

УДК 004.932.75, 004.4'236, 004.942

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-3804162017101511>

Ю. В. Бобков¹, доцент, к.т.н, О. В. Пахальчук², бакалавр

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЦИФР НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У СЕРЕДОВИЩІ *LabVIEW*

En

A large amount of data are input into the computer. These data can be presented as visual images, sounds (speech), electronic signals, etc. And there is a problem with their recognition. Recognition of graphic symbol, including letters and numbers is the most common one.

There are three basic methods of graphic symbols identification: reference, structural and feature ones. For example, programs like FineReader, Readiris, ScanSoft, OmniPage, CuneiForm can be used to recognize the graphic symbols, which are entered into the computer. Significant reliance recognition accuracy of image quality and some distortion of primary image are main disadvantages of these programs and methods

We can use fuzzy logic or neural network algorithms to improve recognition accuracy. For example neural networks are used in Google technology.

We offered the use of numbers recognition system based on fuzzy logic to improve the accuracy and the feature method was proposed.

As informative parameters, i.e. recognition features, two positive and two negative transitions were chosen. Transition is defined as the difference between the current local maximum (or minimum) and the previous local minimum (or maximum) number of pixels (intensity) which include images. The number of pixels is counted within vertical sectors into which the number of images is divided and the width of these sectors may vary from 1 to 3 pixels. Another informative parameter is the num-

¹ НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», кафедра інформаційно вимірювальної техніки

² НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», факультет авіаційних і космічних систем

ber of transitions counted in the separation of the image number into the horizontal sectors.

Using of Fuzzy Logic Designer in LabVIEW for design and realization of the fuzzy logic system is considered in the article. The recognition system was designed as a software component in package LabVIEW.

The research of the developed recognition system in terms of distortion of numbers images by their rotation was held. The angle of this turn may vary from 0° to 10° both clockwise and counterclockwise.

By turning clockwise the range of rotation angle is 2-4 times larger than counterclockwise turn. This depends on the width of the sector, which can vary from 1 to 3 pixels. By turning clockwise the range of distortion is narrowed to 1.5 times when the width of sector increases.

In the future we plan to optimize the system to increase the allowable angle of image rotation and research the impact of distortion in the form of the geometric size changes.

Ru

Рассмотрена разработка и исследование системы распознавания цифр на основе нечеткой логики в среде *LabVIEW*.

Для увеличения точности предложено использовать систему распознавания цифр на основе нечеткой логики с использованием признакового метода распознавания.

Рассмотрено построение системы нечеткого вывода и ее реализация с использованием *Fuzzy Logic Designer* среды *LabVIEW*.

Были проведены испытания разработанной системы распознавания в условиях искажений изображений цифр путем их поворота на градус в диапазоне от 0° до 10°, как за часовой стрелкой, так и против.

Вступ

Сучасний розвиток різноманітних інформаційних технологій обумовлює введення у комп'ютер значної кількості даних, що можуть бути задані у вигляді візуальних зображень, звукових сигналів (мови), електронних сигналів тощо. У цьому випадку виникає проблема розпізнавання цих даних. Одним з найбільш поширених є розпізнавання графічних знаків, зокрема літер і цифр.

Виділяють три основні методи розпізнавання графічних знаків: еталонні, структурні і ознакові. [1]

Еталонні методи передбачають порівняння зображення, яке розпізнають, із усіма еталонами (шаблонами), які містяться в базі.

Структурні або топологічні методи засновані на представленні зображення у вигляді непохідних елементів, що об'єднуються відповідно до заданого правила.

Ознакові методи базуються на тому, що зображенню, яке розпізнається, ставиться у відповідність N -мірний вектор ознак, який в процесі розпізнавання порівнюється із набором еталонних векторів.

Загальним недоліком вказаних методів є суттєва залежність точності розпізнавання від якості зображення, а також від наявності тих чи інших спотворень первинного зображення.

