

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Механічний факультет
Кафедра метрології та БЖД

ДИПЛОМНА РОБОТА
магістра

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ МЕТОДІВ
РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗАНЬ ДЕКАДНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц



І. В. Грайворонська

Керівник, канд. техн. наук, доц



О. А. Коваль

Студент гр. ММ-61-22



О. А. Чаплинський

Харків — 2023

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності
Освітній рівень другий (магістерський)
Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
Освітня програма «Інтелектуальні інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О. І. Богатов
О. І. Богатов

« 11 » жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Чаплинському Олександрю Анатолійовичу

1. Тема роботи: "Дослідження достовірності методів розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії".

Керівник роботи Коваль Олександр Андрійович, канд. техн. наук, доц.

Затверджені наказом Вченої ради механічного факультету від " 11 " жовтня 2023р. № 130 .

2. Строк подання студентом роботи 30.11.2023 р.

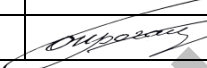

3. Вхідні дані до роботи 1). Методи розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії. 2). Достовірність розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії.

3). Методика розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії. 4). Результати експериментальних досліджень з розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії. 5). Кількість типів лічильників — один

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Вступ; 2. Порівняльна характеристика методів розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії; 3. Розробка методики розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії; 4. Результати експериментальних досліджень з розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії; 5. Охорона праці і навколишнього середовища; 6. Висновок; 7. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): плакати (слайди); 1 Результати досліджень у вигляді схем та графіків.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
5	Богатов О. І.		

7. Дата видачі завдання « 13 » вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення літератури	20.09.2023	виконано
2	Порівняльна характеристика методів розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії.	30.09.2023	виконано
3	Розробка методики розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії.	01.10.2023	виконано
4	Результати експериментальних досліджень з розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії.	20.10.2023	виконано
5	Охорона праці і навколишнього середовища	01.11.2023	виконано
8	Формулювання висновків	10.11.2023	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	20.11.2023	виконано
10	Створення презентації на Power Point	27.11.2023	виконано
11	Подання роботи керівнику.	30.11.2022	виконано
12	Подання роботи на рецензію.	01.12.2022	виконано
13	Допуск до захисту.	05.12.2022	виконано

Студент  Чаплинський О. А..

Керівник роботи  Коваль О. А.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 87 с., 28 рис., 6 табл., 1 додаток, 13 джерел.

АЛГОРИТМ ОБРОБКИ, ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, НЕЙРОННА МЕРЕЖА, ПОКАЗАННЯ, РОЗПІЗНАВАННЯ, ЦИФРОВА ДЕКАДА,

Об'єкт дослідження — інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи в центрах обліку електроенергії.

Мета роботи — підвищити надійність методу розпізнавання показань лічильників електроенергії.

Метод дослідження — нейромережеві методи розпізнавання образів, методи нечіткої логіки, прямі експериментальні методи, методи статистичного та часового аналізу даних вимірювань багатоканальних інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем центрів обліку електроенергії.

Предмет дослідження — процес розпізнавання показань лічильників електроенергії.

У магістерській роботі використані методи нейронних мереж для дослідження достовірності розпізнавання показань лічильників електроенергії і розроблена методологія та алгоритм розпізнавання показань лічильників електроенергії за даними світлофіксації.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Методи обробки даних для візуального контролю.	
Зняття показань лічильника електроенергії.....	10
1.1 Математичні методи обробки зображень для декадних лічильників електроенергії.....	10
1.2 Характер пошкодження поверхні циферблата лічильника.....	14
1.3 Розробка методу оцінки ступеня пошкодження поверхні десятицифрових циферблатів лічильників електроенергії.....	16
1.4 Висновки до розділу.....	18
2 Розпізнавання показань лічильників електроенергії на основі нейромережових методів.....	19
2.1 Методи попередньої обробки зображень показань лічильників електроенергії.....	19
2.2 Метод розпізнавання цифрових декад для лічильників електроенергії.....	21
2.3 Висновки до розділу.....	25
3 Дослідження надійності методів розпізнавання показань декадних лічильників електроенергії.....	26
3.1 Методи виявлення прямих ліній та виділення зображення циферблат.....	28
3.2 Методи покращення якості зображення циферблатів лічильників.....	34
3.3 Методика виділення показань декад.....	37
3.4 Дослідження методів виявлення країв цифрових зображень.....	39

3.5 Дослідження нейромережевого методу для розпізнавання показань лічильників електроенергії.....	45
3.6 Результати розпізнавання цифрових декадних зображень за допомогою нейронних мереж.....	47
3.7 Висновки до розділу	53
4 Охорона праці і навколишнього середовища.....	54
4.1 Правові і організаційні питання охорони праці.....	54
4.2 Промислова санітарія.....	56
4.2.1 Освітлення.....	56
4.2.2 Кондиціонування повітря.....	57
4.3 Техніка безпеки.....	61
4.4 Пожежна безпека.....	61
4.5 Джерела небезпек і шкідливих факторів.....	65
4.6 Висновки до розділу.....	66
Висновки.....	67
Перелік посилань.....	69
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи	71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЕОМ — електронно-обчислювальна машина

ДЛЕ — декадний лічильник електроенергії

ІВІС — інтелектуальна вимірювальна інформаційна система

НМ — нейронна мережа

ПЕОМ — персональна електронно-обчислювальна машина

ПОЗ — попередня обробка зображень

ЦЛ — циферблат лічильника

Кафедра МБЖД

ВСТУП

Стан автоматизованого збору даних обліку з механічних лічильників різного призначення залежить не тільки від типу та різновиду лічильника, але й від показників якості системи збору та обробки даних візуального контролю. У технічному циклі збору даних обліку помилки в розпізнаванні, класифікації та ідентифікації даних обліку повинні бути виявлені якомога раніше і вчасно виправлені до того, як вони потраплять в існуючу базу даних обліку.

Глобалізація збору даних обліку через Інтернет означає збільшення обсягів робіт і технологій, що вимагає розвитку технічних засобів та інформаційних технологій для контролю якості та точності зібраних даних обліку.

Високотехнологічні газові компанії постійно збільшують обсяги робіт з візуальної обробки результатів вимірювань для виявлення помилок та підвищення надійності результатів вимірювань, що вносяться до бази даних. Крім того, більшість існуючих рішень у цій сфері зосереджені на конкретних типах лічильників і не передбачають навчання систем для збору даних з нових лічильників електроенергії.

При цьому більшість існуючих методів та програмних додатків можуть бути використані лише як перший крок у розпізнаванні та ідентифікації лічильників десятирічної давності, а всі відомі підходи передбачають наявність експертів, які роблять висновки про остаточне розпізнавання показань. Слід зазначити, що наразі алгоритми ідентифікації зображень десятирічних лічильників недостатньо розроблені та відсутні програмні засоби автоматизації контролю якості розпізнавання, що дозволяє зменшити втручання людини за рахунок використання інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень. Крім того, більшість відомих методів не можуть бути використані в єдиній системі збору, обробки та вимірювання енергоспоживання, оскільки вони стосуються лише контролю одного типу лічильників, а не певного набору типів.

Слід також зазначити, що цей метод має суттєві недоліки. А саме, він вимагає залучення висококваліфікованих фахівців у сфері розпізнавання та класифікації графічних зображень. На даний момент зрозуміло, що для підвищення ефективності та об'єктивності ідентифікації показань механічних лічильників електроенергії необхідно використовувати підхід, який базується на застосуванні сучасних математичних методів обробки даних та алгоритмів штучного інтелекту для вирішення задачі класифікації та ідентифікації графічних зображень цифрових лічильників..

Кафедра МБЖД

1 МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ. ЗНЯТТЯ ПОКАЗАНЬ ЛІЧИЛЬНИКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Дані показань лічильника електроенергії, попередньо зібрані за допомогою оптичної стабілізації, необхідно обробити. Попередня обробка даних пов'язана з тим, що дані були зібрані за допомогою різних освітлювальних приладів та за різних умов освітлення. Крім того, самі лічильники також знаходяться в різних умовах і мають різний технічний стан. Як наслідок, деякі фрагменти пилу, тріщини, цеглинки, десятирічні деформації та зношеність дисків можуть бути помилково розпізнані як фрагменти цифр. Для зменшення помилкової класифікації на етапі класифікації результатів розпізнавання зчитування було розроблено методику математичної обробки зображень десятирічної давності.

1.1 Математичні методи обробки зображень для декадних лічильників електроенергії.

Для якісного та кількісного аналізу структури зображення циферблату лічильника щодо виявлених локальних неоднорідностей та оцінки дисперсії використовується метод математичної обробки зображень фотофіксації показань лічильників. Цей метод базується на аналізі пікселів отриманого цифрового зображення в горизонтальному та вертикальному напрямках та визначенні наступних показників

— Абсолютне значення розбіжності (цей показник відображає щільність фрагментів зображення)

— Абсолютні значення першого, третього та четвертого лапласіанів відповідно (цей показник характеризує перекриття цифрових зображень);

— Узагальнений градієнт, оцінений в абсолютних значеннях (це середня ефективна швидкість зміни кольору, що відповідає інтенсивності спалаху). Ці характеристики визначають енергетичні параметри, що відповідають розподілу

інтенсивності зображення.

Для аналізу структури цифрового декадного зображення механічного лічильника електроенергії були підготовлені зображення з різними дефектами декадного кільця (деформація, викривлення, відшарування або вигорання фарби, наявність бруду та пилу). Всього було проаналізовано 17 зображень з різних ділянок декад; 11 зображень було зроблено за допомогою смартфона з роздільною здатністю 32 мегапікселі та сім зображень з роздільною здатністю 16 мегапікселів. Результати для значень описаних вище функцій наведено в таблиці 1.1: перше, четверте, п'яте, шосте і дванадцяте зображення - це фотографії краю поверхні 10-річного кільця.

Таблиця 1.1 – Середні значення функції аналізу

Колір	Середньоквадратичне відхилення кольору	Узагальнений градієнт	Лапласіан	3-й лапласіан	4-й лапласіан	Дивергенція	№ фото
72,3	42,7	43,2	127,3	215,3	407,8	71,7	1
103,3	54,0	46,7	146,8	253,8	478,4	82,9	4
95,5	32,5	32,4	97,0	168,7	317,1	55,3	5
107,1	28,9	30,5	89,8	152,7	288,6	50,8	6
110,7	32,1	32,8	95,6	164,3	310,0	54,9	2
128,7	29,5	31,6	94,0	157,0	295,7	53,3	3
117,1	29,6	29,5	85,8	146,4	275,5	49,3	7
143,4	51,6	47,9	142,2	250,0	473,4	81,6	8
93,6	23,1	22,5	68,1	121,0	231,3	37,8	9
58,4	15,7	15,6	48,3	83,1	156,9	27,0	10
95,0	29,2	25,7	75,2	127,8	236,9	45,2	11
112,6	18,0	14,2	47,9	85,6	161,1	27,0	12
43,0	22,3	16,7	62,2	117,2	228,3	32,5	13
41,5	21,1	15,7	58,6	110,6	215,1	30,7	14
95,5	17,6	13,8	48,2	88,4	168,8	26,6	15
89,3	17,3	13,6	48,3	89,2	171,3	26,3	16
60,6	23,6	18,5	64,0	116,9	222,8	35,5	17
60,8	23,5	18,5	64,0	117,2	223,3	35,4	18

Отримані результати дозволяють оцінити дифузійні та структурні зміни, спричинені випалюванням фарби під час експлуатації різних циферблатів. Для цього було проведено порівняння функціональних змін у різних ділянках різних циферблатів. Враховуючи тип вимірювального приладу, зображення циферблатів та місце проведення структурного аналізу, доцільно порівнювати кожне зображення окремо. Аналіз зображень показує, що параметри розсіювання енергії поблизу країв робочого диска збільшуються і характеризуються зміною інтенсивності результуючих дифузійних процесів і щільності фрагментів зображення. Крім того, було оцінено неоднорідність структури у вертикальному та горизонтальному напрямках (табл. 1.2). Чим ближче цей показник до 1, тим більш однорідними є сформовані структури.

Таблиця 1.2 – Середня неоднорідність структури циферблату.

Горизонтальна неоднорідність	Вертикальна неоднорідність	№ фото
0,832	0,518	1
0,938	0,577	4
0,930	0,759	5
0,935	0,840	6
0,943	0,814	2
0,942	0,891	3
0,961	0,853	7
0,966	0,731	8
0,971	0,863	9
0,941	0,849	10
0,914	0,786	11
0,996	0,920	12
0,976	0,735	13
0,975	0,745	14
0,993	0,921	15
0,993	0,915	16
0,982	0,766	17
0,982	0,766	18

Аналіз даних показує, що під впливом вицвітання фарби та деформації десятирічного кільця найбільш однорідні структури формуються як по вертикалі, так і по горизонталі біля краю диска (табл. 1.2, фото №12). Саме в цій зоні спостерігаються локальні пошкодження та підвищена неоднорідність через наявність пор і тріщин, що впливає на якість розпізнавання цифр на циферблаті. В цьому випадку збільшення анізотропії зображення визначає ступінь зношеності поверхні циферблата. На рисунку 1.1 показано приклад середнього розподілу неоднорідності на поверхні циферблату 10-річного лічильника.

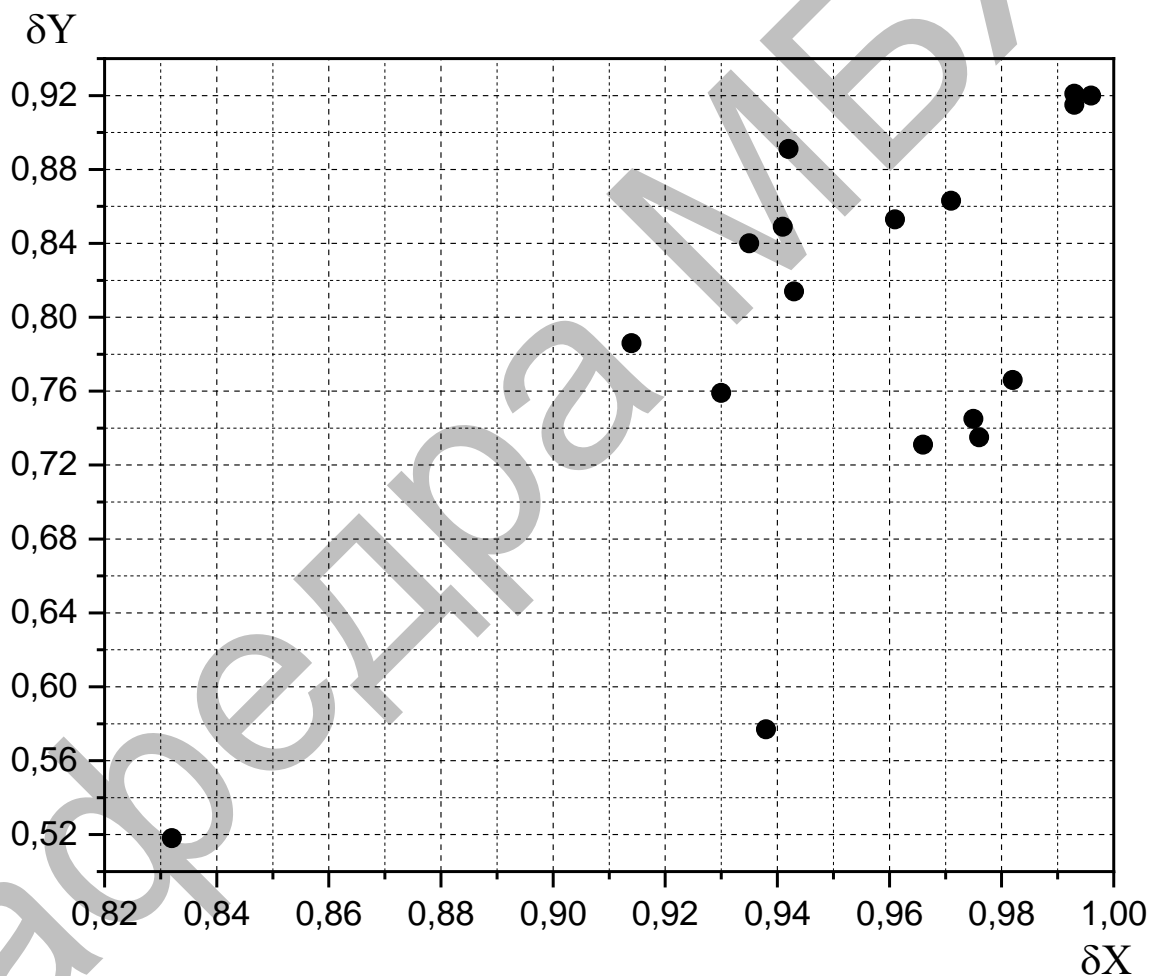


Рисунок 1.1 – Розподіл середньої розмитості зображення цифри

Цей аспект структурної неоднорідності завжди виникає, якщо лічильник встановлений на відкритому повітрі і не захищений від прямих сонячних променів.

Дослідження показали, що 10-річні диски лічильників піддаються багаторазовим навантаженням під час експлуатації. Характеристики стійкості (фізична або обмежена межа витривалості) до повторних навантажень сильно залежать від умов (факторів), за яких відбувається повторне навантаження. Для того, щоб спроектувати новий циферблат з конкретними експлуатаційними характеристиками або оцінити залишковий ресурс лічильника в цілому, необхідно встановити загальну криву деформування за умов дії відповідних факторів або визначити індивідуальні характеристики кожного диска.

Експериментальні методи побудови деформаційних кривих не завжди прийнятні. Необхідно розробити методи оцінки терміну служби. Розробка і подальша валідація таких методів є особливо привабливою, якщо вони базуються на інформації, отриманій за допомогою методів оцінки терміну служби, заснованих на аналізі поверхні диска.

Недоліком цих методів є те, що точність визначення кількості пошкоджених елементів є досить низькою через суб'єктивність оцінки, яку робить експерт, аналізуючи дані, отримані з фотофіксації показань. Необхідність підвищення точності оцінки вимагає вирішення проблеми автоматичної обробки зображень циферблатів та розробки методики оцінки залишкового ресурсу дискових касет у циферблатах 10-річних лічильників електроенергії. У цій роботі розглядається варіант, що базується на використанні спеціальних точок на поверхні пошкодження для вирішення цих завдань.

