

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОНЛАЙН ПРОКТОРИНГУ

А.А. Брескіна

Національний університет «Одеська Політехніка», просп. Шевченка, 1, Одеса,
65044, Україна; e-mail: anastasia.breskina@gmail.com

Стрімкий розвиток технологій машинного навчання, збільшення доступності пристроїв і широкий доступ до Інтернету значно сприяли зростанню дистанційного навчання. Поряд із системами дистанційного навчання з'явилися системи прокторингу, які мають на меті оцінювати роботу студентів, імітуючи роботу викладача. Однак, незважаючи на розвиток технологій обробки зображень і машинного навчання, сучасні системи прокторингу все ще мають обмежену функціональність: в деяких системах настільки погано були реалізовані методи та алгоритм комп'ютерного зору (хибні спрацьовування при роботі зі студентами різних національностей) та класифікації дій студентів (дуже жорсткі вимоги щодо поведінки студентів), що деякі програмні продукти навіть відмовились від застосування модулів, що використовують елементи штучного інтелекту. Також є проблемою, що сучасні системи переважно зосереджені на відстеженні виключно обличчя та погляду студентів і не відстежують їхні пози, дії та емоційний стан. Однак саме оцінка дій та емоційного стану має вирішальне значення не лише для самого навчального процесу, але й для благополуччя студентів, оскільки під час дистанційного навчання вони проводять тривалий час за комп'ютерами або іншими пристроями, що дуже сильно виплаває як на їх фізичного здоров'я, так і на рівень стресу. Наразі контроль цих показників лежить виключно на викладачах або навіть на самих студентах, яким доводиться самостійно опрацьовувати матеріали тестів та самостійних робіт. Додатковою проблемою є якість обробки та зберігання персональних даних студентів, бо більшість систем потребують ідентифікації учня з використанням документів, які підтверджують особистість та зберігають відео роботи учнів на своїх серверах. На основі аналізу усіх цих проблем, що перешкоджають навчальному процесу та потенційно ставлять під загрозу здоров'я учнів у довгостроковій перспективі, у цій статті були представлені додаткові функціональні вимоги до сучасних систем автоматизованого онлайн прокторингу, зокрема, необхідність аналізу дій людини для оцінки фізичної активності та моніторингу гігієнічних практик під час використання комп'ютерів у навчальному процесі, а також вимоги щодо максимального захисту особистих даних учнів.

Ключові слова: дистанційне навчання, системи автоматизованого онлайн прокторингу, захист особистих даних, аналіз емоцій людей, аналіз дій людей.

Вступ. Технології дистанційного навчання – це ненова прикладна область, що почала свій розвиток з розвитком і поширеністю комп'ютерних технологій та Інтернету. Проблема оцінки поведінки студентів у процесі складання іспитів та виконання індивідуальних робіт існувала завжди. Для їх вирішення були запропоновані системи прокторингу. Системи онлайн прокторингу – це інформаційні системи, призначені для нагляду за процесом виконання тестових чи екзаменаційних завдань та моніторингу і оцінки доброчесності студентів. Ці системи імітують роль викладача, спостерігаючи та оцінюючи поведінку студентів. Спочатку це були системи синхронного прокторингу, де за учнями спостерігали живі люди (самі вчителі, або наймані працівники) [1]. Для автоматизації процесу та зниження коштовних витрат, були представлені системи асинхронного прокторингу [2], де увесь процес здачі тестових завдань записувався та аналізувався вчителем після самого іспиту постфактум. Але розвинення методів і

моделей штучного інтелекту дали надію на автоматизацію цього процесу оцінки доброчесності студентів. Саме цим інформаційним системам, системам автоматизованого онлайн прокторингу [2], і присвячена дана робота.