Для розпізнавання графічних знаків у разі введення інформації у комп'ютер можуть застосовуватися існуючі промислові програмні пакети. Наприклад, *FineReader*, *Readiris*, *ScanSoft*, *OmniPage*, *CuneiForm*. [1]

Принцип дії цих програм близький і може бути розглянутий на прикладі програми *FineReader* (рис. 1). Особливістю даної програми є те, що в алгоритмі розпізнавання використовуються спеціальні класифікатори: растровий, ознаковий, ознаково-диференційний, контурний, структурний, структурно-диференційний. Класифікатор взаємодіє з базою еталонів і утворює гіпотези, які цілеспрямовано перевіряються. Задля ефективності та швидкодії використовується структурування гіпотез за рахунок надання гіпотезі певної оцінки. [2]

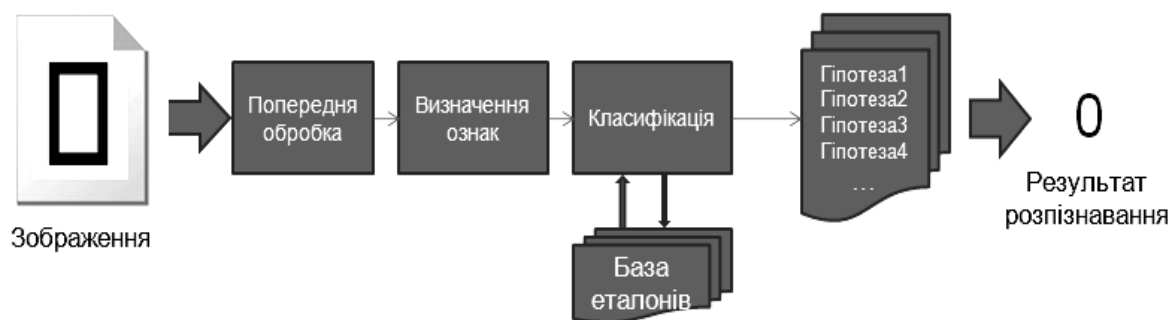


Рис. 1. Принцип дії програми *FineReader*

Основним недоліком програм такого типу є значна кількість помилок під час розпізнавання неякісних та спотворених символів.

Більш прогресивними є технології *Google*, що засновані на застосуванні нейромережевих алгоритмів, що дозволяють зменшити кількість помилок у разі розпізнавання спотворених знаків та зображень, але потребують значної бази та часу для навчання.

Постановка задачі

Метою даної роботи є розробка і дослідження системи розпізнавання цифр на базі нечіткої логіки.

Задача розпізнавання цифр

Розглянемо задачу розпізнавання цифр від 0 до 9, що представлені у вигляді графічних зображень (файлів) у форматі **.bmp*. Для вирішення цієї задачі оберемо ознаковий метод доповнивши його за рахунок застосування нечіткої логіки.

Застосування апарату нечіткої логіки дозволяє врахувати зміни у зображеннях однакових символів, а, відповідно, підвищити точність розпізнавання.

Розробка системи розпізнавання цифр

Узагальнена структурна схема системи розпізнавання на базі нечіткої логіки наведена на рис. 2.

