

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА ЕОМ

Кваліфікаційна робота

Другий рівень (магістр)

Дослідження впливу методів попередньої обробки  
зображень на точність розпізнавання райдужної  
оболонки ока

**Автор**

Ботнар П.Д.

ст. гр. СПм-22-3

**Керівник**

Барковська О.Ю.

доц. каф. ЕОМ



ОГЛЯД  
ПРОБЛЕМНОЇ  
ОБЛАСТІ

ОГЛЯД СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЗА КРИТЕРІЄМ ФОРМУВАННЯ  
ІДЕНТИФІКАЦІЙНИХ ДАНИХ

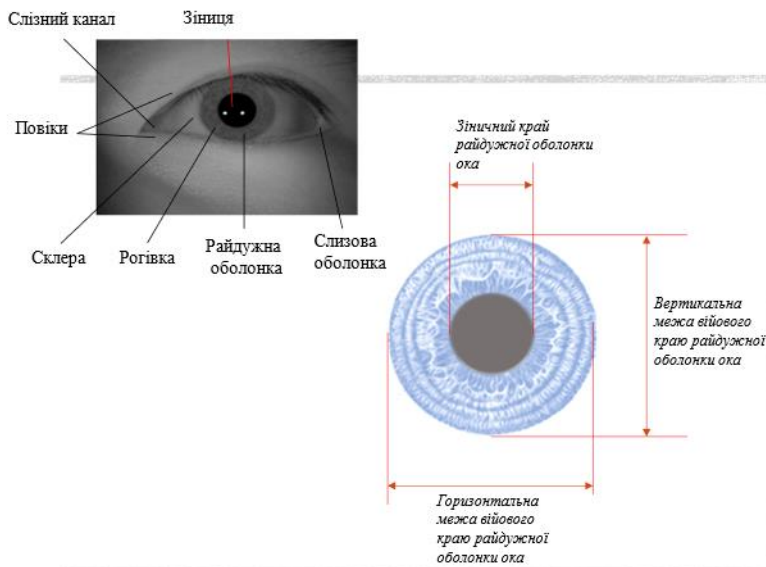
2

Біометричні фактори	Універсальність	Унікальність рис	Стабільність із часом	Легкість збору даних	Ефективність	До стійкості підробки
Обличчя	↑	↓	middle	↑	↓	↓
Відбиток пальця	middle	↑	↑	middle	↑	middle
Райдужка	↑	↑	↑	middle	↑	↑
Сітківка	↑	↑	middle	↓	↑	↑
ДНК	↑	↑	↑	↓	↑	↑
Голос	middle	↓	↓	middle	↓	↓
Постава	middle	middle	↑	middle	middle	middle

## ОГЛЯД ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ

3

ПОРІВНЯННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ФАКТОРІВ ЗА ВИДЛЕНИМИ КРИТЕРІЯМИ



## РАЙДУЖКА, ЯК ОБ'ЄКТ РОЗПІЗНАВАННЯ

4

БУДОВА ОКА ТА БУДОВА РАЙДУЖКИ

## МЕТОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Є

дослідження впливу різних методів попередньої обробки зображень на точність розпізнавання райдужної оболонки ока.

