

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 ГАЗУ

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук



М. В. Москаленко

Керівник, канд. техн. наук, доц.



О. А. Коваль

Студентка гр. ММ-61-21



Є. О. Плечова

Харків — 2022

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО—ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності
Освітній рівень магістр
Спеціальність 152 «Метрологія та вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

 **О. І. Богагов**
«19» вересня 2022 р.

ЗАВДАННЯ **НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Плечовій Євгенії Олександрівні

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

Керівник роботи Коваль Олександр Андрійович, к.т.н. доцент

Затверджені наказом по університету від " 4 " жовтня 2022р. № 102 .

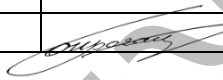

2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2022р.

3. Вхідні дані до роботи 1). Методи розпізнавання показань декадних лічильників газу. 2). Достовірність розпізнавання показань декадних лічильників газу. 3). Методика розпізнавання показань декадних лічильників газу. 4). Результати експериментальних досліджень з розпізнавання показань декадних лічильників газу. 5). Кількість типів лічильників — один.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Вступ; 2. Порівняльна характеристика методів розпізнавання показань декадних лічильників газу; 3. Розробка методики розпізнавання показань декадних лічильників газу; 4. Результати експериментальних досліджень з розпізнавання показань декадних лічильників газу; 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:

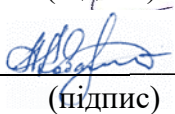
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
4	Богатов О. І.		

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення літератури.	20.09.2022	виконано
2	Порівняльна характеристика методів розпізнавання показань декадних лічильників газу.	19.10.2022	виконано
3	Розробка методики розпізнавання показань декадних лічильників газу.	1.11.2022	виконано
4	Результати експериментальних досліджень з розпізнавання показань декадних лічильників газу.	11.11.2022	виконано
5	Охорона праці і навколишнього середовища.	15.11.2022	виконано
6	Формулювання висновків.	24.11.2022	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки.	7.12.2022	виконано
8	Створення презентації в PowerPoint.	14.12.2022	виконано
9	Подання роботи керівнику.	15.12.2022	виконано
10	Подання роботи на рецензію.	16.12.2022	виконано
11	Допуск до захисту.	17.12.2022	виконано

Студентка гр. ММ-61-21  Плечова Є. О.
(підпис)

Керівник роботи  Коваль О. А.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 90 с., 28 рис., 6 табл., 1 додаток, 20 джерел.

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

Об'єкт дослідження — інтелектуальна вимірювальна інформаційна система центру обліку споживаного газу.

Мета роботи — підвищення достовірності методів розпізнавання показань декадних лічильників газу.

Метод дослідження — нейромережевий метод розпізнавання зображень, методи нечіткої логіки, методи прямого експерименту, статистичного та часового аналізу даних вимірювань багатоканальної інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи центру обліку споживаного газу.

Предмет дослідження — процес розпізнавання показань декадного лічильника газу.

В магістерській роботі проведені дослідження достовірності розпізнавань показань декадних лічильників газу з впровадженням нейромережевих методів, розроблена методика та алгоритм розпізнавання показань лічильників газу за даними фотофіксації.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Методика обробки даних візуального контролю показань лічильників газу	10
1.1 Методика математичної обробки зображень декадних лічильників газу	10
1.2 Моделі пошкодження поверхні циферблату лічильника.....	14
1.3 Розробка методики оцінювання ступеню пошкодження дискового декадного лічильника.....	16
1.4 Висновки до розділу.....	18
2 Розпізнавання показань лічильника газу основі нейромережевого методу.....	20
2.1 Методика попередньої обробки зображень показань газового лічильника	20
2.2 Методика розпізнавання зображення цифрових декад лічильника газу.....	22
2.3 Висновки до розділу.....	26
3 Дослідження достовірності методів розпізнавання показань декадних лічильників газу	27
3.1 Методика виявлення прямих ліній та вирізки зображення декадного циферблата.....	29
3.2 Методика покращення якості зображення циферблату лічильника.....	36
3.3 Методика виділення показань декад десяти, сотих та тисячних.....	39
3.4 Дослідження методів виявлення країв зображень цифр.....	41

3.5 Дослідження нейромережевого методу розпізнавання показань декадного лічильника газу.....	46
3.6 Результати розпізнавання зображень цифрової декади нейронною мережею.....	48
3.7 Висновки до розділу	54
4 Охорона праці і навколишнього середовища.....	55
4.1 Правові і організаційні питання охорони праці.....	55
4.2 Промислова санітарія.....	57
4.2.1 Освітлення.....	58
4.2.2 Кондиціонування повітря.....	59
4.3 Техніка безпеки.....	62
4.4 Пожежна безпека.....	63
4.5 Джерела небезпечних і шкідливих чинників.....	66
4.6 Висновки до розділу.....	67
Висновки.....	69
Перелік посилань.....	71
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЕОМ — електронно-обчислювальна машина

ДЛГ — декадний лічильник газу

ІВІС — інтелектуальна вимірювальна інформаційна система

НМ — нейронна мережа

ПЕОМ — персональна електронно-обчислювальна машина

ПОЗ — попередня обробка зображень

ЦЛ — циферблат лічильника

Кафедра МБЖД

ВСТУП

Стан автоматичного збору даних вимірювань з механічних лічильників різноманітного призначення багато в чому залежить не тільки від типів та різновидів лічильників, але й від показників якості роботи системи збору та обробки даних візуального контролю. У технологічному циклі збору даних вимірювань необхідно якомога раніше виявити появу похибок розпізнавання, класифікації та ідентифікації даних вимірювань і своєчасно зробити корекцію перед заповненням поточної бази даних вимірювань.

Глобалізація збору даних вимірювань з використанням Internet передбачає збільшення кількості операцій і технологій для контролю якості й правильності зібраних показань, які у свою чергу вимагають розробки технічних засобів і інформаційних технологій.

Високотехнологічні підприємства газової галузі з метою виявлення браку й підвищення достовірності внесених в базу даних показань лічильників спожитого газу постійно збільшують обсяги операцій обробки даних візуального контролю показань. Крім того, більшість існуючих рішень у даній області орієнтовані на певні типи лічильників і не забезпечує навчання системи збору даних з нових марок лічильників газу.

Разом з тим, більшість із існуючих методів і програмних реалізацій можуть бути використані лише як початковий етап розпізнавання та ідентифікації показань декадних лічильників, а всі відомі підходи припускають наявність експерта для приведення висновку щодо кінцевого розпізнавання показань. Слід зазначити, що в цей час недостатньо розроблені алгоритми ідентифікації зображень декадних лічильників, відсутні програмні засоби автоматизації контролю якості розпізнавання, що дозволяють знизити участь людини за рахунок застосування інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень. Крім того, основна частина з відомих методів торкається контролю лише якогось одного типу лічильника, а не комплексу заданих типів, що не

дозволяє їх використовувати в уніфікованих системах збору, обробки та обліку спожитого газу.

Слід також зазначити, що такий підхід має серйозний недолік – а саме вимагає залучення висококваліфікованих експертів в області розпізнавання та класифікації графічних образів. У цей час стає очевидним, що для підвищення ефективності й об'єктивності ідентифікації показань механічних лічильників спожитого газу необхідно залучати підходи, засновані на застосуванні сучасних математичних методів обробки даних і алгоритмів штучного інтелекту при вирішенні завдань класифікації й ідентифікації графічних зображень цифрових декад лічильників.

Кафедра МБЖД

1 МЕТОДИКА ОБРОБКИ ДАНИХ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПОКАЗАНЬ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

Попередньо зібрані дані показань лічильників газу за допомогою фотофіксації необхідно обробити. Попередня обробка даних викликана тим, що дані збирались різними засобами фотофіксації, в різних умовах освітлення. Крім того самі лічильники знаходились в різних умовах і мають різний технічний стан. В результаті цього окремі фрагменти запилення, тріщини, бліки, результати деформацій та викривлень декадних дисків можуть бути помилково розпізнані як фрагменти цифр. З метою зменшення кількості помилкових прийняття рішень на етапі класифікації результатів розпізнавань показань була розроблена методика математичної обробки зображень декадних лічильників газу.

1.1 Методика математичної обробки зображень декадних лічильників газу

Для якісного й кількісного аналізу структури й оцінки дисперсності зображення циферблату лічильника, пов'язаної з виявленою локальною неоднорідністю, використовується методика математичної обробки зображень фотофіксації показань газового лічильника. Вона заснована на аналізі пікселів отриманого цифрового зображення в горизонтальному й вертикальному напрямках з визначенням наступних показників:

— абсолютного значення дивергенції (даний показник описує щільність фрагмента зображення; чим більше значення дивергенції, тем інтенсивніше розмиття зображення);

— абсолютних значень першого, третього й четвертого лапласіанів відповідно (описують перекриття зображень цифр);

— узагальненого градієнта, який оцінювали за абсолютною величиною (ϵ середньою ефективною швидкістю зміни кольору, що відповідає інтенсивності бліків). Дані характеристики описують енергетичні параметри, що відповідають дисипації щільності зображення.

Для аналізу структури зображення цифрової декади механічного лічильника газу використовували підготовлені зображення з різними дефектами декадний кілець (деформація, перекіс, злущування та вигорання фарби, наявність бруду та пилу). Усього аналізувалось 17 світлин різних зон декад. Одинадцять зображень були отримані смартфоном з роздільною здатністю в 32 мегапікселів і 7 – в 16 мегапікселів. Результати значень описаних вище функцій представлені в таблиці 1.1. Перше, четверте, п'яте, шосте зображення й дванадцятье- це фото краю поверхні декадних кілець.

Таблиця 1.1 – Значення середніх аналізованих функцій

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 виникаючу дифузію й формовані структурні зміни, викликані вигоранням краски в процесі експлуатації різних

циферблату. Для цього порівнювали отримані зміни функції в різних зонах різних циферблатів. Так як типи лічильників, зображення їх циферблатів і локальність аналізу структури, то доцільно проводити порівняння зображень окремо для кожного з них.

При аналізі зображень встановлено, що біля краю робочого диску підвищені енергетичні параметри дисипації, що характеризуються інтенсивністю виникаючих дифузійних процесів і змінами щільності фрагмента зображення. Крім того, проводилась оцінка неоднорідності структури у вертикальному й горизонтальному напрямках (таблиця 1.2). Чим ближче цей показник до одиниці, тим формована структура більш однорідна.

Таблиця 1.2 – Значення середньої неоднорідності структури циферблата

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

З аналізу отриманих даних випливає, що під дією вигорання краски та деформації декадних кілець біля країв дисків формується максимально однорідна структура як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках (таблиця 1.2, фото № 12). При цьому виявляються зони з локальним пошкодженням і підвищеною неоднорідністю, пов'язаною з наявністю пор і тріщин, що впливає на якість розпізнавання цифр на циферблаті. Підвищена анізотропія зображення у цьому випадку визначає ступінь деградації поверхні циферблату. Приклад розподілу середньої неоднорідності поверхні циферблату декадного лічильника газу приведений на рисунку 1.1.

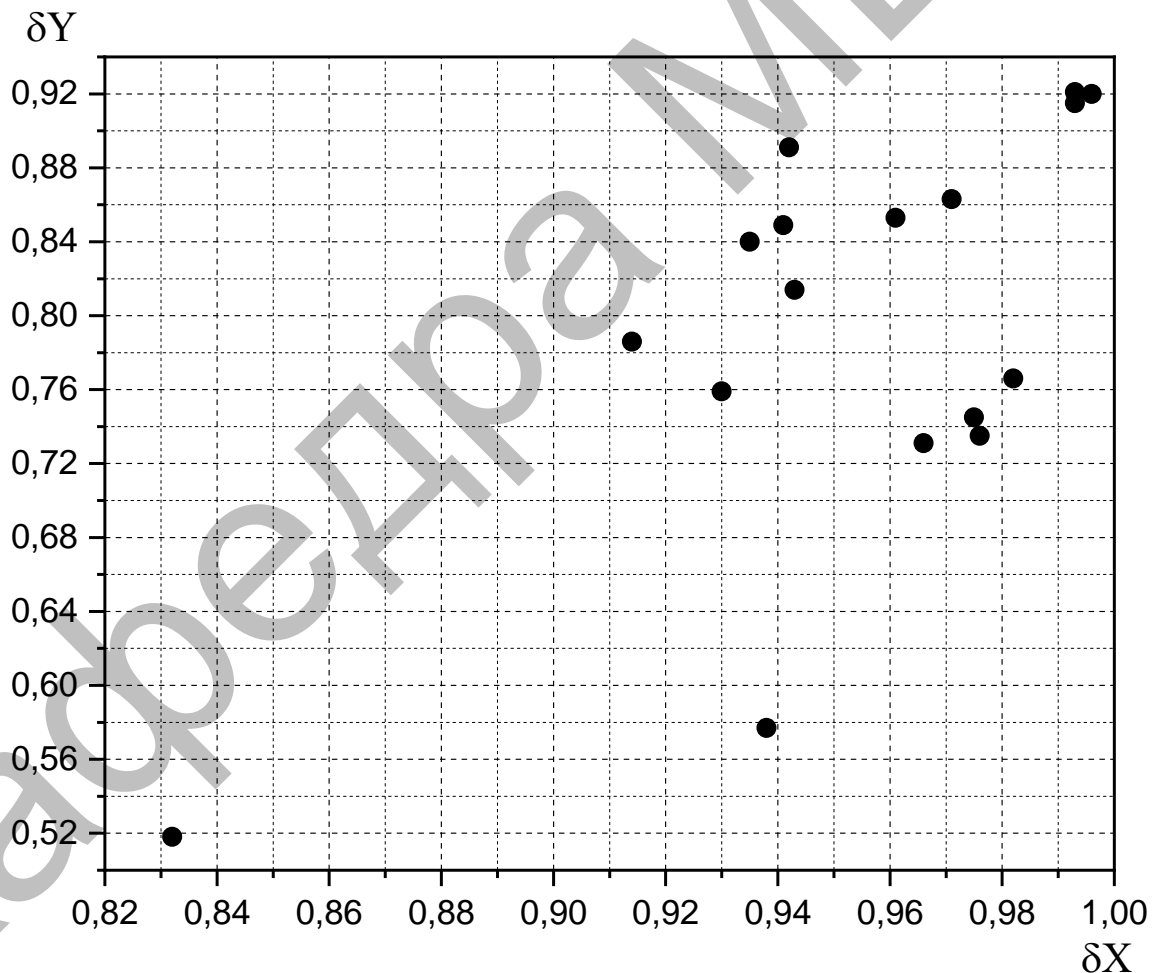


Рисунок 1.1 – Розподіл середньої розмитості зображення цифри

Такий напрямок структурної неоднорідності завжди формується коли лічильник встановлений на вулиці і не захищений від прямих сонячних променів.

Проведені дослідження показали, що диски декадного лічильника у процесі експлуатації піддаються циклічному навантаженню. Характеристики опору циклічному навантаженню (фізична або обмежена межа витривалості) суттєво залежать від того, при яких умовах (факторах) відбувається циклічне навантаження. Проектування нового циферблату із заданими експлуатаційними характеристиками, або оцінка залишкового ресурсу лічильника загалом вимагає побудови сумарної кривої деформацій в умовах діючих факторів, або визначення окремих характеристик для кожного диска.

Методи експериментальної побудови кривої деформацій не завжди прийнятні. Необхідна розробка методів прогнозування ресурсних характеристик. Такі методи особливо привабливі, якщо їх розробка, а також наступна верифікація засновані на інформації, одержуваної методом, прогнозування експлуатаційних характеристик на основі аналізу поверхні циферблату.

Недоліком даних методів є досить низька точність кількісної оцінки числа пошкоджених елементів, обумовлена суб'єктивністю оцінок, виконуваних фахівцями, які проводять аналіз даних фотофіксацій показань. Необхідність підвищення точності прогнозування робить необхідним вирішення наступних задач – автоматизацію обробки зображення циферблату й розробку методики прогнозування залишкового терміну експлуатації дискової касети циферблату декадного лічильника газу. Варіант вирішення цих задач на основі використання особливих точок на ушкодженій поверхні й розглядається в даній роботі.

1.2 Моделі пошкодження поверхні циферблату лічильника

Експлуатаційні дефекти появляються переважно на вільній поверхні циферблату. Вони є результатом сумування дій багатьох факторів на конструкції декадного циферблату лічильника. На поверхні декад утворюються пошкодження у вигляді тріщин та царапин. По тріщинах вже якісно можна

судити про поведження матеріалу дисків при циклічному навантаженні. Процес втомлює відображається в пошкодженнях поверхні дисків декад.

Відомий ряд методів прогнозування окремих показників стану деформації дисків на основі кількісної оцінки ступеня пошкодження поверхні матеріалів ([1-11]), у яких в якості кількісного показника ступеня пошкодження використовуються або абсолютні величини чисел характерних елементів ушкодженої структури поверхні (числа грубих смуг сковзання, їх ширина й довжина) [12], або комбінації з таких чисел [13].

За критерій оцінки поведження матеріалу при його деформації приймають пошкодження поверхні Φ . Щоб дати їй кількісну оцінку, треба пошкодження матеріалів представити як функцію багатьох факторів, таких як число дисків циферблату n_{31} , число ушкоджених дисків n_{32} , різницю чисел неушкоджених і ушкоджених дисків по всій площі циферблату n_{33} , число дисків, ушкоджених царапинами та сколами n_{34} , загальне число царапин та сколів на пошкоджених дисках n_{n1} , число царапин n_{n2} , фактична площа диска F_m і площа робочої поверхні зразкового диску $F_{обр}$ тобто

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

Пошкодження поверхні циферблата характеризується функціями, які прямо пропорційні величинам: n_{32} / n_{31} , n_{34} / n_{33} , n_{n2} / n_{n1} , $F_m / F_{обр}$.