1.2 Характер пошкодження поверхні циферблата лічильника

Похибки в роботі здебільшого видно на вільній поверхні циферблата. Вони є результатом поєднання декількох факторів у конструкції декадного циферблата лічильника. Пошкодження у вигляді тріщин і подряпин утворюються на поверхні десятицевого циферблата. Тріщини є якісним показником поведінки матеріалу диска при циклічному навантаженні. Процеси втоми відображаються в пошкодженнях поверхні диска деки.

На основі кількісної оцінки ступеня пошкодження поверхні матеріалу існує ряд методів оцінки окремих показників деформаційного стану диска

([1-11]), де в якості кількісного показника ступеня пошкодження використовується або абсолютне значення кількості характерних елементів структури пошкодженої поверхні (кількість, ширина і довжина фрагментів шорсткого ковзання) [12], або комбінація цих показників [13].

Поверхнєве пошкодження Φ використовується як критерій для оцінки поведінки матеріалу під час деформації.. Щоб кількісно оцінити це пошкодження, воно повинно бути виражене як функція багатьох факторів, таких як кількість дисків набору n_{31} , кількість пошкоджених дисків n_{32} , різниця між кількістю непошкоджених і пошкоджених дисків по всій площі набору n_{33} , кількість дисків, пошкоджених подряпинами і відколами n_{34} , загальна кількість подряпин і відколів на пошкоджених дисках n_{n1} , кількість подряпин n_{n2} , фактична площа диска F_m і площа робочої поверхні диска-зразка $F_{обр}$

$$\Phi = f(n_{31}, n_{32}, n_{33}, n_{34}, n_{n1}, n_{n2}, F_m, F_{обр}). \quad (1.1)$$

Пошкодження характеризується функцією, прямо пропорційною його значенню: $n_{32} / n_{31}, n_{34} / n_{33}, n_{n2} / n_{n1}, F_m / F_{обр}$.

Індикатор n_{31} характеризується тим, що F_m і $F_{обр}$ не змінюються зі збільшенням терміну служби лічильника електроенергії (збільшення кількості обертів диска N). А показники: $n_{32}, n_{33}, n_{34}, n_{n1}, n_{n2}$ – збільшуються. В результаті взаємодії цих величин n_{32}, n_{34}, n_{n2} поверхня диска може погіршуватися (деформуватися) і утворюватися тріщини. Функція пошкодження поверхні диска за десятиліття може бути виражена наступним рівнянням [14]:

$$\Phi = \frac{n_{32}}{n_{31}} \cdot \frac{n_{34}}{n_{33}} \cdot \frac{n_{n2}}{n_{n1}} \cdot \frac{F_m}{F_{обр}}. \quad (1.2)$$

Слід зазначити, що якщо кількість пошкоджених дисків дорівнює нулю, то це означає, що пошкоджених дисків немає і поверхня циферблату лічильника має нульові пошкодження. Однак, якщо така ситуація має місце, то отримані результати розрахунків відкидаються і в подальшому не враховуються через наявність пошкоджених дисків [12].

Методика оцінки стану поверхні дискового циферблату лічильника електроенергії за рівнянням (1.2) має ряд особливостей. Перш за все, варто зазначити, що розрахунки є дуже трудомісткими і накладають ряд обмежень як на розрахунковий інструмент, так і на рівень підготовки фахівця. Присутній і людський фактор, оскільки остаточні рішення за результатами розрахунків приймаються людьми.

Для прискорення роботи та зменшення ймовірності помилок пропонується розглянути можливість використання нейронної мережі для визначення величини пошкодження десяткової поверхні циферблату лічильника електроенергії.

1.3 Розробка методу оцінки ступеня пошкодження поверхні десяткових циферблатів лічильників електроенергії

Оцінка стану поверхні 10-річного циферблату лічильника електроенергії базується на дослідженні та попередній обробці отриманих зображень циферблату.

Методика оцінки ступеня пошкодження поверхні 10-річного циферблату лічильника електроенергії включає наступні етапи

1. Попередня обробка зображення. Отримане зображення лічильника електроенергії попередньо обробляється з метою визначення інформаційних ознак, які є входними ознаками нейронної мережі.

На першому етапі попередньої обробки відбувається бінаризація напівтонового (сірого) зображення. Зображення ділиться на однакові за формою ділянки. Кожен сегмент аналізується і вибирається оптимальний поріг

бінаризації. Це дозволяє визначити значення точок у процесі бінаризації. Для того, щоб мінімізувати можливі помилки на ділянках з сильними дефектами зображення, враховуються також значення порогів, визначені на сусідніх ділянках.

На другому етапі попередньої обробки поверхні декадного квадранта зображення скелетується. Основною метою цього процесу є створення лінії (скелету), що проходить через центр аналізованого об'єкта. Процедура складається з послідовного симетричного виділення граничних точок об'єкта до тих пір, поки не буде отримана лінія товщиною в один елемент, яка називається "скелетом" вихідного об'єкта.

2. Виділення особливих точок на пошуковому зображенні. Зображення, отримане на попередньому етапі, використовується для виділення особливих точок. На цьому етапі здійснюється пошук кінцевих точок, точок біфуркації та ліній: якщо в полі з дев'яти точок є лише одна чорна точка - це кінцева точка; якщо дві - точка є частиною лінії; якщо три - точка є частиною лінії. Якщо точка оточена трьома чорними точками, вона вважається точкою відгалуження [15].

В результаті створюється спеціальний вектор точок (вектор пар координат), який однозначно характеризує зображення поверхні циферблата.

3. Нейромережева обробка зображень для вилучення інформації, що вказує на наявність цифр. Для створення процедури оцінки пошкоджень на поверхні дисків циферблатів лічильників можуть бути ефективно використані байєсівські методи навчання нейронних мереж [16], такі як багатошарові персептрони та мережі на основі радіальних базисних функцій. Кожна з цих мереж може розв'язувати задачу відновлення залежності на основі навчальної вибірки та має універсальні апроксимаційні можливості.

Також розглянемо розв'язання задачі за допомогою багатошарового персептрона з проміжним шаром. Кількість нейронів у вхідному шарі визначається подвоєнням кількості особливих точок у вхідному векторі (оскільки точки характеризуються значеннями у двовимірній системі координат на досліджуваній поверхні). Початкова кількість нейронів у прихованому шарі

дорівнює половині кількості нейронів у вхідному шарі. Пізніше, відповідно до результатів навчання та моделювання, кількість нейронів у прихованому шарі може бути змінена. Вихідний шар спроектованої мережі містить один нейрон.

Навчальні вибірки генеруються з використанням векторів (векторів пар координат особливих точок), отриманих на попередньому етапі. Моделювання навчання нейронної мережі за розробленим алгоритмом показує досить хороше узгодження між нейронною мережею та експертними прогнозами.

Запропонований метод дозволяє підвищити швидкість проведення досліджень з визначення пошкоджень на поверхні 10-річного циферблату та зменшити витрати на проведення таких досліджень. Також можна підвищити якість аналізу, використовуючи отриманий алгоритм у поєднанні з експертною роботою.

1.4 Висновки до розділу

Комплексне дослідження зображень 10-річних циферблатів механічних лічильників потужності виявило поверхневі зміни та структурну деградацію на основі технологічних змін колірних характеристик дисків під час експлуатації. Математичний метод, використаний для ідентифікації структурних змін, був також застосований для визначення максимальної локальної неоднорідності поблизу краю робочої поверхні диска, що пов'язано з наявністю пор і тріщин.

Запропонований метод попередньої обробки зображення десятирічного циферблату механічного лічильника потужності, що базується на використанні спеціальних точок, сформованих на пошкодженій поверхні циферблату, дозволяє автоматизувати процедуру формування оцінки ресурсу роботи механізму диска циферблату з достатньою точністю та об'єктивністю.

2 РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗАНЬ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МЕТОДІВ

Розпізнавання показань лічильника електроенергії за допомогою нейронної мережі складається з двох основних етапів:

1. Отримане зображення циферблату попередньо обробляється для виділення інформаційних ознак, які слугують вхідними значеннями для нейронної мережі, що ідентифікує показання цифрового лічильника.

2. Виділені вхідні значення обробляються шляхом сегментації зображення у прихованому шарі нейронної мережі для ідентифікації та класифікації показань лічильника. Розглянемо ці етапи більш детально.

2.1 Методи попередньої обробки зображень показань лічильників електроенергії

Зображення цифрового циферблату лічильника отримується з фотографії лічильника електроенергії, зробленої за допомогою смартфона або веб-камери, підключеної до локальної мережі. Отримане напівтонове зображення циферблату лічильника бінаризується. Для бінаризації зображення циферблату лічильника було запропоновано метод зі змінним порогом перетворення [16-19]. Основна ідея алгоритму бінаризації полягає в наступному: зображення розбивається на області різної форми, кожна з яких аналізується і вибирається оптимальний поріг дуалізації. При цьому враховується поріг, знайдений для найближчої області, щоб мінімізувати можливі помилки в областях з сильними дефектами зображення. Необхідність врахування порогів, знайдених для найближчих областей, пов'язана з необхідністю мінімізації помилок, які можуть виникнути у випадках, коли на зображенні є серйозні дефекти по декадах квадранта.

Після процесу бінаризації необхідно визначити інформативність зображення. Як відомо [17, 18], для розпізнавання та аналізу об'єктів на зображенні найбільш інформативними є граничні ознаки (контури) об'єктів, а не

їхні значення яскравості. Іншими словами, основна інформація міститься не в яскравості окремих областей, а в їхніх контурах. Тому завданням виділення контурів є створення зображення меж об'єкта та контурів однорідних областей.

Тому наступними кроками є скелетування (виділення меж сегментів) та визначення базової точки зображення за допомогою фільтра Превітта (згідно з [19] найбільш завадостійкого фільтра). Маска фільтра Превітта визначається за наступною формулою:

$$H_X = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad H_Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}. \quad (2.1)$$

Потім зображення ділиться на матрицю 3×3 .

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{pmatrix}, \quad (2.2)$$

де $a_1 \dots a_9$ – позначає рівень сірого для кожного пікселя матриці.

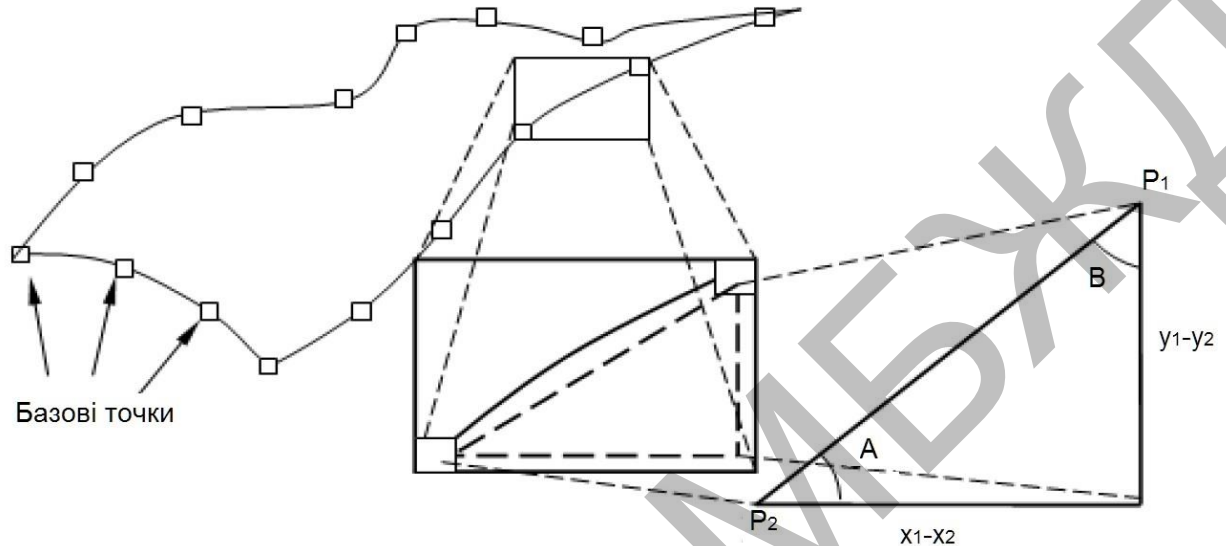
Далі проводяться розрахунки X та Y за формулою:

$$\begin{cases} X = -1 \cdot a_1 + 1 \cdot a_3 - 1 \cdot a_4 + 1 \cdot a_6 - 1 \cdot a_7 + 1 \cdot a_9 \\ Y = 1 \cdot a_1 + 1 \cdot a_2 + 1 \cdot a_3 - 1 \cdot a_7 - 1 \cdot a_8 - 1 \cdot a_9 \end{cases}. \quad (2.3)$$

На останньому кроці обчислюється градієнт Превітта за наступним рівнянням:

$$G_p = \sqrt{X^2 + Y^2}. \quad (2.4)$$

Базова точка - це точка межі сегмента, необхідна для створення сегментів на основі сегментів. Після визначення базової точки визначаються сегменти, що представляють зображення декад квадранта (рисунк 2.1).



Рисунк 2.1 – Сегменти проаналізованих зображень поверхонь циферблатів.

Елементи сегмента зображення цифри формуються за допомогою діагоналей трикутника, утвореного вертикальними лініями, проведеними з двох сусідніх базових точок, як показано на рисунку 2.1. Зображений сегмент задається функцією \sin і \cos та значеннями кутів A та B .

Крім того, для розпізнавання пропонується використовувати нейронні мережі, що додасть розробленому інструменту контролю можливості навчання та дозволить діагностувати стан різних циферблатів.

2.2 Метод розпізнавання цифрових декад для лічильників електроенергії

Після попередньої обробки отримані значення вже оцифрованого зображення циферблата лічильника ват-годин подаються на вхід нейронної мережі. Для розв'язання задачі розпізнавання обрано багатошарову мережу. Це пов'язано з тим, що такі мережі використовуються для розв'язання задач розпізнавання образів та класифікації [19].

Для того, щоб розв'язати задачу за допомогою нейронної мережі, необхідно спроектувати структуру мережі, яка б відповідала поставленому завданню. Це передбачає вибір шарів мережі та кількості нейронів у кожному шарі.

Нейронна мережа, що використовується для вирішення поставленої задачі, являє собою багатошаровий персептрон з нейронами у вхідному, прихованому та вихідному шарах. Пропонується, щоб кількість нейронів у вхідному шарі дорівнювала кількості рішень (цифр) у цифровому циферблаті. Кількість вхідних шарів обчислюється множенням кількості базових областей розпізнавання (кількості цифр, що розпізнаються) у зразку зображення на три (оскільки точки характеризуються наступними параметрами: косинус, синус і яскравість). Оскільки прихований шар виконує сегментацію зображення на основі базових точок областей сегментів, тобто для кожної точки сегмента обчислюється апроксимація на основі параметрів базових точок, то розмір прихованого шару обчислюється як кількість нейронів у вхідному шарі, поділена на три. Розмір вихідного шару визначається кількістю цифр, які потрібно розпізнати. На рисунку 2.3 показано структуру нейронної мережі для розпізнавання вимірних значень механічного декадного лічильника електроенергії.

Після того, як структура нейронної мережі обрана, її потрібно навчити. Як відомо [19], навчання нейронної мережі вимагає налаштування ваг кожного елемента таким чином, щоб значення помилки (різниця між фактичним та бажаним виходом) було невеликим. Для цього нейромережа повинна обчислювати похідні помилки за вагами. В якості рішення було обрано алгоритм зворотного поширення [19]. В алгоритмі зворотного поширення функція активації повинна бути диференційованою по всій області.

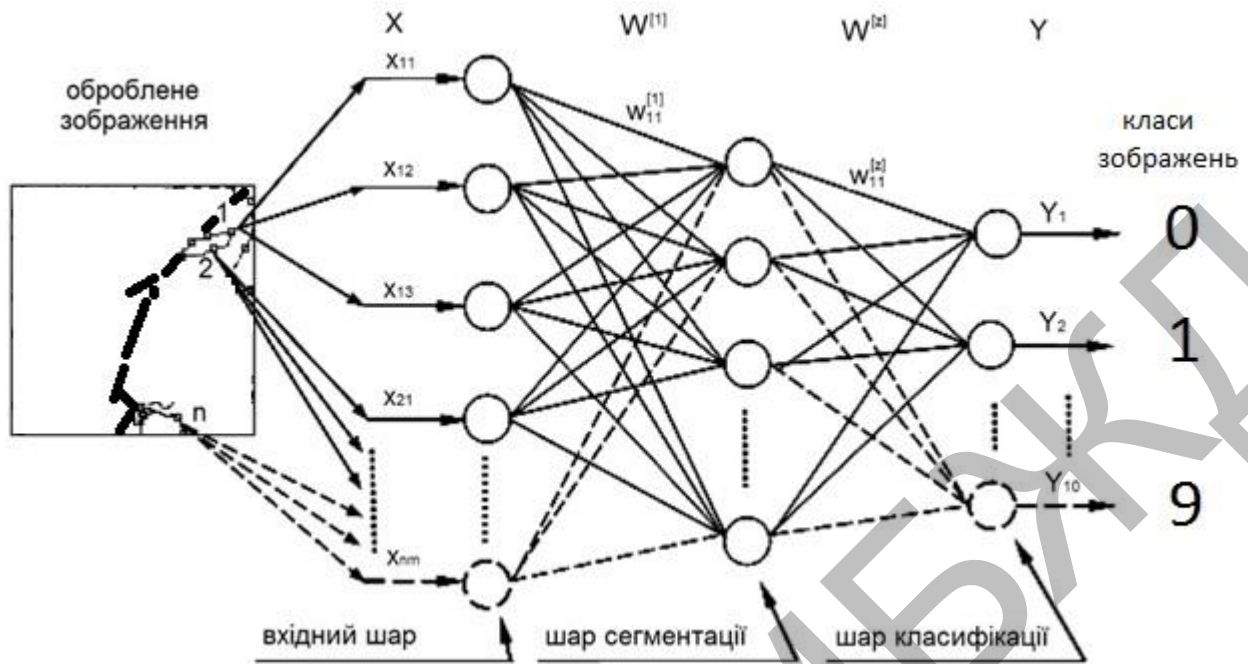


Рисунок 2.3 – Структура нейронної мережі

Рекомендується використовувати функцію сигмоїдальної активації. [14]:

$$y_i = \frac{1}{1 + e^{-(x_i \cdot w + b)}} \quad (2.5)$$

Графіки функцій активації при різних значеннях параметрів наведено на рисунках 2.4 та 2.5.