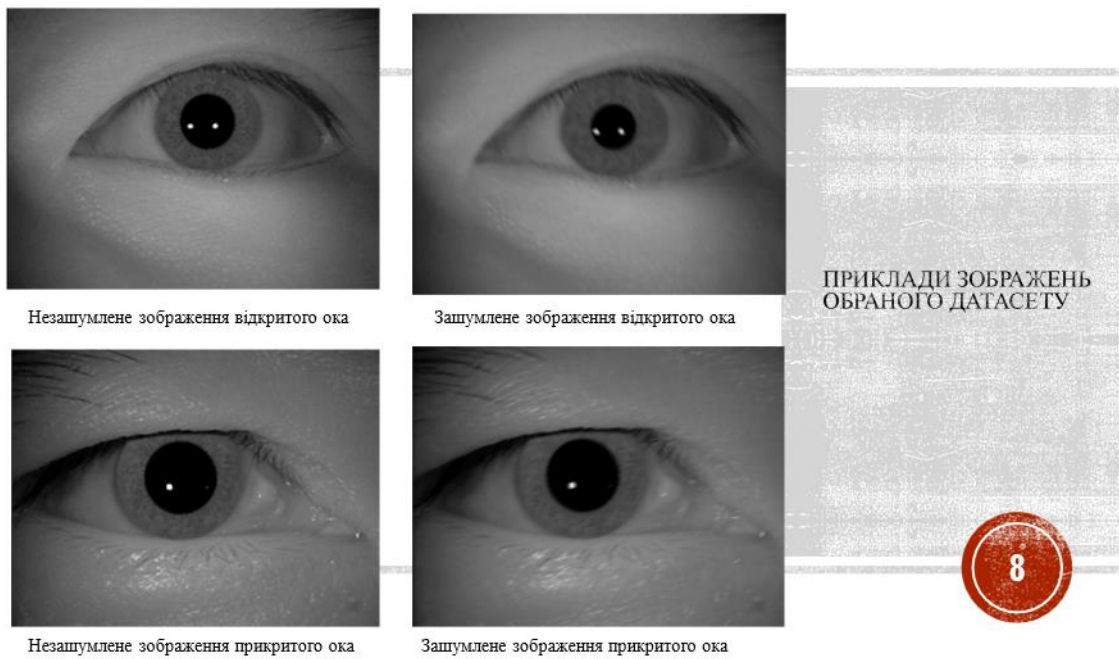
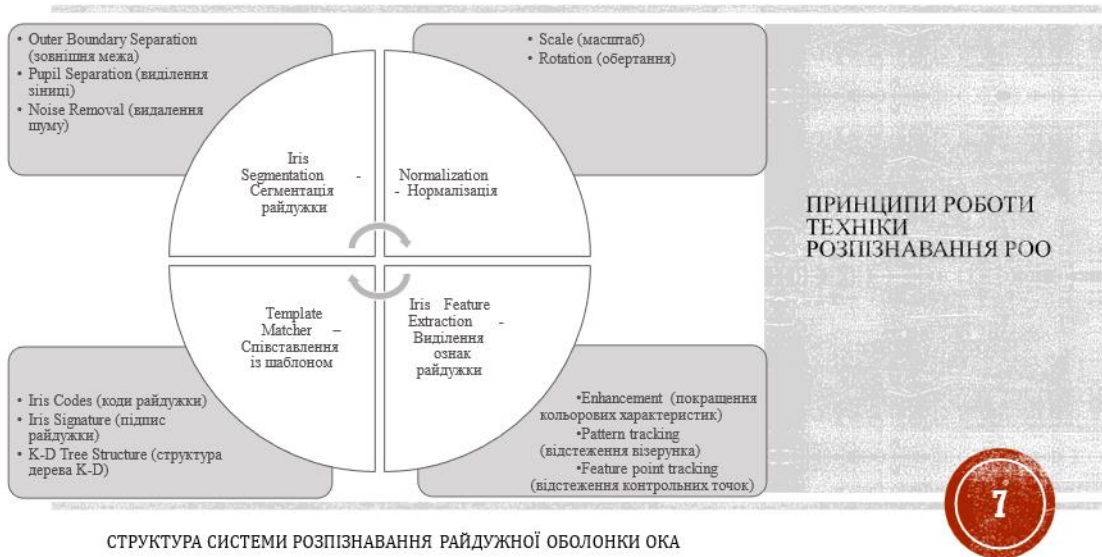
5