Аналіз існуючих систем автоматизованого онлайн прокторингу. Існує велика кількість систем автоматизованого онлайн прокторингу, що оснований на штучному інтелекті. За особливостю реалізацій цих систем та гнучкістю їх використання учнями у різноманітних, вже існуючих системах дистанційно навчання, було запропоновано класифікувати їх на такі групи (Рис. 1):

- плагіни, що можуть з легкістю інтегруватися вже у існуючі системи, не вимагаючи від учня часу на встановлення додаткового програмного продукту. Ці програми мають доступ до обмеженого функціоналу в рамках основної платформи: у більшості працюють в браузері та не мають доступу до всього робочого столу студента. Мають також доступ до мікрофону та відео;

- програмні продукти, що виконують виключно функції системи прокторингу. Працюють як «обгортки» на інші програмні додатки (браузери, тощо) та контролюють додатки та сайти, що учень може використовувати у процесі самостійної роботи над завданнями. Такі системи мають доступ до робочого столу, клавіатури, мікрофону та відео. Ці програми необхідно додатково встановлювати на комп'ютері учнів;

- програмні продукти, які не інтегруються у інші системи. Вчителю необхідно оформляти тестові завдання безпосередньо у цих програмах. Це викликає проблему синхронізації результатів роботи учнів з іншими системами дистанційного навчання, які можуть використовуватися навчальним закладом, та потребує додаткових дій як від вчителя, так і від учня.

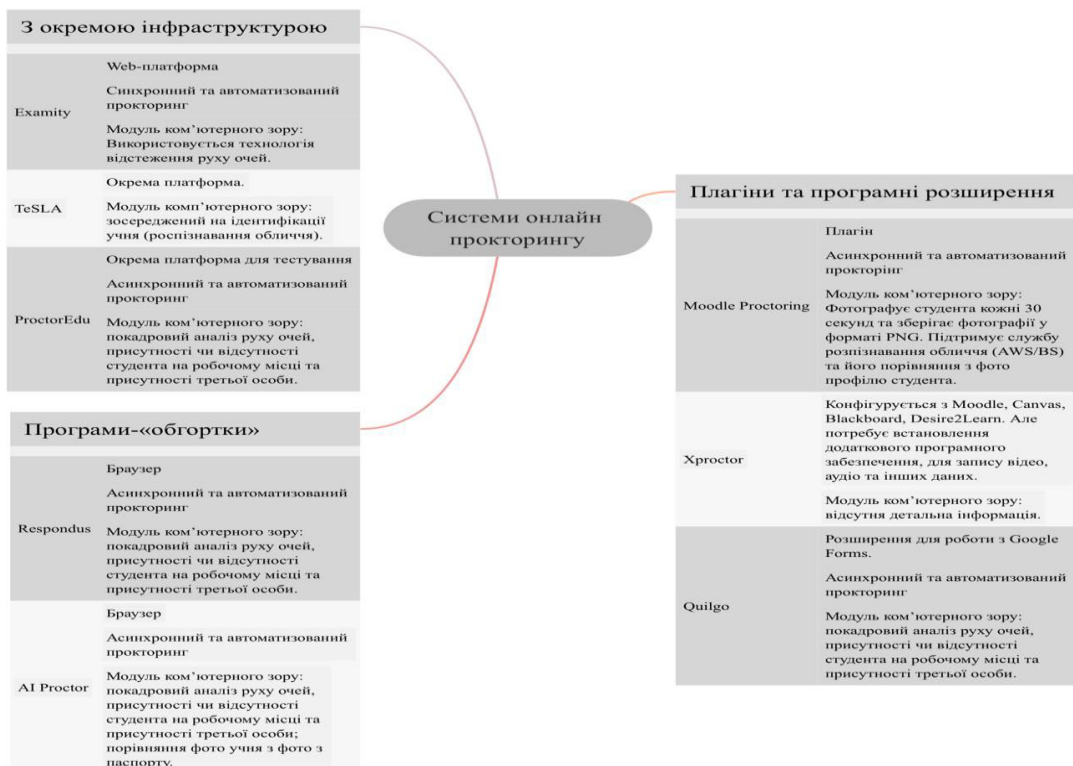


Рис.1. Приклад класифікації існуючих програмних продуктів з підтримкою автоматизованого онлайн прокторингу.