Для оцінки якості розпізнавання було розраховано середньоквадратичну похибку:

$$E = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - y(k_i))^2, \quad (2.6)$$

де E – помилкове розпізнавання;

y_i – значення i -го виходу мережі під час розпізнавання зображення;

$y(k_i)$ – значення i -го еталонного виходу мережі, що відповідає класу зображення.

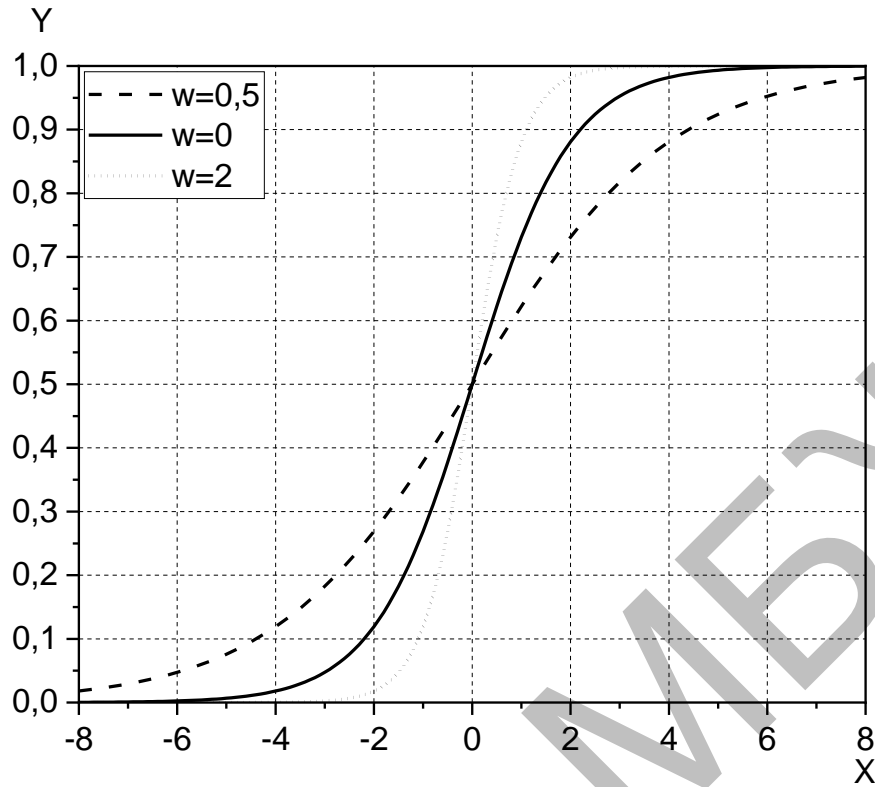


Рисунок 2.4 – Графік функції активації при різних значеннях параметра w

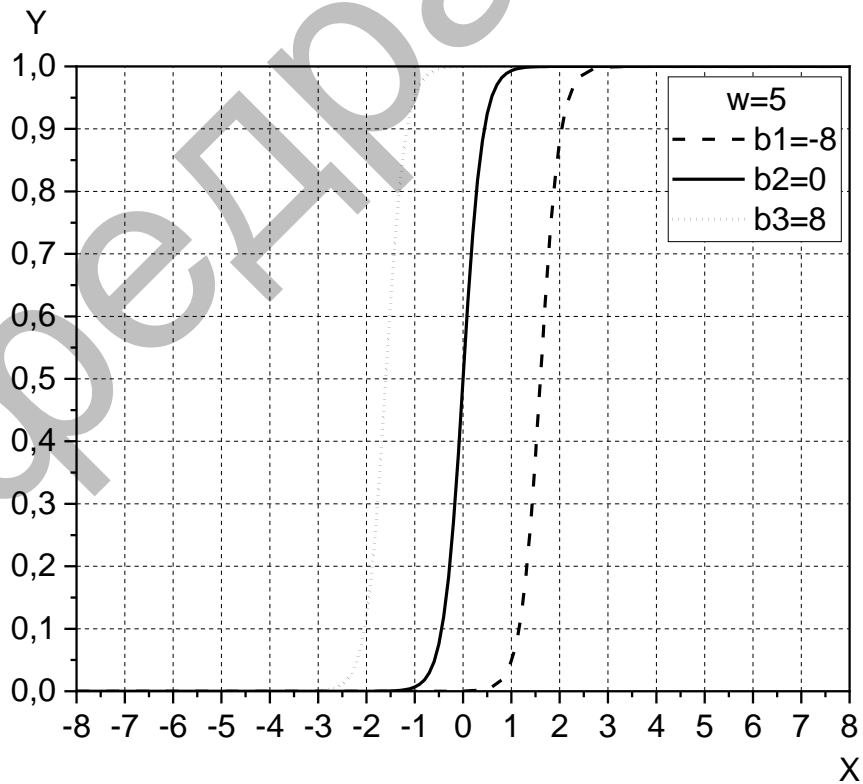


Рисунок 2.5 – Графік функції активації при різних значеннях параметра b

Після обробки отриманих значень вхідних векторів навчена нейронна мережа виробляє вихідний вектор, значення якого аналізуються і зображення можна віднести до певного класу за встановленими правилами.

Навчання нейронної мережі має відбуватися на основі десятків еталонних зображень лічильників газу. Навчальний набір складається з 200 зображень циферблатів, 100 "правильних" і 100 "неправильних" зображень. Під "правильними" маються на увазі зображення еталонних декад, а під "неправильними" - випадки, коли зображення еталонних декад спотворені шумом і розпізнавання (класифікація) зображень нейронною мережею відбувається неправильно. Таким чином, нейромережа навчається неправильно розпізнавати "хибні" зображення, тобто реагувати на них.

В якості контрольної вибірки було використано 200 зображень циферблатів лічильників електроенергії.

2.3 Висновки до розділу

За результатами дослідження в цьому розділі запропоновано методику ідентифікації показань циферблатів. Методика характеризується тим, що процедура виділення 10-значних чисел на фотографії лічильника передбачає визначення меж чисел та їх апроксимацію пунктирними лініями.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗАНЬ ДЕКАДНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Існують різні типи лічильників електроенергії залежно від їхньої роботи. Деякі з них обладнані спеціальними шинами та інтерфейсами для автоматичного зняття показань. Однак найпоширенішими в побуті є прості лічильники без таких інтерфейсів. Тому єдиним варіантом, що залишається, є візуальне зняття показань за допомогою фотографії, яка потім передається до відповідного центру обробки. Для того, щоб автоматизувати введення показань, необхідно правильно розпізнати показання лічильників на фотографіях. Це завдання ускладнюється тим, що якість фотографій може бути різною (нечіткі, спотворені, брудне скло лічильника тощо). Важливо розробити відповідні алгоритми та програми для розпізнавання показань лічильників. У цьому розділі ми розглянемо різні техніки та методи розпізнавання показань лічильників за допомогою Python та хмарного сервісу Colab. Найважливіші фрагменти коду в Colab будуть представлені в цій статті, щоб покращити відтворюваність методів Python у майбутньому.

```
# Підключіть необхідні бібліотеки
import os
import cv2
import numpy as np
from google.colab.patches import cv2_imshow
```

Зображення було попередньо оброблено за допомогою OpenCV та бібліотеки Pillow. Вхідне зображення показано на рисунку 3.1:

```
# Використання OpenCV для читання зображень з файлів.
img = cv2.imread('./drive/MyDrive/counter/d3_0.jpg')
# Показати дисплей лічильника. cv2_imshow(img)
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```



Рисунок 3.1 — Вид декадних лічильників електроенергії

Звичайно, для подальшої обробки бажано виділити з усього зображення лише циферблати лічильників. Це можна зробити вручну, але це дуже трудомісткий процес, який вимагає як відповідного програмного забезпечення, так і підготовки оператора. Водночас, за допомогою відповідних бібліотек Python та функцій обробки зображень цей процес можна повністю автоматизувати.

Наприклад, на етапі попередньої обробки зображення лічильника (рис. 3.1) необхідно

- Виявити всі горизонтальні та вертикальні лінії на зображенні;
- Виділити лише лінії, що обмежують прямокутник квадранта, використовуючи порогове значення за рівнем яскравості;

— За координатами перетину виділених вертикальних і горизонтальних ліній вирізати із зображення квадратний прямокутник циферблата.

3.1 Методи виявлення прямих ліній та виділення зображення циферблата

Цифрові зображення лічильників електроенергії мають особливі геометричні форми, наприклад, прямі лінії. Для того, щоб виділити лише зображення циферблату з відповідними цифровими декадами з цілого зображення лічильника, необхідно виявити такі особливі геометричні форми. Перетворення Хафлайна є одним з таких інструментів виявлення.

Принцип перетворення Хафлайна полягає в перетворенні точок на заданому графіку в набір просторів параметрів і знаходженні рішення, що відповідає максимальному значенню за сукупним результатом точок в просторі параметрів, що відповідають параметрам геометричної фігури, яку потрібно шукати.

У випадку перетворення Хафліна найбільшою проблемою є перетворення вихідного простору в простір параметрів. Візьмемо для прикладу виявлення прямої лінії, припустимо, що є пряма, відстань по вертикалі від початку координат до прямої дорівнює a , а кут між вертикальною лінією та віссю дорівнює θ (рис. 3.2). Це відповідає прямій у просторових координатах. Іншими словами, в просторових координатах існує пряма, що проходить через точки 1, 2 і 3. Іншими словами, ці три точки лежать на одній прямій. У свою чергу, ми можемо знайти точку з найбільшою кількістю перетинів і повернути її в ту область простору, де вона є прямою. Чому нам потрібно знайти точку, яка найбільше перетинається з точкою? Тому що крива вище - це крива, яка має лише три точки. Якщо точок у просторі багато, то точки перетину не будуть такими, як показано на схемі вище, і можуть перетинатися кілька кривих. Однак на кривій є точка перетину, яка

повинна бути точкою перетину всіх точок на прямій, оскільки це точка, яка перетинається найчастіше.

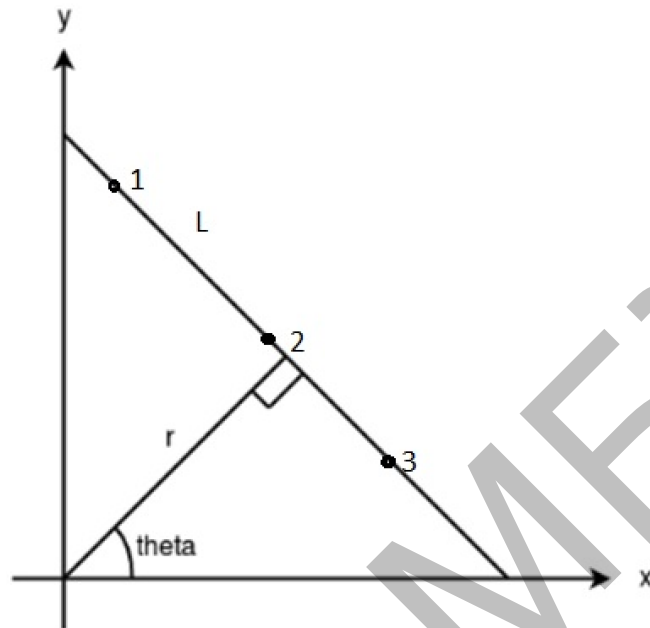


Рисунок 3.2 — Виявлення прямих ліній

Будь яка пряма може бути виражена наступним чином:

$$y = mx + c, \quad (3.1)$$

або в просторових координатах:

$$r = x \cos(\theta) + y \sin(\theta), \quad (3.2)$$

де r — відстань по вертикалі від початку координат до прямої лінії;

θ — кут проти годинникової стрілки між цією прямою і горизонтальною віссю (цей напрямок залежить від способу представлення системи координат, і саме таке представлення використовується в описаній нижче бібліотеці OpenCV Python). Таким чином, будь-яку пряму лінію можна представити за допомогою наступних двох доданків. (r, θ) (рисунок 3.2).

Метод відокремлення циферблата лічильника від усього зображення за допомогою методу Хафлайна полягає в наступному.

Спочатку створюється двовимірний масив (для зберігання значень двох параметрів) і спочатку всім значенням у масиві присвоюється 0. Ярки позначаються через r , а стовпчики через θ . Розмір масиву залежить від необхідної точності. Наприклад, припустимо, що потрібна кутова точність 1 градус. У цьому випадку потрібно 180 стовпців (максимальний градус лінії дорівнює 180). Максимально можлива відстань - це довжина діагоналі зображення. Отже, кількість рядків з точністю до найближчого пікселя дорівнює довжині діагоналі зображення.

Наприклад, проаналізуємо зображення розміром 100 x 100 пікселів з горизонтальною лінією посередині. Розглянемо першу точку лінії. Координати відомі. Тепер значеннями рівняння лінії є 0,1,2,... Для кожної пари збільшимо значення відповідного елемента на 1. Іншими словами, елемент (50, 90) масиву дорівнює 1 разом з іншими елементами. Зробіть ту ж саму операцію, що і вище. Збільште значення елемента масиву, що відповідає отриманому вектору. Цього разу елемент масиву (50, 90) матиме значення 2. Продовжуйте цей процес для кожної точки на прямій. У кожній точці елемент масиву (50, 90) збільшується, в той час як інші клітинки залишаються незмінними. Таким чином, в решті-решт елементи масиву (50, 90) матимуть найбільше значення (вагу). Іншими словами, якщо ми шукаємо елемент з найбільшою вагою в масиві, ми знайдемо елемент (50, 90), що означає, що на цьому зображенні лінія знаходиться на відстані 50 пікселів від початку координат (рисунок 3.3).

Розглянемо цей алгоритм ще раз (рисунок 3.3). Ви побачите, що перетворення Хафлайна – це перетворення параметрів зображення. Кожна точка відображається, і кожне зображення виконується кілька разів. Параметр розміру кутового інтервалу становить 10 градусів. Тоді загалом потрібно обробити 360 000 зображень. Розглянемо час обчислень для кожного зображення. Можна уявити, наскільки це буде трудомістко. Тому алгоритм потребує вдосконалення в різних напрямках:

- Перше - це покращення зображення;
- Друге - контурування.

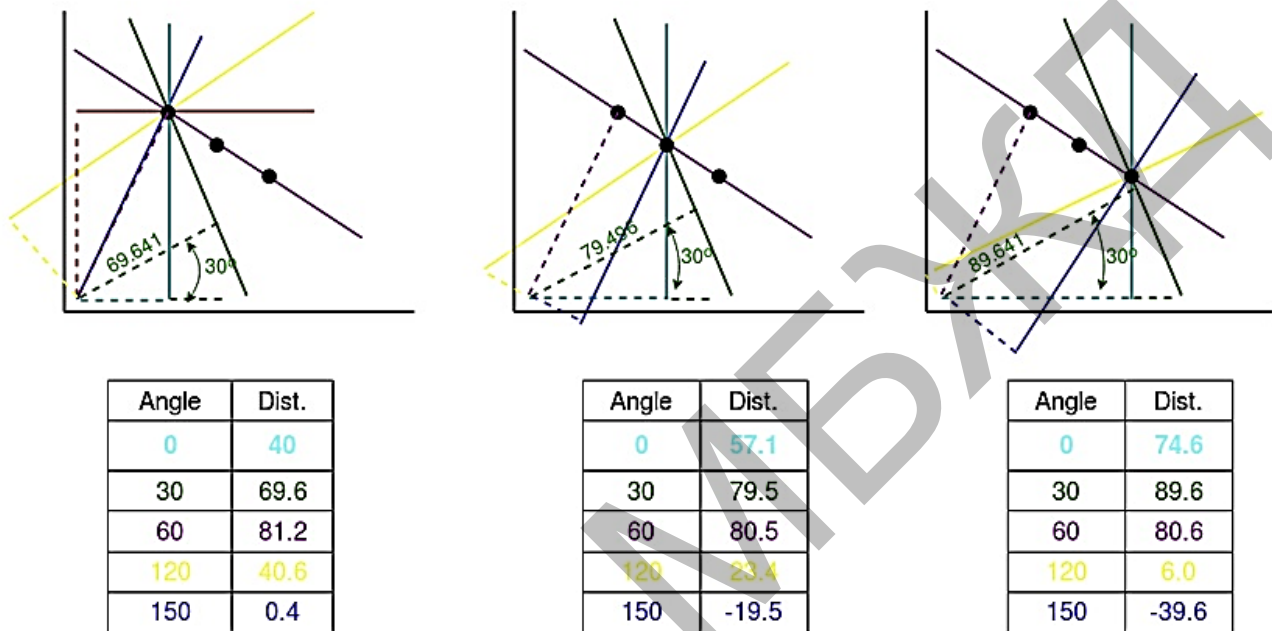


Рисунок 3.3 — До алгоритму пошуку прямої лінії

Зображення розміром 100x100 пікселів має 10 000 точок. Чи потрібно обчислювати кожну точку? Ні, не потрібно. Просто відніміть контур від оригінального зображення. Зазвичай ви можете скористатися оператором `canny`, щоб створити чорно-білу копію зображення. Рекомендується білий колір. Потім, коли ви відображатимете її, вам потрібно буде лише задати параметри точок на контурі. Зображення має лінії та кола, всі вони різкі. Таким чином, кількість точок для обробки можна зменшити з 10 000 до 1 000. Коли група перетворених таким чином зображень відображається на екрані, контури зображення виділяються і перетворюються на зображення-близнюк. На практиці немає необхідності писати функцію самостійно. Все, що описано вище, інкапсульовано у функції `OpenCV cv2.HoughLines (edges, 1, np.pi/180, 200)`. Ця функція повертає масив значень:

- `edges` - вхідне зображення у відтінках сірого.

— другий і третій параметри - точність і радіани відповідно, де (, 0) - у пікселях, а - у радіанах;

— четвертий параметр 200 - це поріг для визначення того, що лінія є прямою. Цей поріг визначає мінімальну вагу елемента цифрового зображення в послідовності декад , який вважається прямою лінією.

Кількість ваг залежить від кількості точок на лінії. Отже, це мінімальна довжина лінії, яку потрібно розпізнати. Фрагмент коду програми на Python з середовища Colab, що реалізує цей алгоритм, наведено нижче.

