, анализ нажатия клавиш и анализ отпечатков пальцев, чтобы гарантировать, что ответы дает фактический тестируемый [1].

Платформа PSI Bridge использует проприетарный браузер с блокировкой и схему самоаутентификации для обеспечения надлежащего соответствия, а также сохранения конфиденциальности учащихся и минимизации рисков безопасности [1].

В ProctorExam возможности пространственного контроля дополнены 360-градусным мониторингом. Этот мониторинг включает в себя веб-камеру, совместное использование экрана и камеру смартфона, расположенную таким образом, чтобы видеть все вокруг испытуемого [1].

Examus Proctoring – система прокторинга с поддержкой искусственного интеллекта и компьютерного зрения. Examus предлагает возможность получать поведенческие характеристики тестируемого во время онлайн-экзаменов для предотвращения попыток нечестного поведения и подтверждения личности тестируемого в процессе экзамена. В дальнейшем выявленные нарушения могут быть рассмотрены проктором. Examus Proctoring интегрирован с такими LMS, как Moodle и Open edX [1, 2].

ITMOproctor – система удаленного прохождения экзаменов, разработанная университетом ИТМО. Система имеет модуль распознавания лиц, который основан на библиотеке OpenCV и позволяет находить и отслеживать лицо тестируемого в течение всего экзамена, а также предупреждать, когда лицо уходит из поля зрения веб-камеры [3].

ТАБЛИЦА I СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Критерии	Системы прокторинга						
	ProctorU	Xproctor	TeSLA	PSI Bridge	ProctorExam	Examus Proctoring	ITMOproctor
Развитый модуль ИИ	+/-	+	+/-	-	+/-	+	+
Интеграции с LMS	+/-	+	+	+	+	+/-	+/-
Блокировка браузера	-	-	-	+	-	-	-
Использование веб-камеры	+	+	+	-	+	+	+
Анализ записи экрана	-	-	-	-	-	-	-

В табл. 1 представлено сравнение приведенных систем прокторинга. На текущий момент существуют решения для автоматизированного проведения прокторинга, также имеют место полностью автоматические решения. Однако автоматические системы проведения прокторинга могут работать неточно, по сравнению с человеком. Могут существовать способы обмануть систему или же система в особых случаях может неправильно определить нарушения [4]. Автоматизированные решения в основном платные, имеют ограниченный список LMS для интеграции, не имеют модуля для анализа нарушений на записи экрана, а также имеют ограниченный набор нарушений в ИИ модуле, например, в них отсутствует выявление таких нарушений, как использование телефона и наушников или подмена лица изображением.

III. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ

A. Нарушения на видеозаписи с веб-камеры

Для определения нарушений на видео с веб-камеры написан отдельный модуль, который представляет собой программу на языке Python. Модуль на входе принимает видео с веб-камеры, а на выходе возвращает все найденные нарушения в виде временного интервала и описания.

Для определения нарушений «Отсутствие человека в кадре», «Присутствие более одного человека в кадре» и «Мобильный телефон в кадре» используется модель

архитектуры YOLOv3 [5] в предобученном виде. Данная сеть используется для обнаружения различных объектов на изображении, в модуле используется для обнаружения человека и телефона.

Обнаруженная YOLOv3 область изображения с человеком затем подается на вход модели DNN Face Detector (в OpenCV) [6]. Это модель Caffe, основана на детекторе Single Shot-Multibox (SSD) и использует в основе архитектуру ResNet-10. Также есть quantized Tensorflow версия этой модели, которая уменьшает время на обработку изображения. Используется для обнаружения области, в которой находится лицо, в предобученном виде.

После обнаружения лица выполняется этап по обнаружению характерных точек на изображении лица (68 точек: области бровей, уголки рта, глаз и т.п.) с помощью предобученной на 5 датасетах модели CNN Facial Landmark [7]. Модель используется для определения нарушений, связанных с лицом человека: «Отводы взгляда», «Повороты головы» и «Открытие рта».