Три системи прокторингу на основі штучного інтелекту (ШІ), а саме Quilgo, AI Proctor та ProctorEdu, пройшли тестування для оцінки їхньої продуктивності. Системи продемонстрували хорошу роботу в аналізі активності на робочому столі

та в браузері у всіх тестових випадках. Вони також досягли задовільних результатів в аналізі аудіошуму, правильно ідентифікувавши приблизно 80 відсотків нестандартних ситуацій, хоча іноді давали кілька помилкових спрацьовувань. Однак модуль комп'ютерного зору викликав значні труднощі. Фактично, всі програмні продукти спрацювали вірно лише у 25-30% тестових випадків, а в решті випадків переважали хибнонегативні результати. Це означає, що в той час як системи продемонстрували майстерність в аналізі дій на робочому столі та використанні браузера, модуль комп'ютерного зору виявився проблематичним. За аналізами інших розробників та самих студентів інші системи страждали від неадекватної обробки зображень і алгоритмів штучного інтелекту, стикаючись з труднощами при роботі з учнями різного расового походження. Крім того, ці системи генерували численні хибні спрацьовування через надмірно суворі вимоги до поведінки студентів (вимоги були постійно дивитися у весь час у монітор, наприклад). Як наслідок, наприклад, розробники ProctorU вирішили прибрати ці проблемні ШІ-модулі [3]. У тих самих відгуках та аналізі існуючих систем прокторінгу [4] також було багато питань щодо захисту особистих даних студентів, бо для ідентифікації в більшості платформ необхідно демонструвати свої особисті документи, а повні записи процесу роботи учнів зберігалися без постобробки і додаткового знеособлення даних. Такий підхід для роботи з особистими даними є, наприклад, порушенням загального регламенту про захист даних (GDPR).

Мета роботи. Мета роботи – вдосконалення вимог до систем автоматичного онлайн прокторінгу та розробка прототипу такої системи.

Основна частина. Як було визначено за результатами аналізу існуючих систем, в них були представлені такі фундаментальні проблеми:

- обробка персональних даних у системах прокторінгу є непрозорою і не відповідає вимогам GDPR. Існує значне занепокоєння щодо неможливості легко видалити персональні дані та браку інформації про якість та безпечність зберігання даних;
- функціонування модулів розпізнавання образів у цих системах є непередбачуваним;
- системи висувають надто жорсткі вимоги до поведінки студентів, що призводить до додаткового стресу для студентів;
- повністю відсутній контроль за дотриманням гігієнічних вимог щодо використання комп'ютерів та моніторингу рівня стресу, що може мати пагубний вплив на здоров'я студентів.

Аналіз показав, що розглянуті системи водночас мають завищені вимоги до поведінки студентів (наприклад, відведення погляду від монітора вважається спробою списати) та слабкий рівень аналізу відеопослідовностей (обробка кадрів через невизначений проміжок часу ніяк не показує реальної картини того, як студент працює над екзаменаційним завданням). Ці проблеми в поєднанні з негнучкістю видів запитань для тестування призвели до того, що експерти рекомендують зменшити час, який витрачається на виконання тестових завдань, і зробити їх менш складними.

Це все погано впливає на рівень отримуваних знань. Вирішивши ці проблеми та покращивши прозорість обробки і зберігання даних, а також додавши контроль за рівнем стресу та фізичним здоров'ям студентів, системи прокторінгу на основі штучного інтелекту можна вдосконалити, щоб забезпечити більш безпечне та сприятливе навчальне середовище.

Пропонується до наявного функціоналу додати функціонал відстеження емоційного стану та рухів студента. На основі цих змін функціональні вимоги включатимуть у себе комплексний аналіз роботи учня.

Однак варто уточнити, що, судячи з відгуків самих учнів, жорсткий контроль і завищені вимоги спричиняють у них підвищене відчуття стресу та страху. Завищені

вимоги до поведінки учня також дезінформують викладача, оскільки багато систем помилково спрацьовує на незначні рухи студента (якщо, звісно, саме в цей момент система вирішить обробити кадр із даних, отриманих із камери). Тому пропонується переглянути (Рис. 2) наявні вимоги до поведінки студента в бік їх пом'якшення.