Характерним є те, що при збільшенні терміну експлуатації лічильника газу (зростання кількості циклів обертання диска декади N) показники n_{31} , F_m і $F_{обр}$ не змінюються. А показники: n_{32} , n_{33} , n_{34} , n_{n1} , n_{n2} – зростають. Величини n_{32} , n_{34} , n_{n2} в більшій мірі впливають на стан поверхні диска, в результаті взаємодії цих величин можуть утворюватися викривлення поверхні диска (деформації), утворення тріщин. Функцію пошкодження поверхні диску декади можна описати виразом [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 число пошкоджених дисків дорівнює нулю, то n_{32} , n_{33} , n_{34} , n_{n1} , n_{n2} відсутні, і пошкодження поверхні циферблату лічильника дорівнює нулю. Якщо число пошкоджених дисків не дорівнює нулю, то число будь-яких смуг (царапин та сколів) не буде рівним нулю, тобто якщо $n_{n1} \neq 0$, а $n_{n2} = 0$, то $\Phi = 0$, що не відповідає фізичному тлумаченню стану поверхні циферблату лічильника газу. Якщо, все таки, такий випадок буде мати місце, то отримані результати розрахунків відхиляються і не враховуються в подальшому, тому що при наявності пошкоджених дисків $\Phi \neq 0$ [12].

Методика оцінювання стану поверхні дискового циферблату газового лічильника за виразом (1.2) має ряд особливостей. Насамперед слід відміти значні трудомісткі обчислення, які накладають ряд обмежень як на засоби обчислень так і на рівень підготовки експерта. Оскільки кінцеве рішення за результатами розрахунків приймає людина, то буде мати місце, обумовлена людським фактором.

З метою збільшення швидкості роботи, а також зниження ймовірності помилки пропонується розглянути можливість застосування нейронних мереж для визначення значення пошкодження поверхні декадного циферблату лічильника газу.

1.3 Розробка методики оцінювання ступеню пошкодження поверхні декадного циферблату лічильника газу

Прогнозування стану поверхні декадного циферблату лічильника газу проводиться на основі вивчення та попередньої обробки отриманих зображень циферблатів.

Методика оцінювання ступеню пошкодження поверхні декадного циферблату лічильника газу складається із наступних кроків:

1. Попередня обробка зображення. Отримане зображення лічильника газу піддається попередній обробці для визначення інформаційних ознак, які є вхідними характеристиками для нейронної мережі.

На першому етапі попередньої обробки півтонове (сіре) зображення $f(x, y)$ зазнає бінаризації. Зображення розбивається на рівні за формою ділянки. Кожна з ділянок аналізується, і для неї вибирається оптимальний поріг бінаризації, який дозволяє визначити значення точки в процесі бінарного перетворення. Також враховуються знайдені пороги для сусідніх областей з метою мінімізації можливої помилки в місцях із сильними дефектами зображення.

На другому етапі попередньої обробки зображення поверхні декадного циферблату проводиться скелетизація зображення. Основне завдання цієї процедури – побудова лінії (кістяка), що проходить по центру аналізованого об'єкта. Робота процедури полягає в послідовному симетричному видаленні граничних точок об'єктів доти, поки не будуть отримані лінії товщиною в один елемент, які й називаються "кістяками" вихідних об'єктів.

2. Виділення особливих точок у зображенні циферблату. Отримане на попередньому етапі зображення використовується для виділення особливих точок. На даному етапі проводиться пошук кінцевих точок, точок розгалуження й ліній. Якщо в області з дев'яти точок є тільки одна чорна, отже, вона є кінцевою точкою. Якщо ж їх дві, то дана точка є частиною лінії. Точка вважається точкою розгалуження у випадку, якщо її оточують три чорні точки [15].

У підсумку формується вектор особливих точок (вектор пар координат), що однозначно характеризує зображення поверхні циферблату.

3. Нейромережева обробка зображення з метою виділення інформаційних признаков наявності цифр. Для формування процедури оцінки пошкодження поверхні дисків декад циферблату лічильника можна ефективно

використовувати байєсовські методи навчання нейронних мереж [16], такі як багатошаровий перцептрон або мережі на основі радіальних базисних функцій. Кожна із цих мереж дозволяє вирішувати задачі відновлення залежностей на основі навчальної вибірки й має універсальну апроксимуючу здатність.

Розглянемо далі вирішення поставленої задачі за допомогою багатошарового перцептрона з одним проміжним шаром. Кількість нейронів у вхідному шарі визначається множенням на 2 кількості особливих точок у вхідному векторі (оскільки точка характеризується значенням двовірної системи координат на досліджуваній поверхні). Початкова кількість нейронів у схованому шарі береться вдвічі менше кількості нейронів вхідного шару. Надалі, за результатами навчання й моделювання кількість нейронів схованого шару може змінюватися. У вихідному шарі проектованої мережі знаходиться один нейрон.

Навчальна вибірка формується з використанням вектора, отриманого на попередньому етапі (вектор пар координат особливих точок), у відповідність якому ставиться значення пошкодження поверхні Φ . Моделювання навчання нейронної мережі із застосуванням розробленого алгоритму свідчить про досить гарну узгодженість нейромережевих і експертних оцінок.

Запропонований метод дозволяє збільшити швидкість роботи з визначення пошкодження поверхні декадного циферблату, а також знизити вартість таких робіт. Також можливе використання отриманого алгоритму в сукупності з роботою експерта з метою підвищення якості аналізу.

1.4 Висновки до розділу

Проведені комплексні дослідження зображень декадних циферблатів механічних лічильників газу дозволив виявити зміни поверхні, деградацію структури по мінливості колірних характеристик дисків, пов'язаних із процесами, що виникають у період експлуатації. За допомогою математичного методу опису структурних змін одночасно встановлена й максимальна локальна

неоднорідність біля краю робочої поверхні дисків, пов'язана з наявністю пор і тріщин.

Запропонований метод попередньої обробки зображень декадних циферблатів механічних лічильників газу, заснований на використанні особливих точок, утворених на ушкодженій поверхні циферблату, дозволяє автоматизувати процедуру формування оцінок ресурсних характеристик механізмів дискових декад циферблату при достатній точності й об'єктивності.

Кафедра МБЖД

2 РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗАНЬ ЛІЧИЛЬНИКА ГАЗУ ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОВОГО МЕТОДУ

Розпізнавання показань лічильника газу з використанням нейронної мережі складається з двох основних етапів:

1. Отримане зображення циферблату піддається попередній обробці для виділення інформаційних ознак, які є вхідними значеннями для нейронної мережі, що здійснює визначення цифрових показань лічильника.

2. Нейромережева обробка отриманих вхідних значень із сегментацією зображення в схованому шарі нейронної мережі для визначення та класифікації показань лічильника. Розглянемо дані етапи більш докладно.

2.1 Методика попередньої обробки зображень показань газового лічильника

Зображення цифрового циферблату лічильника отримується з фото отриманого за результатами фотографування лічильника газу за допомогою смартфонів або підключених до локальної мережі вебкамер. Отримане півтонове зображення циферблату лічильника $f(x, y)$ підлягає бінаризації. Для бінаризації зображень циферблатів лічильників пропонується використання методу з змінним порогом перетворення [16–19]. Основна ідея алгоритму бінаризації полягає в наступному: зображення розбивається на різні за формою ділянки й далі кожна з ділянок аналізується й для неї вибирається оптимальний поріг бінаризації – він визначає значення точки в процесі бінарного перетворення, тобто якщо яскравість даної точки нижче порога, то вона вважається чорною, інакше – білою. При цьому враховуються знайдені пороги для найближчих ділянок, щоб мінімізувати можливі помилки в місцях із сильними дефектами зображення. Необхідність урахувати знайдені пороги для найближчих ділянок викликана тим, що необхідно мінімізувати можливі

помилки в місцях із сильними дефектами зображення декад циферблату.

Після бінаризації необхідно визначити інформативні ознаки зображення. Як відомо [17, 18], з точки зору розпізнавання й аналізу об'єктів на зображенні найбільш інформативними є не значення яскравості об'єктів, а характеристики їх меж – контурів. Інакше кажучи, основна інформація міститься не в яскравості окремих областей, а в їхніх обрисах. Таким чином, завдання виділення контурів полягає в побудові зображення саме меж об'єктів і обрисів однорідних областей.

Отже, далі проводиться скелетизація (виділення меж сегментів) і визначення базових точок зображення фільтром Превітта (як найбільш завадостійким фільтром згідно [19]). Маски фільтра Превітта задаються виразами:

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

Потім проводять розбивку зображення на матриці розміром 3x3

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

де $a_1 \dots a_9$ – показують рівень сірого кольору кожного пікселя в матриці.

Далі проводяться розрахунки X та Y згідно формул:

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

На завершальному етапі обчислюється градієнт Превітта по формулі

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

Базовими точками будуть точки границь сегментів, які необхідні для формування сегмента на основі відрізків. Далі визначаються базові точки, а потім сегменти, які описують зображення декад циферблату (рисунок 2.1).

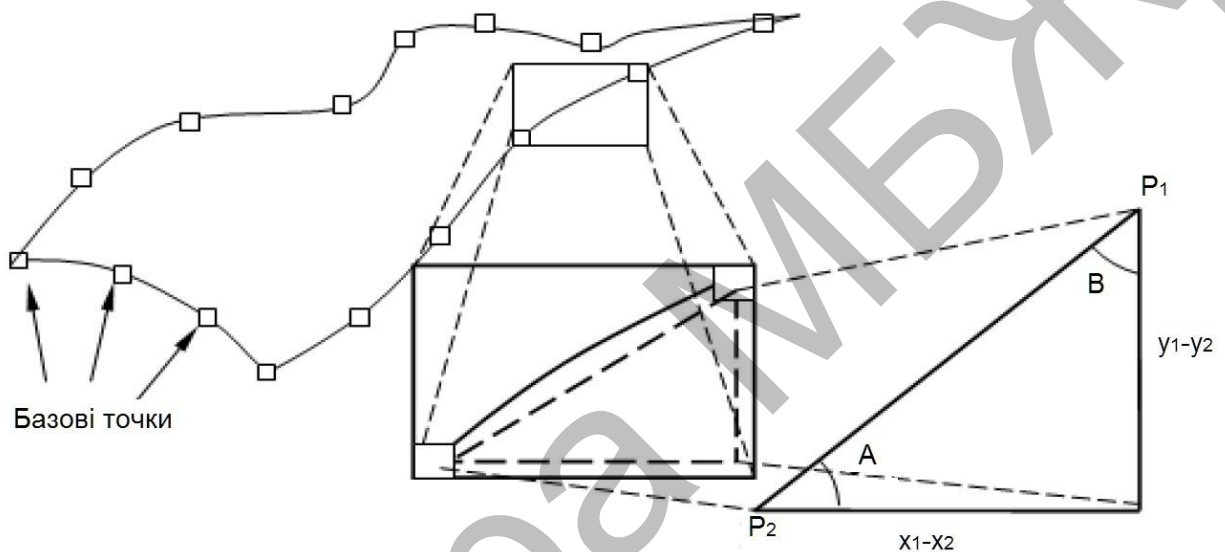


Рисунок 2.1 – Сегмент аналізованого зображення поверхні циферблату

Елементи сегмента зображення цифри будуються за допомогою гіпотенуз трикутників, які формуються за допомогою перпендикулярів, опущених із двох сусідніх базових точок, як проілюстровано на рисунку 2.1. Описується проілюстрований сегмент значеннями функцій \sin і \cos кутів A та B .

Далі розпізнавання пропонується проводити за допомогою нейронних мереж, що дозволить розроблювальним засобам контролю додати властивість навчатися для надання можливості діагностики стану різних марок сталей.

2.2 Методика розпізнавання зображення цифрових декад лічильника газу

Після попередньої обробки отримані значення вже оцифрованого зображення циферблату лічильника газу подаються на вхід нейронної мережі.

Для вирішення задачі розпізнавання зображень була обрана багатошарова мережа, оскільки такі види мереж використовуються для вирішення задач розпізнавання образів, а також для вирішення задач класифікації [19].

Для вирішення якої-небудь задачі із застосуванням штучної нейронної мережі необхідно спроектувати структуру мережі, адекватну поставленій задачі. Це передбачає вибір кількості шарів мережі й нейронів у кожному шарі.

Нейронна мережа для вирішення поставленої задачі являє собою багатошаровий перцептрон і має вхідний шар, схований шар і вихідний шар нейронів. Пропонується кількість нейронів у вхідному шарі прийняти рівним числу декад (цифр) цифрового циферблата. Кількість у вхідному шарі обчислюється множенням на 3 кількості базових областей розпізнавання (кількості цифр, які необхідно розпізнати) у вибірці зображень (оскільки точка характеризується параметрами: косинус, синус, яскравість). Величина схованого шару обчислюється діленням на три кількості нейронів вхідного шару, оскільки в схованому шарі проводиться сегментація зображення на основі базових точок областей сегментів, тобто для кожної точки сегмента обчислюється характерне для неї апроксимуюче значення на основі параметрів базових точок. Розмір вихідного шару визначається кількістю цифр для розпізнавання. Структура нейронної мережі розпізнавання показань механічного декадного лічильника газу наведена на рисунку 2.3.

Після вибору структури нейронної мережі необхідно її навчити. Як відомо [19], щоб навчити нейронну мережу необхідно підправляти ваги кожного елемента так, щоб зменшувалося значення помилки – розбіжність між дійсним і бажаним виходом. Для цього необхідно, щоб нейронна мережа обчислювала похідну від помилки по вагах. Для рішення був обраний алгоритм зворотного поширення помилки (back-propagation) [19]. Для алгоритму зворотного поширення необхідно, щоб активаційна функція була диференцьована на всій ділянці.

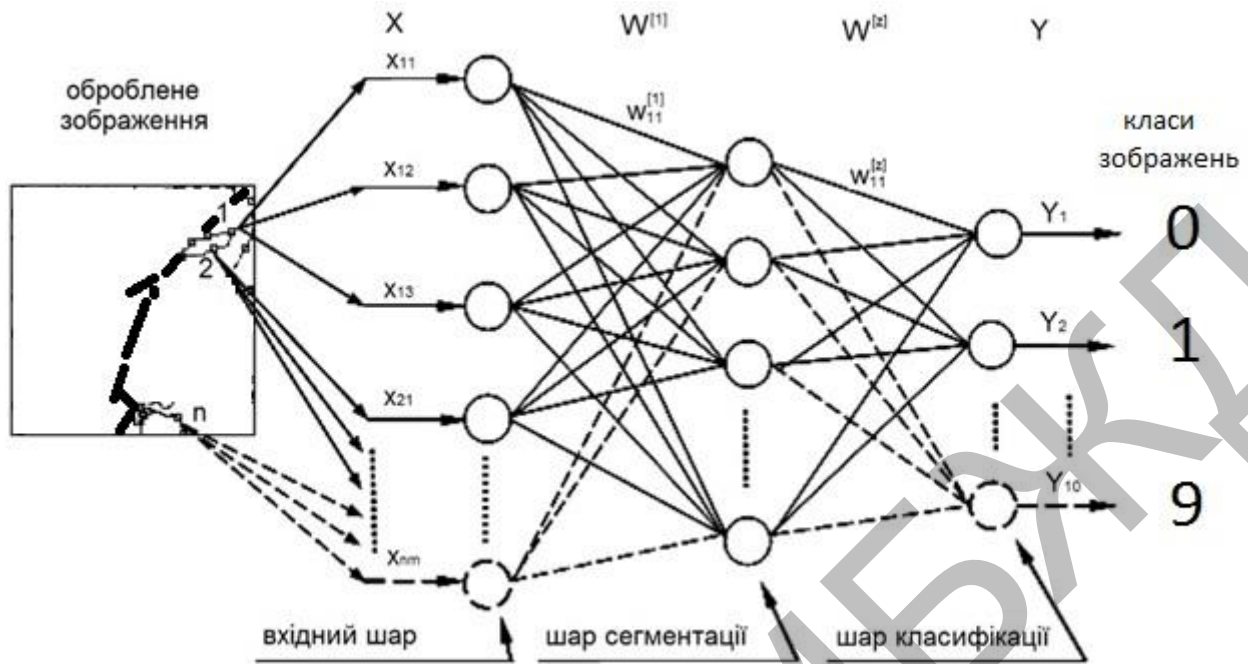


Рисунок 2.3 – Структура нейронної мережі

Пропонується використовувати сигмоїдальну активаційну функцію [14]:

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

Графіки активаційних функцій при різних значеннях параметрів w та b приведені на рисунках 2.4 і 2.5.