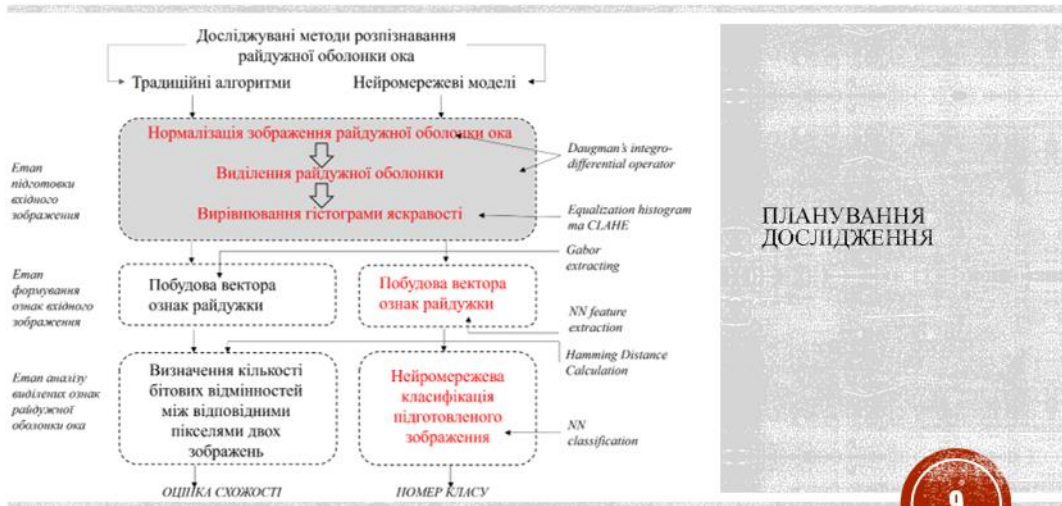
## ЗАДАЧІ РОБОТИ

## КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ

- огляд сучасних пайплайнів попередньої обробки зображень (препроцесінгу) та їхнього впливу на якість розпізнавання;
- розробка функціональної моделі системи розпізнавання райдужної оболонки ока;
- розробка методології проведення досліджень та експериментів для оцінки ефективності різних методів попередньої обробки у випадках низької якості вхідних зображень або наявності шумів;
- проведення експериментів з використанням наступних методів попередньої обробки - вирівнювання гістограми (Equalization Histogram) та адаптивне вирівнювання гістограми (CLAHE);
- оцінка результатів експериментів.

6



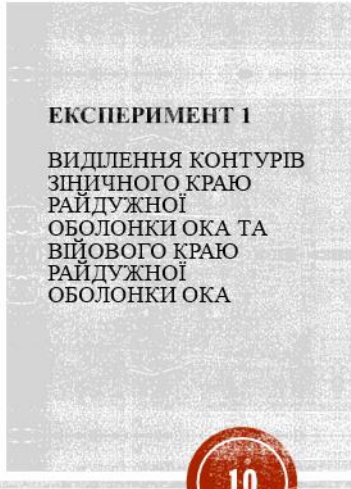
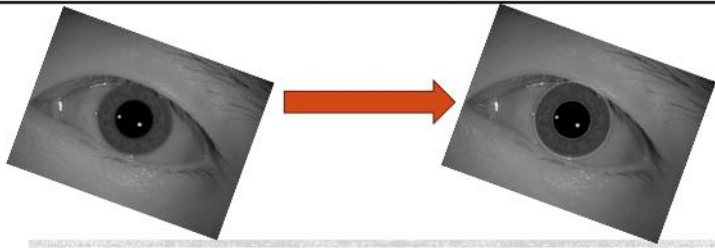


УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА МЕТОДОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

БЕЗ ПОПЕРЕДНЬОЇ НОРМАЛІЗАЦІЇ

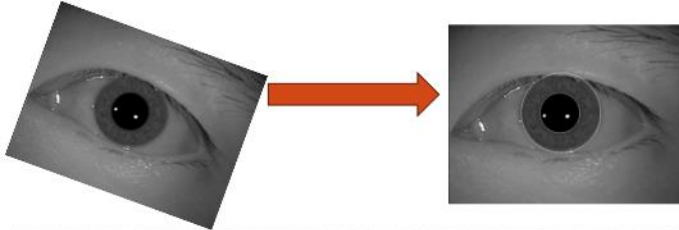
Середня оцінка точності виділення контурів по коефіцієнту Жаккара

	$S_m = 3$	$S_m = 5$	$S_m = 7$
незашумлене зображення відкритого ока	0.93	0.89	0.84
зашумлене зображення відкритого ока	0.91	0.86	0.82
незашумлене зображення прикритого ока	0.90	0.83	0.81
зашумлене зображення прикритого ока	0.89	0.86	0.80



ПІСЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ НОРМАЛІЗАЦІЇ

	Середня оцінка точності виділення контурів по коефіцієнту Жаккара		
	$S_m = 3$	$S_m = 5$	$S_m = 7$
незашумлене зображення відкритого ока	0.989	0.97	0.96
зашумлене зображення відкритого ока	0.97	0.965	0.94
незашумлене зображення прикритого ока	0.978	0.961	0.939
зашумлене зображення прикритого ока	0.971	0.959	0.941

**ЕКСПЕРИМЕНТ 1**

ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ  
ЗНІЧНОГО КРАЮ  
РАЙДУЖНОЇ  
ОБОЛОНКИ ОКА ТА  
ВІДОВОГО КРАЮ  
РАЙДУЖНОЇ  
ОБОЛОНКИ ОКА

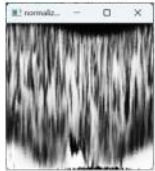
11

Еталонне зображення (без шуму) із  
виділеною райдужною оболонкою ока

Вхідне зображення (з шумом) із  
виділеною райдужною оболонкою ока



Вирівняна гистограма



Виділені ознаки Габора



Вирівняна гистограма



Виділені ознаки Габора

**ЕКСПЕРИМЕНТ 1**

ОЦІНКА ВПЛИВУ  
МЕТОДІВ  
ВИРІВНЮВАННЯ  
ГІСТОГРАМИ  
ЗОБРАЖЕННЯ НА  
ТОЧНІСТЬ ВИДІЛЕННЯ  
ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК  
РАЙДУЖНОЇ  
ОБОЛОНКИ ОКА

12

Середня відстань Хаммінга для двох однакових очей із різними умовами зйомки	
ОЦІНКА МЕТОДУ EQUALIZATION HISTOGRAM	
Зображення 1 (відкрите око)	0.347337
Зображення 2 (закрите око)	0.2849569
ОЦІНКА МЕТОДУ SLANE	
Зображення 1 (відкрите око)	0.29162
Зображення 2 (закрите око)	0.2669
ПОСЛІДОВНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ SLANE ТА EQUALIZATION HISTOGRAM	
Зображення 1 (відкрите око)	0.125033
Зображення 2 (закрите око)	0.1217115

**ЕКСПЕРИМЕНТ 1**

ОЦІНКА ВПЛИВУ МЕТОДІВ ВИРІВНЮВАННЯ ГІСТОГРАМИ ЗОБРАЖЕННЯ НА ТОЧНІСТЬ ВИДІЛЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА



**ПАЙПЛАЙН РОЗПІЗНАВАННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМРЕЖЕВИХ МЕТОДІВ**



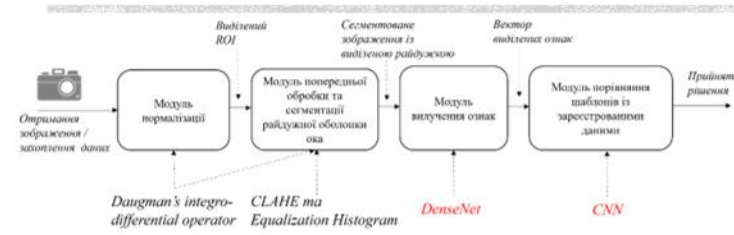
Значення порогу класифікації	Навчальна точність при розбалансованій навчальній вибірці	Навчальна точність при збалансованій вибірці (по 10 фото для кожного із користувачів)	Тестова точність при класифікації збалансованій навчальній вибірці
0.15	5%	5%	6%
0.33	86%	91%	90%
0.35	87%	94%	92%

**ЕКСПЕРИМЕНТ 1**

ТОЧНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНОГО ПАЙПЛАЙНУ БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМРЕЖЕВИХ МЕТОДІВ