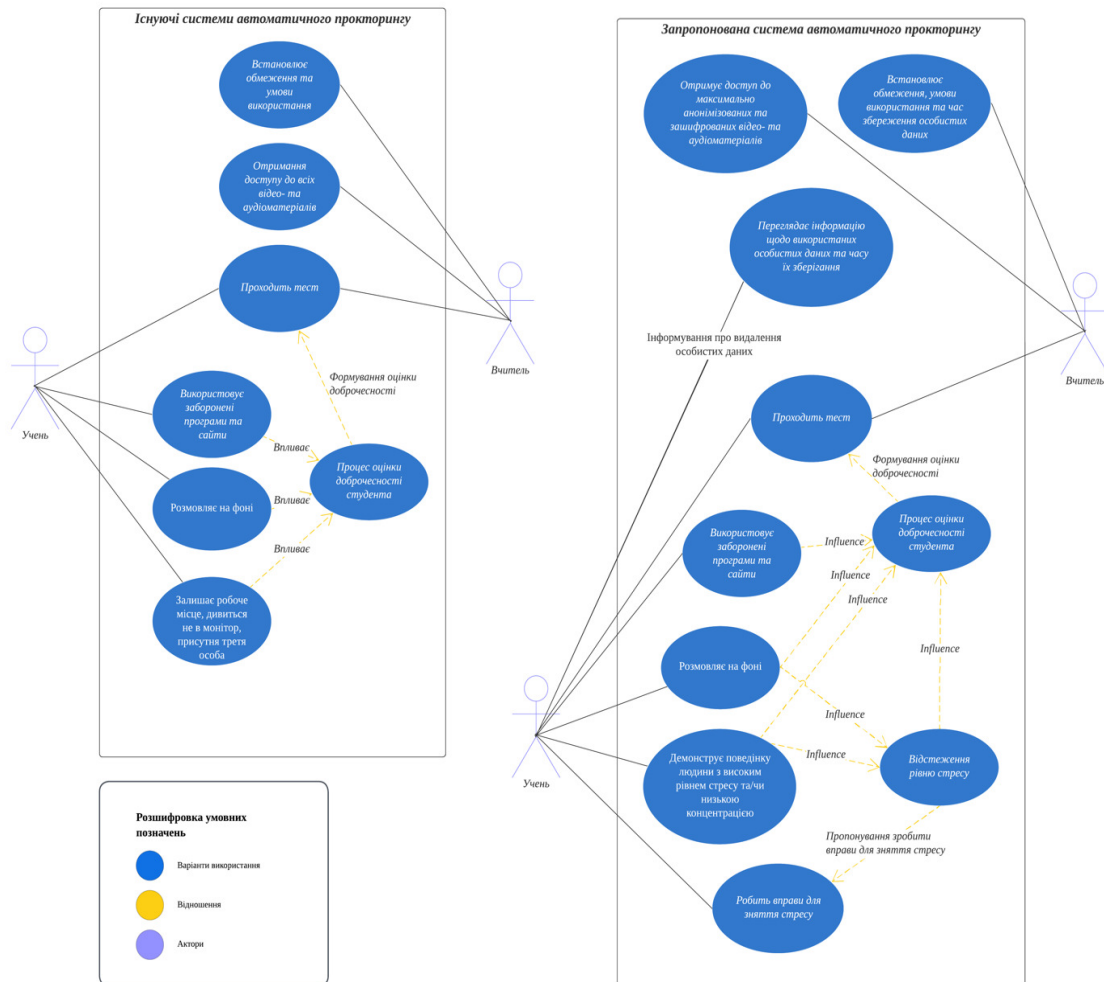


Рис.2. Діаграма варіантів використання автоматизованої системи онлайн-прокторингу

Вдосконалення роботи з персональними даними учнів. Загальний регламент про захист даних включає до себе такі основні ідеї роботи с персональними даними користувачів програмних продуктів