Щоб оцінити якість розпізнавання, проводилося обчислення середньоквадратичної помилки:

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

де E – помилка розпізнавання;

y_i – значення i -го виходу мережі при розпізнаванні зображення;

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

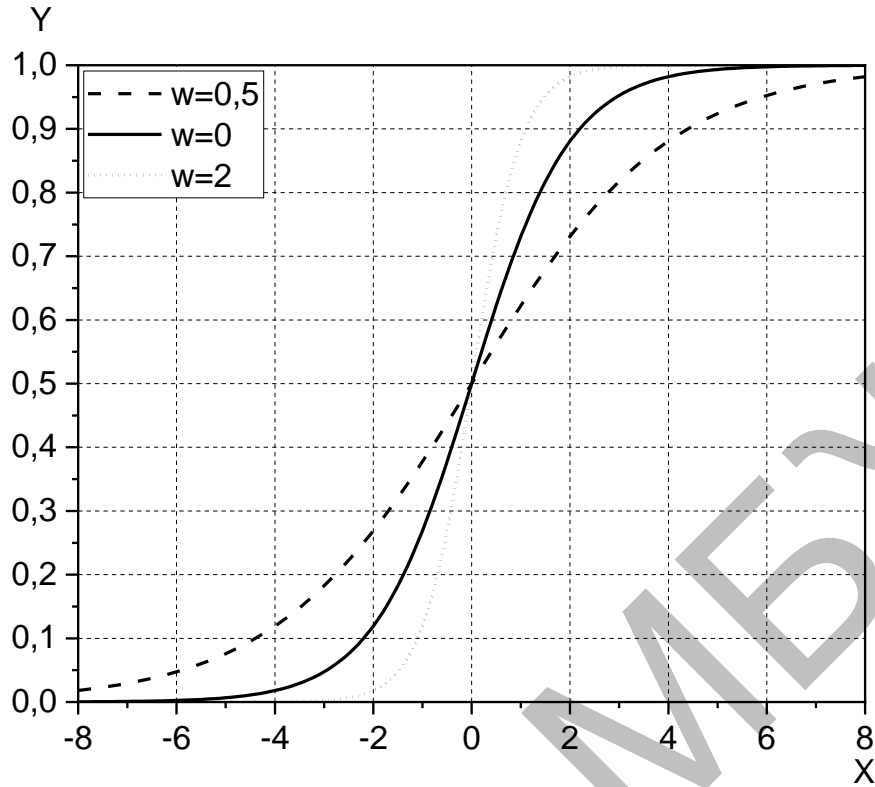


Рисунок 2.4 – Графіки активційних функцій при різних значеннях параметра w

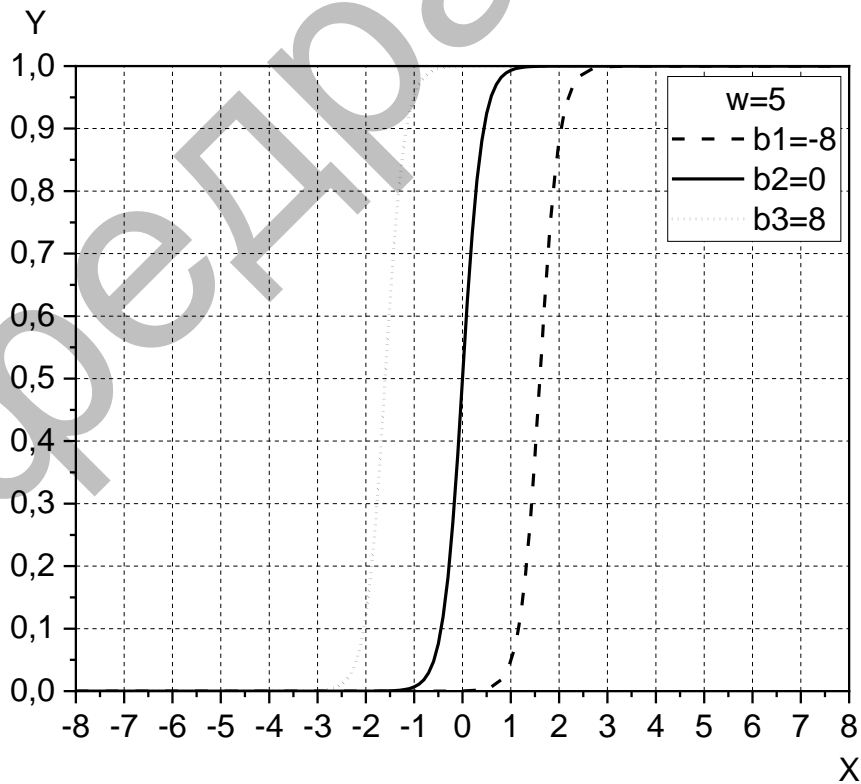


Рисунок 2.5 – Графіки активційних функцій при різних значеннях параметра b

Обробивши отримані значення вхідного вектора, навчена нейронна мережа формує вихідний вектор, значення якого аналізуються й відповідно до заданих правил дозволяють віднести дане зображення певному класу.

Навчання нейронної мережі необхідно проводити на основі еталонних зображень декад циферблату газового лічильника. Навчальна вибірка складала 200 зображень циферблатів, при цьому, з них 100 «коректних» і 100 «некоректних». Під «коректними» розуміються зображення еталонних декад, а під «некоректними» приклади спотворених шумами зображень еталонів, що як наслідок веде до неправильного розпізнавання (класифікації) зображення нейронною мережею. Таким чином, нейронна мережа також буде навчатися невірному розпізнаванню, тобто реагуванню на «некоректні» зображення.

У якості контрольної вибірки використовувалося 200 зображень циферблатів лічильників газу.

2.3 Висновки до розділу

За результатами досліджень в розділі запропонована методика ідентифікації показань циферблату, яка характерна тим, що процедура виділення цифр декад на світлинні лічильника містить у собі визначення меж цифр і їх апроксимацію ломаними лініями

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОКАЗАНЬ ДЕКАДНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

Лічильники газу бувають за принципом роботи різні. Деякі з них мають спеціальні шини та інтерфейси для автоматизованого знімання показань. Але найбільшого поширення в побуті набули прості лічильники без подібних інтерфейсів, наприклад модель GALLUS iV PSC. Тому залишається один варіант – візуальне знімання показань з використанням фото та передачі його в відповідні центри обробки. З метою автоматизації вводу показань необхідно відповідним чином розпізнати показання лічильника з фото. Це завдання ускладнюється тим, що якість фото може бути різною (розмиті, перекошені, забруднене скло лічильника і т. д.). Актуальним є розробка відповідних алгоритмів та програм розпізнавання показань лічильників. Розглянемо різні технології та методи розпізнавання показань лічильників з використанням Python та хмарного сервісу Colab. В подальшому, з метою відтворюваності методики на Python, в роботі будуть приведені найбільш важливі фрагменти коду в Colab.

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

Попередню обробку зображення будемо проводити з використанням бібліотек OpenCV та Pillow. Вхідне зображення має вид приведений на рисунку 3.1:

```
#Читаємо зображення з файлу за допомогою OpenCV
img = cv2.imread('./drive/MyDrive/counter/d3_0.jpg')
# Відобразимо зображення лічильника
```

```
cv2_imshow(img)
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```

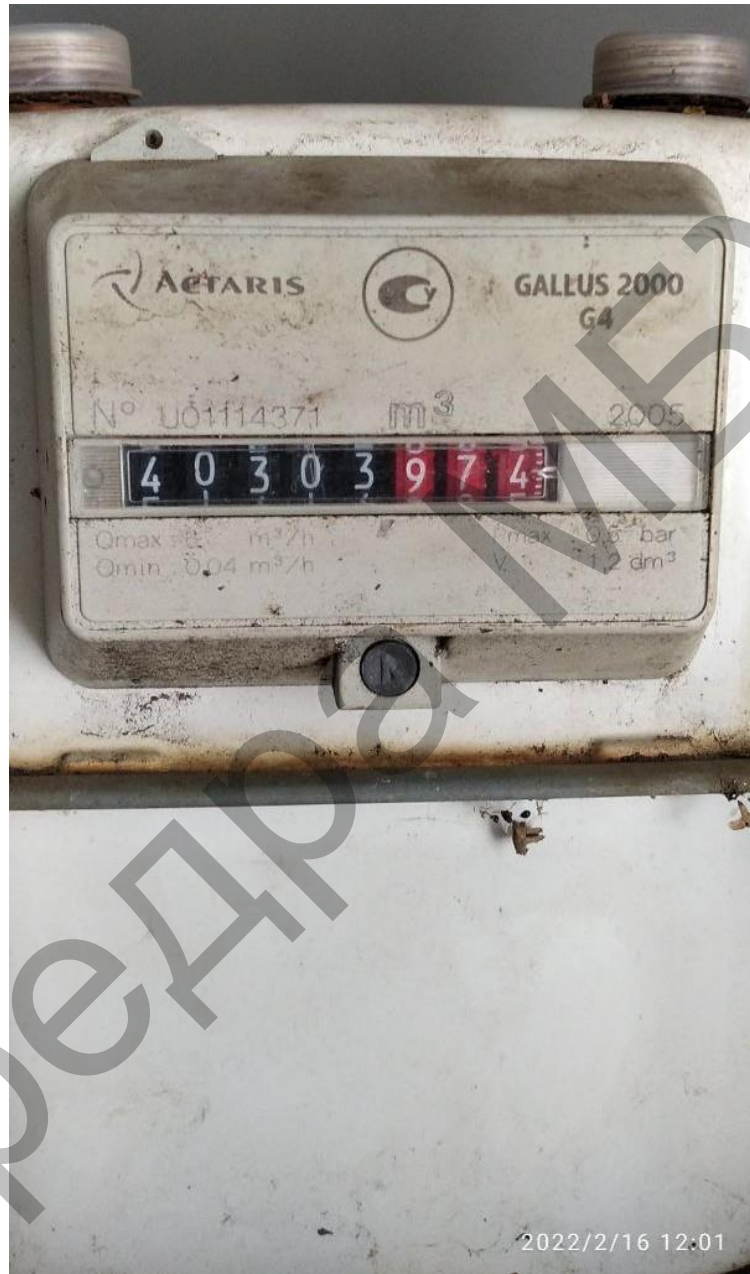


Рисунок 3.1 — Зображення лічильника газу GALLUS 2000 G4

Очевидно, що для подальшої обробки доцільно з всього зображення вирізати лише циферблат лічильника. Це можна зробити і вручну, але цей процес є досить трудомістким і потребує як відповідного програмного забезпечення так

і підготовки оператора. Поряд з цим цей процес можна повністю автоматизувати використовуючи відповідні бібліотеки та функції обробки зображень в Python.

Так на етапі попередньої обробки зображення лічильника (рисунок 3.1) необхідно:

- виявити на зображенні всі горизонтальні та вертикальні лінії;
- з використанням порогової обробки за рівнем яскравості виділити тільки ті лінії, які обмежують прямокутник циферблату;
- за координатами перетину виділених вертикальних та горизонтальних ліній вирізати з зображення прямокутник циферблата лічильника.

3.1 Методика виявлення прямих ліній та вирізки зображення декадного циферблата

У цифрових зображеннях лічильника газу присутні геометричні форми особливої форми, такі як прямі лінії. Нам потрібно виявити ці специфічні форми, для того щоб потім з усього зображення лічильника виділити лише зображення циферблату з відповідними цифровими декадами. Перетворення Хафлайна є таким інструментом виявлення.

Принцип перетворення Хафлайна полягає в тому, щоб перетворити точки на конкретному графіку в набір просторів параметрів і знайти рішення, відповідне максимальному значенню відповідно до кумулятивного результату точок в просторі параметрів, тоді це рішення відповідає параметрам геометричної фігури, яку потрібно шукати.

Що ж до перетворення Хафлайна, основним і складним моментом є перетворення вихідного простору на простір параметрів. Взевши як приклад виявлення прямої лінії, припустимо, що існує пряма лінія L , відстань по вертикалі від початку координат до прямої дорівнює p , а кут між вертикальною лінією і віссю x дорівнює θ (рисунок 3.2). Це відповідає прямій в просторових координатах. Це означає, що в системі координат простору існує пряма лінія, яка

може проходити через точку 1, точку 2 та точку 3. Це означає що ці три точки знаходяться на прямій лінії. У свою чергу, тоді нам потрібно лише знайти точку з найбільшою кількістю перетинів та повернути її в область простору, яка є прямою лінією, яку потрібно знайти. Чому потрібно знайти найбільше перетинів з заданою точкою? Тому що наведена вище крива є лише триточковою кривою, коли є багато точок у просторі, тоді точка перетину може не знати точку, показану вище, і може бути кілька перетинів кривих. Але є одна точка, вона обов'язково має бути перетином всіх точок на прямій, адже її найчастіше перетинає крива.

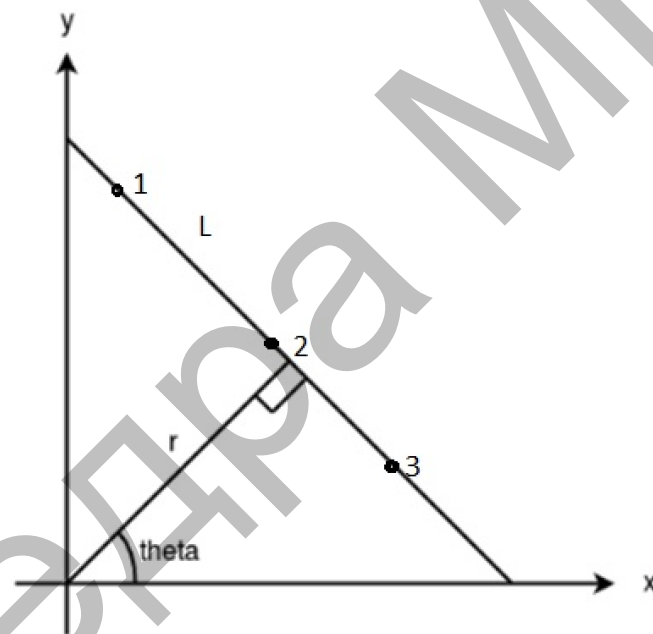


Рисунок 3.2 — До перетворення Хафлайна

Будь яку пряму можна представити як:

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

або в параметричній формі, як:

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

де r — перпендикулярна відстань від початку до прямої;

θ — кут, утворений цією перпендикулярною лінією та горизонтальною віссю, виміряний у лічильнику - за годинниковою стрілкою (цей напрямок залежить від того, як ви представляєте систему координат і це представлення використовується в бібліотеці OpenCV Python, яку в подальшому ми будемо використовувати). Тому, будь-яка лінія може бути представлена цими двома членами (r, θ) (рисунок 3.2).

Методика використання методу Хафлайна для виділення циферблату лічильника з усього його зображення полягає в наступному.

Спочатку створюється двовимірний масив (для зберігання значень двох параметрів), і спочатку всім значенням масиву присвоюється нуль. Рядки позначимо через r , а стовпці через θ . Розмір масиву залежить від необхідної точності. Припустимо, необхідно, щоб точність кутів становила 1 градус. Тоді потрібно 180 стовпців (максимальний градус для прямої лінії становить 180). Для r максимальна можлива відстань є довжиною діагоналі зображення. Таким чином, з точністю до одного пікселя кількість рядків може бути діагональною довжиною зображення.

Проаналізуємо, для прикладу зображення розміром 100×100 пікселів з горизонтальною лінією посередині. Візьмемо першу точку лінії. Ми знаємо значення координат (x, y) . Тепер у рівняння лінії значення $\theta = 0, 1, 2, \dots, 180$. Для кожної пари (r, θ) будемо збільшувати значення відповідних елементів (r, θ) на одиницю. Отже, тепер елемент масиву $(50, 90)$ разом із деякими іншими елементами буде рівним 1. Тепер візьмемо другу точку на лінії. Зробимо так само, як вище. Збільшимо значення в елементах масиву, які відповідають отриманому вектору (r, θ) . Цього разу елемент масиву $(50, 90)$ прийме значення 2. Ми продовжимо цей процес для кожної точки на лінії. У кожній точці елемент масиву $(50, 90)$ буде збільшуватись, тоді як інші клітинки бути незмінними. Таким чином, у кінці елемент масиву $(50, 90)$ матиме максимальне значення

(вагу). Отже, якщо ми будемо шукати в масиві елемент з максимальною вагою, то ми отримаємо елемент (50, 90), яка означає, що на цьому зображенні є лінія на відстані 50 пікселів від початку (рисунок 3.3).

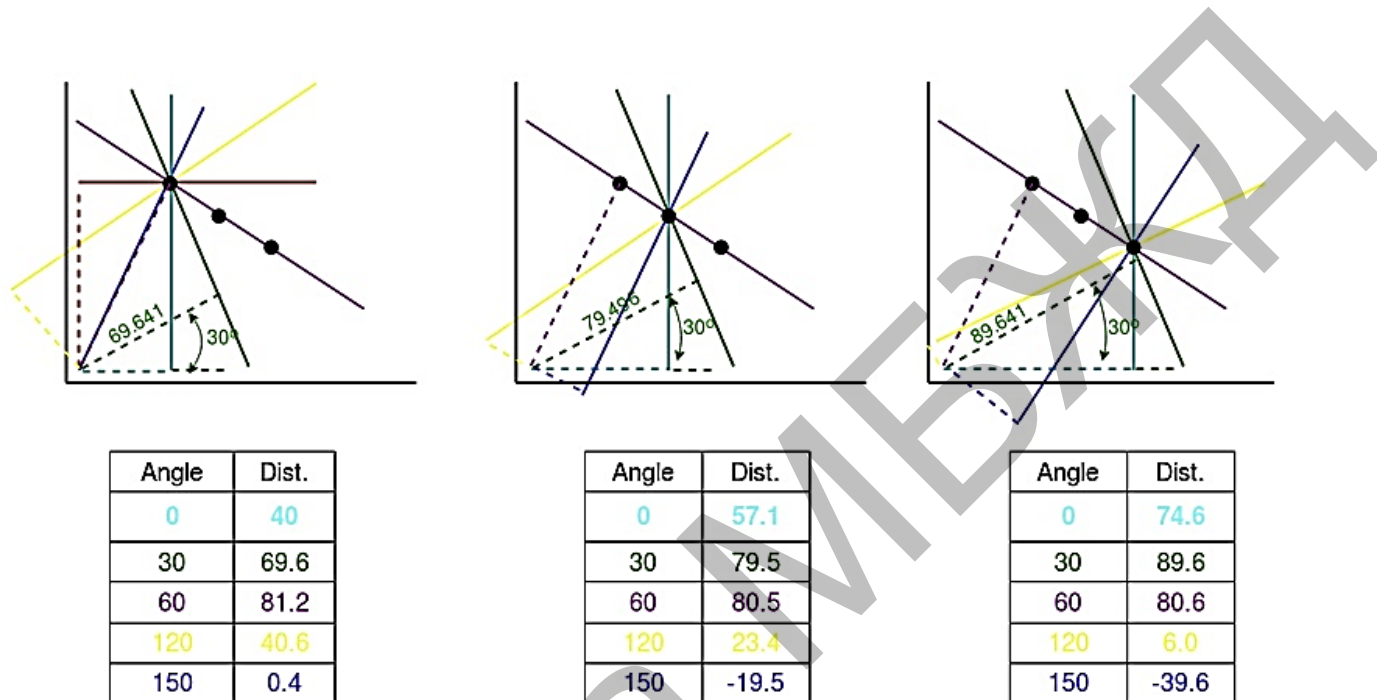


Рисунок 3.3 — До алгоритму пошуку прямої лінії

Давайте ще раз проаналізуємо цей алгоритм (рисунок 3.3). Можна побачити, що перетворення Хафлайна є перетворенням параметрів зображення. Відображається кожна точка, і кожне зображення виконується більше одного разу. Параметр розміру інтервалу кутів θ становить 10 градусів. Тоді в загальній складності потрібно обробити 360 000 зображень. Враховуйте час обчислення кожного зображення. Можна собі представити, наскільки це трудомістко. Так що цей алгоритм необхідно покращувати декількома шляхами:

- перший – покращення зображення;
- другий – контуризація.

Зображення 100x100 пікселів має 10 000 точок. Чи потрібно розраховувати кожен точку? В цьому немає необхідності. Нам потрібно на початку тільки виділити контур із зображення. Як правило, ми можемо використовувати оператор `sanny` для створення чорно-білого двійникового зображення. Білий – це

контур. Потім при відображенні нам потрібно тільки параметризувати точки на контурі. На зображенні є прямі лінії або круги, всі вони чіткі. Потім кількість точок, які необхідно обробити, можна зменшити від 10 000 до 1000 точок. Тому при перегляді множини перетворених для вилучення форм контури зображень виділяються та перетворюються в двійникові зображення. На практиці нам не потрібно писати власні функції. Усе, що описано вище, інкапсульовано у функції OpenCV, в нашому випадку це буде: `cv2.HoughLines (edges,1,np.pi/180, 200)`. Вона повертає масив значень:

- `edges` – вхідне зображення в градаціях сірого кольору;
- другий і третій параметри – це точності r і θ відповідно, де $(r, 0)$. r вимірюється в пікселях, а θ – в радіанах;
- четвертий параметр 200 – це поріг, за перевищенням якого приймається рішення що це пряма лінія. Даний поріг визначає ту мінімальну вагу елемента масиву цифрового зображення декадного лічильника, щоб вважати його рядком. Кількість таких ваг залежить від кількості точок на лінії. Таким чином, це мінімальна довжина лінії, яку слід виявити. Фрагмент коду програми на Python в середовищі Colab, який реалізує цей алгоритм приведено нижче.