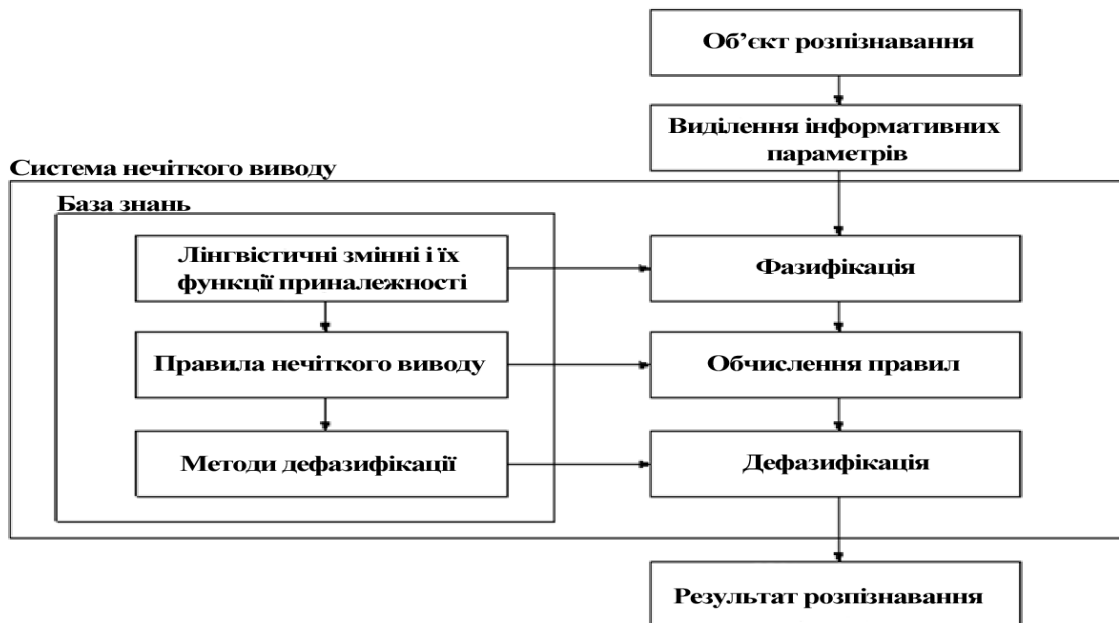


Рис. 2. Узагальнена структурна схема системи розпізнавання

Система складається із двох основних частин: блоку виділення інформативних параметрів, на вхід якого подається зображення цифри, і блоку системи нечіткого виводу, яка у свою чергу складається із бази знань і власне системи нечіткого виводу. База знань містить у собі лінгвістичні змінні та їх функції приналежності, правила нечіткого виводу і методи дефазифікації. На вхід системи нечіткого виводу подаються чіткі значення інформативних параметрів, які у результаті фазифікації перетворюються у нечіткі значення. На вхід блоку обчислення правил подаються нечіткі значення параметрів, а на інший вхід – власне правила нечіткого виводу із бази знань. Отримане значення нечіткої змінної у результаті операції дефазифікації перетворюється у чітке значення, тобто результат розпізнавання.

У обраному ознаковому методі однією із головних задач є вибір способу розпізнавання та інформативних параметрів – ознак для розпізнавання.

Одним із способів розпізнавання зображень цифр є розбиття малюнку цифри на вертикальні сектори, підсумовування значень бітів у кожному секторі (визначення інтенсивності у кожному секторі) і порівняння загального результату по сектору із відповідним результатом шаблону. Такий пі-

Розділ 1. Інформаційні системи

дхід достатньо добре працює коли цифра зміщується у сторони, але не працює, коли присутній перекіс цифри. Особливості запропонованого способу пояснюються на рис. 3.