- користувач має бути проінформованим про те, які дані про нього планується збирати програмний продукт. Також він має отримати чітку інформацію щодо обсягів збору даних, правових підстав для обробки персональних даних, тривалості зберігання даних, передачі даних третім особам або за межі ЄС, а також будь-якого автоматичного прийняття рішень, що здійснюється на основі алгоритмів;
- користувачі мають право в будь-який час відкликати свою згоду на обробку даних, переглядати свої персональні дані та отримувати доступ до інформації про те, як ці дані опрацьовуються;
- користувачі мають право отримувати копії збережених даних, видаляти свої дані за певних умов, оскаржувати автоматизовані рішення, які здійснюються виключно на основі алгоритмів, і подавати скарги до органів захисту даних;
- алгоритми не повинні використовувати персональні дані користувачів, а самі дані повинні зберігатися у безпеці;

- Необхідно забезпечити, щоб обробка даних не була надмірною, а відбувалася лише з необхідною мірою. Це означає, що повинні оброблятися лише ті дані, які абсолютно необхідні для виконання певних цілей або завдань.

Виходячи з цих вимог була сформований алгоритм процесу роботи системи з персональними даними студентів у системі прокторингу, яка враховує всі перераховані вимоги (Рис. 3).

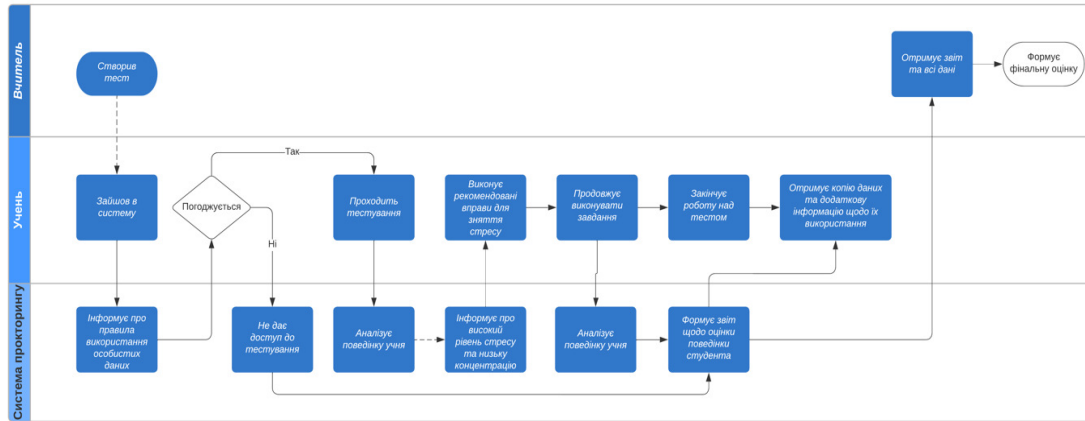


Рис.3. Swimlane діаграма комунікації акторів та системи і опис процесу роботи с особистими даними учнів

Для знеособлення даних також пропонується додавати шум до аудіо файлів, щоб не було чути усі деталі розмов, а також при формуванні звіту максимально розмивати відеоряд в місцях, де система машинного навчання з найбільшою вірогідністю констатувала добросесність учня. Але приймаючи той факт, що для деяких іспитів мають бути представлені усі записи процесу роботи учня, пропонується робити таку постобробку даних за бажанням викладача при формуванні тестового завдання.

Відстеження та контроль емоціонального та фізичного стану учня. Емоційний стан учнів дуже важлива частина процесу навчання. Дослідниками був доказаний зв'язок між емоційним станом, його усвідомленням та результатами процесу навчання. Коли студенти усвідомлюють свої емоції та керуються певними стратегіями навчання, їхня навчальна успішність покращується щодо мотивації, залученості та саморегуляції. Так само ситуація складається і з вчителями: коли вчителі усвідомлюють емоційний стан учнів, їхнє ставлення та зворотний зв'язок стають більш ефективними та своєчасними [5].

Як вже було зазначено раніше, сучасні реалізації систем прокторингу дуже суворо ставляться щодо виконання правил роботи з тестами, але одночасно задля зменшення навантаження на систему та економії ресурсів не аналізують детально відео, а скоріше наборі кадрів раз в декілька секунд чи навіть мінут. Ці жорсткі вимоги та слаба реалізація аналізу відеопослідовностей приводять до того, що системи не в силах адекватно оцінювати поведінку студента: вони то пропустять порушення правил здачі іспитів, то помилково зреагують на моргання або позіхання учня.

Також, як зазначали самі учні [6], інформованість про таку неадекватну поведінку систем та факт постійного спостереження за роботою викликає у людей додатковий стрес. Довга робота за комп'ютерним пристроєм також впливає на рівень стресу та фізичне здоров'я людини.

Враховуючи все вище написане, пропонується додати у такі система комплексний просторово-часовий аналіз поведінки студента, який буде включати як обробку дій учня, так і його/її емоції. Це дозволить своєчасно робити перерви для відновлення

емоціонального стану та допоможе знизити ризик розвитку проблем зі здоров'ям учнів.

Для опису та аналізу емоцій учнів пропонується використовувати виявлення система кодування лицьових (мімічних) рухів. Ця система детально описує рухові одиниці та дескриптори, пов'язані з людським обличчям. Рухові одиниці не залежать від будь-якої конкретної інтерпретації і можуть бути використані для визначення емоцій. ЕмСКЛід - Емоційну систему кодування лицьових рухів (Emotion Facial Action Coding System (EmFACS) [7] і Facial Action Coding System Affect Interpretation Dictionary (FACSAID) [7]), що розглядають рухи обличчя, пов'язані з емоціями. Комбінація кількох рухових одиниць визначає конкретну емоцію (Таб. 1, 2) [9].

Таблиця 1.

Приклад рухових одиниць та їх комбінацій у емоції

Номер	Дії
1	Внутрішній підйом брів
2	Зовнішній підйом брів
4	Опускання брів
9	Зморщування носа
43	Очі заплющені
45	Моргання

Таблиця 2.

Приклад об'єднань рухових лицьових одиниць у емоції

Назва емоції	Комбінація рухових одиниць
Щастя	6+12
Страх	1+2+4+5+7+20+26
Сум	1+4+15
Гнів	4+5+7+23

Ці класифікації дають можливість структурувати різноманітні людських емоцій та зробити опис емоційного стану студента.

Також треба зазначити необхідність впровадження вдосконалених наборів даних для навчання систем комп'ютерного зору розпізнаванню емоцій людей різних національностей, що для уникнення помилок при розпізнаванні обличчя та емоцій людей.

Результати роботи модуля аналізу поведінки та емоційного стану учня будуть подальше виконуватися як для звіту для викладача, так і для системи стабілізації емоційного стану учня. Пропонується використовувати маркери високого стресу для рекомендації невеликого перериву та виконання відволікаючих вправ: від руханок [10] до тривіального до тривіального "подивитися у вікно і потерти очі" [11].

Опис архітектури прототипу автоматизованої системи прокторингу. Аналіз існуючих рішень показав, що найпростішими в використанні були системи, що інтегрувалися як плагіну в сучасні системи дистанційного навчання. Для прототипу пропонується розробити плагін для Google Forms та Web-додаток, що буде давати можливість викладачу проглядати та налаштовувати правила проведення іспитів. Це дасть можливість мінімізувати та полегшити роботу учнів щодо налаштуванні їх робочого пристрою [12], полегшить роботу викладачеві, якому не доведеться заново піднімати інфраструктуру свого класу тільки заради проведення тестових завдань та мінімізувати проблеми підтримки різноманітних операційних систем.

Фінальна запропонована архітектура системи автоматизованого онлайн прокторингу складається з трьох основних частин (Рис. 4):

- хмарний сервер, на якому буде проводитися аналіз та оцінка роботи учнів у процесі здачу тесту чи іспиту. В нього входять аналізатор метрик, модуль обробки запитів клієнта (API обробки), модуль обробки інтерфейсу користувача, модуль сервісу роботи з базами даних, а також модуль обробки даних користувача та пов'язаний з ним модуль машинного навчання, який саме буде аналізувати поведінку учня та давати їй комплексну оцінку;
- плагін на комп'ютері користувача, що складається з інтерфейсу, анонімайзера даних, інтерфейсу роботи з камерою та модулем роботи з хмарним сервісом через API;
- бази даних для ЄС та США будуть розділені для максимальної підтримки потенціальних користувачів у різних часових зонах, зниження вартості використання сховищ (кожне з них буде працювати у відведений час на більш дешевих тарифах, коли постійна безперервна робота сховищ коштує набагато дорожче []) та задовольняє вимогам роботи з особистими даними користувачів у цих частинах світу.

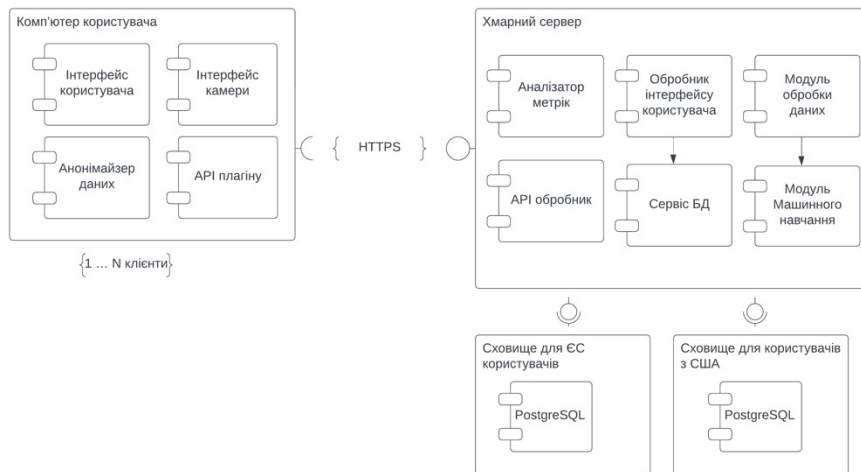


Рис.4. Діаграма компонент системи автоматизованого онлайн прокторингу

Висновки. Були вдосконалені вимоги щодо систем автоматичного онлайн прокторингу. Для реалізації більш «людяної» роботи зі студентами було запропоновано пом'якшити вимоги до оцінки їхньої поведінки (наприклад, прибрати необхідність постійно дивитися в монітор). Також рекомендується впровадити систему контролю стресу і пропонувати навчання виконувати вправи для його зняття. Такий контроль можна реалізувати більш примітивно, виставивши таймер перебування студента перед монітором. Однак у нашій системі пропонується відстежувати емоційний стан учня за допомогою аналізу емоцій і рухів з даних, отриманих з веб-камери.

Щодо безпеки з боку використання персональної інформації, було запропоновано максимально анонімізувати дані студентів після того, як вже була підтверджена їх особистість та за межами підозрілих ситуацій, які можуть свідчити про недоброчесність студента. Також було запропоновано надати студенту детальний доступ щодо умов використання його особистих даних та їх видалення з серверів системи.