Нарушение «Подмена лица изображением» (face spoofing) определяется с помощью модели Extra Trees Classifier. Модель на вход получает область лица (результат работы модели DNN Face Detector). Используется предобученная модель, использование датасета ограничено (только для некоммерческих исследований) [8].

B. Нарушения на аудиозаписи с веб-камеры

Для анализа звука из видеофайла необходимо получить величины громкости звуков на звуковой дорожке. Это реализовано с помощью инструмента FFmpeg, считывающего аудиопоток из видеофайла.

Для анализа отсутствия звуков используется проверка на соответствие уровня громкости некоторому постоянному минимальному значению. Для анализа наличия посторонних звуков и голосов используется проверка уровня громкости звука на превышение допустимой величины. Так как звук представляет собой зашумленный сигнал, для снижения воздействия шума и резких кратковременных изменений громкости применяется одномерный фильтр Калмана [9–10] из библиотеки KalmanJS.

Пример использования фильтра Калмана для сглаживания исходного зашумленного аудиосигнала представлен на рис. 1. На приведенном графике показан отрезок аудиозаписи длительностью 30 секунд со следующими событиями:

- На отрезках с 3 по 9 и с 17 по 18 секунду записан голос человека, видны колебания уровня громкости.
- На отрезке с 9 по 16 секунду зафиксировано отключение звука микрофона, виден минимальный постоянный уровень громкости.
- На отрезке с 25 по 28 секунду – звуки нажатия клавиш клавиатуры, видны резкие кратковременные колебания уровня громкости.

Исходя из графика на рис. 1 выбрано пороговое значение, равное -30 дБ, превышение данного значения

означает нарушение «Посторонние звуки». Значение громкости, при котором отключен звук микрофона, равно -90.737153 дБ, соответствие громкости звука

данной величине означает нарушение «Отсутствие звуков».