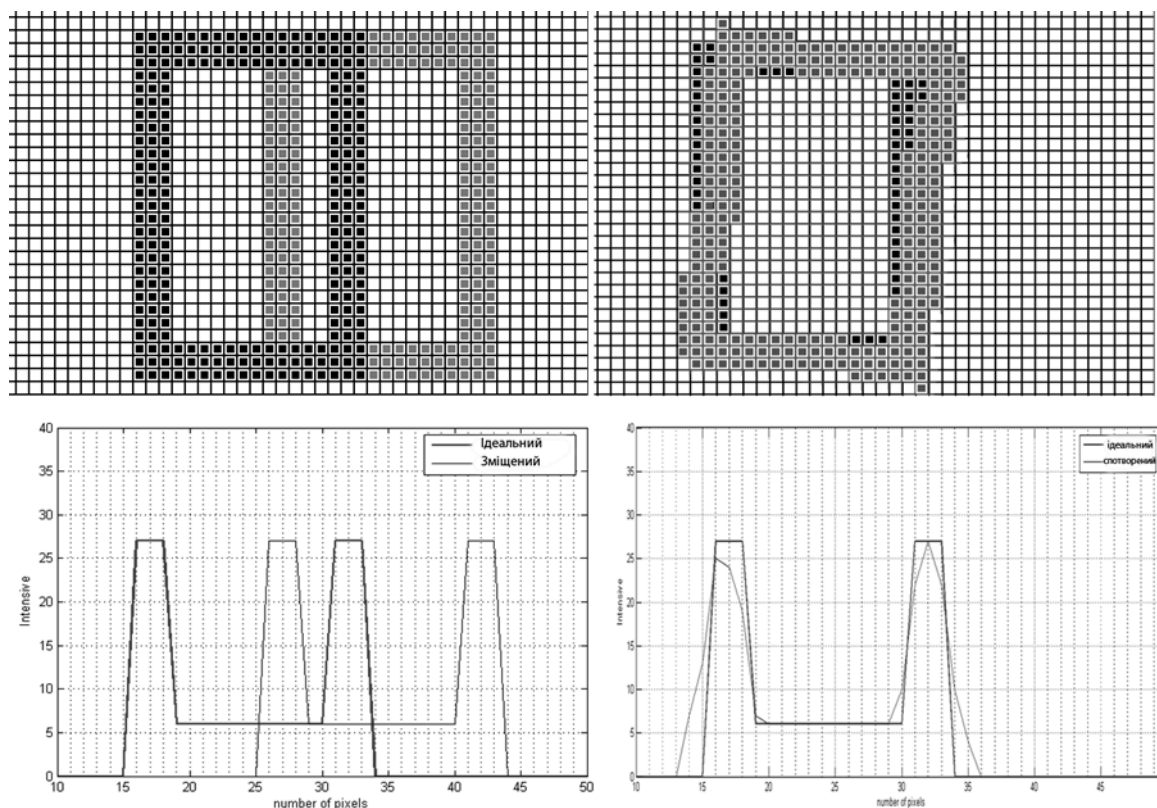


Рис. 3. Зображення цифр та відповідні їм інтенсивності

Для підвищення точності розпізнавання в умовах наявності спотворень у вигляді перекосу доцільне застосування системи нечіткого виводу, що описана вище.

У якості інформативних параметрів були обрані два додатні та два від'ємні переходи, що визначаються як різниця між поточним локальним максимумом (або мінімумом) і попереднім локальним мінімумом (або максимумом) кількості пікселів (інтенсивності), що належать зображенню цифри. Кількість пікселів підраховується у межах вертикальних секторів, на які розбивається зображення цифр, і ширина яких у пікселях може задаватися. Ще одним інформативним параметром є кількість переходів, що підраховуються у разі поділу зображення цифри на горизонтальні сектори [3].

Наступним етапом є розробка системи нечіткого виводу. Для початку визначаються лінгвістичні змінні для системи нечіткої логіки, визначення набору лінгвістичних термів та їх функцій приналежності.

У якості вхідних лінгвістичних змінних використовуються інформативні параметри у вигляді переходів по вертикальних секторах та кількості переходів по горизонтальних секторах. Для кожної із них будується графік положення переходів цифр, які розпізнаються: по осі абсцис відкладається значення переходу, по осі ординат – назви цифр (рис. 4).

За цими графіками виділяються області згрупування значень переходів. Область згрупування – це локальне зосередження (ЛЗ) значень переходів щодо осі абсцис. Для кожної ЛЗ необхідно виділити не менше двох областей згрупування переходів.

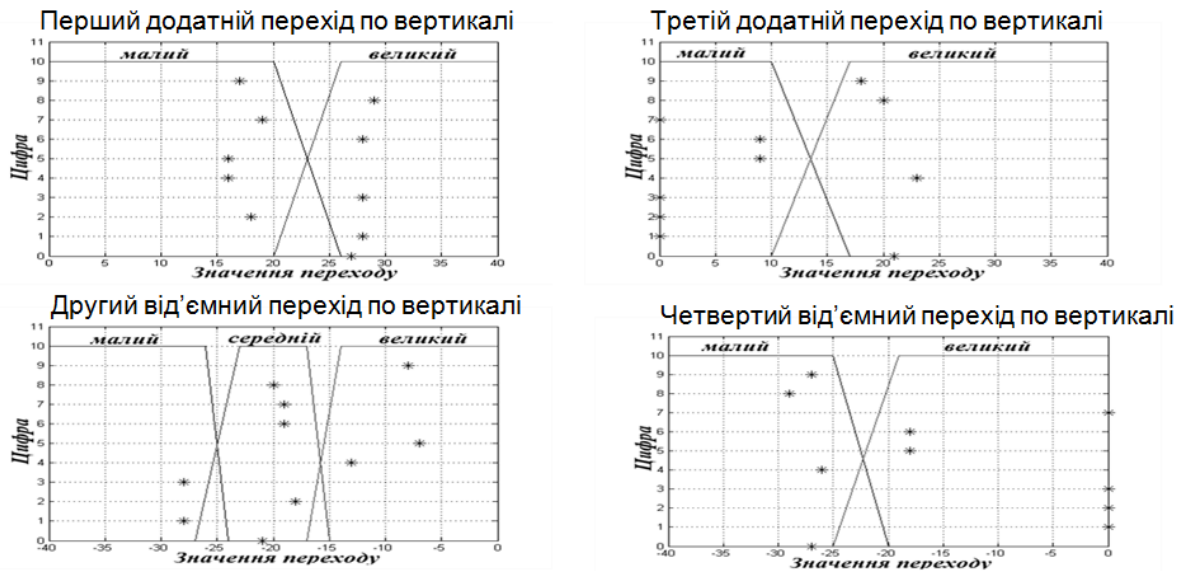


Рис. 4. Функції приналежності для переходів по вертикальних секторах

На рис. 4 показано, що для першої ЛЗ, яка називається «Перший додатний перехід по вертикалі» виділено дві області групування переходів. Для кожної області групування переходів визначають функцію приналежності (ФП). У разі вирішення поставленої задачі були обрані трапецієдальні функції приналежності. За умови правильного виборі ФП включають області, де знаходяться значення переходів не тільки ідеальних цифр, але і спотворених. Кількість функцій приналежності для вхідних параметрів змінюється від двох до трьох.

Значення кількості переходів по горизонтальних секторах змінюється від 2 до 6. Тому для вхідної ЛЗ «кількість переходів по горизонтальних секторах» обираються три функції приналежності.

Для вихідного параметру, яким є розпізнані цифри від 0 до 9, буде створена ЛЗ з відповідно десятьма функціями приналежності (рис. 5). У подальшому вихід системи нечіткої логіки повинен відобразитися на числовій вісі від 0 до 9. Для віднесення отриманого значення вихідного параметру до одного із класів розпізнавання (цифри від 0 до 9) воно округлюється до цілого значення.

Програмна реалізація системи розпізнавання цифр

Для реалізації системи на базі нечіткої логіки можуть бути застосовані програмні пакети *MatLab* і *LabVIEW*.

Перевагою пакету *MatLab* є можливість створення системи розпізнавання у вигляді програмного коду, що дозволяє використовувати його у будь-яких системах, що підтримують нечітку логіку, наприклад, у мікроконтролерах *M68HC12*, *SAE81C99*, *PIC16C782*.

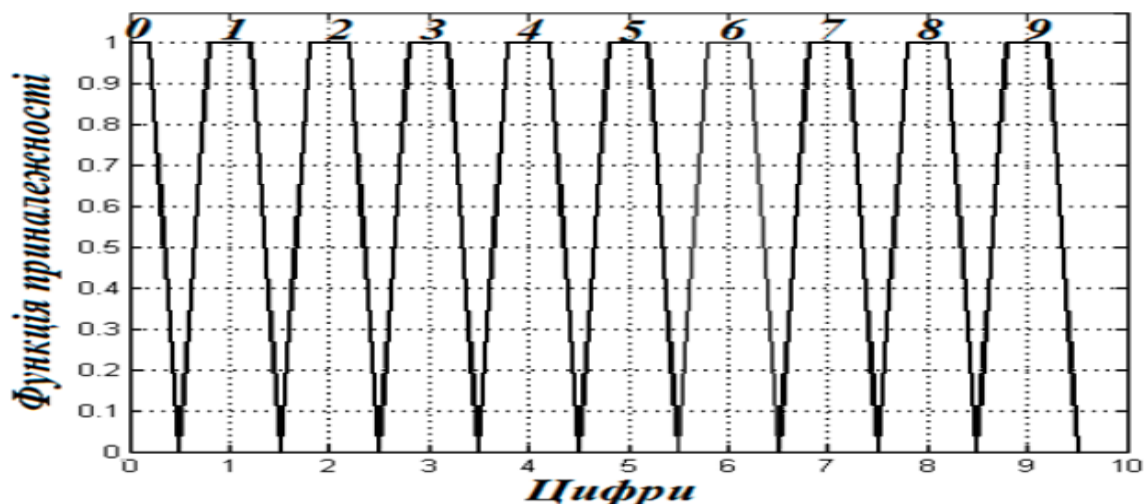


Рис. 5. Функції приналежності для вихідного параметру

Перевагою середовища *LabVIEW* є можливість створити інтерфейс користувача, що значно спрощує роботу із програмним компонентом і дає ефект наочності. Тому для побудови системи розпізнавання цифр було вирішено використовувати середовище *LabVIEW*.

Відповідно до структурної схеми (рис. 1) система розпізнавання цифр була побудована у вигляді двох взаємопов'язаних програмних компонентів.

Перший дозволяє зчитати зображення та розрахувати всі необхідні інформативні параметри (значення інтенсивності, як по вертикалі, так і по горизонталі, значення переходів по вертикалі і по горизонталі, кількість горизонтальних переходів), передати їх на вхід системи нечіткого виводу, що підключається, а також вивести результат розпізнавання. Панель розробленої програми зображено на рис. 5.

Система нечіткого виводу була розроблена за допомогою програмного компоненту *Fuzzy Logic Designer* середовища *LabVIEW* і підключена до основної програми. Фрагмент системи нечіткого виводу наведений на рис. 6.

Дослідження системи розпізнавання цифр

Були проведені дослідження точності розробленої системи розпізнавання в умовах спотворення зображень цифрових символів шляхом їх повороту на кут у діапазоні від 0° до 10° та зміні ширини сектору від 1 до 3 пікселів. Поворот здійснювався, як за годинниковою стрілкою, так і проти. Результати досліджень розпізнавання цифр із урахуванням ширини се-

ктору у разі повороту зображення цифри за годинниковою стрілкою і проти годинникової стрілки наведені у табл. 1 і табл. 2, відповідно.