ПАЙПЛАЙН ЧАСТКОВОГО НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА

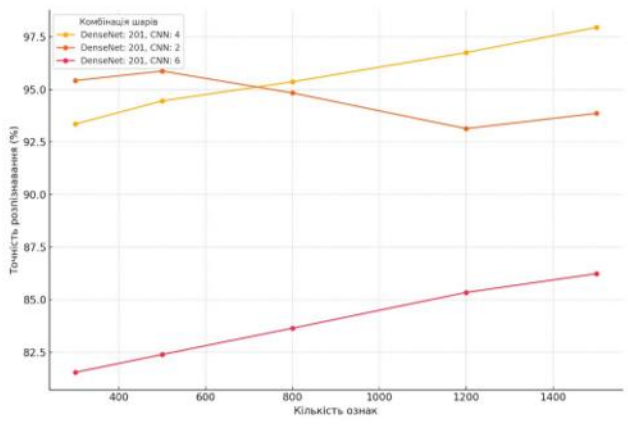


Кількість шарів DenseNet	Кількість шарів CNN	Кількість епох навчання CNN	Тестова точність збалансованій вибірці
201	4	300	93.35%
201	4	500	94.45%
201	4	800	95.36%
201	4	1200	96.75%
201	4	1500	97.95%
201	2	300	95.42%
201	2	500	95.87%
201	2	800	94.83%
201	2	1200	93.13%
201	2	1500	93.86%
201	6	300	81.54%
201	6	500	82.39%
201	6	800	83.64%
201	6	1200	85.34%
201	6	1500	86.23%

**ЕКСПЕРИМЕНТ 2**  
 ТОЧНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНОГО ПАЙПЛАЙНУ З ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МЕТОДІВ ВИЛУЧЕННЯ ОЗНАК ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ВИЛУЧЕНИХ ОЗНАК



АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ



**ЕКСПЕРИМЕНТ 2**  
 ТОЧНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНОГО ПАЙПЛАЙНУ З ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МЕТОДІВ ВИЛУЧЕННЯ ОЗНАК ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ВИЛУЧЕНИХ ОЗНАК



Кількість CNN	шарів	Кількість епох навчання CNN	Тестова точність класифікації при збалансованій навчальній вибірці	Значення функції втрат
<b>Розподіл датасету - тренувальний : валідаційний : тестовий набори = 70% : 15% : 15%</b>				
4		200	97.04%	7.42%
4		300	97.48%	6.76%
4		500	98.41%	4.61%
4		800	98.01%	1.79%
4		1200	99.43%	1.28%
4		1500	99.93%	0.58%
<b>Розподіл датасету - тренувальний : валідаційний : тестовий набори = 70% : 5% : 25%</b>				
4		200	97.17%	15.42%
4		300	98.22%	13.32%
4		500	97.87%	10.11%
4		800	98.88%	8.87%
4		1200	98.38%	8.13%
4		1500	96.22%	7.88%
<b>Розподіл датасету - тренувальний : валідаційний : тестовий набори = 50% : 25% : 25%</b>				
4		200	95.32%	22.65%
4		300	95.82%	22.05%
4		500	96.33%	20.34%
4		800	96.95%	18.05%
4		1200	98.53%	14.76%
4		1500	98.14%	13.76%

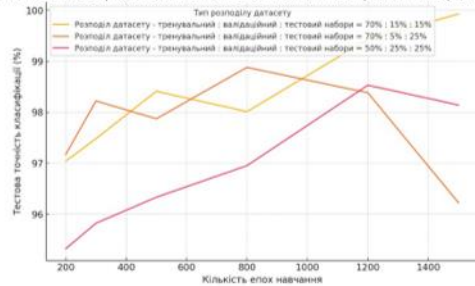
### ЕКСПЕРИМЕНТ 3

ТОЧНІСТЬ  
НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО  
РОЗПІЗНАВАННЯ  
РАЙДУЖНОЇ  
ОБОЛОНКИ ОКА НА  
ОСНОВІ ЗГОРТКОВОЇ  
НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