```
import cv2
import numpy as np
# Завантажуємо зображення
image = cv2.imread('./drive/MyDrive/counter/d3_0.jpg')
# зображення у відтінках сірого.
gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# функція виявлення країв.
edges = cv2.Canny(gray, 50, 150, apertureSize=3)
# метод виявлення прямих ліній
lines_list = []
lines = cv2.HoughLinesP(
    edges, # початок зображення
    1, # Похибка
    np.pi/180, # Похибка кута
    threshold=210, # Порог виявлення
    minLineLength=40, # Мінімальна довжина
    maxLineGap=155 # максимальна довжина
)
# Пройдіться по всіх точках зображення.
for points in lines:
    # точки додаються до масиву
    x1, y1, x2, y2=points[0]
    # Відображаємо лінії
    # на зображенні
```



```

cv2.line(image, (x1, y1), (x2, y2), (0, 255, 0), 1)
lines_list.append([(x1, y1), (x2, y2)])
# Зберігаємо зображення
cv2.imwrite('detectedLines.png', image)

```

На рисунку 3.4 показано результати цієї програми.



Рисунок 3.4 — Результат виділення прямої лінії на зображенні лічильника.

Це дозволило виділити прямокутник декадного лічильника. Два кольори, чорний і червоний, були обрані як класифікаційні ознаки. Аналізуючи плоский розподіл кольорів у межах кожного прямокутника, можна вибрати необхідне цифрове десятирічне зображення лічильника електроенергії. Для цього використовується наступний фрагмент коду:

```

from PIL import Image
# Відкриваємо зображення за допомогою Pillow

```

```

im = Image.open('./drive/MyDrive/counter/d3_0.jpg')
# повертаємо зображення
im_rotate = im.rotate(0) # 0 - кут повороту (плюс - проти; мінус -
    за часовою стрілкою)
display(im_rotate)
#Визначаємо розміри в пікселях
(width, height) = im_rotate.size
print('Зображення лічильника:', 'Ширина=', width, 'Висота=', height)
# обрізки зображення слід проводити по розміру віконця,
im_crop = im_rotate.crop((97, 360, 443, 397))
# зберігаємо обрізане зображення
im_crop.save('./drive/MyDrive/counter/d3_01.jpg', quality=100)
# обрізане зображення циферблату
display(im_crop)
(width, height) = im_crop.size
print('Зображення циферблату:', 'Ширина=', width, 'Висота=', height)

```

Виділене зображення цифрових десятиліть лічильників електроенергії показано на рисунку 3.5.



Зображення циферблату: Ширина= 346 Висота= 37

Рисунок 3.5 — Виділені зображення цифрових декад лічильників електроенергії.

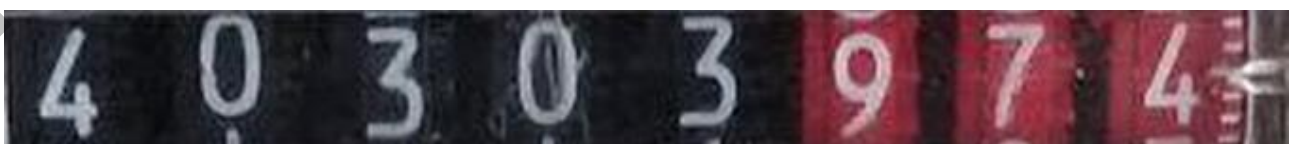
3.2 Методи покращення якості зображення циферблатів лічильників

Оскільки показання лічильників знімаються за різних умов освітлення, а циферблати мають різний стан поверхні в залежності від терміну експлуатації, завданням покращення якості розпізнавання цифр є розробка методик для покращення якості зображень циферблатів лічильників.

Для покращення якості зображення розпізнавання цифр розроблено два методи: збільшення (масштабування) зображення десяткових цифр та підвищення різкості для усунення розмитості зображення цифр на диску десяткового лічильника. Слід розуміти, що збільшення різкості зображення всього циферблата також збільшує різкість зображень перешкод, таких як пил і тріщини. Тому при збільшенні різкості знову використовується пороговий метод обробки зображення.

Крім того, зображення масштабується за допомогою бібліотеки `pillow` Python зі збереженням співвідношення сторін. Код для цього наведено нижче. Тут вказуються нові ширина і висота. Нарешті, оновлене і масштабоване зображення відкривається і відображається новий розмір для порівняння зі старим зображенням. Коли відкривається масштабоване зображення, видно, що співвідношення сторін зображення збереглося (рисунок 3.6).

```
new_width = 680 # ширина в пікселях
new_height = int(new_width * height / width)
tat = im_crop.resize((new_width, new_height), Image.ANTIALIAS)
# зберігаємо зображення
tat.save('./drive/MyDrive/counter/d3_u.jpg', quality=100)
# Вихідне зображення
display(im_crop)
#Масштабоване зображення
display(tat)
(width, height) = tat.size
print('Масштабоване зображення циферблату:', 'Ширина=', width, 'Висота=', height)
```



Масштабоване зображення циферблату: Ширина= 680 Висота= 72

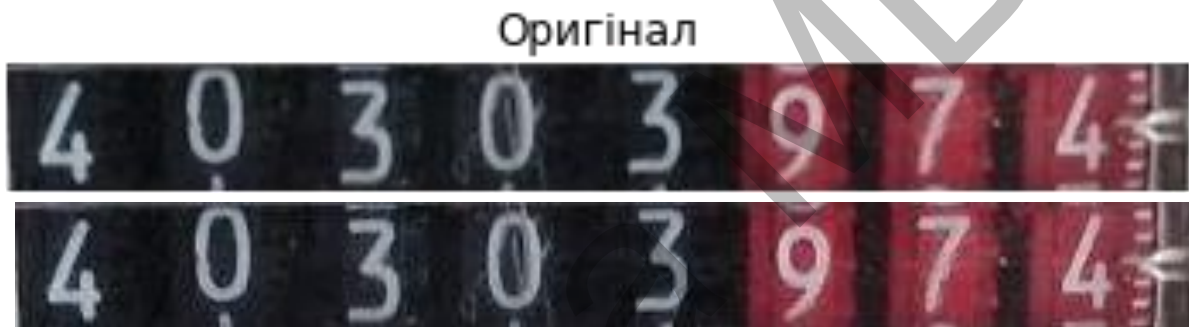
Рисунок 3.6 — Збільшений вигляд циферблата

Тепер, після масштабування, спробуйте підвищити різкість зображення за допомогою фрагмента коду:

```
import os
import time
from PIL import Image
import numpy as np
import tensorflow as tf
import tensorflow_hub as hub
import matplotlib.pyplot as plt
os.environ["TFHUB_DOWNLOAD_PROGRESS"] = "True"
def preprocess_image(image_path):
    hr_image = tf.image.decode_image(tf.io.read_file(image_path))
    if hr_image.shape[-1] == 4:
        hr_image = hr_image[..., :-1]
    hr_size = (tf.convert_to_tensor(hr_image.shape[:-1]) // 4) * 4
    hr_image = tf.image.crop_to_bounding_box(hr_image, 0, 0, hr_size
[0], hr_size[1])
    hr_image = tf.cast(hr_image, tf.float32)
    return tf.expand_dims(hr_image, 0)
def save_image(image, filename):
    if not isinstance(image, Image.Image):
        image = tf.clip_by_value(image, 0, 255)
        image = Image.fromarray(tf.cast(image, tf.uint8).numpy())
    image.save("%s.jpg" % filename)
    print("Записано як: %s.jpg" % filename)
%matplotlib inline
def plot_image(image, title=""):
    image = np.asarray(image)
    image = tf.clip_by_value(image, 0, 255)
    image = Image.fromarray(tf.cast(image, tf.uint8).numpy())
    plt.imshow(image)
    plt.axis("off")
    plt.title(title)
```

```
hr_image = preprocess_image('./drive/MyDrive/counter/d3_u.jpg')
display(im_crop)
# Побудова зображення оригінальної роздільної здатності
plot_image(tf.squeeze(hr_image), title="Оригінал")
save_image(tf.squeeze(hr_image), filename='./drive/MyDrive/counter
/d3_sr')
```

Покращене зображення показано на рисунку 3.7, де видно, що контури цифрового зображення на 10-річному диску чіткіші, але цифровий колірний шум все ще присутній.



Записано як: ./drive/MyDrive/counter/d3_sr.jpg
Рисунок 3.7 — Зображення декад з підвищеною різкістю

3.3 Методика виділення показань декад

Лічильник показує 40303,974. Це означає як цілу кількість спожитих кубометрів електроенергії (у нашому випадку 40303), так і десяти, соті та тисячні частки кубометра (у нашому випадку 0,974). Вимірювання мають бути записані у повному форматі: 40303,974. На рисунку 3.7 показано, що для лічильників газу цифри на десятковому диску показані білим кольором. Однак фон відрізняється. На рисунку 3.7 показано, що на лічильниках газу цифри на десятковому диску відображаються білим кольором, але з іншим фоном. Таким чином, межу переходу від чорного до червоного можна використовувати як орієнтир для поділу виміряного значення на цілу та малу частини. Залишається лише знайти і виділити цю зміну кольору на зображенні циферблата. Аналізуючи зображення

циферблата зліва направо, спробуйте за допомогою методу градієнтного пошуку знайти стрибок кольору від #000000 (чорний) до #FF0000 (червоний):

```
im1 = Image.open('./drive/MyDrive/counter/d3_sr.jpg')
br = im1.crop((406, 0, 438, 72)) #координати
# зберігаємо зображення
br.save('./drive/MyDrive/counter/br.jpg', quality=100)
# межа декад
display(br)
(width, height) = br.size
print('Ширина=',width, 'Висота=',height)
```



Ширина= 32 Висота= 72

Рисунок 3.8 — Межа між цілою та десятковою частинами показань лічильника.

Отриманий прямокутник (рис. 3.8) використовується як шаблон. За допомогою методу ковзного вікна зображення шаблону (рис. 3.8) та зображення межі декади (рис. 3.7) порівнюються на предмет збігу. Потім обчислюються координати центрів, що найкраще збігаються, і координати знайдених центрів позначаються білими крапками (рис. 3.9). Програмний код, що реалізує цю функцію, виглядає наступним чином:

```
# загружаємо файл
sample = cv2.imread('./drive/MyDrive/counter/br.jpg')
sample_h, sample_w, sample_k = sample.shape
# шукаємо найкращий збіг
im2 = cv2.imread('./drive/MyDrive/counter/d3_sr.jpg')
rs = cv2.matchTemplate(im2, sample, cv2.TM_CCORR_NORMED)
min_val, max_val, min_loc, max_loc = cv2.minMaxLoc(rs)
# обчислюємо координати центру
```

```

x_center = max_loc[0] + sample_w/2
y_center = max_loc[1] + sample_h/2
# координати центру
print('Координати центру розділу декад в пікселях:', 'x=', x_center,
      ' y=', y_center)
# координати центру мітимо
# білою крапкою
img1 = cv2.circle(im2, (int(x_center), int(y_center)), 7, (255, 255
, 255), -2)
cv2.imshow(img1)

```



Координати центру розділу декад в пікселях: x= 422.0 y= 36.0

Рисунок 3.9 — Знайдений центр розділу цілої та дрібної частини показань лічильника

Тому циферблат відносно білої крапки ділиться на ліву частину, де відображається значення цілого числа, і праву частину, де відображається значення дробу. Наступним кроком є вибір зображень цифр

3.4 Дослідження методів виявлення країв цифрових зображень

Метою виявлення країв є значне зменшення розміру даних зображення зі збереженням оригінальних атрибутів зображення. Щоб покращити продуктивність алгоритму та зменшити розмір набору даних, ми маємо справу з чорно-білими зображеннями циферблатів годинників. Для вирішення цієї задачі використовується добре відомий алгоритм Canny. Незважаючи на свою застарілість, алгоритм Канні широко використовується в металографії для виявлення країв зерен та металевих включень.

Виявлення країв на дробово-цифровому зображенні електричних лічильників за допомогою алгоритму Канні має певні особливості:

1. Виявлення країв з низьким рівнем помилок означає, що необхідно захопити якомога більше країв зображення з максимальною точністю
2. Виявлені краї повинні бути розташовані точно в центрі справжнього краю.
3. Краї цифри повинні бути виявлені лише один раз і, де це можливо, шуми зображення не повинні спричинити помилки при виявленні країв цифри.

Для задоволення цих вимог використовуються варіаційні методи. Процес виявлення країв розбивається на наступні п'ять кроків

1. Згладжування зображення та фільтрація шуму за допомогою гауссового фільтра
2. Обчислення сили градієнта та визначення орієнтації кожного пікселя на зображенні
3. Порогування виявлених країв для збільшення відношення сигнал/шум зображення цифри та зменшення помилок через розмитість чорно-білих меж.
4. Адаптивне порогоування Процес адаптивного виявлення країв визначає істинні та потенційні фронти країв цифрового зображення.
5. Виявлення країв завершується придушенням окремих слабких країв.

Алгоритм Канні було реалізовано у вигляді наступної програми:

```
# Автоматичне визначення порога
def auto_canny(images, sigma=0.33):
    v = np.median(images) # середнє значення
    lower = int(max(0, (1.0-
sigma) * v)) # максимальне значення порога
    upper = int(min(255, (1.0+sigma) * v)) # мінімальне значення по
рога
    edged = cv2.Canny(images, lower, upper)
    print('Pmin=', lower, 'Pmax=', upper)
    return edged
```



```
# зображення у градації сірого
gray = cv2.cvtColor(img1, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
cv2_imshow(gray)
# зменшення різкості зображення
blurred = cv2.GaussianBlur(gray, (7,7), 0)
cv2_imshow(blurred)
# межі за алгоритмом Canny
dges = cv2.Canny(gray, 100, 200)
wide = cv2.Canny(blurred, 10, 200)
tight = cv2.Canny(blurred, 140, 220)
cv2_imshow(dges)
cv2_imshow(wide)
cv2_imshow(tight)
auto = auto_canny(img1)
cv2_imshow(auto)
```

Аналіз зображення на рисунку 3.10 показує, що збільшення порогу інтенсивності білого з 140 до 200 може настільки зменшити вплив шуму, що деякі краї зображення цифри можуть бути повністю втрачені. А це, своєю чергою, може призвести до труднощів у розпізнаванні цифр. Тому на етапі тестування алгоритму доводиться вручну підбирати порогові значення і знаходити прийнятні значення якості. Це призводить до значних трудовитрат і не рекомендується.

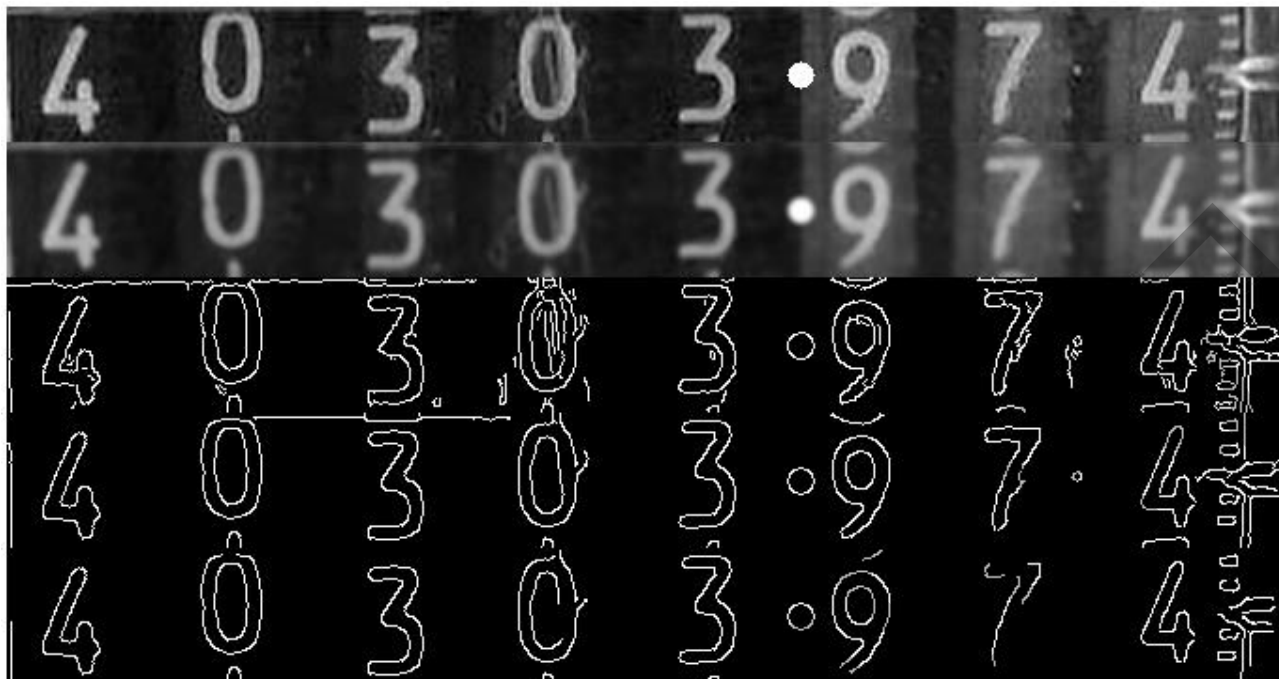


Рисунок 3.10 — Результати виявлення країв розрядів за допомогою алгоритму Canny.

Спроби використати метод адаптивного порогового значення на основі середньої інтенсивності зображення циферблата дали негативні результати (рис. 3.11). Усереднення інтенсивності білого кольору по всьому чорно-білому зображенню циферблата годинника значно знижує поріг виявлення країв. Як наслідок, алгоритм помилково ідентифікує пил, плями та тріщини на дисках як краї.



Рисунок 3.11 — Результати виявлення країв цифри за допомогою алгоритму Canny з адаптивним пороговим значенням

Розглянемо ще один алгоритм виявлення країв, який широко використовується в обробці медичних зображень. Це так званий "хитрий" алгоритм. Це алгоритм, який адаптивно вибирає порогові значення рівня чорного

і червоного на краях цифр. Це загальний термін для адаптивних алгоритмів для роботи з декількома кольорами на зображенні. На основі отриманих результатів алгоритм вибирає край цифри з найбільшою інтенсивністю кольору. Тому, якщо проаналізувати зображення за допомогою цього алгоритму, його межі залишаються чіткими, але кольори меж змінюються. Таким чином, його "хитрість" полягає у виборі кольору межі відповідно до інтенсивності кольору. Результати визначення меж за допомогою "хитрого" алгоритму показано на рисунку 3.12, а програмна реалізація на Python наведена нижче.