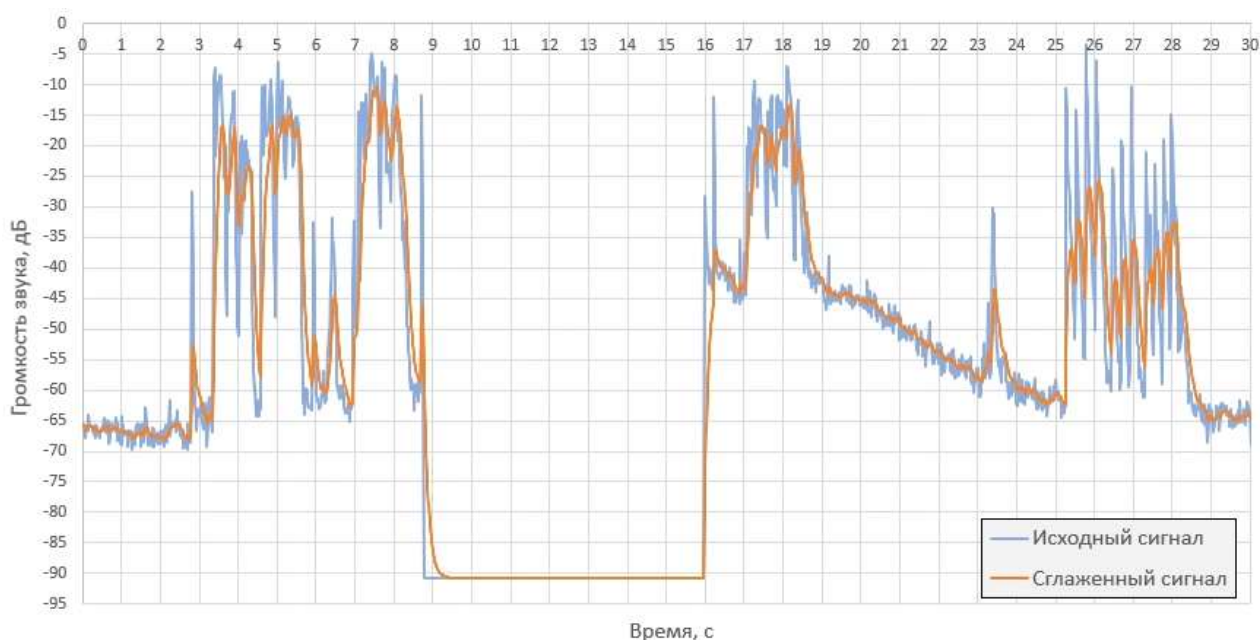


Рис. 1. Использование фильтра Калмана для сглаживания аудиосигнала

Также аудио с веб-камеры преобразуется в текст с помощью Google Speech Recognition API [11]. Затем данный текст обрабатывается с помощью библиотеки NLTK [12]: разбиение на токены и удаление стоп-слов. Список наиболее употребляемых слов вместе с их количеством сохраняется в базу данных для отчета проктору. Также возможно сравнение сказанных экзаменуемым слов с текстом задания. Для этого необходимо передать текст задания в сервис для обработки, из текста также будут удалены стоп-слова.

С. Нарушения на видеозаписи с экрана

У тестируемого могут быть открыты только разрешенные интерфейсы, например, система дистанционного обучения, где проводится экзамен, и система прокторинга. Посторонними же интерфейсами можно считать следующие: калькуляторы, мессенджеры, социальные сети, веб-сайты, электронные таблицы. Для разных видов экзаменов потребуются изменять список разрешенных интерфейсов.

На экране может быть открыто одновременно несколько интерфейсов, как разрешенных, так и посторонних. Целесообразно определять только посторонние интерфейсы. Задача отнесения объектов на изображении к определенному множеству является задачей классификации и решается с помощью сверточных нейронных сетей. Наличие распознанных интерфейсов будет интерпретировано как возможное нарушение.

Перед обучением модели необходимо задать признаки всех искомым видов интерфейсов на изображениях и определить их на обучающей выборке. Предлагается использовать следующие классы: калькуляторы, мессенджеры и социальные сети, электронные таблицы и веб-сайты.

Д. Агрегация выявленных нарушений

Для достижения более высокой достоверности выявления нарушений всех типов необходимо для каждого метода также проводить анализ на количество срабатываний. Это позволит избежать кратковременных ложных срабатываний. Виды нарушений с их критичностью и минимальной длительностью срабатывания нарушения приведены в табл. 2.

Результат работы сервиса представляет набор временных интервалов с обнаруженными в них нарушениями. Соседние временные интервалы, которые содержат одинаковые типы нарушений, группируются.

ТАБЛИЦА II ВИДЫ НАРУШЕНИЙ

Нарушение	Критичность	Минимальная длительность (в секундах)
Отсутствие человека в кадре	высокая	1
Присутствие более одного человека в кадре	высокая	0.5
Отводы взгляда	средняя	0.5
Повороты головы	средняя	0.5
Подмена лица изображением	высокая	1
Мобильный телефон в кадре	высокая	0.5
Открытие рта	низкая	1
Посторонние звуки	низкая	0.5
Отсутствие звуков	низкая	0.5
Наличие посторонних интерфейсов	низкая	0.5

На основе обнаруженных нарушений составляется статистика по частоте встречаемости каждого нарушения на протяжении всего экзамена. Расчет частоты

встречаемости определенного типа нарушения производится по следующей формуле:

$$ViolationFrequency_{type} = detections_{type} / frames_{type}$$

где в числителе – количество срабатываний типа нарушения, а в знаменателе – количество анализируемых кадров для типа нарушения.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе рассмотрена задача разработки сервиса мониторинга и контроля за дистанционным испытанием по видеоинформации. Сервис выявляет нарушения при проведении онлайн-экзамена на переданных ему медианных в режиме постобработки, и разделен на модули по виду обнаружения нарушений.