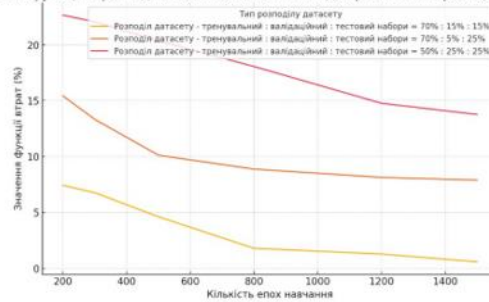
17

### АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Тестова точність класифікації від кількості епох навчання для різних типів розподілу датасету



Значення функції втрат від кількості епох навчання для різних типів розподілу датасету



### ЕКСПЕРИМЕНТ 3

ТОЧНІСТЬ  
НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО  
РОЗПІЗНАВАННЯ  
РАЙДУЖНОЇ  
ОБОЛОНКИ ОКА НА  
ОСНОВІ ЗГОРТКОВОЇ  
НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

18



В результаті виконання роботи проведено огляд сучасних систем біометричної ідентифікації на основі РОО, який показав, що ці системи мають високу точність і надійність, однак їх ефективність значно залежить від якості вхідних зображень.

Розроблено функціональну модель системи розпізнавання РОО, яка включає етапи сегментації, нормалізації, виділення ознак та порівняння шаблонів.

Проведено 4 експерименти для:

- визначення доцільності нормалізації вхідного зображення перед етапом сегментації. Аналіз отриманих результатів показав, що оптимальний розмір розмігта маски об'єкту рівний 3. Подальша сегментація виконується на зображеннях контурів, які підготовлені із врахуванням розмірів маски = 3 та після нормалізації, бо попередня нормалізація забезпечує збільшення коефіцієнта на 8%. Експериментально було встановлено, що допустимим кутом нахилу голови є 71 градус;
- дослідження впливу методів попередньої обробки на точність розпізнавання показали, що послідовне застосування CLAHE та Equalization Histogram дає найкращі результати при різних умовах зйомки, досягаючи в середньому показника подібності 0,1234 для двох ознакових очей із різними умовами зйомки, на відміну від окремого використання методу Equalization Histogram із показником близькості 0,347337 (за оцінкою відстані Хаммінга для ознак, виділених на метода Габора після нормалізації та сегментації зображення).

Загальна оцінка результатів показує, що вибір оптимальних методів попередньої обробки зображень здатні покращити точність розпізнавання райдужної оболонки ока, особливо у випадках низької якості вхідних зображень або наявності шумів, досягаючи 94% точності традиційними (не нейронмережевими методами), 97,95% на основі пайплайну часткового нейронмережевого розпізнавання райдужної оболонки ока, 99,93% без традиційних методів, тобто повністю покладаючись на згортовку нейронну мережу.

19



*Стаття у журналі, матеріали якого індексуються у наукометричній базі Web-Of-Science*

1. Olesia Barkovska, Yaroslav Liapin, Tetiana Muzyka, Ihor Ryndyk, Pavlo Botnar, "GAZE DIRECTION MONITORING MODEL IN COMPUTER SYSTEM FOR ACADEMIC PERFORMANCE ASSESSMENT. CIVIL LAW ASPECT", *Information Technologies and Learning Tools*, 2024, Vol 99, №1, 63-75pp

DOI: 10.33407/itlt.v99i1.5503

*Тези доповіді*

2. Ботнар П.Д., Барковська О.Ю. Розподілена система тестування знань учнів з підвищеною достовірністю оцінювання // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали дев'ятої міжнародної НТК. – Баку: ВА ЗС АР; Харків: НТУ «ХПШ»; Харків: ДП «ХНДІ ТМ»; Жиліна: УМЖ, 2019. – 11-12 квітня 2019. – С. 91.

3. Ботнар П.Д., Риндик І.В., Барковська О.Ю. Методи збору та обробки біометричних показників людини за допомогою апаратно-програмних засобів. // Проблеми інформатизації Тези доповідей десятої міжнародної науково-технічної конференції - ЧДТУ, ВА ЗС АР, УТІГН, НТУ "ХПШ", ХНУРЕ, "ПД ПКНДІ АП", 2022. - 24 – 25 листопада 2022 року. – с.69.

20