```
# розмиваємо зображення
blurred = cv2.GaussianBlur(img1, (7,7), 0)
# зображення в градаціях сірого
gray = cv2.cvtColor(blurred, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# градієнт по осі X
grad_x = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 1, 0)
# градієнт по осі Y
grad_y = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 0, 1)
# значення градієнтів в 8 бітне
x_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_x)
y_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_y)
# обидва градієнти
src1 = cv2.addWeighted(x_grad, 0.5, y_grad, 0.5, 0)
# "хитрий" алгоритм,
# Px=50 і Py=100
edge = cv2.Canny(img1, 50, 100)
cv2_imshow(edge)
edge1 = cv2.Canny(grad_x, grad_y, 10, 100)
cv2_imshow(edge1)
# край зображення як маска
# для виконання бітових операцій
edge2 = cv2.bitwise_and(img1, img1, mask=edge1)
cv2_imshow(edge2)
```

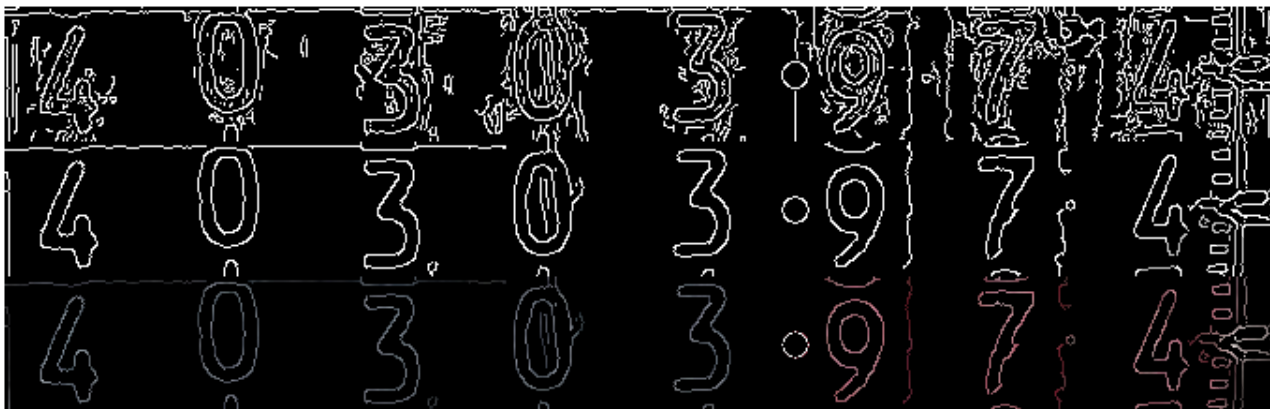


Рисунок 3.12 — Виявлення країв розрядів відбувається за допомогою "хитрого" алгоритму

Порівнюючи краї, виявлені на рисунках 3.11 і 3.12, можна зробити висновок, що в даному випадку бажано використовувати "хитрий" алгоритм для виділення країв цифр із зображення 10-річного лічильника електроенергії. В результаті виділені краї цифр стають більш чіткими, а шум значно зменшується. На основі виділених країв цифр декадного циферблату лічильника були сформовані блоки зображень цифр (рис. 3.13) і записані в окремі масиви бази даних для подальшого розпізнавання.

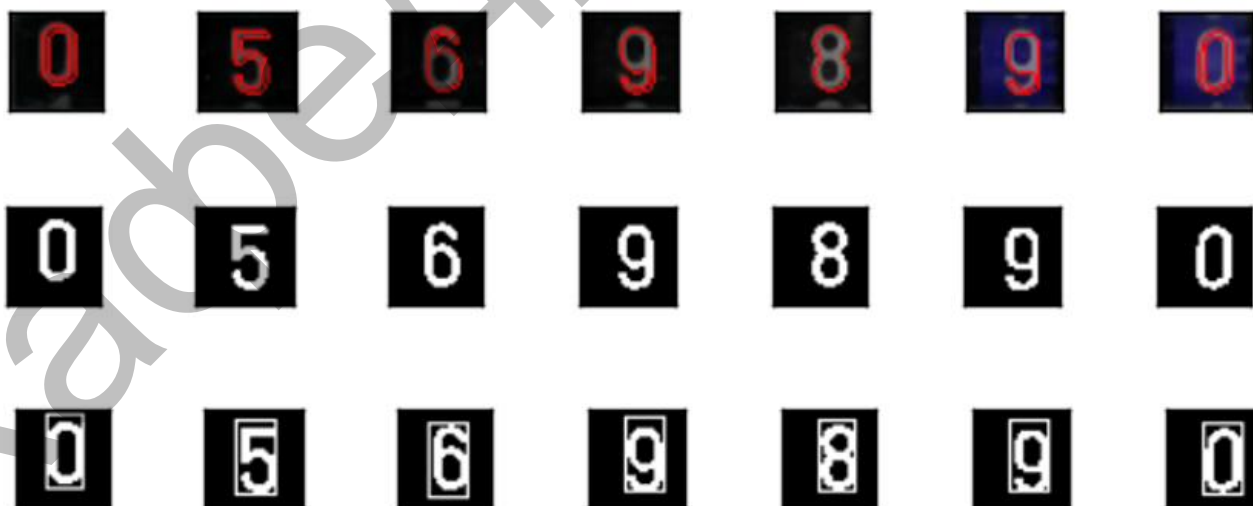


Рисунок 3.13 — Виділені блоки для лічильника

3.5 Дослідження нейромережевого методу для розпізнавання показань лічильників електроенергії

У три етапи було досліджено нейромережевий метод розпізнавання показань лічильників електроенергії, які використовувалися протягом 10 років. Також було використано нейромережевий пристрій, а характеристики навчання дозволили адаптувати метод до обробки зображень усіх типів газових лічильників.

На першому етапі було сформовано первинний набір даних, що містив зображення лічильника, отримані під час зняття показань. Згодом, на наступному етапі методу, зображення циферблатів лічильників були оброблені для ідентифікації та класифікації зображень цифр.

На другому етапі за допомогою алгоритму бінаризації було виділено 256 підкласів (відповідно до кількості відтінків сірого), які було поділено на два класи. Межу між двома класами визначав поріг, причому відтінки, менші за вказаний поріг, встановлювалися в 0, а решта - в 1. На третьому етапі дослідження визначалися граничні ознаки яскравості (контури зображення). На основі виділення контурів зображень країв розрядів і меж сегментів було проведено класифікацію 10-річних зображень диска.

За результатами пошуку границь було зроблено висновок, що попередня обробка зображень метрового десятиріччя призводить до "загублених" точок на кривих, а також до незначних відхилень від ідеальної прямолінійної форми. Це робить групування виділених меж досить складним завданням. Для її вирішення ми розробили алгоритм векторизації. Завдання векторизації бінарного зображення полягає в тому, щоб згрупувати виділені межі в набір відповідних ліній. Результатом роботи алгоритму векторизації є вектор зображень структури, як показано на рисунку 3.14. Кожен елемент структури має дані про відносне положення точки на межі структури та вказівник на наступний елемент (точку). Якщо крива замкнута, то останній елемент вказує на перший елемент (пунктирна лінія на рис. 3.14).

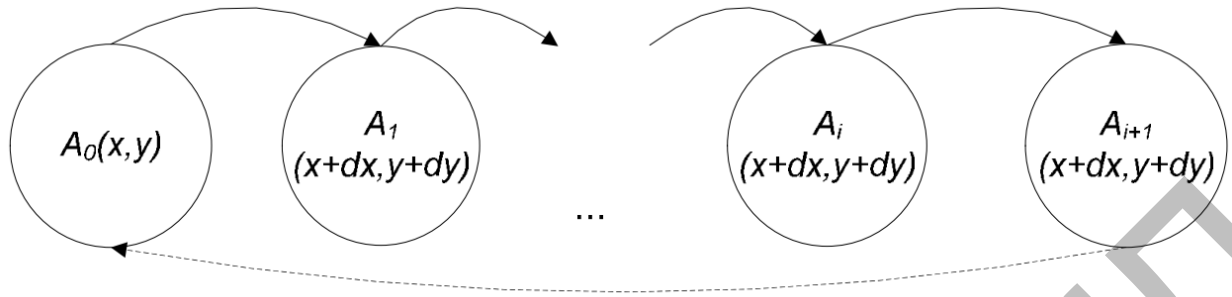


Рисунок 3.14 – Структура векторного опису 10-розрядного зображення границі.

Векторизація дозволила з'єднати розрізнені частини одного елемента, зменшивши кількість даних для подальшого аналізу.

Під час дослідження було виявлено, що використання шаблонів з простими геометричними формами в деяких випадках було неефективним, оскільки залежно від кута повороту коефіцієнти форми не могли бути використані для розрізнення квадратів і трикутників.

Для ідентифікації об'єктів зі складною геометрією було запропоновано використовувати еталонні об'єкти. В якості еталонного об'єкта було запропоновано використовувати масив матриць центрів ваги відрізків та відстаней між ними. Перед аналізом зображення сегментоване растрове зображення потребує детальної обробки. Це означає, що необхідно визначити матриці центрів ваги та відстані між сегментами. Центри ваги сегментів та матриці відстаней між ними є вхідними даними для нейронної мережі, призначеної для розпізнавання показань лічильника електроенергії за 10 років. Для зменшення вхідної множини нейронної мережі та часу її навчання доцільно створити вибірку, що містить лише значення матриць, які характеризують головні кути до центрів ваги відрізків: 0°, 30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 180°.

3.6 Результати розпізнавання цифрових декадних зображень за допомогою нейронних мереж.

Для розпізнавання зображень різних типів механічних лічильників електроенергії було розроблено нейронну мережу для керованого навчання на основі еталонної шкали - мережу Mpr [16-19]. Мережа використовувала різні функції активації та пропонувала широкий спектр можливостей для розпізнавання показань лічильників.

Для визначення кількості шарів у нейронній мережі були проведені експерименти з нейронними мережами з різною кількістю шарів. В результаті було отримано залежність зміни помилки навчання нейронної мережі від кількості шарів (рис. 3.15).

Таким чином, за критерієм мінімуму помилки навчання було обрано чотиришарову нейронну мережу. Кількість нейронів у вхідному шарі дорівнює кількості елементів у матриці. Кількість прихованих шарів змінюється зі зменшенням або збільшенням помилок навчання та розпізнавання. Розмір вхідного шару визначається стандартною кількістю цифрових зображень.

На рисунку 3.16 показано структуру нейронної мережі, яка використовується для розпізнавання показань лічильників.

Після того, як структура нейронної мережі обрана, її потрібно навчити. Суть навчання полягає в тому, щоб налаштувати ваги кожного елемента так, щоб зменшити значення помилки (різницю між фактичним і бажаним виходом). Для цього нейромережа повинна обчислити похідну помилки за вагами. Для вирішення цієї задачі було обрано алгоритм зворотного поширення з сигмоїдальною функцією активації.

Алгоритм навчання модифікується, спочатку навчаючи нейронну мережу на еталонних навчальних вибірках, а потім на експериментальних даних.

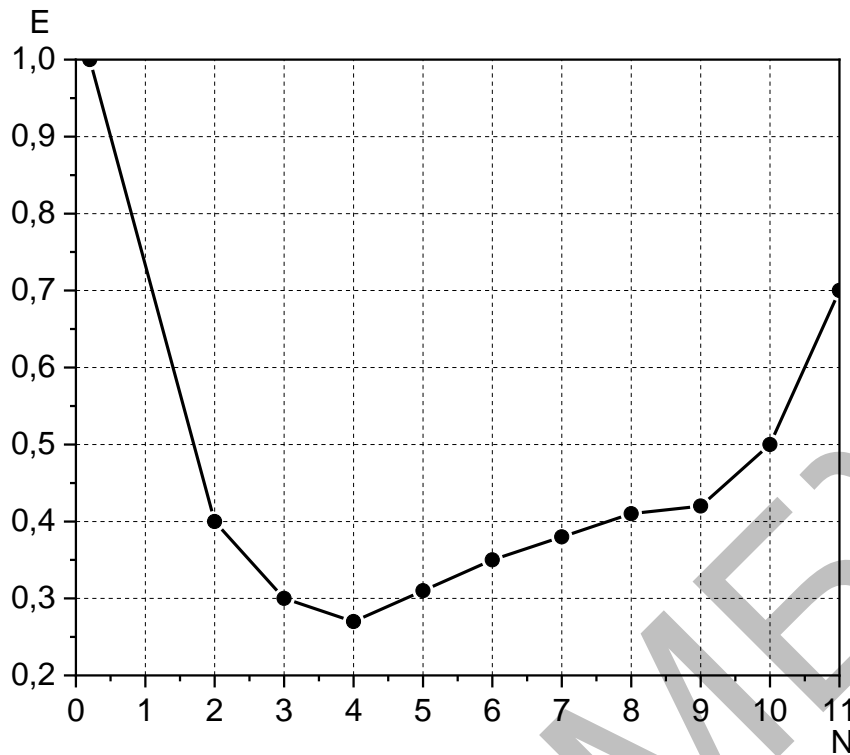


Рисунок 3.15 – Залежність помилок навчання від кількості шарів нейронної мережі

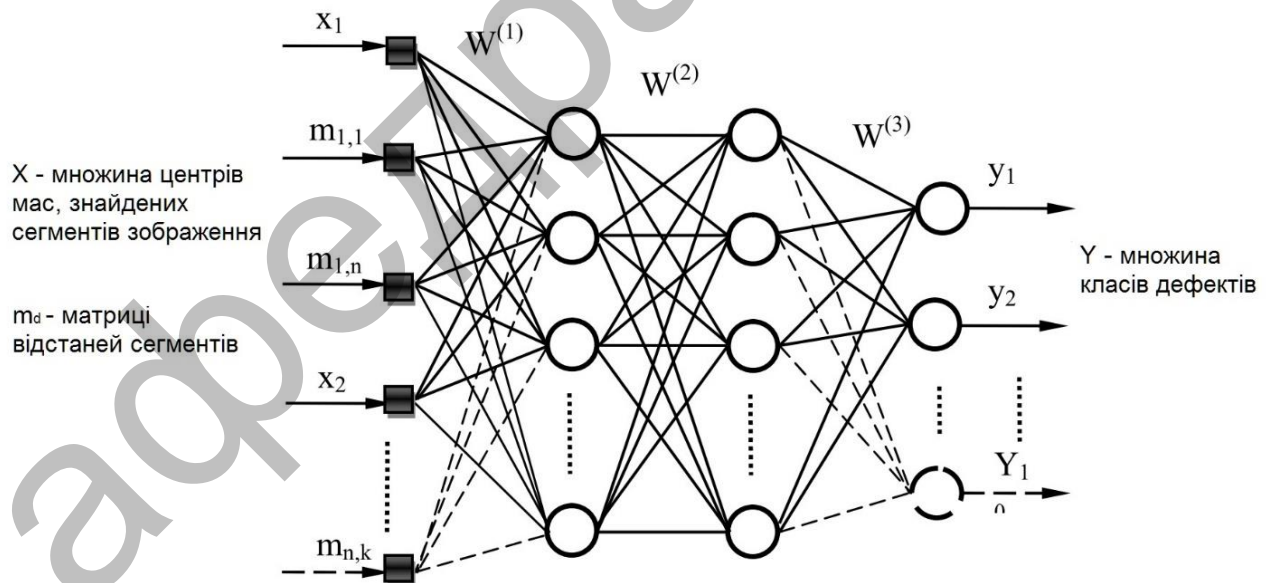


Рисунок 3.16 – Структура нейронної мережі для розпізнавання показань лічильників електроенергії.

Іншими словами, нейронна мережа спочатку навчалася на еталонних значеннях, а коли помилка досягала прийняттого рівня, мережа навчалася на експериментальних даних. В результаті помилки розпізнавання зменшилися, і мережа працювала з більшою точністю.

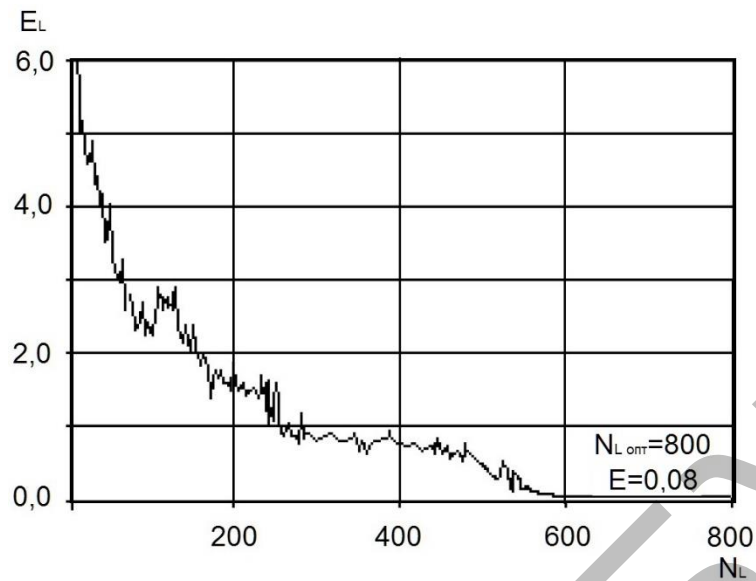
Навчання нейромережі проводилося на еталонному зображенні розміром 100 метрів. Навчальна вибірка складалася з 1000 зображень 10-метрових цифр, з яких 500 належали до класу "правильних", а 500 - до класу "неправильних".

Таким чином, нейромережа також була навчена реагувати на неправильне розпізнавання, тобто на неправильні зображення. В якості контрольної вибірки було використано 100 зображень лічильників електроенергії, взятих за результатами фотофіксації показань лічильників у Харкові в січні 2022 року. Результати розпізнавання показань лічильників нейронною мережею наведено в таблиці 3.1.

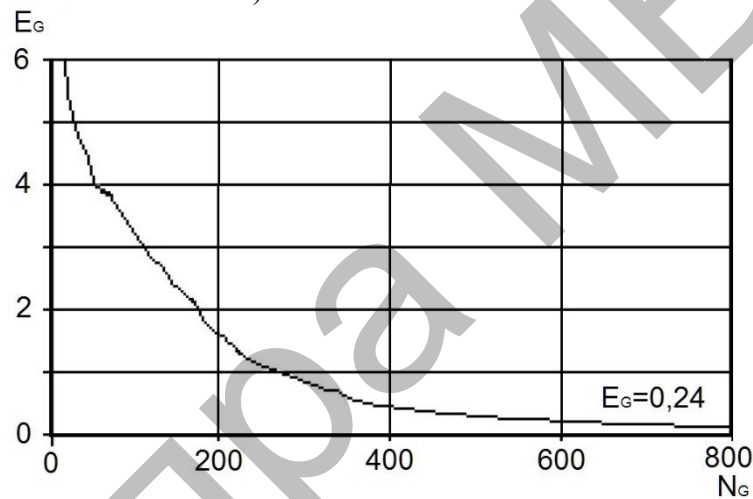
На рисунку 3.17 наведено графік залежності між помилками навчання та розпізнавання при оптимальній конфігурації нейронної мережі 1000-500-100-10. Як показано в дослідженні, в певний момент значення помилки розпізнавання починає зростати, що пояснюється явищем перенавчання нейронної мережі.

Таблиця 3.1 – Функціональні результати нейронних мереж

Структура нейронної мережі	Помилка розпізнавання	Оптимальна кількість епох навчання	Загальна кількість аналізованих зображень	Кількість коректно розпізнаних зображень
1500-500-100-10	0,943	3000	590	545
1500-500-500-50	1,384	4000	590	468
1100-800-300-30	0,851	3300	590	568
1500-700-100-10	1,025	3850	590	498
1500-700-700-10	1,016	3700	590	474
1000-700-300-10	0,709	1850	590	580
100-500-100-10	0,705	1700	590	583



а) помилки навчання



б) помилки розпізнавання

Рисунок 3.17 – Залежність навчання нейронної мережі та помилок розпізнавання від номера епохи

Щоб запобігти перетренуванню, навчальний набір, що складався із зображень циферблатів лічильників ват-годин, було розділено на два набори - навчальний і контрольний. У результаті було визначено оптимальну кількість тренувальних епох – $N_L = 800$. Середня квадратична помилка навчання становить $E_L = 0,08$, а помилка розпізнавання $E_G = 0,24$.

Як критерій оцінки достовірності досліджуваних уявлень використовувалася статистична надійність. Для оцінки статистичної надійності було проведено серію експериментів, і кількісну міру надійності можна було

отримати за допомогою наступного рівняння:

$$D = \frac{N}{N_{\Sigma}}, \quad (3.1)$$

де N , N_{Σ} – кількість правильно розпізнаних зображень та їх загальна кількість відповідно.

Таблиця 3.2 – Результати розпізнавання зображень циферблатів за допомогою нейронних мереж.

Тип газового лічильника	Вибірка	Коректне розпізнавання нейронною мережею, %	
GALLUS iV PSC	Навчальна	100	100
	Контрольна	95,5	95,1
	Тестова	98,6	96,5
Itron Plus iV PSC	Навчальна	100	100
	Контрольна	94,1	94,5
	Тестова	97,8	97

Дослідження надійності розпізнавання показань лічильників за допомогою нейронних мереж показали, що правильність розпізнавання сильно залежить від положення декадного диска (рис. 3.18 та 3.19).

Як правило, неправильне розпізнавання цифр нейронною мережею відбувається тоді, коли частково відображається цифра десятирічного диска і відображаються дві чисті цифри (Рис. 3.18). На рисунку 3.19 показано цифри віку лічильника, відібрані "хитрим" алгоритмом, та результати розпізнавання нейронною мережею. Якщо відносна похибка розпізнавання для всіх восьми цифр не перевищує 5%, то розпізнавання вважається правильним і ці вимірювання заносяться до бази даних. В іншому випадку зображення вимірювань відкидаються і вимірювання проводяться повторно.



Рисунок 3.18 — Показання тестового лічильника



Рисунок 3.19 — Розпізнавання результатів зчитування лічильників

3.7 Висновки до розділу

В результаті дослідження було розроблено нейронну мережу для розпізнавання зображень різних типів лічильників електроенергії під час навчання з викладачем на основі еталонної шкали.

Кафедра МБЖД

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У цій роботі розглядається, як розпізнати показання лічильника електроенергії за 10 днів на основі результатів фотофіксації. Фотографії були зроблені за допомогою фотоапарата або камери смартфона. Обробка та аналіз фотографій проводилася на комп'ютері. Тому в цьому розділі розглядаються питання охорони праці працівників при роботі з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ).

4.1 Правові і організаційні питання охорони праці

Законодавство України про охорону праці - це сукупність взаємопов'язаних законів, що регулюють відносини у сфері реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, лікувально-профілактичних і оздоровчих заходів та засобів.

Одним з найважливіших законодавчих актів з охорони праці є Закон "Про охорону праці" [20]. Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційних прав громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює відносини між власниками і працівниками підприємств, установ і організацій, незалежно від форм власності та виду діяльності, з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища за участю відповідних державних органів. Він встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Закон встановлює, що життя і здоров'я працівників є вищим пріоритетом, ніж результати виробничої діяльності підприємства. Це означає, що в першу чергу необхідно дотримуватися вимог нормативно-правових актів з охорони праці, щоб працівники не зазнали травм, розладів здоров'я, професійних захворювань або зниження працездатності під час виробничого циклу, а вже потім звертати увагу на результати виробничої діяльності підприємства.

При укладенні трудового договору роботодавець відповідно до законодавства і колективного договору під розписку інформує працівника про умови праці, про те, що на робочому місці ще не усунуто небезпечні і шкідливі виробничі фактори, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про право працівника на допомогу і компенсації за роботу в цих умовах. Зобов'язання.

Працівникам не може бути запропонована робота, протипоказана їм за станом здоров'я. Особам, які мають висновок психофізіологічного огляду, можуть бути запропоновані роботи з підвищеною небезпекою або такі, що потребують професійного добору. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівниками, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства. У разі виникнення виробничих умов, небезпечних для життя чи здоров'я працівника або людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля, працівник має право відмовитися від виконання дорученої йому роботи. Працівник повинен негайно повідомити про таку ситуацію свого безпосереднього керівника або роботодавця. За час відсутності на роботі з вищезазначених причин, які виникли не з вини працівника, за ним зберігається середній заробіток. Працівник має право розірвати трудовий договір у будь-який час, якщо роботодавець не виконує умови Закону "Про охорону праці" або колективного договору. У цьому випадку працівник має право на вихідну допомогу в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячної заробітної плати.

Працівників, які на підставі медичного висновку за станом здоров'я потребують виконання легшої роботи, роботодавець зобов'язаний за їх згодою перевести на таку роботу на строк, зазначений у медичному висновку, а в разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати навчання для отримання іншої професії відповідно до закону "Про охорону праці".

На період зупинення роботи підприємства, цеху, дільниці, окремого виробництва або устаткування органом державного нагляду за охороною праці

чи службою охорони праці за працівником зберігається місце роботи і середній заробіток.

4.2 Промислова санітарія

Робота дослідника належить до категорії 1а (енерговитрати менше 120 ккал/год) і не вимагає фізичних зусиль. Однак мікрокліматичні умови в приміщенні є оптимальними, оскільки робота дослідника є дратівливою. Параметри мікроклімату наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату

Період	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		оптимальна	оптимальна	оптимальна
Холодний	Легка-1а	22 - 24	40 - 60	0,1
Теплий	Легка-1а	23 - 25	40 - 60	0,1

Система опалення працює в холодну та спекотну пору року для підтримки оптимального мікроклімату в лабораторії. Вентиляція також необхідна для обміну повітря в лабораторії для видалення пилу, спричиненого статичною електрикою, що накопичується на діелектричних поверхнях комп'ютерів.

4.2.1 Освітлення

Ефективність роботи інспекторів значною мірою залежить від освітлення. Погане освітлення спричиняє втому не лише зорового аналізатора, а й усього організму.

Лабораторія має природне та штучне освітлення. Природне світло проникає через бічний світловий люк, що виходить на північний схід,

забезпечуючи коефіцієнт природного освітлення (КПО). Візуальною робочою характеристикою для дизайнерів є V_b (КПО = 1,0%).

Формула розрахунку КПО для світлового поясу IV, в якому знаходиться місто Харків:

$$e^{IV} = e^v \cdot m \cdot c, \quad (5.1)$$

де e^v - КПО для світлового пояса, дорівнює 1,0 % (для бічного);

m - коефіцієнт світового клімату, дорівнює 0,9 (для міст України);

c - коефіцієнт сонячності, дорівнює 1;

$$e^{IV} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9 \text{ \%}.$$

Штучне освітлення в приміщенні, де розташовані робочі місця дослідників, має систему загального рівномірного освітлення. Загальне освітлення складається з переривчастої лінії світильників, розташованих паралельно лінії зору на відстані від робочого місця. В якості джерела штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи. Освітленість в робочій зоні коливається в межах від 300 до 500 люкс (Таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Характеристики виробничого освітлення

Точність зорових робіт	Міні - мальний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Характеристика типу фона	Контраст об'єкта із фоном	Під-розряд зорової роботи	Нормоване значення при освітленні	
						природним $e_0^{III}, \%$	штучним $E_{min}, \text{ЛК}$
малої точності	1 - 5	V	середній	малий	б	1	300

4.2.2 Кондиціонування повітря

Кондиціонування повітря - це процес забезпечення та автоматичної підтримки температури, вологості, швидкості руху повітря і чистоти повітря в

приміщенні. Розрізняють комфортне кондиціонування та технологічне кондиціонування.

Комфортне кондиціонування забезпечує прийнятні та оптимальні умови навколишнього середовища, які впливають на інтенсивність роботи співробітників. Технічне кондиціонування призначене для підтримки штучних кліматичних умов відповідно до технічних вимог.

Якщо кількість і якість продукції залежить від дотримання точного технологічного режиму, а не від інтенсивності праці працівників, то за основу беруться технологічні вимоги; якщо інтенсивність праці впливає на вихід продукції, то задаються комфортні умови.

Розрахунок кондиціонування. Системи опалення та охолодження повинні бути встановлені так, щоб на людей не потрапляло ні гаряче, ні холодне повітря. На робочих місцях бажано створювати динамічний клімат з постійними коливаннями. Температура повітря на рівні підлоги і на висоті голови не повинна відрізнятися більш ніж на 5°C . Крім природної вентиляції, у виробничих приміщеннях повинна бути передбачена припливно-витяжна вентиляція. Основним параметром, який визначає характеристики вентиляційної системи, є кратність зміни, тобто скільки разів повітря в приміщенні змінюється за годину.

$V_{\text{ВЕНТ}}$ – об'єм повітря, необхідний для обміну;

— $V_{\text{прим}}$ – об'єм робочого приміщення.

Для розрахунків нехай розміри робочої зони будуть наступними:

— довжина $B = 9$ м;

— ширина $A = 4,5$ м;

— висота $H = 4$ м.

Об'єм приміщення становить:

$$V_{\text{ПРИМ}} = A \cdot B \cdot H = 162 \text{ м}^3. \quad (4.2)$$

Кількість повітря, необхідного для обміну, визначається на основі рівняння теплового балансу:

$$V_{\text{ВЕНТ}} = C \cdot (t_{\text{ВИРУШ}} - t_{\text{ПРИХОД}}) \cdot Y = 3600 \cdot Q_{\text{НАДЛ}}, \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{НАДЛ}}$ – надлишкова теплота (Вт);

$C = 1000$ – питома теплопровідність повітря (Дж/кг · К);

$Y = 1,2$ – щільність повітря (мг/см).