```
import cv2
import numpy as np
# Зчитуємо зображення
image = cv2.imread('./drive/MyDrive/counter/d3_0.jpg')
# Перетворюємо зображення в градації сірого
gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# Застосовуємо функцію edge detection
edges = cv2.Canny(gray, 50, 150, apertureSize=3)
# Використовуємо HoughLinesP метод
# для виявлення прямих ліній
lines_list = []
lines = cv2.HoughLinesP(
    edges, # Ввід краю зображення
    1, # Похибка виявлення ліній
```

```

pr.pi/180, # Похибка кута ліній в радіанах
threshold=210, # Порог виявлення ліній
minLineLength=40, # Мінімальна довжина лінії
maxLineGap=155 # максимальна довжина лінії
)
# Ітерація по всіх точках зображення
for points in lines:
    # Виявлені точки додаються в масив
    x1,y1,x2,y2=points[0]
    # Відображаємо лінії, що з'єднують точки
    # на оригінальному зображенні
    cv2.line(image, (x1,y1), (x2,y2), (0,255,0),1)
    lines_list.append([(x1,y1), (x2,y2)])
# Зберігаємо отримане зображення
cv2.imwrite('detectedLines.png', image)

```

На рисунку 3.4 приведено результат роботи цієї програми.

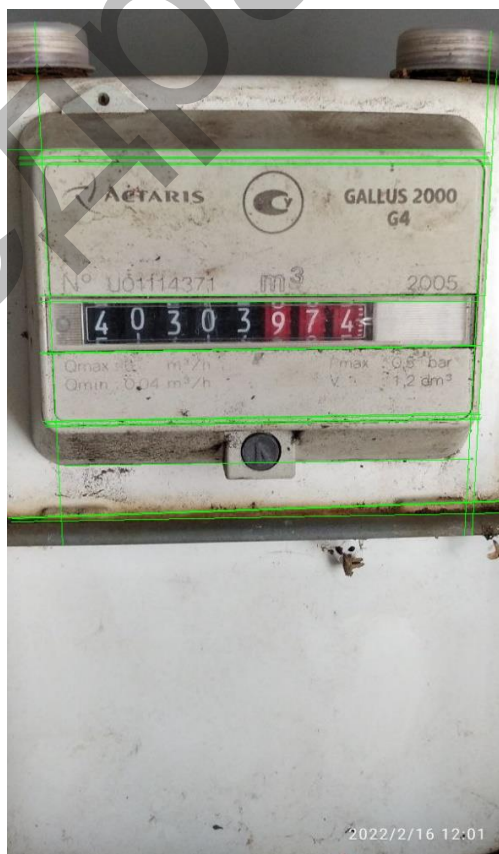


Рисунок 3.4 — Результат виділення прямих ліній на зображенні лічильника

Тепер ми можемо виділити прямокутник декадного лічильника. В якості класифікаційних ознак були вибрані два кольори – чорний та червоний. Аналізуючи площинний розподіл кольорів в кожному прямокутнику можна виділити необхідне нам зображення цифрових декад лічильника газу. Для цього використовуємо наступний фрагмент коду програми:

```
from PIL import Image
# Відкриваємо зображення з файлу за допомогою Pillow
im = Image.open('./drive/MyDrive/counter/d3_0.jpg')
# При необхідності повертаємо зображення
im_rotate = im.rotate(0) # 0 - кут повороту (плюс - проти; мінус -
    за часовою стрілкою)
display(im_rotate)
#Визначаємо розміри зображення в пікселях
(width, height) = im_rotate.size
print('Зображення лічильника:', 'Ширина=', width, 'Висота=', height)
# обрізку зображення слід проводити по розміру віконця,
# стрілочку (рисочку) також слід залишати
im_crop = im_rotate.crop((97, 360, 443, 397)) #Координати визначає
    користувач
# зберігаємо обрізане зображення в новому файлі
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 декад лічильника газу має вид приведений на рисунку 3.5.



Зображення циферблату: Ширина= 346 Висота= 37

Рисунок 3.5 — Виділене зображення цифрових декад лічильника газу

3.2 Методика покращення якості зображення циферблату лічильника

Оскільки фотофіксація показань лічильників проводиться при різному освітленні і циферблати, в залежності від терміну експлуатації, мають різний стан поверхні, то для підвищення якості розпізнавання цифр викає завдання в розробці методики покращення якості зображення циферблату лічильника.

Покращувати зображення декад циферблату будемо послідовно двома способами: збільшення (масштабування) зображення декад; усунення розмитості зображень цифр на дисках декадного лічильника за рахунок збільшення різкості. При цьому слід розуміти, що при збільшенні різкості зображення всього циферблату ми також і будемо збільшувати різкість зображень частинок пилу, тріщин і інших заводових зображень. Тому будемо знову використовувати метод порогової обробки зображення при збільшенні різкості.

Додатково масштабувати зображення з збереженням співвідношення сторін будемо з використанням бібліотеки pillow Python. Код програми приведено нижче. Тут ми вказуємо нову ширину та висоту. Нарешті, ми відкриваємо оновлене, масштабоване зображення та виводимо його новий розмір, щоб порівняти зі старим. Якщо ви відкриєте масштабоване зображення, побачите, що співвідношення сторін зображення збережено (рисунок 3.6).

```
new_width = 680 # задана ширина в пікселях
new_height = int(new_width * height / width)
tat = im_crop.resize((new_width, new_height), Image.ANTIALIAS)
# зберігаємо масштабоване зображення в новому файлі
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 — Масштабоване зображення циферблату

Тепер, після масштабування підвищимо різкість зображення з використання фрагменту 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 приведено на рисунку 3.7. Видно, що контури зображень цифр на дисках декад стали більш чіткими, разом з тим появились цифрові кольорові шуми, рівень яких в подальшому на необхідно буде зменшити.



Записано як: ./drive/MyDrive/counter/d3_sr.jpg

Рисунок 3.7 — Зображення декад з підвищеною різкістю

3.3 Методика виділення показань декад десяти, сотих та тисячних

Наш газовий лічильник має показання 40303,974. Він показує як цілу частину числа об'єму спожитого газу (в нашому випадку 40303) так і десяту, соту та тисячну частину кубометру газу (в нашому випадку 0,974). Обліку підлягає показання в повному форматі: 40303,974. На рисунку 3.7 видно, що в газових лічильниках цифри на декадних дисках відображаються білим кольором. Але фон різний. Так ціла частина показань лічильника відображається білими цифрами на фоні чорного кольору, а дрібна – білими цифрами на фоні червоного кольору. Таким чином, в якості критерію розділення показань на цілу та дрібну частину може бути межа переходу від чорного до червоного кольору. Залишається тільки певним чином знайти та виділити на зображенні циферблату цей перехід кольорів. Використаємо метод градієнтного пошуку скачка кольору від #000000 (чорний колір) до #FF0000 (червоний колір) при аналізі зображення циферблату зліва направо:

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



Ширина= 32 Висота= 72

Рисунок 3.8 — Виділена межа розділу цілої та дрібної частини показань лічильника

Отриманий прямокутник (рисунок 3.8) використаємо в якості шаблону. Методом ковзаючого вікна будемо порівнювати співпадання зображення шаблону (рисунок 3.8) з зображенням межі розділу декад (рисунок 3.7). Далі обчислюємо координати центру найкращого збігу і знайдені координати центру найкращого збігу помітимо білою крапкою (рисунок 3.9). Код програми, який реалізує цю функцію має вид:

```
# загружаємо фрагмент декади з файлу
sample = cv2.imread('./drive/MyDrive/counter/br.jpg')
sample_h, sample_w, sample_k = sample.shape
# шукаємо найкращий збіг фрагменту з зображенням циферблату
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 найкращого збігу
x_center = max_loc[0] + sample_w/2
y_center = max_loc[1] + sample_h/2
# Знайдені координати центру найкращого збігу
print('Координати центру розділу декад в пікселях:', 'x=', x_center,
      ' y=', y_center)
# Знайдені координати центру найкращого збігу помітимо
# 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

Таким чином, ми розділили циферблат відносно білої крапки на дві частини: ліву – де відображаються цифри цілочислених показань, праву з дрібними показаннями. Наступний крок – це виділення зображень цифр.

3.4 Дослідження методів виявлення країв зображень цифр

Метою виявлення країв є значне зменшення розміру даних зображення, зберігаючи при цьому оригінальні атрибути зображення. З метою підвищення швидкодії алгоритмів та зменшення розмірів масивів даних будемо працювати з чорно-білим зображенням циферблату. Для вирішення цієї задачі будемо використовувати загальновідомий алгоритм Канні. Не дивлячись на те що алгоритм Канні застарілий, але він все ще широко використовується в металографії для виявлення країв зерен та вкраплень металу.

Виявлення країв зображень цифр декадного лічильника газу з використанням алгоритму Канні має свої специфічні особливості:

1. Виявлення країв з низьким коефіцієнтом похибок означає, що якнайбільше країв зображення необхідно захопити з максимальною точністю.
2. Виявлений край має бути точно розташований у центрі справжнього краю.
3. Заданий край зображення цифри повинен бути відмічений лише один раз, і, по можливості, шум зображення не повинен призводити до похибок виявлення країв цифр.

Щоб задовольнити ці вимоги, будемо використовувати варіаційний метод. Процес виявлення країв можна розділити на наступні 5 кроків:

1. Згладження зображення та фільтрація шумів за допомогою гаусового фільтру.
2. Розрахунок інтенсивності градієнта та визначення напрямку кожного пікселя зображення.

3. Порогова обробка виявлених країв для підвищення відношення сигнал/шум зображень цифр і зменшення похибок, викликаних розмиттям межі між чорним та білим.

4. Адаптивна порогова адаптивна обробка виявлених країв для визначення істинного і потенційного фронтів країв зображень цифр.

5. Виявлення країв завершується придушенням окремих слабких країв.

Алгоритм Канні був реалізований у вигляді наступної програми:

```
# Спосіб автоматичного визначення порога
def auto_canny(images, sigma=0.33):
    v = np.median(images) #Візьміть середнє значення на зображенні
    lower = int(max(0, (1.0-
sigma) * v)) # Розраховуємо максимальнє значення порога
    upper = int(min(255, (1.0+sigma) * v))#Розраховуємо мінімальнє
значення порога
    edged = cv2.Canny(images, lower, upper)
    print('Pmin=',lower,'Pmax=',upper)
    return edged
# переводимо зображення у градації сірого
gray = cv2.cvtColor(img1,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
cv2_imshow(gray)
# трохи зменшуємо різкість зображення - розмиваємо
blurred = cv2.GaussianBlur(gray, (7,7), 0)
cv2_imshow(blurred)
# шукаємо 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)
```

Результати роботи алгоритму Канні при виявленні країв зображень цифр цифрових декад приведено на рисунку 3.10. Аналіз зображень рисунку 3.10 показує, що прагнення зменшити вплив шумів шляхом підвищення порогу інтенсивності білого кольору з 140 до 200 може привести до того, що деякі межі зображень цифр взагалі можуть бути втрачені. А це в свою чергу приведе до труднощів в розпізнаванні цифр. Тому тут необхідно знаходити якісь прийнятне значення шляхом підбору порогу вручну, на етапі тестування алгоритму. Це приводить до значних трудовитрат, що є не доцільним.

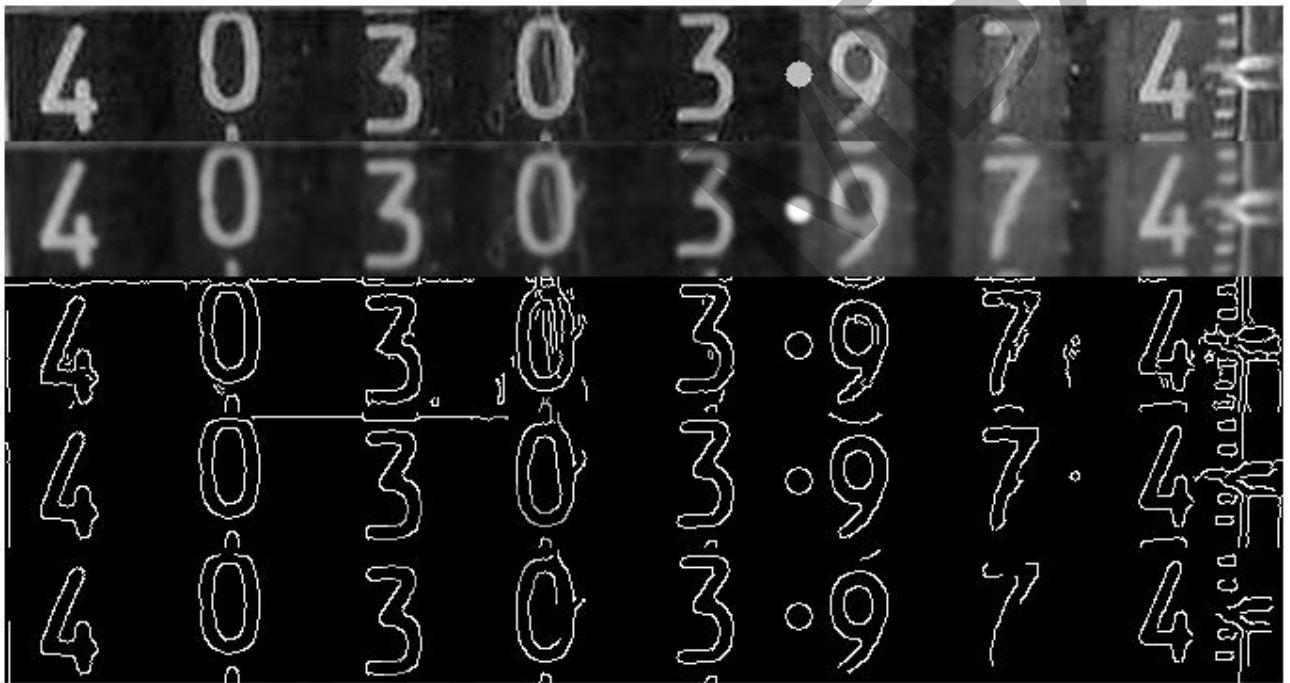


Рисунок 3.10 — Результати виявлення країв цифр алгоритмом Канні

Спроба використання адаптивного методу формування порогу за середньою інтенсивністю зображення циферблату дала негативний результат (рисунок 3.11). Усереднення інтенсивності білого кольору по всьому чорно-білому зображенню циферблата значно знижує поріг виявлення країв. В результаті за краї алгоритм приймає пил, білки та тріщини дисків.



Рисунок 3.11 — Результати виявлення країв цифр алгоритмом Канні з адаптивним порогом

Розглянемо ще один алгоритм виявлення країв, який широко використовується в медицині при обробці зображень. Це так званий «хитрий» алгоритм. Це алгоритм з адаптивним підбором порогових значень рівня чорного та рівня червоного кольору на межі країв цифр. Це загальноприйнята термінологія для адаптивних алгоритмів для роботи з декількома кольорами зображення. За результатами роботи алгоритм вибирає межу цифри з максимальною інтенсивністю кольору. Тому якщо проаналізувати зображення на виході даного алгоритму, то його межі будуть чіткими, але колір меж буде змінюватись. Таким чином його «хитрість» полягає в підборі кольору меж в залежності від інтенсивності кольорів. Результати виявлення країв «хитрим» алгоритмом приведена на рисунку 3.12, а його програмна реалізація на Python приведена нижче.

```
# трохи зменшуємо різкість зображення - розмиваємо
blurred = cv2.GaussianBlur(img1, (7,7), 0)
# преводимо зображення в градації сірого
gray = cv2.cvtColor(blurred, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# Знаходимо градієнт по осі X
grad_x = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 1, 0)
# Знаходимо градієнт по осі Y
grad_y = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 0, 1)
# Перетворюємо значення градієнтів в 8 бітне
x_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_x)
y_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_y)
# Об'єднуємо обидва градієнти
src1 = cv2.addWeighted(x_grad, 0.5, y_grad, 0.5, 0)
```

```

# Об'єднаємо градієнти, використовуючи "хитрий" алгоритм,
# з порогоми 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)
# Будемо використовувати край зображення як маску
# для виконання побітових операцій
edge2 = cv2.bitwise_and(img1, img1, mask=edge1)
cv2_imshow(edge2)

```

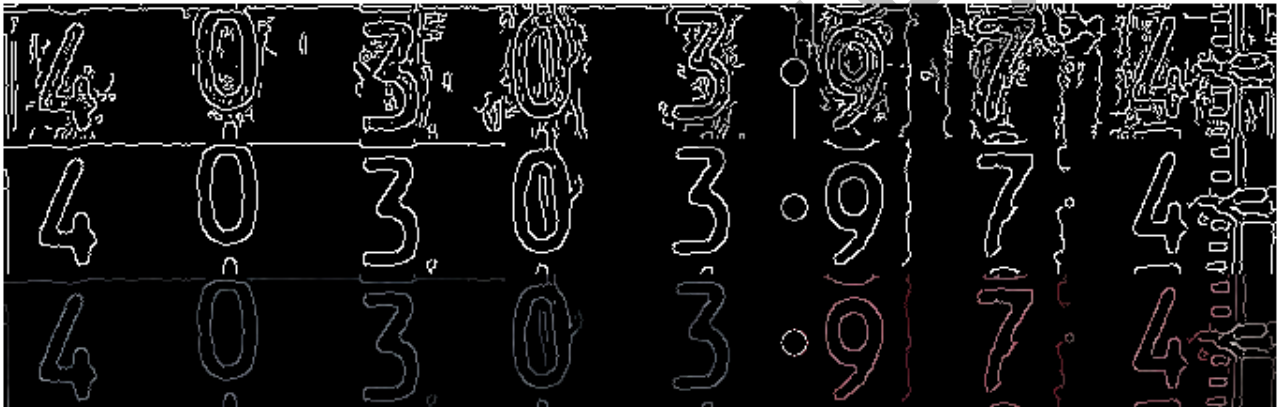


Рисунок 3.12 — Результати виявлення країв цифр «хитрим» алгоритмом

Порівняння виявлених країв рисунку 3.11 та рисунку 3.12 дозволяє зробити висновок, що в нашому випадку виділення країв цифр на зображенні декадного лічильника газу доцільно використовувати «хитрий» алгоритм. За результатами його роботи виділені краї цифр більш чіткі, а шумів значно менше.

За виділеними краями цифр декад циферблату лічильника формувались блоки зображень цифр (рисунок 3.13), які записувались в окремі масиви бази даних для подальшого розпізнавання.

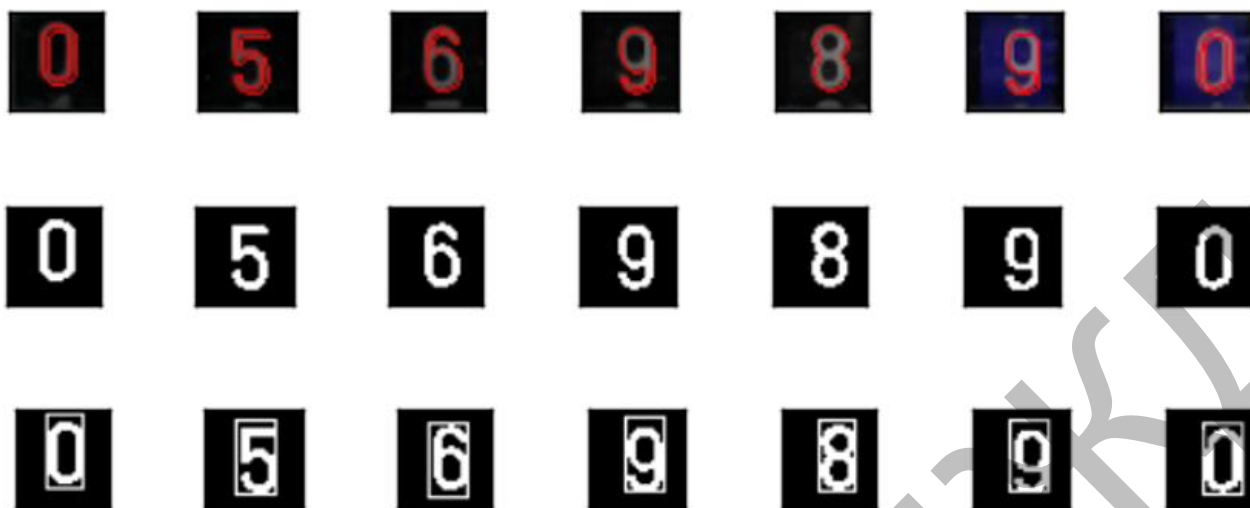


Рисунок 3.13 — Виділені блоки цифр декад лічильника

3.5 Дослідження нейромережевого методу розпізнавання показань декадного лічильника газу

Дослідження нейромережевого методу розпізнавання показань декадного лічильника газу проводились в три етапи. Також був використаний апарат нейронних мереж, що дозволило адаптувати цей метод для обробки зображень газових лічильників будь-якого типу за допомогою властивості навчання.

На першому етапі формувався первинний набір даних, включаючи зображення лічильників, отримані за допомогою фотофіксації показань. Після чого на наступних етапах методу проводилась обробка зображень циферблатів лічильників з метою ідентифікації та класифікації зображень цифр..

На другому етапі був використаний алгоритм бінаризації зображень декад. Так було виділено 256 підкласів (по кількості відтінків сірого), які були розділено на два класи. Поріг визначав границю двох класів і ті відтінки, що були нижче заданого порога встановлювались в 0, а інші в 1. На 3 етапі досліджень визначалися характеристики границь яскравостей – контурів зображення. На основі виділення контурів і границь сегментів країв зображень цифр проводилась класифікація зображень дисків декад.

За результатами пошуку границь був зроблений висновок про те, що в результаті попередньої обробки зображення декад лічильника з'являються «загублені» точки на кривих, а також невеликі відхилення від ідеальної форми прямої. Через це, групування виділених границь – є досить складним завданням. Для розв'язку даного завдання в роботі розроблений алгоритм векторизації. Завдання векторизації бінарного зображення полягає в групуванні виділених границь у відповідну їм множину прямих. В результаті роботи алгоритму векторизації одержуємо вектор $Array(N)$, структурне зображення якого наведено на рисунку 3.14. Кожний елемент структури має дані про відносне положення точки на границі структури й покажчик на наступний елемент (точку). У випадку якщо крива є замкненою – останній елемент показує на перший (пунктирна лінія на рисунку 3.14).

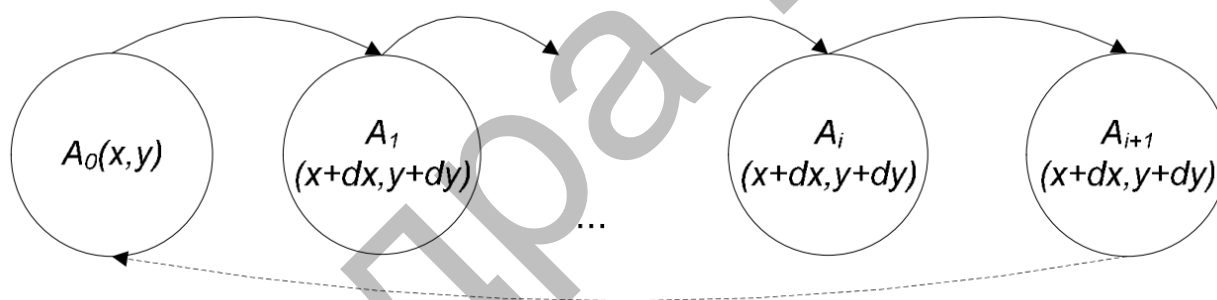


Рисунок 3.14 – Структура векторного опису зображення меж цифри декади

Виконання векторизації дало змогу зв'язати розрізнені частини одного елемента, а також зменшити кількість даних для виконання подальшого аналізу.

В процесі досліджень було встановлено, що використання простих шаблонів простих геометричних фігур в ряді випадків є неефективним, оскільки при деяких кутах обертання, відрізнити квадрат від трикутника, використовуючи коефіцієнти форми неможливо.

Для виділення об'єктів складної форми, було запропоновано використовувати еталонні об'єкти. В якості еталонних об'єктів пропонується

використовувати масиви центрів мас сегментів і матриці їх відстаней. Перш ніж аналізувати зображення, слід детально обробити сегментоване растрове зображення, а саме визначити центри мас сегментів і матриці їх відстаней. Центри мас сегментів і матриці їх відстаней будуть вхідними значеннями, що поступають на вхід нейронної мережі, призначеної для виконання етапу розпізнавання показань декадного лічильника газу. При цьому для зменшення вхідного набору нейронної мережі і часу її навчання доцільним є створення вибірки, що містить тільки ті значення матриці $Array(N)$, які характеризують основні кути щодо центру мас сегмента: 0 0, 30 0, 45 0, 60 0, 90 0, 120 0, 180 0.

3.6 Результати розпізнавання зображень цифрової декади нейронною мережею

Для розпізнавання зображень різного типу механічних лічильників газу була розроблена нейронна мережа при навчанні із учителем на основі еталонних шкал – МІР-мережа [16–19]. В даній мережі використовувались різні функції активації, що надало більш широкі можливості для розпізнавання показань лічильників.

Для визначення кількості шарів нейронної мережі був проведений експеримент із нейронними мережами з різною кількістю шарів. У результаті отримана залежність зміни помилки навчання нейронної мережі від кількості шарів в ній (рисунок 3.15).

Таким чином, за критерієм мінімуму похибки навчання була вибрана 4 шарова нейронна мережа. Кількість нейронів у вхідному шарі рівна кількості елементів матриці $Array(N)$. Кількість схованих шарів змінюється залежно від зменшення або збільшення помилок навчання і розпізнавання. Розмір вихідного шару визначається кількістю еталонів зображень цифр.

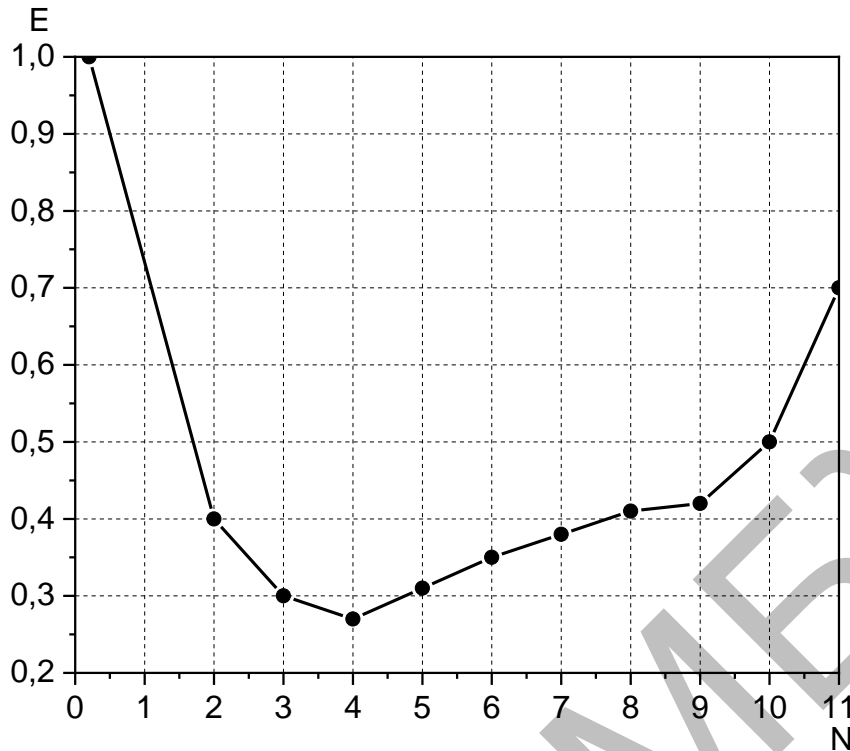


Рисунок 3.15 – Залежність помилки навчання від кількості шарів нейронної мережі

Структура нейронної мережі, яка була використана для розпізнавання показань лічильників приведена на рисунку 3.16.

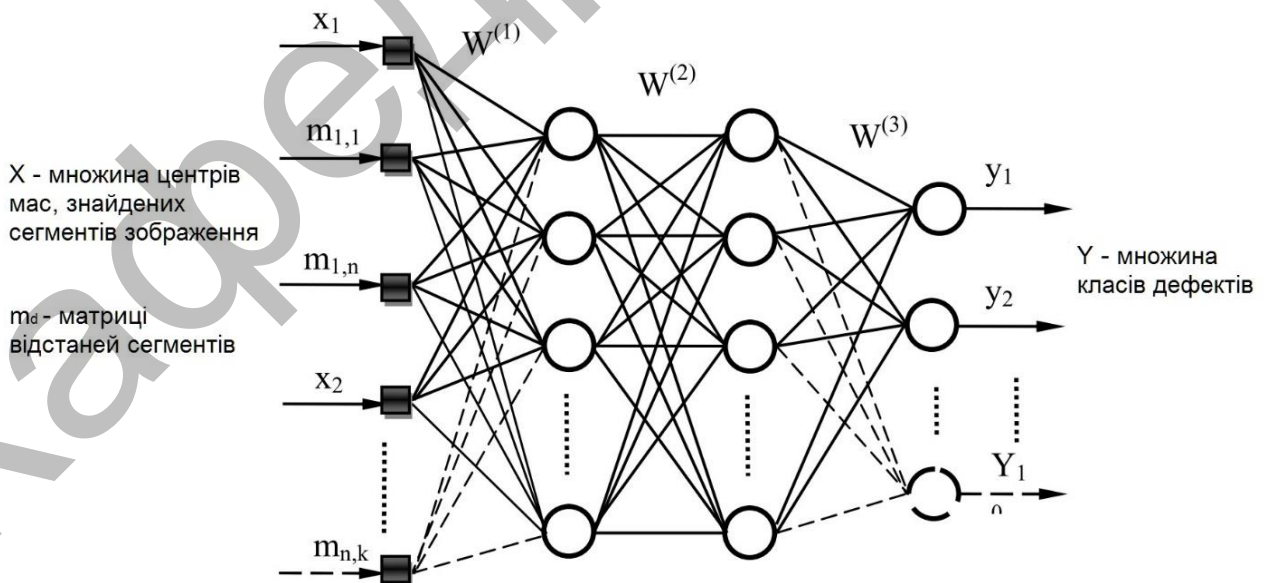


Рисунок 3.16 – Структура нейронної мережі для розпізнавання показань лічильників газу

Після вибору структури нейронної мережі необхідно її навчити. Суть навчання полягає в тому щоб коректувати ваги кожного елемента таким чином, щоб зменшувалося значення помилки – розбіжність між дійсним і бажаним виходом. Для цього необхідно, щоб нейронна мережа обчислювала похідну від помилки по вагах. Для розв'язку був обраний алгоритм зворотнього поширення помилки (backpropagation) із сигмоїдальною функцією активації.

Модифікація алгоритму навчання полягала в тому, що спочатку проводилось класичне навчання нейронної мережі на еталонній навчальній вибірці, а потім здійснювалось навчання на експериментальних даних. Тобто нейронна мережа спочатку навчалась на еталонних значеннях, і як тільки помилка досягала прийняттого рівня, проводилось навчання мережі на експериментальних даних. У результаті чого помилка розпізнавання зменшувалась й мережа функціонувала з більшою точністю.

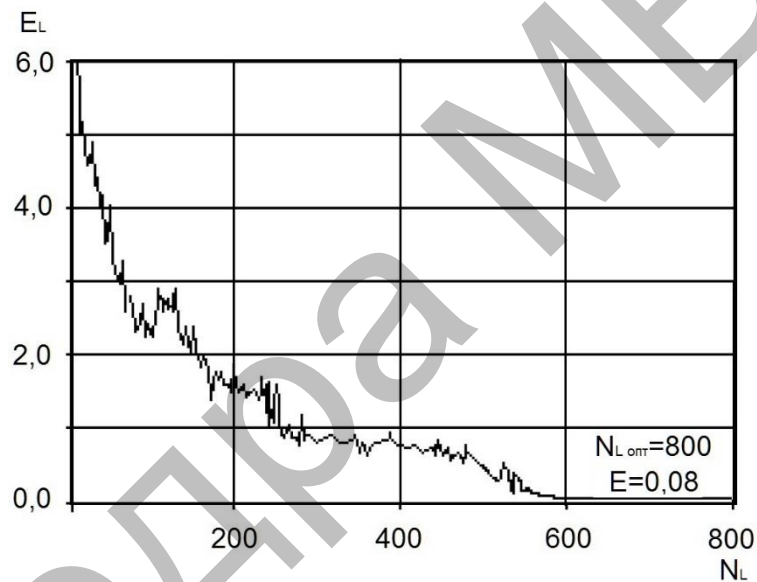
Навчання нейронної мережі проводилося на основі еталонних 100 зображень лічильників. Навчальна вибірка складала 1000 зображень цифр декад лічильника, при цьому, з них 500 класу "коректні" і 500 класу "некоректні".

Таким чином, нейронна мережа також навчалась невірному розпізнаванню, тобто реагуванню на некоректні зображення. У якості контрольної вибірки використовувалося 100 зображень лічильників газу, узятих за результатами фотофіксації показань у січні 2022 року в м. Харків. Результати розпізнавання показань лічильників нейронною мережею зведено в таблицю 3.1.

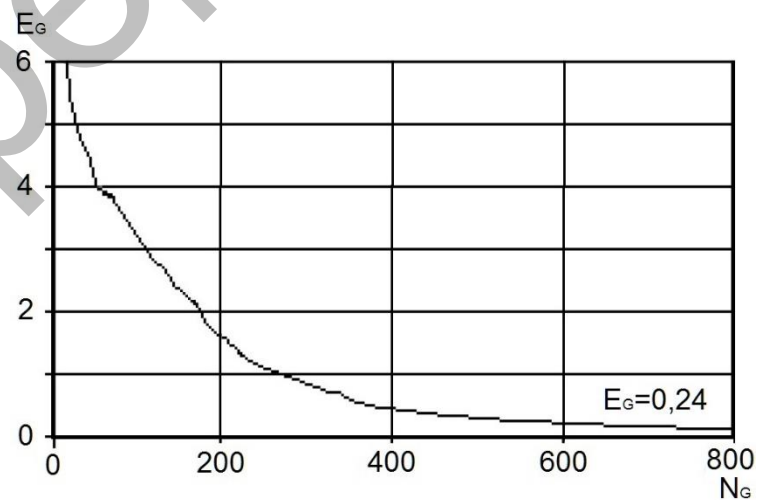
Графіки залежностей помилок навчання й розпізнавання кращої конфігурації нейронної мережі 1000-500-100-10 наведено на рисунку 3.17. Як показали дослідження, з певного моменту значення помилки розпізнавання починає збільшуватися, що пояснюється явищем перенавчання нейронної мережі.

Таблиця 3.1 – Результати функціонування нейронної мережі

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 помилок навчання і розпізнавання нейронної мережі від кількості епох

Для запобігання процесу перенавчання навчальна множина зображень циферблатів лічильників газу була розбита на дві множини: навчальну і контрольну. У результаті цього визначена оптимальна кількість епох навчання, яке для даної структури нейронної мережі склало – $N_L = 800$. При цьому середньоквадратична помилка навчання рівнялась $E_L = 0,08$, а помилка розпізнавання $E_G = 0,24$.

В якості критерію оцінки вірогідності розпізнавання, під час досліджень, була використана статистична вірогідність. Для оцінки статистичної вірогідності була проведена серія експериментів, що дозволило визначити кількісний показник вірогідності по формулі:

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

де N , N_{Σ} – кількість коректно розпізнаних зображень і їх загальна кількість відповідно.

Таблиця 3.2 – Результати розпізнавання зображення циферблату нейронною мережею

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 з достовірності розпізнавання показань газового лічильника з використанням нейронної мережі показали, що правильність розпізнавання в значній мірі залежить від положення дисків декад (рисунки 3.18, 3.19).



Рисунок 3.18 — Тестові показання лічильника



Рисунок 3.19 — Результати розпізнавань тестових показань лічильника

Як правило, хибні розпізнавання цифр нейронною мережею мають місце в тих випадках, коли цифра на диску декади відображається частково, у випадку коли відображається дві частини цифр (рисунок 3.18). Результати розпізнавань таких показань лічильника приведені на рисунку 3.19, де зображено виділені «хитрим» алгоритмом цифри декад лічильника та результати їх розпізнавань нейронною мережею. Якщо відносна похибка розпізнавання всіх 8 цифр не перевищує 5% то приймається рішення про правильне розпізнавання і ці показання вносяться у базу даних. В протилежному випадку таке зображення фотофіксації показань лічильника бракується і проводиться повторна фотофіксація показань.

3.7 Висновки до розділу

В результаті проведених досліджень для розпізнавання зображень показань лічильників газу різного типу була розроблена нейронна мережа при навчанні із учителем на основі еталонних шкал – МІР-мережа яка дозволила розпізнавати зображення циферблату лічильника з вірогідністю не гірше 94 %.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

В даній роботі проведені дослідження методів розпізнавання показань декадних лічильників газу за результатами фотофіксації. Фотофіксація проводилась за допомогою фотоапарата або камери смартфона. Фотографії оброблялись та аналізувались на комп'ютері. Тому у цьому розділі розглянемо охорону праці на робочому місці оператора при роботі з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ).

4.1 Правові і організаційні питання охорони праці

Законодавство України про охорону праці являє собою систему взаємозв'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Одним із найважливіших нормативно-правових актів про охорону праці є Закон «Про охорону праці» [20]. Він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи, організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Закон встановлює пріоритет життя та здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності підприємства, тобто, насамперед, мають дотримуватись вимоги нормативно-правових актів про охорону праці, аби працівник під час операцій виробничого циклу не отримував травм, не зазнавав погіршення стану здоров'я, професійних захворювань або зменшення

працездатності, і лише потім має звертатись увага на результати виробничої діяльності підприємства.

На роботодавця покладено обов'язок під час укладання трудового договору інформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору.

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я. До виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору, допускаються особи за наявності висновку психофізіологічної експертизи. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства. Якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для життя чи здоров'я працівника або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля, працівник має право відмовитися від дорученої роботи. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. За період простою з зазначених причин, які виникли не з вини працівника, за ним зберігається середній заробіток. Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не виконує законодавства про охорону праці, не додержується умов колективного договору з цих питань. У цьому разі працівникові виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я відповідно до медичного висновку потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести за його згодою на таку роботу на термін, зазначений у медичному висновку, і у разі

потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

На час зупинення експлуатації підприємства, цеху, дільниці, окремого виробництва або устаткування органом державного нагляду за охороною праці чи службою охорони праці за працівником зберігаються місце роботи, а також середній заробіток.

4.2 Промислова санітарія

Робота дослідника належить до категорії 1а (витрата енергії до 120 ккал/г) і не вимагає фізичної напруги. Але оскільки робота дослідника є нервово напруженою працею, то умови мікроклімату в приміщенні відповідають оптимальним. Параметри мікроклімату представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату

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

Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в лабораторії у холодний період року діє система опалення, а в теплий період. Вентиляція також необхідна для організації повітрообміну в лабораторії, для видалення пилу, джерелом якої є статична електрика, що накопичує на діелектричній поверхні комп'ютера.

4.2.1 Освітлення

Працездатність дослідника багато в чому залежить від освітлення. Незадовільне освітлення викликає стомлення не тільки зорового аналізатора, але й організму в цілому.

Приміщення лабораторії має природне й штучне освітлення. Природне світло проникає через бічні світлопроєми, зорієнтовані на північний схід і забезпечує коефіцієнт природної освітленості (КПО). Характеристика зорових робіт для проєктувальника належить Vб (КПО = 1,0 %), оскільки розмір об'єкта розрізнення від 1 мм до 5 мм.

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

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

де e^v - КПО для світлового поясу, 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 приміщення з робочим місцем для дослідника обладнано системою загального рівномірного освітлення. Загальне освітлення виконане у вигляді переривчастих ліній світильників, які розташовуються осторонь від робочого місця, паралельно лінії зору. Як джерело світла при штучному висвітленні застосовуються люмінесцентні лампи. Рівень освітленості в зоні робочого місця перебуває в межах від 300 лк до 500 лк (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	
						природнім $e_0^{III}, \%$	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 й автоматичного підтримування в приміщеннях температури, вологості, швидкості руху і чистоти повітря. Розрізняють комфортне і технологічне кондиціонування.

Комфортне кондиціонування забезпечує допустимі та оптимальні умови середовища, які впливають на інтенсивність роботи працівників. Технологічне кондиціонування призначене для підтримування штучних кліматичних умов відповідно до технологічних вимог.

Параметри повітряного середовища в приміщенні встановлюються виходячи з таких умов: якщо кількість і якість продукції залежить від додержання точного режиму технологічного процесу, а не від інтенсивності роботи працівників, головними є вимоги технологічного процесу; якщо на випуск продукції впливає інтенсивність роботи – регламентуються комфортні умови.

Розрахунок кондиціонування повітря. Системи опалювання і системи кондиціонування слід встановлювати так, щоб ні тепле, ні холодне повітря не прямувало на людей. На виробництві рекомендується створювати динамічний клімат з певними перепадами показників. Температура повітря в поверхні підлоги і на рівні голови не повинна відрізнятись більш ніж на 5 градусів. У виробничих приміщеннях окрім природної вентиляції передбачають припливно-витяжну вентиляцію. Основним параметром, що визначає характеристики

вентиляційної системи, є кратність обміну, тобто скільки раз на годину зміниться повітря в приміщенні.

- $V_{\text{ВЕНТ}}$ – об'єм повітря, необхідний для обміну;
- $V_{\text{прим}}$ – об'єм робочого приміщення.

Для розрахунку приймемо наступні розміри робочого приміщення:

- довжина $B = 9$ м;
- ширина $A = 4,5$ м;
- висота $H = 4$ м.

Відповідно об'єм приміщення рівний:

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

Необхідний для обміну об'єм повітря $V_{\text{ВЕНТ}}$ визначимо виходячи з 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 вируючого повітря визначається за формулою:

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

де t – перевищення температури на 1 м висоти приміщення лежить в межах від 1 °С до 5 °С;

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

$H = 4$ м – висота приміщення;

$$t_{\text{ПРИХОД}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{Тоді } t_{\text{ВИРУШ}} = 25 + (4 - 2) \cdot 2 = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

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

де $Q_{\text{НАДЛ.1}}$ - надлишок тепла від електроустаткування і освітлення.

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

де E – коефіцієнт втрат електроенергії на тепловідвід ($E = 0,55$ для освітлення);

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

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

$Q_{\text{НАДЛ.2}}$ – теплопостачання від сонячної радіації

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

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 відстікнення. Для подвійного склопакету $k = 0,6$;

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

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

$Q_{\text{НАДЛ.3}}$ – тепловиділення від людей:

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

де $q = 80$ Вт/на людину;

n – число людей, наприклад, $n = 3$;

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

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

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

де $q = 110$ Вт/комп. (55 Вт/комп. – тепловиділення самого комп'ютера + 55 Вт/комп. – тепловиділення 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 виходить, що необхідний об'єм повітря становить:

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

З розрахунку можна зробити висновок, що для забезпечення нормальних умов праці, і підтримання температури в 25 °С необхідно кондиціонувати приміщення об'ємом 438 м^3 повітря температурою 18 °С.

4.3 Техніка безпеки

Інструкція по техніці безпеки при фотографуванні лічильників газу:

1. Отримати від майстра або бригадира вказівку, на якій ділянці, виконувати роботи.

2. Робітники повинні перевірити, справність фотоапарата, камери смартфона.

3. Перед початком роботи робітник повинен оглянути робоче місце і підходи до нього на відповідність вимогам безпеки.

4. Робота має бути припинена при грозі, дощі, а також тумані і снігопаді, погіршуючих видимість в межах фронту робіт.

5. Робітники, що працюють на віддалі від основних пунктів живлення і водопостачання, повинні мати питну воду в індивідуальних флягах або термосах.

4.4 Пожежна безпека

Залежно від особливостей виробничого процесу, окрім загальних вимог пожежної безпеки, здійснюються спеціальні протипожежні заходи щодо окремих видів виробництв, технологічних процесів і промислових об'єктів. Для споруд і приміщень, в яких експлуатуються відеотермінали і ЕОМ, такі заходи визначені Правилами пожежної безпеки в Україні і іншими нормативними документами.

Будівлі і їх частини, в яких розташовуються ЕОМ, мають бути не нижче за II міру вогнестійкості. Над і під приміщеннями, де розташовуються ЕОМ, а також в суміжних з ними приміщеннях не вирішується розташування приміщень категорій А і Б по вибухопожежній небезпеці. Приміщення категорії В необхідно відділяти від приміщень з ЕОМ протипожежними стінами.

Для всіх споруд і приміщень, в яких експлуатуються відеотермінали і ЕОМ, має бути визначена категорія по вибухопожежній і пожежній небезпеці. Відповідні позначення мають бути нанесені на входні двері приміщення.

Сховища інформації, приміщення для зберігання носіїв інформації потрібно розміщувати у відокремлених приміщеннях, обладнаних негорючими стелажми і шафами. Зберігати такі носії інформації на стелажах необхідно в металевих касетах. У приміщеннях ЕОМ потрібно зберігати лише ті носії інформації, які необхідні для поточної роботи.

Фальшпол в приміщеннях ЕОМ має бути виготовлений з негорючих матеріалів (або трудногорючих з межею вогнестійкості не менше 0,5 год). Простір під знімною підлогою розділяють негорючими діафрагмами на відсіки площею не більше 250 м². Межа вогнестійкості діафрагми має бути не менше 0,75 год. Комунікації прокладають крізь діафрагми в спеціальних обоймах із застосуванням негорючих ущільнювачів для запобігання проникненню вогню з одного відсіку в іншій, а також з підпільного простору в приміщення. Підпільний простір під знімною підлогою мають бути оснащений системою автоматичної пожежної сигналізації і засобами пожежогасіння згідно вимогам Переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають устаткуванню автоматичними установками пожежогасіння і пожежної сигналізації з використанням димових пожежних сповісників.

Звукопоглинальне облицювання стін і стель в приміщеннях ЕОМ повинне виготовлятися з негорючих або важкогорючих матеріалів.

Для промивання деталей необхідно застосовувати негорючі миючі препарати. Промивання вічок і інших знімних пристроїв горючими рідинами вирішується лише в спеціальних приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією. У разі потреби проведення дрібного ремонту або технічного обслуговування ЕОМ безпосередньо в машинному залі і неможливості вживання негорючих миючих речовин дозволяється мати не більше 0,5 л легкозаймистої рідини в тарі, яка не б'ється і щільно закривається.

Приміщення, в яких розташовуються персональні ЕОМ і дисплейні зали, мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповісниками і переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з врахуванням граничних допустимих концентрацій вогнегасної речовини.

Не рідше за один раз в квартал необхідно очищати від пилу агрегати і вузли, кабельні канали і простір між підлогами.

Засоби пожежогасіння. Виробничі приміщення мають бути забезпечені первинними засобами гасіння пожеж: вогнегасниками, пожежним інвентарем

(покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубошерстної тканини, ящики з піском, пожежні відра, лопати) і ручним пожежним інструментом (багри, ломи, сокири і ін.).

Для розміщення первинних засобів пожежогасінні у виробничих приміщеннях, будівлях, спорудах і на території підприємств, як правило, належить встановлювати спеціальні пожежні щити (стенди).

На пожежних щитах (стендах) необхідно розміщувати ті первинні засоби гасіння пожеж, які можуть застосовуватися в даному приміщенні, споруді, установці.

Пожежні щити (стенди) і засоби пожежогасінні мають бути забарвлені у відповідні кольори згідно з чинними нормативними документами.

У складі пожежного щита (стенду) пісок можна замінити флюсом, карналітом, кальцинованою содою, огнетушащим порошком, глиноземом або іншими з належними характеристиками, негорючими і сипучими матеріалами.

Пожежні щити (стенди) повинні забезпечувати:

— захист вогнегасників від попадання прямих сонячних променів, а також захист знімних комплектуючих від використання сторонніми особами не за призначенням (для щитів і стендів, встановлюваних зовні приміщень);

— зручність і оперативність знімання (витягування) закріплених на щиті (стенді) комплектуючих виробів.

Пожежні щити (стенди), інвентар, інструмент, вогнегасники в місцях установки не повинні створювати перешкоди при евакуації. Їх слід встановлювати в досяжних і видних місцях (коридорах, на входах і виходах з приміщень і т. п.).

Переносні вогнегасники слід розміщувати:

— на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані не менше 1,2 м від краю дверей при їх відкритті;

— у пожежних шафах разом з пожежними кранами в спеціальних тумбах або на пожежних щитах (стендах).

Конструкція або зовнішнє оформлення тумби або шафи для розміщення вогнегасників мають бути такими, аби можна було зрительнo визначити типа вогнегасника, який зберігається в них.

Навішувати вогнегасники на кронштейни, розміщувати їх в тумбах або пожежних шафах належить так, щоб можна було прочитати маркувальні написи на корпусі.

Придатність заряду пінного вогнегасника потрібно перевіряти не рідше за один раз в рік, корпус - щорік перевіряти на міцність.

Заряджати і перезаряджати вогнегасники всіх типів слідує відповідно до інструкції з експлуатації.

Вогнегасники, допущені до введення в експлуатацію, повинні мати:

- пломби на пристроях ручного пуску;
- облікові (інвентаризаційні) номери по прийнятій на підприємстві системі нумерації;
- бірки і маркувальні написи на корпусі, червоне сигнальне забарвлення згідно державним стандартам.

Використані вогнегасники, а також вогнегасники із зірваними пломбами слід перезарядити або перевірити, а на цей час на площах, що захищаються, їх необхідно замінювати відповідною кількістю заряджених вогнегасників.

Відповідальність за своєчасне і повне оснащення об'єктів вогнегасниками і іншими засобами гасіння пожеж, забезпечення технічного обслуговування, навчання працівників підприємств правилам користування вогнегасниками несуть керівники цих підприємств.

4.5 Джерела небезпечних і шкідливих чинників

Основною особливістю контрольно-вимірювальної техніки (КВТ) є використання комп'ютера для зберігання і обробки інформації. Наявність відеодисплейного терміналу дозволяє подати користувачеві візуальну інформацію. Крім того, комп'ютер може бути оснащений додатковими

приладами і системними елементами, до яких відносяться: дисководи, принтери, сканери, модеми, пристрої типу «миша», інші периферійні пристосування.

Комп'ютер в цілому, відеотермінал, периферійні пристосування, оснащення для обслуговування, ремонту і наладки повинні відповідати вимогам, стандартів, що діють в Україні, і нормативних актів по охороні праці. Це ж стосується комп'ютерів, відеотерміналів, периферійних пристосувань зарубіжного виробництва, які додатково повинні відповідати вимогам національних стандартів держав-виробників і мати відповідну відмітку на корпусі, в паспорті або іншій експлуатаційній документації.

Відеодисплейні термінали (ВДТ) – основна компонента ПК і призначений для візуального представлення інформації що зберігається електронним способом. Він дозволяє дуже швидко вивести алфавітно-цифрову або графічну інформацію.

Процесорний блок. Наявність механічних рухливих частин. Процесорний блок є джерелом шуму.

Клавіатура. Конструктивного виконання клавіатури має важливе значення при організації роботи, оскільки клавіатура «диктує» робочу позу користувача при виконанні роботи і безпосередньо формує психофізіологічні, небезпечні і шкідливі виробничі чинники.

Пристрій типу «миша». Виділений цілий комплекс захворювань, що є характерними при тривалому використанні «миші». Це скелетно-м'язові порушення верхньої частини тулуба, розвиток хронічного стресу із-за вимушеної пози і необхідності постійного контролю якості виконуваних дій. Миша є джерелом психофізіологічних шкідливих виробничих чинників.

4.6 Висновки до розділу

В результаті аналізу робочих місць оператора виявлені небезпечні, шкідливі фактори та приведені міри по їх усуненню, це дозволить покращити

умови праці на робочому місці, покращити працездатність, попередити травмування на робочому місці.

Зроблені певні розрахунки по кондиціонування повітря дозволяють автоматично підтримувати в приміщенні температуру, вологість, швидкість руху і чистоту повітря, тим самим створювати ефективну роботу працівників.

Кафедра МБЖД

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи була вирішена науково-практична задача з дослідження методик застосування сучасних методів досліджень для контролю структури металів і сплавів.

Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Розроблені архітектури нейронних мереж дозволяють проводити розпізнавання показань газових лічильників з високим відсотком вірогідності розпізнавання (до 97,8 %). Застосовність нейронних мереж перевірена на основі аналізу зображень 200 лічильників.

2. Застосування нейронних мереж при розпізнаванні показань механічних лічильників газу дозволяє використовувати нейромережеві алгоритми для різних типів лічильників за рахунок властивості навченості.

3. Розроблена гібридна методика класифікації цифр декад лічильників, що базується на методах інтелектуального аналізу даних, характеризується меншою чутливістю до шумів, поворотів і масштабів досліджуваного зображення циферблату лічильника, що забезпечує задану точність.

4. Достовірність розпізнавань показань декадних лічильників газу залежить:

- від умов фотографування циферблату лічильника;
- від стану та рівня забруднення скла циферблату лічильника;
- від стану самого циферблату (рівня вигорання краски, тріщин та подряпин).

5. Запорукою достовірного розпізнавання показань лічильника є попередня обробка зображення. Цей процес є доволі трудовитратним, тому його потрібно автоматизувати з залученням нейронної мережі.

6. Використання нейронної мережі потребує для її навчання досить велику вибірку показань (використовувалось 1200 зображень) для кожного типу лічильника.

Таким чином, в результаті проведених досліджень мета роботи досягнута, а завдання на магістерську роботу виконано у повному обсязі.

Запропоновані в даній дипломній роботі рішення доцільно використовувати в процесі наукових досліджень просторово розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем та в навчальному процесі.

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: 6.09.2022).
2. VisionPE Metlab Corporation. Image Analysis.
URL: http://www.metlabcorp.com/image_analysis.html (дата звернення: 6.09.2022).
3. SIAMS: Index of/products/siams700.
URL: <http://www.siams.com/products/siams700> (дата звернення: 9.09.2022).
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. Бутаков Е. А., Островский В. И. Обработка изображений на ЭВМ. Москва: Радио и связь, 2007. 240 с.
7. Дмитриев Д. В., Андреева О. В. Разработка методов и алгоритмов верификации изображений на основе нейронных сетей. *XIX Нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки.* Н-Новгород: НИУ РАНХ и ГС, 2014. С. 80–83.
8. 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.
9. Pratt W. K. Digital Image Processing, John Wiley & Sons, 3rd ed., USA. 2001. 750 p.

10. Gonzalez R. S., and Woods R. E. Digital image processing, 2nd ed., USA: Prentice, 2002. 703 p.
11. Осовский С. Нейронные сети для обработки изображения. *Пер. з польського І.Д. Рудинського.* – М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
12. Suzuki Kenji. Artificial Neural Networks: Architectures and Applications, InTech, 2013. 256 p.
13. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Алгоритмы: построение и анализ: Introduction to Algorithms. М.: Вильямс, 2-е. вид. 2005. 1296 с.
14. К. Асаи, Д. Ватада Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон./ С. Иван и др.; под редакцией Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно.—М.: Мир, 1993. 368 с.
15. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский АЛ, Соколов В.В. Теория выбора и принятия решений. —М.: Наука, 1982.—328 с.
16. 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.
17. Танака, Сигэру, Асаи. Формализация нечеткого метода группо— групповой обработки данных//Сисутэму то сэйге. — 1986.—Т. 30, N 9.—С. 581—587.
18. Chankong V., Haimes Y. Y. Multiobjective decision making: theory and methodology.—North—Holland, 1983.
19. Коваль А. О., Коваль О. А. Просторово розподілені інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи: монографія. Харків : Лідер, 2017. 146 с.
20. Закон України "Про охорону праці" в редакції від 21 листопада 2002 р. URL: https://urst.com.ua/act/pro_okhoronu_pratsi (дата звернення: 16.09.2022).

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 ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ


Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.

 О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук

 М. В. Москаленко

Керівник, канд. техн. наук, доц.

 О. А. Коваль

Студентка гр. ММ-61-21

 Є. О. Плечова

м. Харків - 2022

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження — інтелектуальна вимірювальна інформаційна система центру обліку споживаного газу.

Мета роботи — підвищення достовірності методів розпізнавання показань декадних лічильників газу.

Метод дослідження — нейромережевий метод розпізнавання зображень, методи нечіткої логіки, методи прямого експерименту, статистичного та часового аналізу даних вимірювань багатоканальної інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи центру обліку споживаного газу.

Предмет дослідження — процес розпізнавання показань декадного лічильника газу.

В магістерській роботі проведені дослідження достовірності розпізнавань показань декадних лічильників газу з впровадженням нейромережевих методів, розроблена методика та алгоритм розпізнавання показань лічильників газу за даними фотофіксації.

ЛІЧИЛЬНИК ГАЗУ GALLUS iV PSC



Рисунок 1 – Зовнішній вид лічильника газу



Рисунок 2 – Вибір критерію розпізнавання декад

МЕТОД ХАФЛАЙНА

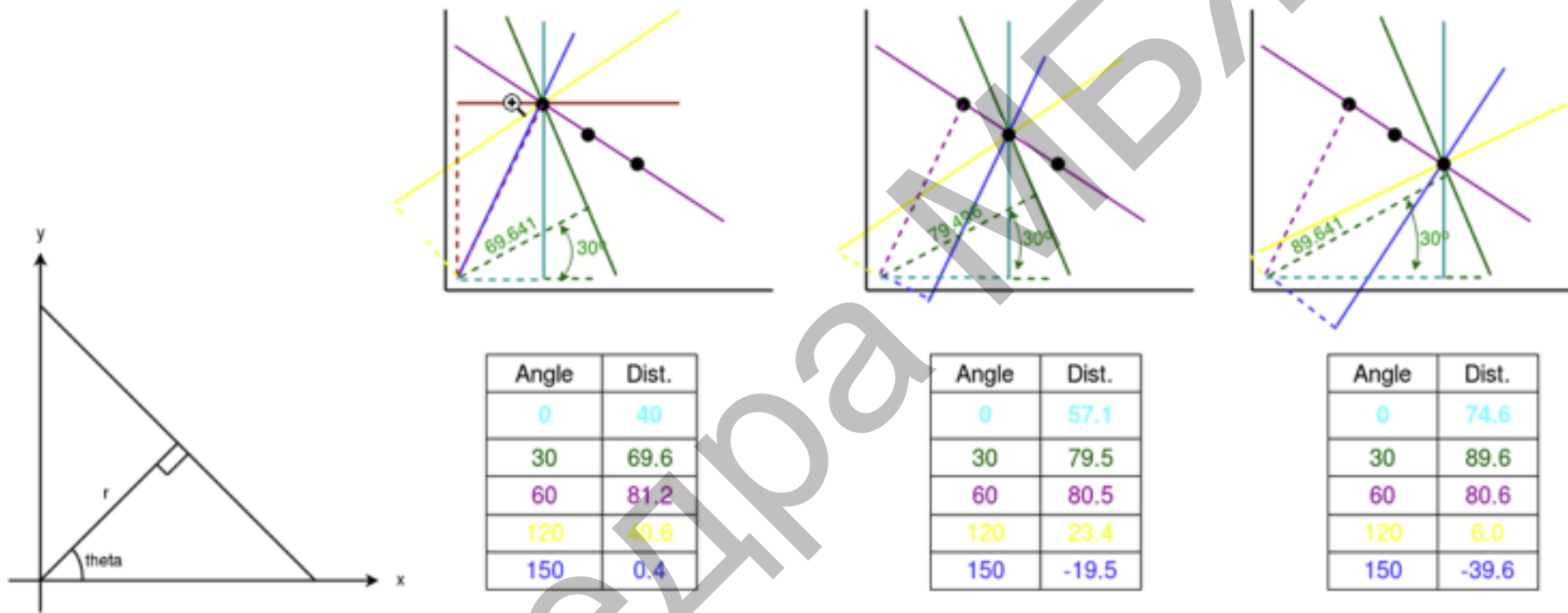


Рисунок 3 – До методики знаходження прямих ліній на зображенні

ВИЯВЛЕННЯ ПРЯМИХ ЛІНІЙ

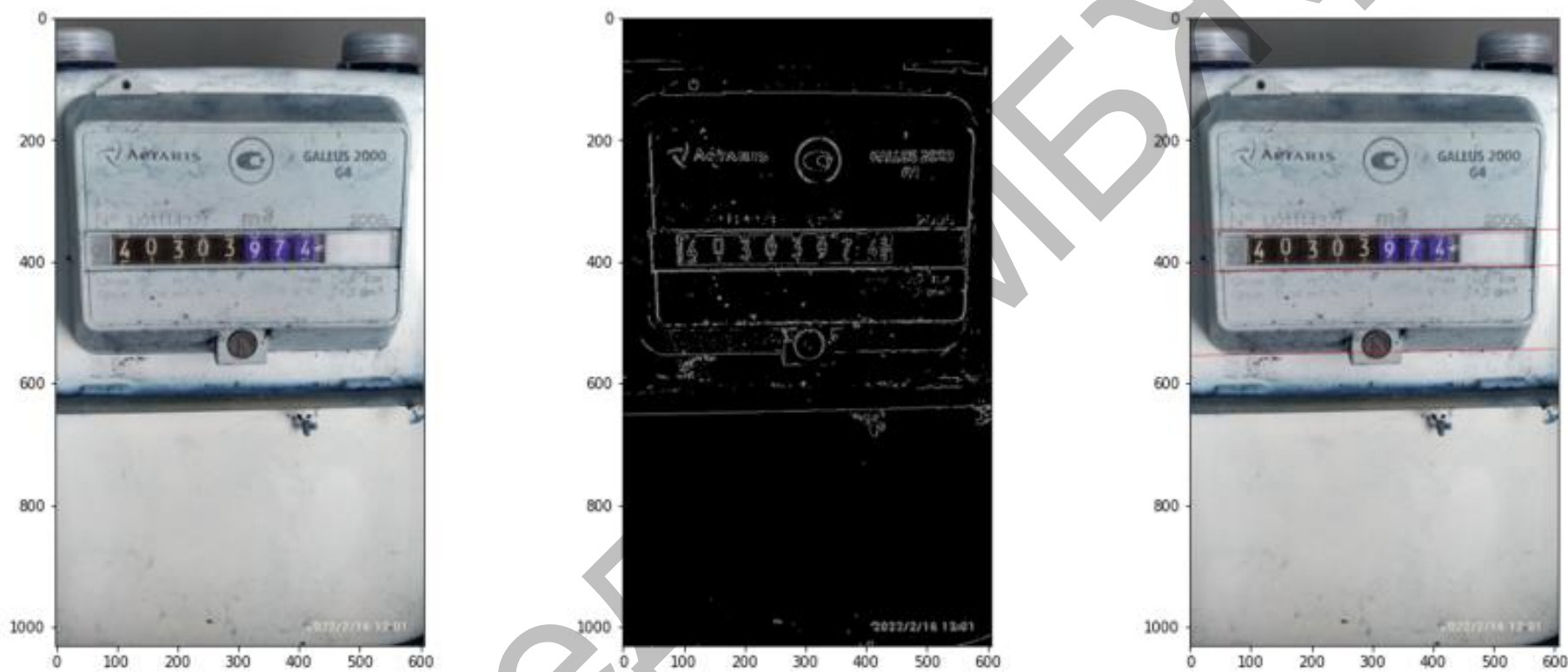
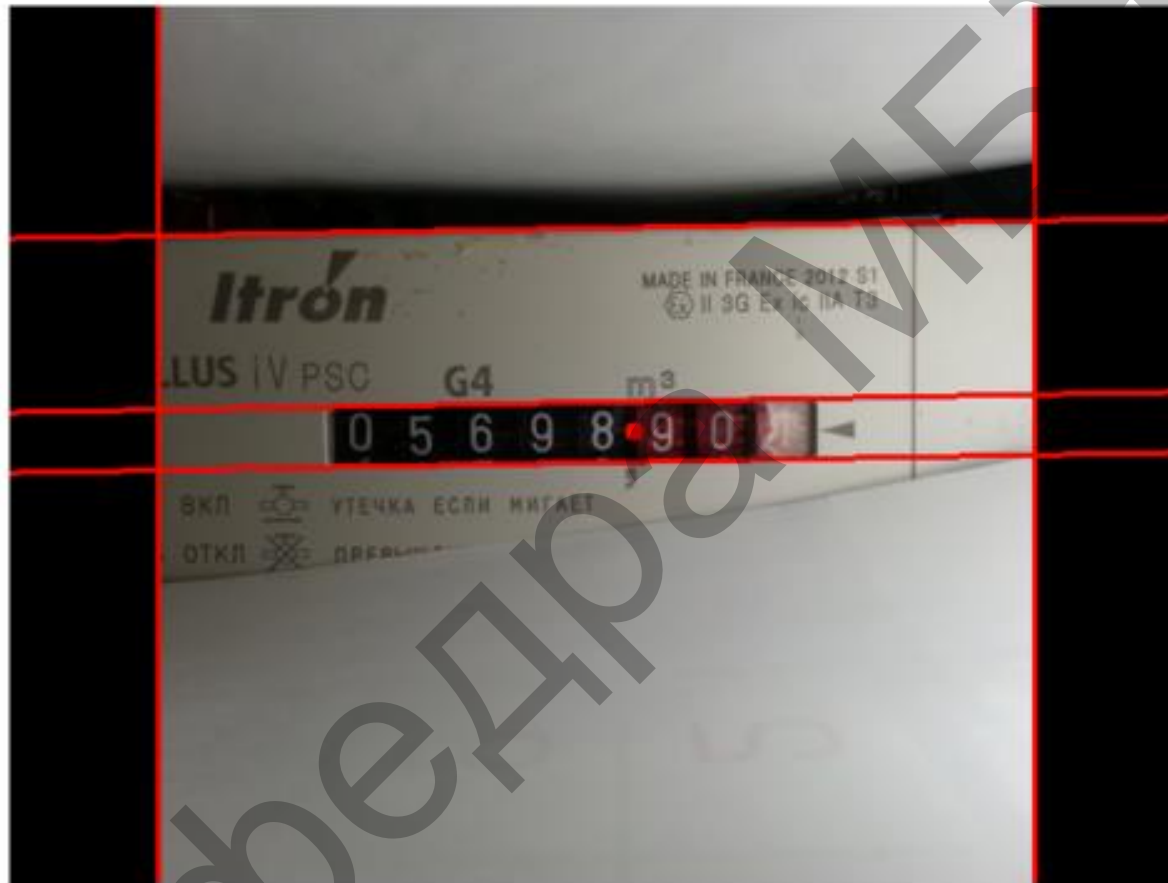


Рисунок 4 – Результат роботи алгоритму виявлення прямих ліній на зображенні

ВІЯВЛЕННЯ ПРЯМИХ ЛІНІЙ



Кафедра МЕЖД

ОБРОБКА ЗОБРАЖЕННЯ



Зображення циферблату: Ширина= 346 Висота= 37

Оригінал



Масштабоване зображення циферблату: Ширина= 680 Висота= 72

ПІДВИЩЕННЯ РІЗКОСТІ



Рисунок 5 – Результат роботи алгоритму виділення декадного циферблату

ВИДІЛЕННЯ ДЕКАДИ



Ширина= 32 Висота= 72



Рисунок 6 – Результат роботи алгоритму виділення декади десятих, сотих та тисячних м³

Наш газовий лічильник має показання 40303,974 м³. Він показує як цілу частину числа об'єму спожитого газу (в нашому випадку 40303) так і десяту, соту та тисячну частину кубометру газу (в нашому випадку 0,974). Обліку підлягає показання в повному форматі: 40303,974 м³.

ВИЯВЛЕННЯ КРАЇВ

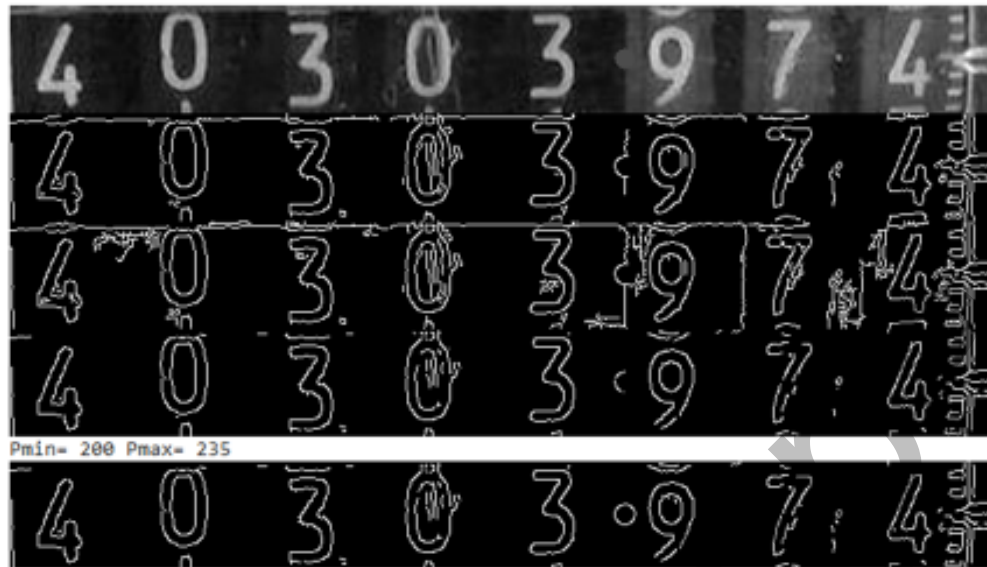
Загальні стандарти виявлення країв включають:

1. Виявлення країв з низьким коефіцієнтом помилок означає, що якнайбільше країв зображення необхідно захопити з максимальною точністю.
2. Виявлений край має бути точно розташований у центрі справжнього краю.
3. Заданий край зображення повинен бути відмічений лише один раз, і, по можливості, шум зображення не повинен призводити до помилкових країв.

Процес обробки алгоритму виявлення країв Canny можна розділити на наступні 5 кроків:

1. Використовуйте гаусовий фільтр, щоб згладити зображення та відфільтрувати шум.
2. Розрахуйте інтенсивність градієнта та напрямок кожного пікселя зображення.
3. Придушення без максимуму використовується для усунення помилок, викликаних виявленням фронту.
4. Подвійне виявлення порогів використовується для визначення істинного і потенційного фронтів.
5. Нарешті, виявлення країв завершується придушенням окремих слабких країв.

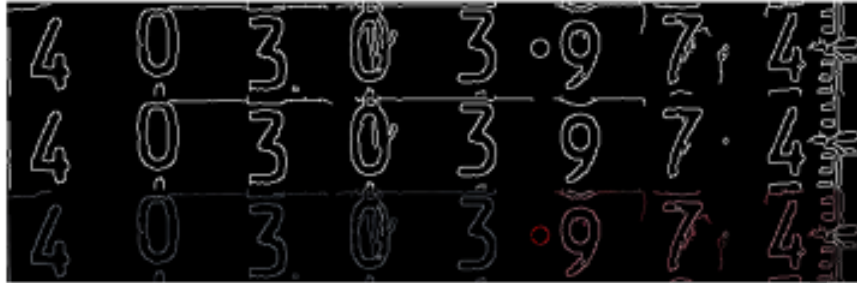
ПОШУК КРАЇВ ЗА АЛГОРИТМОМ CANNY



```
-----  
# Спосіб автоматичного визначення порога  
def auto_canny(images, sigma=0.33):  
    v = pr.median(images) # Візьміть середнє значення на зображенні  
    # Розрахуємо максимальне значення порога  
    lower = int(max(200, (1.0-sigma) * v))  
    # Розрахуємо мінімальне значення порога  
    upper = int(min(235, (40.0+sigma) * v))  
    edged = cv2.Canny(images, lower, upper)  
    print("Pmin=", lower, "Pmax=", upper)  
    return edged  
-----  
# переводимо зображення у градації сірого  
gray = cv2.cvtColor(img1, cv2.COLOR_BGR2GRAY)  
cv2_inshow(gray)  
# шукаємо межі за алгоритмом Canny  
dges = cv2.Canny(gray, 100, 200)  
wide = cv2.Canny(gray, 10, 200)  
tight = cv2.Canny(gray, 225, 200)  
cv2_inshow(dges)  
cv2_inshow(wide)  
cv2_inshow(tight)  
auto = auto_canny(img1)  
cv2_inshow(auto)
```

Рисунок 7 – Результат роботи алгоритму пошуку країв за алгоритмом CANNY

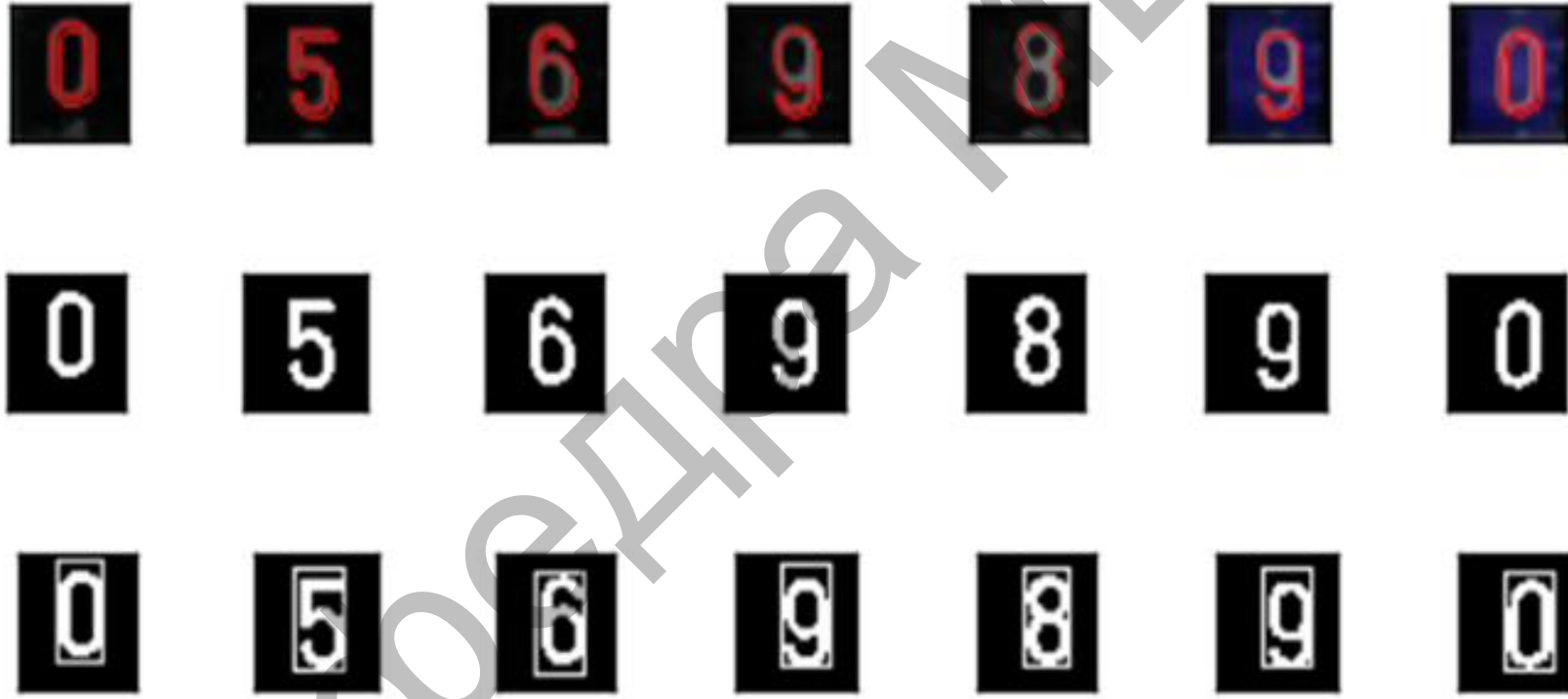
ПОШУК КРАЇВ ЗА "ХИТРИМ" АЛГОРИТМОМ



```
# трохи зменшуємо різкість зображення - розмиваємо
blurred = cv2.GaussianBlur(img1, (3,3), 0)
# переводимо зображення в градації сірого
gray = cv2.cvtColor(blurred, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# Знаходимо градієнт по осі X
grad_x = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 1, 0)
# Знаходимо градієнт по осі Y
grad_y = cv2.Sobel(gray, cv2.CV_16SC1, 0, 1)
# Перетворюємо значення градієнтів в 8 бітне
x_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_x)
y_grad = cv2.convertScaleAbs(grad_y)
# Об'єднуємо обидва градієнти
src1 = cv2.addWeighted(x_grad, 0.5, y_grad, 0.5, 0)
# Об'єднуємо градієнти, використовуючи "хитрий" алгоритм,
# з порогоми Px=50 і Py=100
edge = cv2.Canny(img1, 100, 255)
cv2.imshow(edge)
edge1 = cv2.Canny(grad_x, grad_y, 60, 255)
cv2.imshow(edge1)
# Будемо використовувати край зображення як маску
# для виконання побітових операцій
edge2 = cv2.bitwise_and(img1, img1, mask=edge)
cv2.imshow(edge2)
```

Рисунок 8 – Результат роботи алгоритму пошуку країв за «хитрим» алгоритмом

Розпізнавання показань



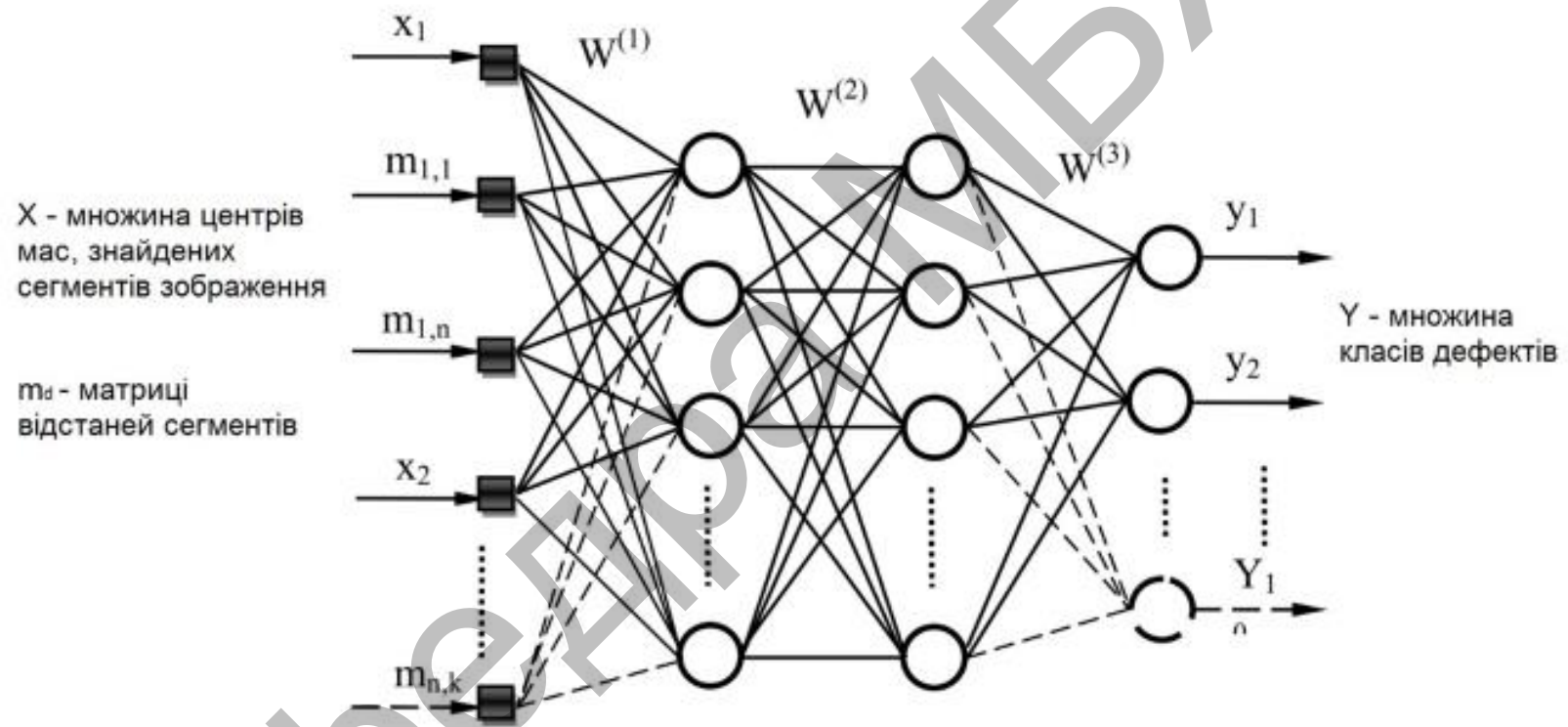
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗПІЗНАВАНЬ



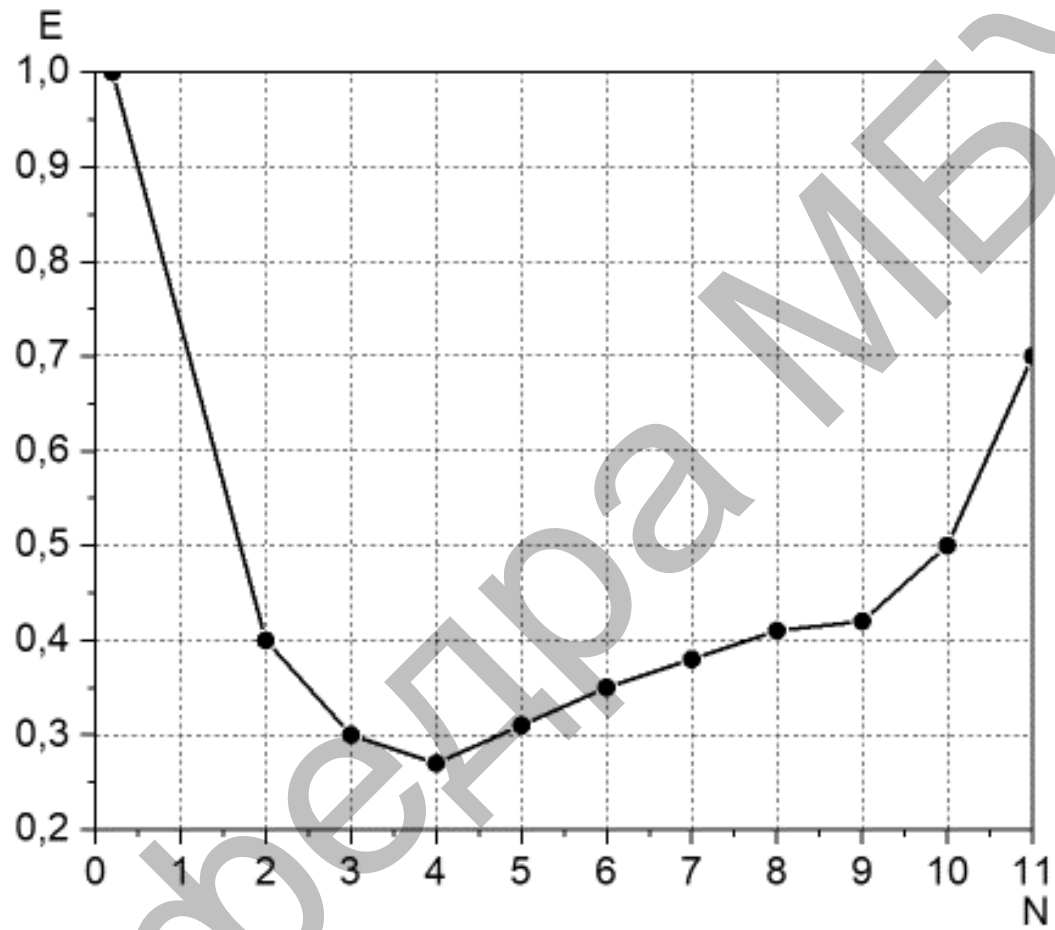
0	6	2	0	0	5	9
0	6	2	0	0	5	9
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0	6	2	0	4	0	0
0	6	2	0	4	1	0
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0	6	2	0	9	0	0
0	6	2	0	9	0	0
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Кафедра

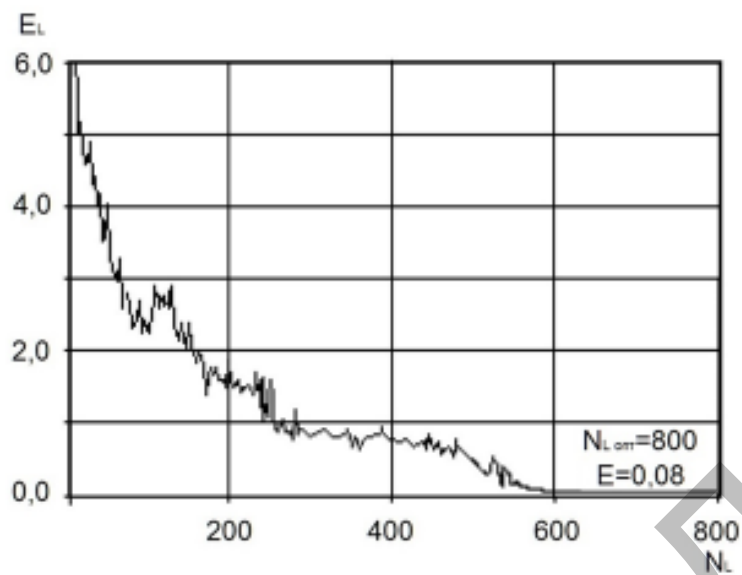
СТРУКТУРА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ



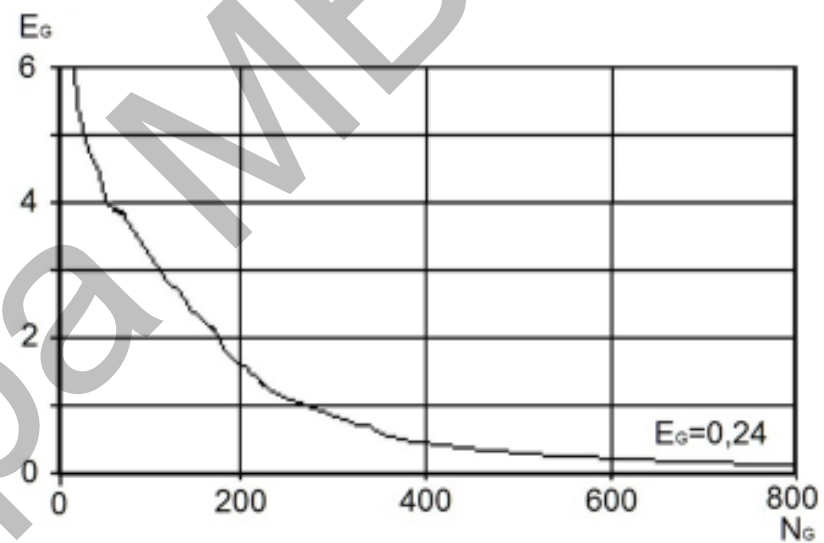
ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОМИЛКИ НАВЧАННЯ ВІД КІЛЬКОСТІ ШАРІВ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ



ЗАЛЕЖНОСТІ ПОМИЛОК НАВЧАННЯ І РОЗПІЗНАВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ВІД КІЛЬКОСТІ ЕПОХ



а) помилки навчання



б) помилки розпізнавання

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи була вирішена науково-практична задача з дослідження достовірності методів розпізнавання показань декадних лічильників газу. Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Достовірність розпізнавань показань декадних лічильників газу залежить:
 - від умов фотографування циферблату лічильника;
 - від стану та рівня загрязніння скла циферблату лічильника;
 - від стану самого циферблату (рівня вигорання краски, наявності тріщин та подряпин).
2. Запорукою достовірного розпізнавання показань лічильника є попередня обробка зображення. Цей процес є доволі трудозатратним, тому його потрібно автоматизувати з залученням нейронної мережі.
3. Використання нейронної мережі потребує для її навчання досить велику вибірку показань (використовувалось 1200 зображень) для кожного типу лічильника.
4. Розпізнавання показань з використанням добре навченої нейронної мережі дозволяє забезпечити рівень правильного розпізнавання близьким до 96 %.

Таким чином, в результаті проведених досліджень мета роботи досягнута, а завдання на магістерську роботу виконано у повному обсязі.

Запропоновані в даній дипломній роботі рішення доцільно використовувати в процесі наукових досліджень просторово розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем та в навчальному процесі.