Модуль определения нарушений на видеозаписи с веб-камеры определяет следующие нарушения: «Отсутствие человека в кадре», «Присутствие более одного человека в кадре», «Отводы взгляда», «Повороты головы», «Подмена лица изображением», «Мобильный телефон в кадре» и «Открытие рта».

Модуль определения нарушений на аудиозаписи с веб-камеры сохраняет список наиболее употребляемых слов вместе с их количеством в базу данных для отчета проктору. Возможно сравнение сказанных экзаменуемым слов с текстом задания. Также определяются следующие нарушения: «Посторонние звуки» и «Отсутствие звуков».

Модуль определения нарушений на видеозаписи с экрана определяет нарушение «Наличие посторонних интерфейсов».

Модуль агрегации выявленных нарушений задействуется для каждого нарушения для избегания ложных срабатываний и достижения более высокой достоверности оценки учебных результатов.

Из результатов работы сервиса система прокторинга может формировать подсказки прокторам, например, в отчете по экзамену подсказки могут быть отображены в виде временных диаграмм.

В качестве дальнейшего развития предложенного решения может быть улучшение определения нарушения «Отводы взгляда» с помощью GazeML [13] и разработка метода определения нового нарушения «Смена человека

в кадре» с помощью реализации верификации идентичности двух лиц, реализованной в FaceNet [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Nigam A. et al. A systematic review on ai-based proctoring systems: Past, present and future //Education and Information Technologies. 2021. Т. 26. №. 5. С. 6421-6445.
- [2] Горяинов С.В. и др. Организация взаимодействия сотрудников приёмной комиссии и поступающих в условиях дистанционной приёмной кампании // Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. 2020. Т. 1. С. 62-65.
- [3] Belashenkova N.N. et al. Protection methods of assessment procedures used in e-Learning //2015 13th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA). IEEE, 2015. С. 1-6.
- [4] Добровинский Д.С., Ловецкий И.В., Попов М.А. Прокторинг как инструмент развития дистанционного образования // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2018. С. 2732.
- [5] Redmon J., Farhadi A. Yolov3: An incremental improvement //arXiv preprint arXiv:1804.02767. 2018.
- [6] Nagrath P. et al. SSDMNv2: A real time DNN-based face mask detection system using single shot multibox detector and MobileNetV2 //Sustainable cities and society. 2021. Т. 66. С. 102692.
- [7] Wu Y. et al. Facial landmark detection with tweaked convolutional neural networks //IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2017. Т. 40. №. 12. С. 3067-3074.
- [8] Chingovska I., Anjos A., Marcel S. On the effectiveness of local binary patterns in face anti-spoofing //2012 BIOSIG-proceedings of the international conference of biometrics special interest group (BIOSIG). IEEE, 2012. С. 1-7.
- [9] Gilda S., Slepian Z. Automatic Kalman-filter-based wavelet shrinkage denoising of 1D stellar spectra // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2019. Т. 490. №. 4. С. 5249-5269.
- [10] Das O., Goswami B., Ghosh R. Application of the tuned Kalman filter in speech enhancement // 2016 IEEE first international conference on control, measurement and instrumentation (CMI). IEEE, 2016. С. 62-66.
- [11] Kępuska V., Bohouta G. Comparing speech recognition systems (Microsoft API, Google API and CMU Sphinx) //Int. J. Eng. Res. Appl. 2017. Т. 7. №. 03. С. 20-24.
- [12] Yao J. Automated sentiment analysis of text data with NLTK //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. Т. 1187. №. 5. С. 052020.
- [13] Zhang X., Sugano Y., Bulling A. Evaluation of appearance-based methods and implications for gaze-based applications //Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems. 2019. С. 1-13.
- [14] Самойлова Т.А. Исследование влияния искажения изображений на качество систем верификации лиц //Системы компьютерной математики и их приложения. 2021. №. 22. С. 158-165.