Температура повітря, що обертається, визначається за формулою:

$$t_{\text{ВИРУШ}} = t_{\text{Р.М.}} + (H - 2) \cdot t, \quad (4.4)$$

де t – перевищення температури на метр висоти приміщення повинно бути в наступних межах – від 1 °С до 5 °С;

$t_{\text{Р.М.}} = 25$ °С – температура на робочому місці;

$H = 4$ м – висота приміщення;

$t_{\text{ПРИХОД}} = 18$ °С.

Тоді $t_{\text{ВИРУШ}} = 25 + (4 - 2) \cdot 2 = 29$ °С.

$$Q_{\text{НАДЛ}} = Q_{\text{НАДЛ.1}} + Q_{\text{НАДЛ.2}} + Q_{\text{НАДЛ.3}} + Q_{\text{НАДЛ.4}}, \quad (4.5)$$

де $Q_{\text{НАДЛ.1}}$ – надмірне нагрівання від електрообладнання та освітлення.

$$Q_{\text{НАДЛ.1}} = E \cdot P, \quad (4.6)$$

де E – Коефіцієнт втрат потужності тепловіддачі ($E = 0,55$ для освітлення);

P – потужність $P = 40 \cdot 15 = 600$ Вт.

$$Q_{\text{НАДЛ.1}} = 0,55 \cdot 600 = 330 \text{ Вт};$$

$Q_{\text{НАДЛ.2}}$ – сонячне джерело тепла;

$$Q_{\text{НАДЛ.2}} = m \cdot S \cdot k \cdot Q_C, \quad (4.7)$$

де m – число вікон, прийmemo $m = 3$;

S – площа вікна, $S = 2,2 \cdot 1,4 = 3,08 \text{ м}^2$;

k – Коефіцієнт, що враховує тип вікон. Для двійного склопакету $k = 0,6$;

$Q_C = 127 \text{ Вт/м}$ – тепло від вікон.

$$Q_{\text{НАДЛ.2}} = 3,08 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 127 = 704,08 \text{ Вт};$$

$Q_{\text{НАДЛ.3}}$ – тепловід людей:

$$Q_{\text{НАДЛ.3}} = n \cdot q, \quad (4.8)$$

де $q = 80 \text{ Вт/на людину}$;

n – число людей, наприклад, $n = 3$;

$$Q_{\text{НАДЛ.3}} = 3 \cdot 80 = 240 \text{ Вт}.$$

$Q_{\text{НАДЛ.4}}$ – тепло комп'ютерів:

$$Q_{\text{НАДЛ.4}} = n \cdot q, \quad (4.9)$$

де $q = 110 \text{ Вт/комп.}$ (55 Вт/комп. – тепло самого комп'ютера + 55 Вт/комп. – тепло від монітора);

n – число комп'ютерів, $n = 1$ (залежить від числа людей).

$$Q_{\text{НАДЛ.4}} = 1 \cdot 110 = 110 \text{ Вт}.$$

$$Q_{\text{НАДЛ}} = 330 + 704,08 + 240 + 110 = 1384,08 \text{ Вт.}$$

З рівняння теплового балансу випливає, що потреба в повітрі наступна:

$$V_{\text{ВЕНТ}} = \frac{3600 \cdot 1384,08}{1000 \cdot (29,4 - 18)} = 437,07 \text{ м}^3.$$

З цього розрахунку можна зробити висновок, що для забезпечення нормальних умов праці та підтримання температури 25°C приміщення з об'ємом повітря 438 м³ при температурі 18°C потребує регулювання.

4.3 Техніка безпеки

Заходи безпеки при фотографуванні лічильників електроенергії.

1. Отримати інструкції від керівника робіт або майстра про те, на якій ділянці працювати.
2. Переконайтеся, що оператор знає про наявність фотоапаратів та камер смартфонів.
3. Перед початком роботи оглянути робоче місце та підходи до нього на відповідність вимогам безпеки
4. Припинити роботу, якщо видимість перед роботою погана через грозу, дощ, туман або снігопад
5. Працівники, які працюють далеко від пунктів електро- та водопостачання, повинні бути забезпечені питною водою в індивідуальних флягах або термосах.

4.4 Пожежна безпека

Залежно від специфіки виробничого процесу, крім загальних вимог пожежної безпеки, для окремих видів виробництва, технологічних процесів і

виробничих приміщень передбачені спеціальні заходи пожежної безпеки. Для будівель і приміщень, де експлуатуються відеотермінали та комп'ютери, такі заходи викладені в Правилах пожежної безпеки в Україні та інших нормативних документах.

Будівлі та частини будівель, в яких встановлюються комп'ютери, повинні мати ступінь вогнестійкості не нижче II. На верхніх і нижніх поверхах будівлі, в якій встановлені комп'ютери, а також у прилеглих будівлях не допускається розміщення приміщень категорій А і Б через вибухопожежну небезпеку. Приміщення категорії В повинні бути відокремлені від приміщення з комп'ютером протипожежною перегородкою.

Для всіх будівель і приміщень, де експлуатуються відеотермінали та комп'ютери, повинна бути визначена категорія вибухопожежної та пожежної небезпеки. Відповідні позначення повинні бути прикріплені на вхідних дверях приміщень.

Приміщення для зберігання інформації та носіїв інформації повинні бути розташовані в окремих приміщеннях з негорючими стелажми та шафами. Носії інформації повинні зберігатися в металевих касетах на стелажах. У комп'ютерному залі дозволяється зберігати тільки ті носії інформації, які необхідні для поточної роботи.

Фальшпідлога в комп'ютерних залах повинна бути виконана з негорючого матеріалу (або з вогнетривкого матеріалу з межею вогнестійкості не менше 0,5 години). Простір під знімною підлогою повинен бути розділений на відсіки площею не більше 250 м за допомогою негорючих перегородок. Межа вогнестійкості діафрагми повинна становити не менше 0,75 години. Для запобігання проникненню вогню з відсіку в відсік і з підземного простору у внутрішній простір, комунікації повинні бути передбачені через діафрагму за допомогою спеціальної клітки з негорючими ущільнювачами. Підземні простори під знімними перекриттями повинні бути обладнані автоматичною пожежною сигналізацією та засобами пожежогасіння відповідно до вимог Переліку однотипних об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками

пожежогасіння та пожежної сигналізації з використанням димових пожежних сповіщувачів.

Звукопоглинаючі стіни та покриття стелі в комп'ютерних залах повинні бути виконані з негорючих або вогнестійких матеріалів.

Для чищення комплектуючих повинні використовуватися негорючі миючі засоби. Легкозаймисті рідини дозволяється використовувати для очищення очей та іншого знімного обладнання тільки в спеціальних приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією. Якщо дрібний ремонт або технічне обслуговування комп'ютерів необхідно проводити безпосередньо в машинному залі і немає можливості використовувати негорючі миючі засоби, дозволяється зберігати не більше 0,5 л легкозаймистої рідини в непошкодженій тарі, що герметично закривається.

Приміщення з комп'ютерами та виставкові зали повинні бути обладнані автоматичною пожежною сигналізацією з димовими пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку два на 20 м площі підлоги з урахуванням гранично допустимої концентрації вогнегасної речовини.

Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу вузли та агрегати, кабельні канали та міжповерхові проміжки.

Засоби пожежогасіння. Виробничі приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, пожежним інвентарем (покривалами з незаймистої утепленої тканини, грубими вовняними тканинами, ящиками з піском, пожежними відрами і лопатами) та ручним пожежним інструментом (баграми, ломами, сокирами тощо).

У виробничих приміщеннях, будівлях, спорудах та на території підприємств, як правило, повинні бути встановлені спеціальні пожежні щити (стенди) для розміщення первинних засобів пожежогасіння.

На пожежних щитах (стендах) повинні розміщуватися первинні засоби пожежогасіння, які можуть використовуватися в даному приміщенні, будівлі або споруді.

Пожежні щити (стенди) та засоби пожежогасіння повинні бути пофарбовані у відповідні кольори згідно з чинними нормативними документами. Пісок у пожежних щитах (стендах) може бути замінений флюсом, карналітом, кальцинованою содою, антипіреном, глиноземом або будь-яким іншим негорючим сипучим матеріалом з відповідними властивостями.

Пожежні щити (стенди) повинні забезпечувати

— захист вогнегасників від потрапляння прямих сонячних променів, а знімних компонентів - від несанкціонованого використання сторонніми особами (для пожежних щитів і стендів, що встановлюються зовні приміщень);

— зручність та оперативність зняття (витягування) компонентів, прикріплених до щита (стенда).

Пожежні щити (стенди), обладнання, інструменти та вогнегасники в інсталяції не повинні бути перешкодою для евакуації. Вони повинні розташовуватися в легкодоступних і помітних місцях (наприклад, коридорах, входах у приміщення).

Переносні вогнегасники слід встановлювати на таких висотах

— Висота від підлоги до нижньої частини вогнегасника повинна бути не більше 1,5 м і не менше 1,2 м від краю відчинених дверей;

— Встановлювати в пожежних шафах разом з пожежними кранами в спеціальних шафах або на пожежних щитах (підставках).

Конструкція або зовнішній вигляд шафи чи ящика для вогнегасників повинні візуально ідентифікувати тип вогнегасника, що зберігається.

Вогнегасники повинні бути підвішені на кронштейнах або встановлені в шафі чи пожежній шафі таким чином, щоб можна було прочитати маркування на корпусі.

Придатність пінних вогнегасників до заряджання необхідно перевіряти не рідше одного разу на рік, а міцність корпусу - щорічно.

Усі типи вогнегасників заряджають і перезаряджають відповідно до інструкції з експлуатації.

Вогнегасники, допущені до експлуатації, повинні мати

- ручні пускові пломби;
- обліковий (інвентарний) номер згідно з прийнятою на підприємстві системою нумерації
- маркувальні написи на бирці та корпусі червоного сигнального кольору згідно з національними стандартами.

Використані та неопломбовані вогнегасники повинні бути перезаряджені або перевірені та замінені на відповідну кількість заряджених вогнегасників, які на той час перебувають в охоронюваній зоні.

Керівники цих підприємств несуть відповідальність за забезпечення повної укомплектованості вогнегасників та іншого протипожежного обладнання і своєчасне їх технічне обслуговування, а також за навчання працівників навичкам користування вогнегасниками.

4.5 Джерела небезпек і шкідливих факторів

Ключовою особливістю контрольно-вимірювального обладнання (КВП) є використання комп'ютерів для зберігання та обробки інформації. Термінал відеодисплея може надавати візуальну інформацію користувачеві. Крім того, комп'ютери можуть бути оснащені додатковими пристроями та елементами системи, такими як дискові накопичувачі, принтери, сканери, модеми, пристрої миші та інші периферійні пристрої.

Комп'ютери, відеотермінали, периферійні пристрої та обладнання для обслуговування, ремонту та налагодження повинні відповідати вимогам, стандартам і нормам охорони праці, що діють в Україні. Це ж стосується і комп'ютерів, відеотерміналів та периферійних пристроїв іноземного виробництва, які додатково повинні відповідати вимогам національних стандартів країни-виробника і мати відповідний знак на корпусі, в паспорті та інших експлуатаційних документах.

Відеодисплейні термінали (ВДТ) є ключовими компонентами ПК і призначені для візуального представлення інформації, що зберігається в

електронному вигляді. Він може швидко відображати алфавітно-цифрову та графічну інформацію.

Процесорний блок. Має механічні рухомі частини. Процесорні блоки є джерелом шуму.

Клавіатура. Конструкція клавіатури має важливе значення в організації праці, оскільки вона "спрямовує" робочу позу користувача при виконанні завдань і безпосередньо формує психофізіологічні, небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Пристрої типу "миша". Було виявлено різні захворювання, що виникають в результаті тривалого використання миші. До них відносяться скелетно-м'язові порушення верхньої частини тіла, розвиток хронічного стресу через перенапруження пози і необхідність постійно контролювати якість рухів. Миші є джерелом психофізіологічно шкідливих виробничих факторів.

4.6 Висновки до розділу

В результаті аналізу робочих місць операторів були виявлені небезпечні та шкідливі фактори та вжиті заходи щодо їх усунення. Це покращує умови праці на робочих місцях, підвищує продуктивність і запобігає виробничому травматизму.

Постійні розрахунки кондиціонування дозволяють автоматично підтримувати температуру, вологість, швидкість руху повітря і чистоту в приміщенні, створюючи ефективне робоче середовище для співробітників.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження вирішено науково-практичну задачу розпізнавання показань лічильників електроенергії, які перебувають в експлуатації протягом 10 років.

В результаті проведеного дослідження були зроблені наступні висновки:

1. Розроблена архітектура нейронної мережі дозволила розпізнавати показання лічильника газу з високою ймовірністю розпізнавання (до 97,8%); придатність нейронної мережі була перевірена шляхом аналізу зображень 200 лічильників; нейронна мережа змогла розпізнати показання лічильника газу з високою ймовірністю (до 97,8%).

2. Застосування нейронних мереж для розпізнавання показань механічних лічильників електроенергії дозволяє використовувати нейромереві алгоритми для різних типів лічильників, залежно від їх навчальних характеристик.

3. Гібридний метод класифікації декадних лічильників на основі розробленого методу інтелектуального аналізу даних характеризується низькою чутливістю до шуму, повороту та масштабу зображення циферблату лічильника, що гарантує задану точність.

4. Достовірність розпізнавання показань десяткових лічильників електроенергії залежить від дотримання наступних умов

- умов отримання зображення циферблату лічильника;
- стану та рівня забруднення скла циферблату лічильника;
- стану самого циферблату (рівень вицвітання фарби, наявність тріщин та подряпин).

5. Запорукою надійного розпізнавання показань лічильників є попередня обробка зображень. Цей процес є дуже трудомістким і має бути автоматизований за допомогою нейронних мереж.

6. Використання нейронних мереж вимагає достатньої кількості вибірок показань (1200 зображень) для кожного типу лічильників.

Таким чином, мета дослідження була досягнута і всі завдання магістерської роботи були виконані.

Запропоноване в дипломній роботі рішення може бути використане в науково-дослідних та навчальних процесах для просторово-розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем..

Кафедра МБЖД

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. VideoTesT Ltd "Application of Image Analysis Software VideoTesT – Morphology in Mycology, Phytopathology and Industrial Microbiology".

URL: <http://www.videotest.ru/en/article/view/48/category/11> (дата звернення: 6.09.2023).

2. VisionPE Metlab Corporation. Image Analysis.

URL: http://www.metlabcorp.com/image_analysis.html (дата звернення: 6.09.2023).

3. SIAMS: Index of/products/siams700.

URL: <http://www.siams.com/products/siams700> (дата звернення: 9.09.2023).

4. Skoblo T. S., Romaniuk S. P., Sidashenko A. I., Garkusha I. E., Taran V. S., Taran A. V., Demchenko S. V. Study of degradation mechanism of metal-cutting tools and their hardening by ZrN PVD coatings. *Problems atomic sci. and techn. Ser. Plasma Physic.* 2018. №. 6. P. 300–303.

5. Skoblo T. S., Romaniuk S. P., Sidashenko A. I., Taran V. S., Taran A. V., Dorozhko I. I., Pilgui N. N. Complex evaluation of structural state degree of strengthening nanocoatings. *Problems of atomic science and technology. Series: Plasma Physics.* 2019. № 1 (25). P. 225–228.

6. Chen C. H., Rau L. F, and. Wang P. S. P (eds.). Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision, *World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.*, Singapore–New Jersey–London–Hong Kong: 1995. 984 p.

7. Pratt W. K. Digital Image Processing, John Wiley & Sons, 3rd ed., USA. 2001. 750 p.

8. Gonzalez R. S., and Woods R. E. Digital image processing, 2nd ed., USA: Prentice, 2002. 703 p.

9. Suzuki Kenji. Artificial Neural Networks: Architectures and Applications, InTech, 2013. 256 p.

10. Sakawa M., Yano H. Interactive decision making for multiobjective linear programming problems with fuzzy parameters//In "Large—scale modeling and

interactive decision analysis, proceeding" ed. by Fandel et al,—Eisenach, GDR: Springer—Verlach, 1986—P. 88—96.

11. Chankong V., Haimes Y. Y. Multiobjective decision making: theory and methodology.—North—Holland, 1983.

12. Коваль А. О., Коваль О. А. Просторово розподілені інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи: монографія. Харків : Лідер, 2017. 146 с.

13. Закон України "Про охорону праці" в редакції від 21 листопада 2002 р.
URL: https://urst.com.ua/act/pro_okhoronu_pratsi (дата звернення: 16.09.2023).

Кафедра МБЖД

ДОДАТОК А
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Кафедра МБЖД

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ
магістра


ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗАНЬ ДЕКАДНИХ ЛІЧІЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.

Керівник, канд. техн. наук, доц.

Студент гр. ММ-61-22



О. І. Богатов



І. В. Грайворонська



О. А. Коваль



О. А. Чаплинський

м. Харків - 2023

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження — інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи в центрах обліку електроенергії.

Мета роботи — підвищити надійність методу розпізнавання показань лічильників електроенергії.

Метод дослідження — нейромережеві методи розпізнавання образів, методи нечіткої логіки, прямі експериментальні методи, методи статистичного та часового аналізу даних вимірювань багатоканальних інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем центрів обліку електроенергії.

Предмет дослідження — процес розпізнавання показань лічильників електроенергії.

У магістерській роботі використані методи нейронних мереж для дослідження достовірності розпізнавання показань лічильників електроенергії і розроблена методологія та алгоритм розпізнавання показань лічильників електроенергії за даними світлофіксації.

ДЕКАДНІ ЛІЧИЛЬНИКИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ



Рисунок 1 — Вид декадних лічильників електроенергії

ПЕРЕТВОРЕННЯ ХАФЛАЙНА

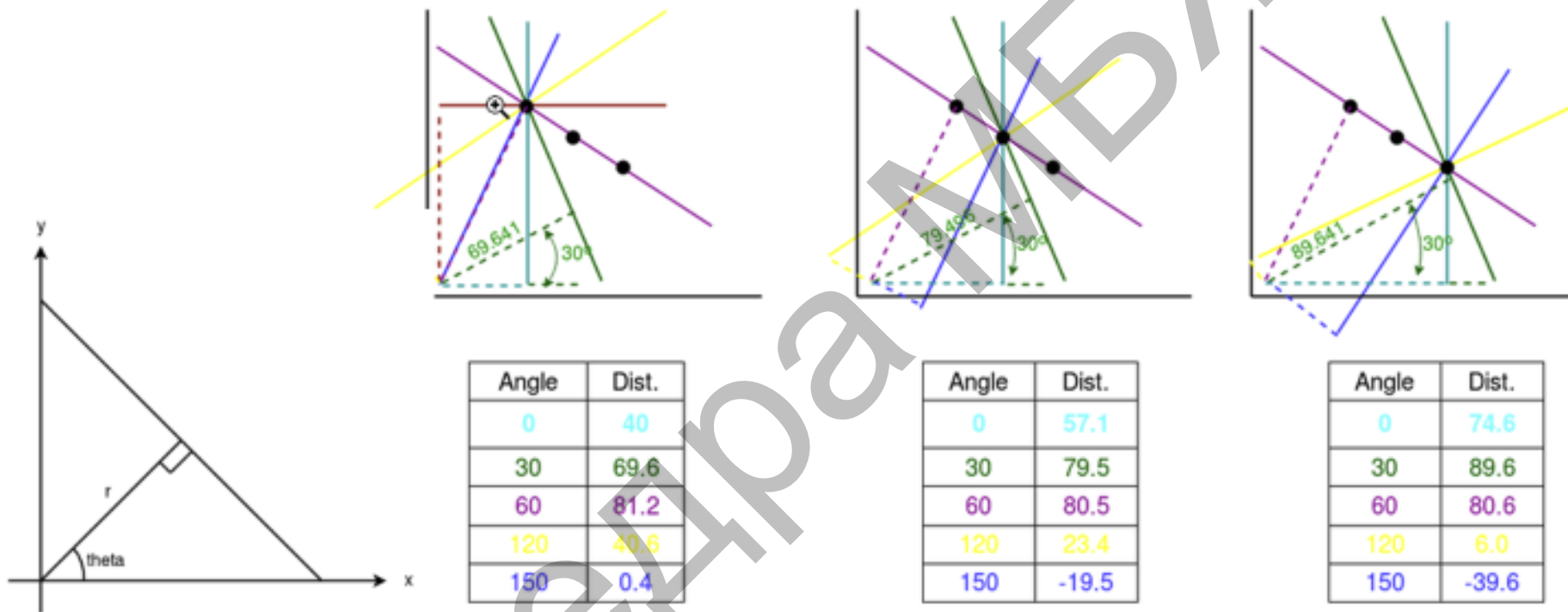


Рисунок 2 – До алгоритму пошуку прямої лінії

ПЕРЕТВОРЕННЯ ХАФЛАЙНА



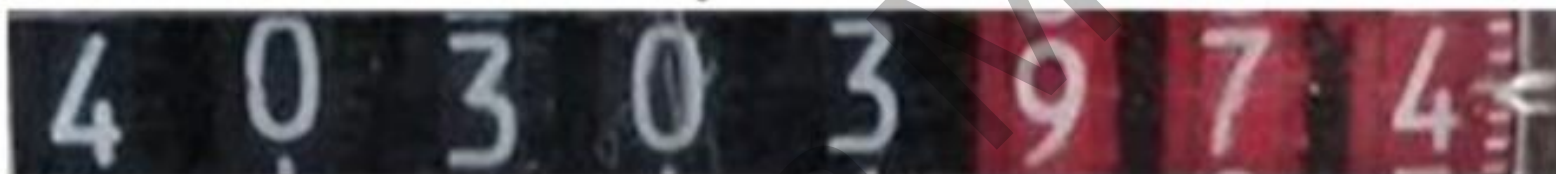
Рисунок 3 - Результати роботи алгоритмів для виявлення прямих ліній на зображеннях.

ВИДІЛЕНІ ЗОБРАЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ДЕКАД ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ



Зображення циферблату: Ширина= 346 Висота= 37

Оригінал



Масштабоване зображення циферблату: Ширина= 680 Висота= 72

ПІДВИЩЕННЯ РІЗКОСТІ



Рисунок 4 – Методи покращення якості зображення циферблатів лічильників

МЕТОДИКА ВИДІЛЕННЯ ПОКАЗАНЬ ДЕКАД



Ширина= 32 Висота= 72



Рисунок 5 – Межа між цілою та десятковою частинами показань лічильника.

АЛГОРИТМ КАННІ

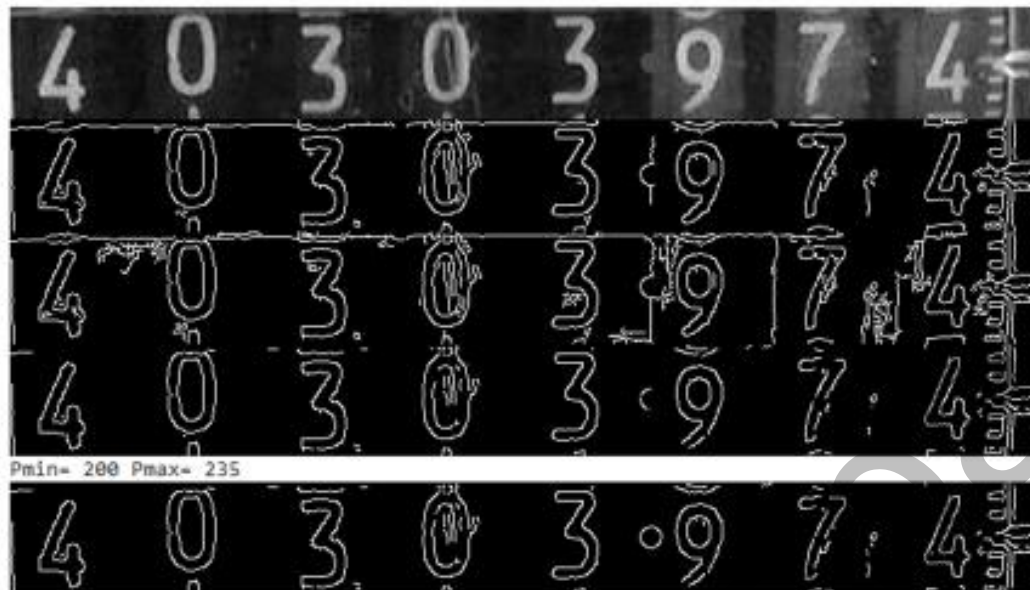
Загальними критеріями для виявлення країв є наступні:

1. Низький рівень помилок при виявленні країв означає, що якомога більше країв зображення буде захоплено з максимальною точністю.
2. Виявлені краї мають бути розташовані точно по центру справжніх країв.
3. Певні краї зображення повинні бути виявлені лише один раз і, де це можливо, шуми зображення не повинні призводити до помилкових країв.

Процес обробки алгоритму виявлення контурів цифр поділяється на наступні п'ять кроків:

1. Використовуйте фільтр Гауса для згладжування зображення та видалення шуму.
2. Обчислити інтенсивність градієнта та напрямок кожного пікселя на зображенні.
3. Використовуємо не максимальне придушення для усунення помилок, пов'язаних з виявленням країв.
4. Використовуємо подвійне порогове значення для виявлення справжніх та потенційних фронтів.
5. Нарешті, повне виявлення країв шляхом придушення окремих слабких країв.

ПОШУК ОБРИСІВ ЗА АЛГОРИТМОМ CANNY