Список літератури

1. Толмач, М. Цифрові технології в освіті: можливості й тенденції застосування. *IT-технології в освіті, мистецтві та культурі*. 17.12.2021. Vol. 4 No 2. P. 159–171. DOI: <https://doi.org/10.31866/2617-796X.4.2.2021.247474>.
2. Nigam, A, Pasricha, R, Singh, T, Churi, P. A systematic review on ai-based proctoring systems: past, present and future. *Educ Inf Technol (Dordr)*. 23.06.2021. Vol. 26 No 5. P. 6421-6445. DOI: 10.1007/s10639-021-10597-x.
3. ProctorU Abandons Business Based Solely on AI Code. URL: <https://www.insidehighered.com/news/2021/05/24/proctoru-abandons-business-based-solely-ai> (Дата доступу: 25.06.2023).
4. Critten, J. The Problem with Proctoring (Part 1). URL: <https://www.cu.edu/blog/online-teaching-blog/problem-proctoring-part-1> (Дата доступу: 25.06.2023).
5. Arguedas, M., Xhafa, F., Daradoumis, T. Analyzing how emotion awareness influences students' motivation, engagement, self-regulation and learning outcome. *Intelligent and Affective Learning Environments: New Trends and Challenges*. 04.2016. Vol 19 No 2. P. 87-103. URL: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.2.87>.
6. Woldeab, D., Brothen, T. 21st Century assessment: Online proctoring, test anxiety, and student performance. *The International Journal of E-Learning & Distance Education*. 2019. Vol. 34 No. 1. URL: <https://www.ijede.ca/index.php/jde/article/view/1106>.
7. Friesen, W., Ekman, P. EMFACS-7: Emotional Facial Action Coding System. 1983.
8. Clark Elizabeth, A., Kessinger J'Nai, Duncan Susan, E., Bell Martha Ann, Jacob, L., Gallagher Daniel, L., O'Keefe Sean, F. The facial action coding system for characterization of human affective response to consumer product-based stimuli: a systematic review. *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00920>.
9. Farnsworth, B. Facial action coding system (FACS) – A Visual Guidebook. URL: <https://imotions.com/blog/learning/research-fundamentals/facial-action-coding-system/> (Дата доступу: 20.06.2023).
10. Руханки та вправи для зняття напруження. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/doshkilna-osvita/suchasne-doshkillya-pid-krilami-zahistu/vseukrayinskij-naukovo-metodichnij-zhurnal-doshkilne-vihovannya/ruhanki-ta-vpravi-dlya-znyattya-napruzhennya> (Дата доступу: 15.04.2020)
11. Safely using computers at work: Guidelines for using computers. URL: <https://www.worksafe.govt.nz/topic-and-industry/work-related-health/musculoskeletal-disorders/ergonomics/safely-using-computers-at-work/> (Дата доступу: 01.07.2023)
12. Відгуки до одної с систем прокторінгу (ProctorU). URL: <https://chrome.google.com/webstore/detail/proctoru/goobgennebinldhonaajgafidboenlkl> (Дата доступу: 03.07.2023).
13. Amazon RDS pricing. URL: <https://aws.amazon.com/rds/pricing/> (Дата доступу: 20.06.2023)

А.А. Брескіна

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED ONLINE PROCTORING SYSTEM

A.A. Breskina

National Odesa Polytechnic University,
1, Shevchenka Ave. Odesa, 65044, Ukraine; e-mail: anastasia.breskina@gmail.com

The rapid development of machine learning technologies, the increasing availability of devices and widespread access to the Internet have significantly contributed to the growth of distance learning. Alongside distance learning systems, proctoring systems have emerged to assess student performance by simulating the work of a teacher. However, despite the development of image processing and machine learning technologies, modern proctoring systems still have limited functionality: some systems have implemented computer vision methods and algorithms so poorly (false positives when working with students of different nationalities) and classification of student actions (very strict requirements for student behaviour) that some software products have even refused to use modules that use elements of artificial intelligence. It is also a problem that current systems are mainly focused on tracking students' faces and gaze and do not track their postures, actions, and emotional state. However, it is the assessment of actions and emotional state that is crucial not only for the learning process itself, but also for the well-being of students, as they spend long periods of time at computers or other devices during distance learning, which has a great impact on both their physical health and stress levels. Currently, control over these indicators lies solely with teachers or even students themselves, who have to work through test materials and independent work on their own. An additional problem is the quality of processing and storage of students' personal data, as most systems require students to be identified using their identity documents and store full, unanonymised video of students' work on their servers. Based on the analysis of all these problems that impede the learning process and potentially endanger students' health in the long run, this article presents additional functional requirements for modern automated online proctoring systems, including the need to analyse human actions to assess physical activity and monitor hygiene practices when using computers in the learning process, as well as requirements for maximum protection of students' personal data.

Keywords: distance learning, automated online proctoring systems, personal data protection, analysis of human emotions, analysis of human actions.