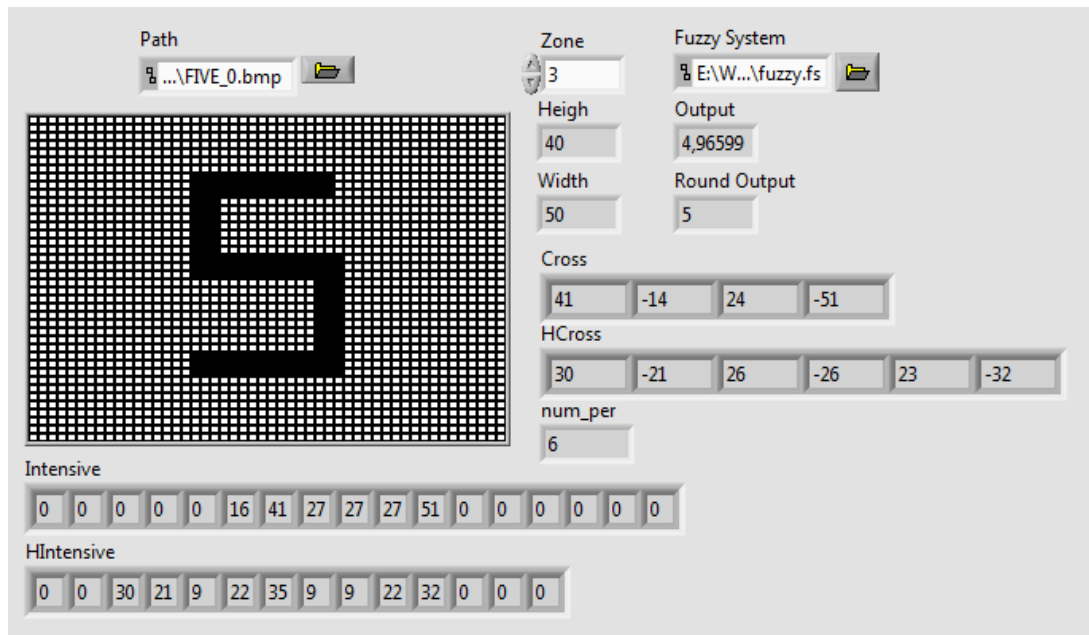


Рис. 5. Панель програми у *LabVIEW*

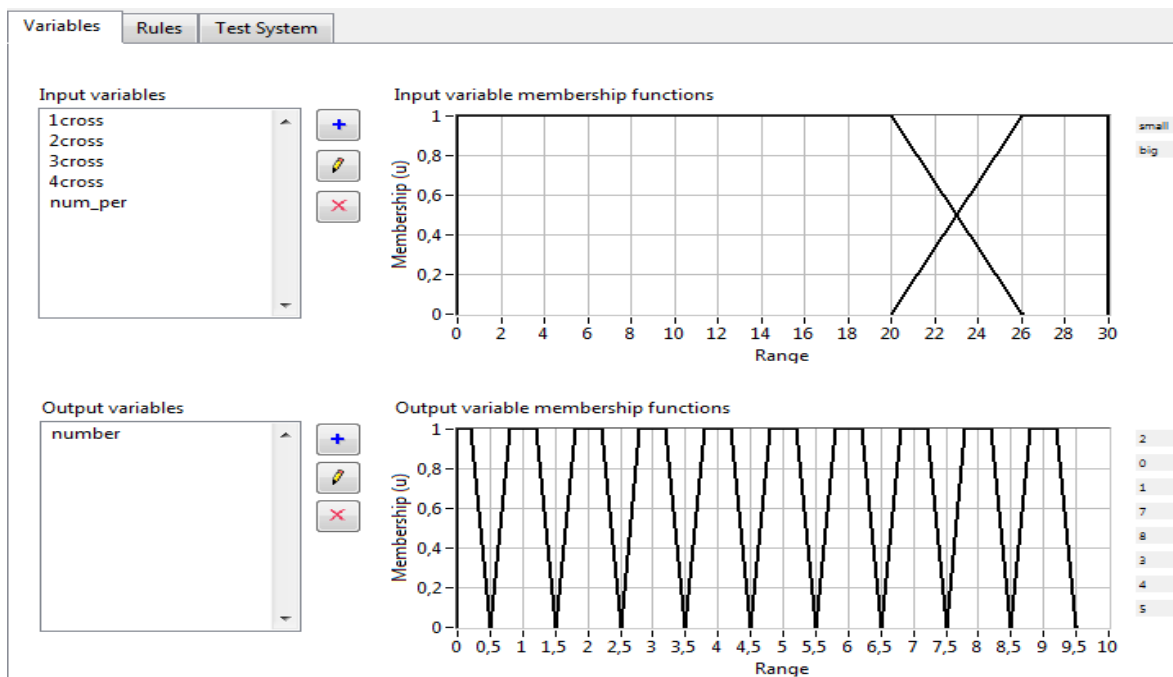


Рис. 6. Фрагмент системи нечіткого виводу у *LabVIEW*

Із наведених результатів видно, що система розпізнає всі числа від 0 до 9:

- у разі повороту за годинниковою стрілкою:
 - за умови ширини сектору 1 піксель – до 6° ;
 - за умови ширини сектору 2 пікселі – до 4° ;
 - за умови ширини сектору 3 пікселі – до 4° ;

Таблиця 1.

Результати дослідження системи розпізнавання у разі повороту цифр за годинниковою стрілкою

Кут повороту цифр у градусах	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Число пікселів у секторі	Результати розпізнавання цифр																															
Цифри	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	0	5	0	5	0	0	5	0	0	
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	0	4	5	0	0	7	0	0	7	0	0	7	0	0	7	0
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0	7	0	7	2	0	7	2	0
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	0	5	6	6	0	5	6
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9	8	7	9	5	5	5	5	5	5

Таблиця 2.

Результати дослідження системи розпізнавання у разі повороту цифр проти годинникової стрілки

Кут повороту цифр у градусах	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Число пікселів у секторі	Результати розпізнавання цифр																														
Цифри	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	1	0	2	1	
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	5	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	
	4	4	4	4	4	4	0	4	5	0	4	5	0	4	4	4	4	4	4	7	4	4	7	4	4	7	4	0	0	4	
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	6	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5	0
	7	7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	7	0	0	7	0	0	7	0	0	7	4	0	0	4	0	0	4	0	0
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	7	8	5	6	6	5	5	6
	9	9	9	9	9	8	9	9	8	9	9	8	8	9	8	9	9	8	9	8	7	5	9	6	5	5	5	5	5	5	5

– у разі повороту проти годинникової стрілки:

за умови ширини сектору 1 піксель – до 2° ;

за умови ширини сектору 2 пікселі – до 1°;

за умови ширини сектору 3 пікселі – до 2°.

За більших кутах повороту точність розпізнавання залежить від конкретної цифри. Наприклад: цифра 5 розпізнається у діапазоні до 10°; цифра 8 - до 7°; цифра 6 до – 6° (при повороті у обох напрямках).

Висновки

Таким чином, було розроблено систему розпізнавання цифр від 0 до 9 із застосуванням нечіткої логіки та створена її модель у середовищі *LabVIEW*. Проведені дослідження дозволили визначити діапазони можливих спотворень цифр, що виникають за рахунок їх повороту, як за годинниковою стрілкою, так і проти. Діапазон повороту за годинниковою стрілкою більший у 2-4 рази порівняно із поворотом проти годинникової стрілки у залежності від ширини сектору. Було також визначено, що за умови збільшення ширини сектору у пікселях діапазон можливих спотворень цифр звужується у 1,5 рази за умови повороту за годинниковою стрілкою.

Подальшим напрямком дослідження є оптимізація системи задля збільшення імовірного кута повороту зображення, а також дослідження впливу спотворень у вигляді зміни геометричного розміру.

Список використаної літератури

1. *Афанасенко А. В.* Обзор методов распознавания структурированных символов / А. В. Афанасенко, А. И. Елизаров// Доклады ТУСУРа, №2(18), часть 1, июнь 2008.
2. АВВУУ FineReader: взгляд изнутри. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/632560> - Дата доступа 28.02.2017 -АВВУУ FineReader: взгляд изнутри.
3. *Бобков Ю. В.* Дистанційний курс «Системи розпізнавання образів (лабораторні роботи) – Режим доступа: <http://moodle.ipk.kpi.ua/moodle/course/view.php?id301> – Дата доступа 28.02.2017 - Бобков Ю. В. Дистанційний курс «Системи розпізнавання образів (лабораторні роботи)».