```
# Автоматичне визначення порога
def auto_canny(images, sigma=0.33):
    v = np.median(images) # середнє значення
    lower = int(max(0, (1.0-
sigma) * v)) # максимальне значення порога
    upper = int(min(255, (1.0+sigma) * v))
    edged = cv2.Canny(images, lower, upper)
    print('Pmin=', lower, 'Pmax=', upper)
    return edged

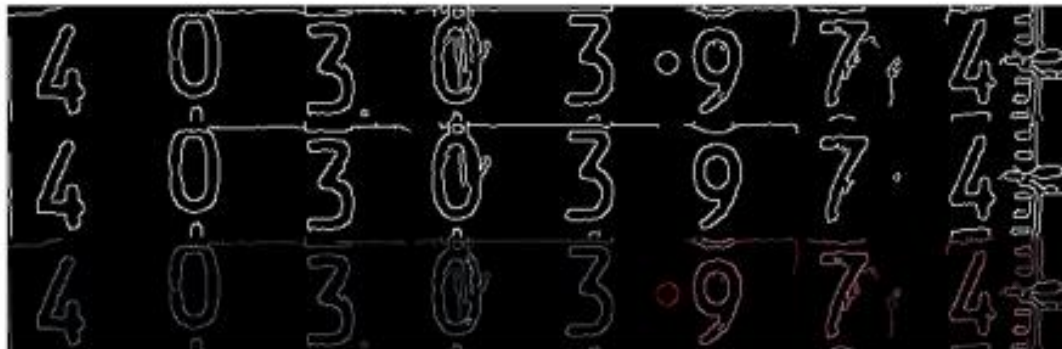
# зображення у градації сірого
gray = cv2.cvtColor(img1, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
cv2.imshow(gray)

# зменшення різкості зображення
blurred = cv2.GaussianBlur(gray, (7,7), 0)
cv2.imshow(blurred)

# межі за алгоритмом Canny
dges = cv2.Canny(gray, 100, 200)
wide = cv2.Canny(blurred, 10, 200)
tight = cv2.Canny(blurred, 140, 220)
cv2.imshow(dges)
cv2.imshow(wide)
cv2.imshow(tight)
auto = auto_canny(img1)
cv2.imshow(auto)
```

Рисунок 6 – Результати роботи алгоритмів виявлення країв з використанням алгоритму CANNY.

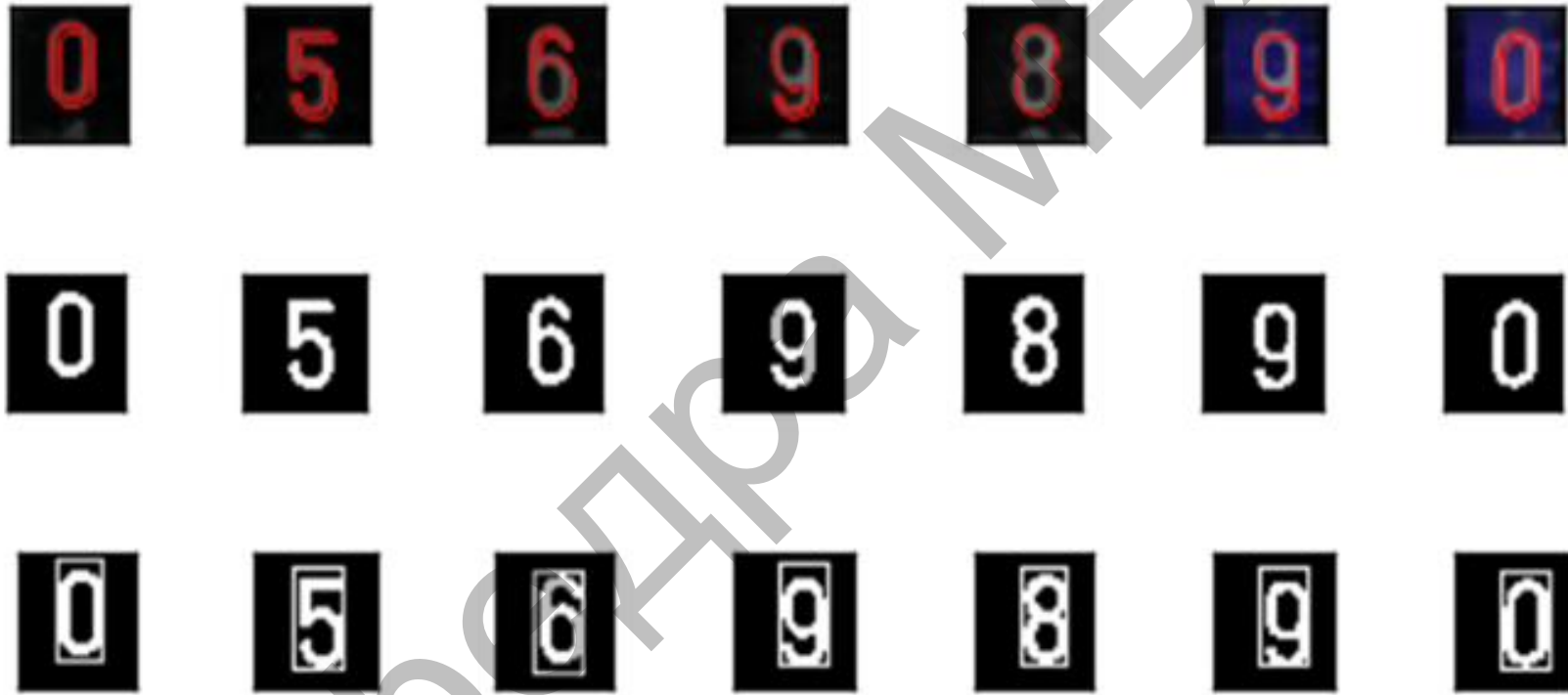
"ХИТРИЙ" АЛГОРИТМИ ПОШУКУ КОНТУРІВ ЦИФР



```
# розмиваємо зображення
blurred = cv2.GaussianBlur(img1, (7,7), 0)
# зображення в градаціях сірого
gray = cv2.cvtColor(blurred, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# градієнт по осі X
grad_x = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 1, 0)
# градієнт по осі Y
grad_y = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 0, 1)
# значення градієнтів в 8 бітне
x_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_x)
y_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_y)
# обидва градієнти
src1 = cv2.addWeighted(x_grad, 0.5, y_grad, 0.5, 0)
# "хитрий" алгоритм,
# Px=50 і Py=100
edge = cv2.Canny(img1, 50, 100)
cv2_imshow(edge)
edge1 = cv2.Canny(grad_x, grad_y, 10, 100)
cv2_imshow(edge1)
# край зображення як маска
# для виконання бітових операцій
edge2 = cv2.bitwise_and(img1, img1, mask=edge1)
cv2_imshow(edge2)
```

Рисунок 7 – Результати роботи алгоритмів виявлення контурів цифр з використанням "хитрого" алгоритму.

ВИДІЛЕНІ БЛОКИ ДЛЯ ЛІЧИЛЬНИКА



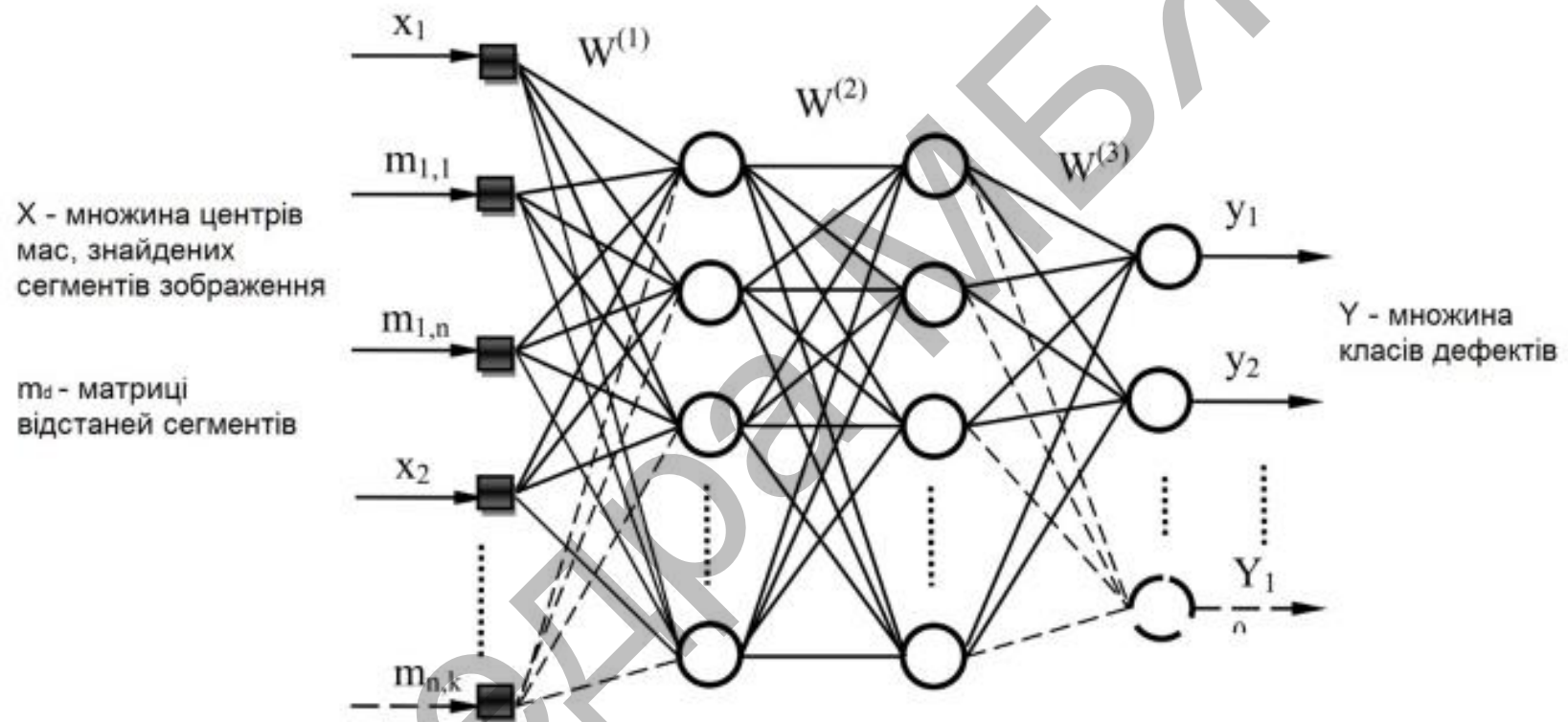
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗПІЗНАВАНЬ ПОКАЗАНЬ ЛІЧИЛЬНИКА



0	6	2	0	0	5	9
0	6	2	0	0	5	9
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	6	2	0	4	0	0
0	6	2	0	4	1	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	6	2	0	0	0	0
0	6	2	0	9	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

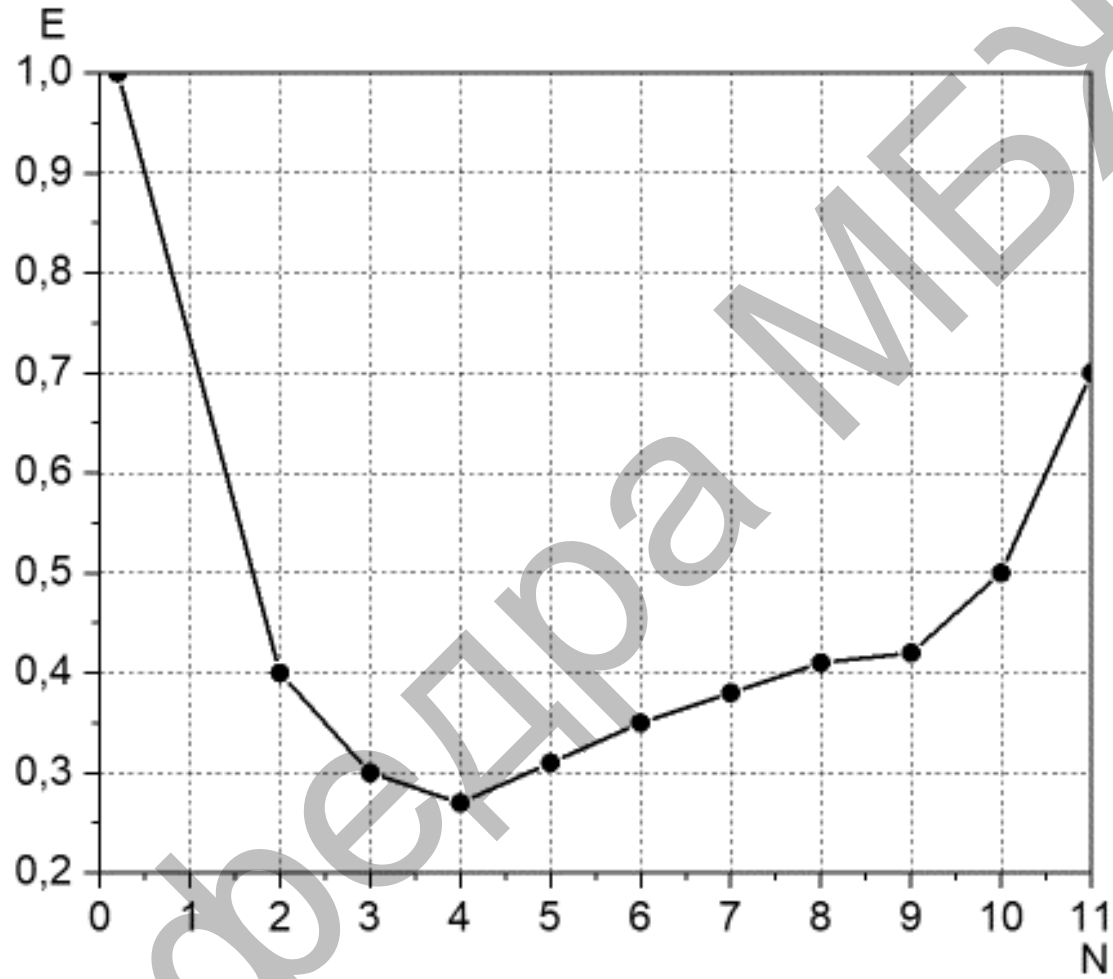
Кафедра

СТРУКТУРА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗАНЬ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

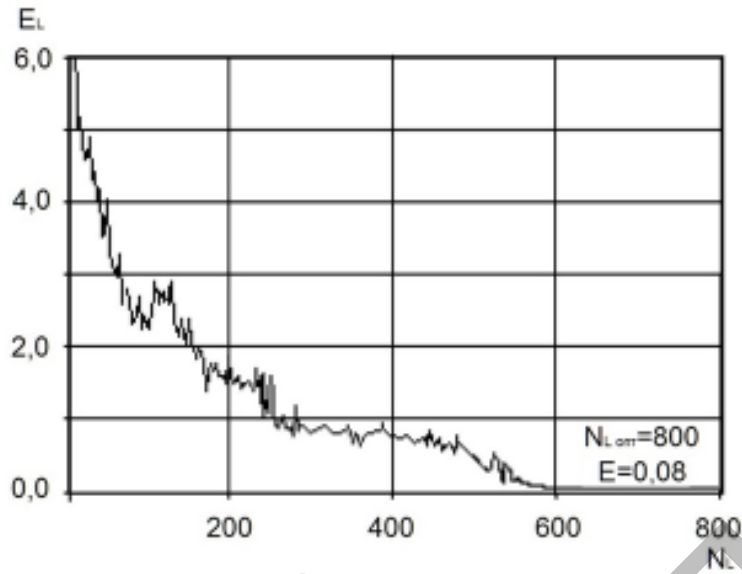


Кафедра

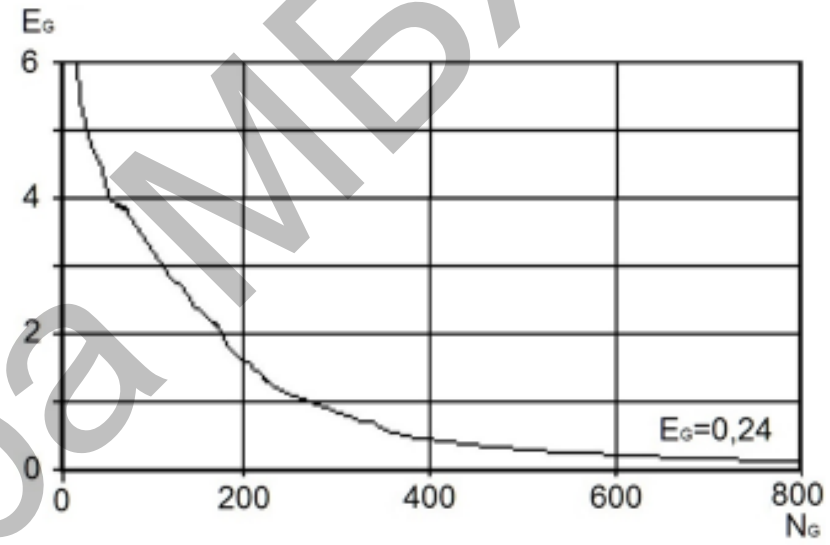
ПОМИЛКИ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ



ЗАЛЕЖНІСТЬ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ТА ПОМИЛОК РОЗПІЗНАВАННЯ ВІД НОМЕРА ЕПОХИ



а) помилки навчання



б) помилки розпізнавання

Кафедра МБЖД

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи було вирішено науково-практичне завдання: дослідити достовірність методів розпізнавання показань лічильників електроенергії, які перебувають в експлуатації протягом 10 років. Були зроблені наступні висновки:

Достовірність розпізнавання показань лічильників електроенергії, що експлуатуються протягом 10 років, залежить від наступних умов.

Умови, в яких проводилося фотографування циферблатів лічильників;

Стан та ступінь забруднення скла циферблату лічильника;

1. Стан самого циферблату (рівень вицвітання фарби, тріщини та подряпини); та
2. Ключем до надійного розпізнавання показань лічильника є попередня обробка зображення. Цей процес є трудомістким і має бути автоматизований за допомогою нейронних мереж.
3. Використання нейронних мереж потребує достатньо великої вибірки показань (1200 зображень) для кожного типу лічильників для їх навчання
4. Розпізнавання показань за допомогою добре навченої нейронної мережі може забезпечити рівень правильного розпізнавання близький до 96%.

Таким чином, в результаті проведених досліджень було досягнуто мети даного дослідження та виконано всі завдання магістерської дисертації.

Запропоноване в дисертації рішення може бути використане в науково-дослідних та навчальних процесах для просторово-розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем.