

*А. П. Кушнір, канд. техн. наук, доцент,
І. П. Кравець, канд. техн. наук, доцент, О. В. Шаповалов, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПОЖЕЖНИЙ СПОВІЩУВАЧ ПОЛУМ'Я З ДОДАТКОВИМ КАНАЛОМ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ВІДЕОАНАЛІТИКИ ТА БЛОКОМ НЕЧІТКОЇ КОРЕКЦІЇ

Запропоновано доповнити пожежний сповіщувач полум'я, який аналізує інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання, додатковим каналом інформації – вхідним сигналом “границі полум'я”, отриманим за допомогою відеоаналітики. Розроблено модель блока нечіткої корекції пожежного сповіщувача полум'я на основі нечіткої логіки, який дає змогу розпізнавати різні етапи зміни границь полум'я, аналізує ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання на об'єкті та на основі розробленого алгоритму формує необхідний вихідний сигнал. Це дає можливість зменшити хибність спрацювання такого сповіщувача від сторонніх джерел випромінювання.

Ключові слова: система пожежної сигналізації, інтелектуальний пожежний сповіщувач, нечітка логіка.

A. P. Kushnir, I. P. Kravets, O. V. Shapovalov

INTELLECTUAL FLAME DETECTOR WITH ADDITIONAL INFORMATION CHANNEL ON BASIS OF VIDEO ANALYTICS AND FUZZY CORRECTION BLOCK

The flame detector which analyzes infrared and ultraviolet radiation has been proposed to be supplemented with an additional information channel - an input signal "flame boundary" obtained with the help of video analyzers. The model of the fuzzy correction block of a fire detector based on fuzzy logic has been developed. It allows to recognize various stages of changing the boundaries of the flame, analyzes ultraviolet and infrared radiation at the object and, on the basis of the developed algorithm, forms the necessary output signal. This enables to reduce the false positives of this detector from third-party sources.

Key words: fire alarm system, intelligent fire detector, fuzzy logic.

Постановка проблеми. Робота традиційних пожежних сповіщувачів (ПС) [1] ґрунтується на виявленні загоряння внаслідок потрапляння всередину них частинок диму, а також зміни температури. Цей принцип ефективний, але на жаль сповіщувачі спрацьовують зі значною затримкою, якщо джерело загоряння значно віддалене від нього. У той же час, ПС полум'я фіксує електромагнітне випромінювання від осередку загоряння, що генерується як відкритим полум'ям, так і тліючим вогнищем, завдяки чому дальність роботи такого сповіщувача значно зростає. Час, за який цей сповіщувач виявляє загоряння, є незначним, порівняно з іншими типами сповіщувачів. Це єдиний ПС, який можна використовувати на відкритому просторі.

Одним з основних напрямів їх застосування є об'єкти, де знаходяться речовини, які швидко поширюють горіння, наприклад: об'єкти нафтогазової та хімічної промисловості, автотранспорту, де знаходиться велика кількість легкозаймистих і горючих рідин, багато з яких горять без виділення диму. Відомо, що полум'я супроводжується характерним випромінюванням як в ультрафіолетовому, так і в інфрачервоному спектрах. Матеріали, що горять, полум'я яких має відносно низьку температуру і, як правило, забарвлене в червоний колір, активно випромінюють хвилі в інфрачервоному діапазоні. Високотемпературне полум'я має велику інтенсивність випромінювання в ультрафіолетовому діапазоні. Тому залежно від діапазону довжин хвиль реєстрованого випромінювання, сповіщувачі полум'я поділяють на сповіщувачі полум'я інфрачервоного діапазону (діапазон хвиль на який реагує цей ПС лежить в межах від 4,15 мкм до 4,55 мкм); сповіщувачі полум'я ультрафіолетового діапазону (діапазон хвиль, на який реагує ПС, лежить в межах від 0,185 мкм до 0,245 мкм).

Основними перевагами ПС полум'я є те, що вони характеризуються високою чутливістю і малою інерційністю порівняно з іншими типами сповіщувачів. Відстань від полум'я до ПС, висота, об'єм, форма приміщення, конструктивні особливості перекриття, перепад температур, повітряні потоки істотно не впливають на час виявлення пожежі [2].

Основним обмеженням застосування сповіщувачів полум'я є наявність штучних і природних завад, здатних викликати спрацьовування сповіщувача без наявності полум'я. Високий рівень електромагнітного випромінювання, яке негативно впливає на роботу сповіщувача, створюється джерелами штучного освітлення, сонячним світлом, нагрітими тілами (радіаторами, працюючими двигунами), зварювальними роботами, віддзеркаленням випромінювання дзеркальними поверхнями і так далі. Для ліквідації впливу цих негативних явищ пропонується доповнити ПС полум'я, який реагує на інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання, додатковим каналом отримання інформації про стан на об'єкті на основі використання засад відеоаналітики з розпізнаванням етапів змін границь полум'я.

Аналіз останніх досліджень. Відеоаналітика – це апаратно-програмне забезпечення, основою якого є інтелектуальний аналіз потоків відео, що дає змогу виділити найбільш важливі ознаки для автоматизованого збору даних. Алгоритм обробки зображення і розпізнавання об'єктів дає змогу аналізувати відео без прямої участі людини. Відеоаналітика використовується в складі систем інтелектуального відеонагляду, управління бізнесом, відеопошуку тощо. Вона, залежно від своєї мети, виконує багато функцій [3, 4].

Результатами роботи відеоаналітики є події (повідомлення), які можуть бути передані оператору системи відеоспостереження або записані у відеоархів для подальшого пошуку. Окрім цього, відеоаналітика формує метадані, тобто структури даних, які описують зміст кожного кадру відеопослідовності. Метадані містять таку інформацію як місцеположення і ідентифікатори об'єктів (як правило, у вигляді тривожної рамки), траєкторію і швидкість руху об'єктів, дані про розділення або злиття об'єктів, дані про виникнення і закінчення тривожної ситуації. Метадані записуються у відеоархів і відтворюються разом з відео.

Відеоаналітика для виявлення пожежі знаходиться на самому початку свого розвитку і поки що не набула широкого застосування. В системах пожежної сигналізації відеоаналітика – це система програмної логіки [5], основою якої є відеоаналіз, що дає змогу виділити найбільш важливі ознаки пожежі. Алгоритм обробки зображення і розпізнавання об'єктів є досить складним. В основі відеоаналізу пожеж лежить процес розпізнавання загоряння. У зв'язку з тим, що ознаки пожежі нестатичні, розглянуті алгоритми розпізнавання загоряння ґрунтуються на порівнянні характеристик рухомих областей кадру з характерними для загоряння параметрами. Наприклад, найбільш точні результати в розпізнаванні полум'я показує метод комплексного аналізу рухомих частин кадру, заснований на обчисленні трьох характерних величин і порівняння їх з граничними значеннями: кольору, форму і границі полум'я, швидкості зміни (рис. 1) [5].

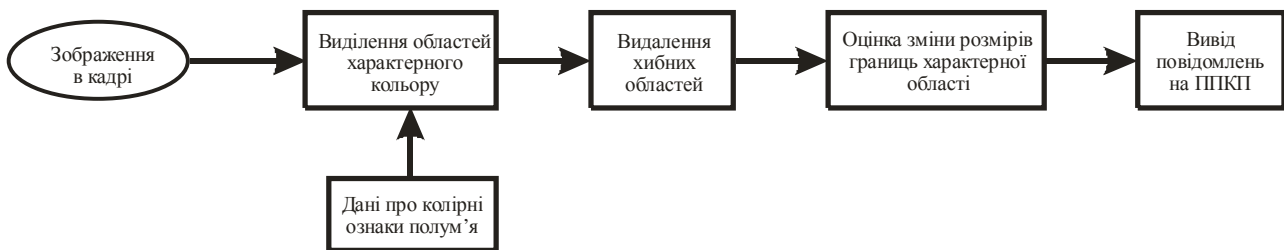


Рисунок 1 – Структурна схема відеоаналізу полум'я

Відеоаналітика характеризується трьома основними показниками: об'ємом даних, швидкістю передачі даних та різноманітністю типів даних. Аналітика отриманого відео веде до проблеми обробки великого масиву даних. Навантаження на канали передачі постійно зростають. Це обумовлено як збільшенням пікселів відеокамер, підключених до мережі, так і

зростанням попиту на дистанційний доступ до даних з віддалених пристроїв. Значна частина відеоданих (більше 95%) в системах відеонагляду не несе важливої інформації для користувачів. Інтелектуальна аналітика дає змогу значно зменшити кількість навантажень на систему завдяки відбору відеоданих, що не містять потрібної інформації. Вона дає можливість перетворити “сирі” дані на логічно оброблені, структурувати їх і зменшити об’єм.

Головною проблемою багатьох впроваджень відеоаналітики є висока частота помилок спрацьовувань, яка швидко зменшує економічний ефект технології. Проблема поступово розв’язується шляхом вдосконалення алгоритмів відеоаналізу, автоматичного тестування на спеціальних випробувальних стендах і розподіл подій за важливістю. Інша проблема полягає в істотній ціні системної інтеграції і впровадження відеоаналітики. Крім того, програмно-технічні засоби, які сьогодні представлені на ринку, не сертифіковані в Україні, а значить, їх не можна застосовувати замість звичайних ПС. Усе це поки що робить проблематичним використання відеоаналітики для виявлення загорянь.

Паралельне використання двох рішень дає змогу значно збільшити протипожежний захист на об’єкті і наблизити впровадження основ відеоаналітики для виявлення загорянь. Разом із використанням інтелектуальної логіки, зменшити вплив вказаних недоліків можна за рахунок зменшення кількості аналізованих даних, які поступають. Так, можна розробити алгоритм роботи ПС полум’я з блоком нечіткої корекції, який реагує на інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання, і доповнити його додатково каналом отримання інформації про стан середовища на об’єкті на основі використання основ відеоаналітики з розпізнаванням етапів змін границь полум’я.

Постановка завдання. Стаття присвячена розробленні алгоритму роботи інтелектуального ПС полум’я з блоком нечіткої корекції та додатковим каналом отримання інформації про стан середовища на об’єкті на основі використання основ відеоаналітики з розпізнаванням етапів зміни границь полум’я, що дає змогу зменшити хибність спрацювання цього сповіщувача від випромінювань не пов’язаних з пожежею.

Вирішення проблеми. Щоб зменшити хибність спрацювання ПС полум’я, який реагує на інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання, від сторонніх джерел випромінювання, введемо додатковий канал отримання інформації про стан середовища на об’єкті на основі використання засад відеоаналітики з розпізнаванням етапів змін границь полум’я. Для цього сповіщувача синтезуємо блок нечіткої корекції на основі нечіткої логіки, який розпізнає різні етапи зміни границь полум’я, аналізує ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання в приміщенні. На основі отриманих сигналів та розробленого алгоритму сповіщувач повинен розпізнавати умови виникнення пожежі з високою точністю.

Процес проектування блока нечіткої корекції складається з декількох етапів і описаний в [6, 7].

1. Вибираємо одну з найбільш стабільних та простих для налаштування структур, яка показана на рис. 2.

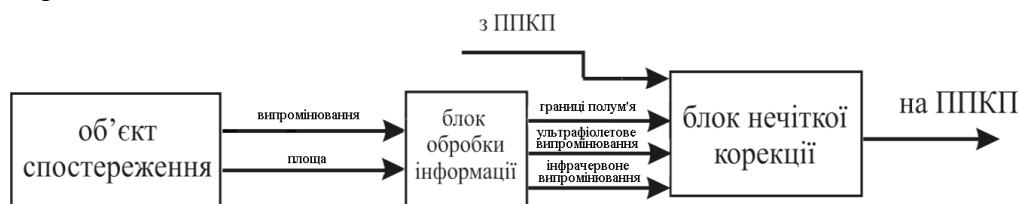


Рисунок 2 – Структурна схема пожежного сповіщувача полум’я

Вхідними величинами блока нечіткої корекції є границі полум’я, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання. На вхід блока надходить також сигнал з пожежного приймально-контрольного приладу ППКП. Вихідною величиною блока нечіткої корекції є сигнал, який має дати інформацію щодо стану, який складається на об’єкті.

2. Встановлення алгоритмічних ступенів свободи.

Для проєктованого нечіткого блока пропонується вибрати найбільш поширені установки:

- оператор імплікації – мінімум-оператор;
- оператор агрегації – максимум-оператор.

Рекомендується використати найбільш популярний метод дефазифікації – гравітаційний (centroid) [8].

3. Встановлення параметричних ступенів свободи.

Встановлення можливих інтервалів зміни вхідних та вихідних величин. Результати аналізу і експериментальних досліджень класичних сповіщувачів дають змогу визначити інтервали зміни вхідних та вихідних величин. Прийmemo: границі полум'я змінюються в інтервалі [0, 100], ультрафіолетове випромінювання змінюється в інтервалі [0, 10], інфрачервоне випромінювання змінюється в інтервалі [0, 10]. Аналіз кривих зміни границь полум'я, ультрафіолетового випромінювання і інфрачервоного випромінювання дає можливість визначити інтервал зміни вихідної величини «Ймовірність пожежі» як [0, 1].

Встановлення форми та параметрів функцій належності. Вхідній змінній “Границі полум'я” відповідає три лінгвістичних терми:

- P – permissible area of flame (допустима площа вогнища);
- H – high flame area (підвищена площа вогнища);
- U – uncontrolled flame area (неконтрольована площа вогнища);

Форма термів P та U приймається трапецієподібною. Форма терму H приймається трикутною. Трикутна та трапецієподібна форми функцій належності використовуються в техніці найчастіше, тому що це дає змогу зменшити витрати машинного часу.

Прийняті для лінгвістичної змінної “Границі полум'я” функції належності зображені на рис. 3, а параметри їх термів представлені в табл. 1.

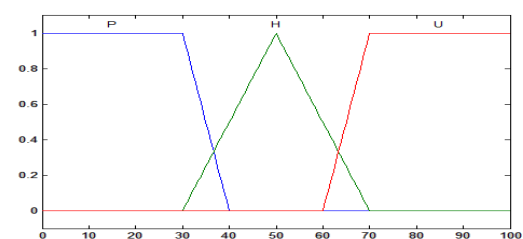


Рисунок 3 – Функція належності вхідної змінної “Границі полум'я”

Таблиця 1
Параметри функції належності вхідної змінної “Границі полум'я” (S)

Терм	Форма терму	Характерні точки
P – permissible flame area	трапеція	[-30, 0, 30, 40]
H – high flame area	трикутник	[30, 50, 70]
U – uncontrolled flame area	трапеція	[60, 70, 100, 130]

Параметри змінної “Границі полум'я” задаються оператором, тобто оператор може задати певні межі вогнища при яких сповіщувач сприйматиме їх, але не буде реагувати на них. Це робиться для того щоб в контрольованому сповіщувачем просторі надати можливість проводити роботи, які супроводжуються горінням чи іскрінням, наприклад: спаювання, зварювальні роботи, використання свічок, запальничок, паління тощо і при цьому не спровокувати хибного спрацювання сповіщувача.

В нашому випадку змінна “Границі полум'я” змінюється в інтервалі від 0 до 100, тобто оператор задає параметри площі вогнища, які відповідають цьому проміжку. Наприклад, “допустима площа вогнища”, тобто площа вогнища, яка утворюється у процесі робіт, що супроводжуються горінням, але не має ніякого загрозливого характеру, для трапецієподібної форми терми, має такі характерні точки [-30, 0, 30, 40]. Ця площа становить, наприклад, від 0 см² до 25 см². Оператор, у відповідності до заданого проміжку, вносить такі дані: -30 відповідає 10 см² (це значення є умовним для того щоб реалізувати трапецію згідно з теорією не-

чітких множин і воно не впливає на результат), 0 – 15 см², 30 – 20 см², 40 – 25 см². “Підвищена площа вогнища” – площа вогнища, яка перевищила розміри допустимої площі вогнища, що виникла у зв’язку з певними непередбачуваними обставинами, але не вийшла з-під контролю. Для трикутної форми терми вона має характерні точки [30, 50, 70]. Ця площа становить, наприклад, від 25 см² до 49 см² і цей проміжок, у відношенні до заданого інтервалу, відповідає таким точкам: 30 – 20 см², 50 – 37 см², 70 – 49 см². “Неконтрольована площа вогнища” – площа вогнища, яка перевищила межі підвищеної площі вогнища та вийшла з-під контролю. Для трапецієподібної форми терми вона має такі характерні точки [60, 70, 100, 130]. Ця площа становить від 49 см² і цей проміжок, у відношенні до заданого інтервалу, відповідає таким точкам: 60 – 49 см², 70 – 54 см², 100 – 59 см², 130 – 64 см² і більше.

Значення характерних точок в процесі моделювання можуть змінюватися.

Вхідній змінній “Інфрачервоне випромінювання” відповідає три лінгвістичних терми:

- SIR(+) – in spectrum of infrared radiation, plus (не в діапазоні інфрачервоного випромінювання виявлення загоряння ПС, плюс);
- SIR – in spectrum of infrared radiation (в діапазоні інфрачервоного випромінювання виявлення загоряння ПС);
- SIR(-) – in of range infrared radiation, minus (не в діапазоні інфрачервоного випромінювання виявлення загоряння ПС, мінус).

Форму термів SIR(+) і SIR(-) приймаємо трапецієподібною, а форму терму SIR – трикутною. Прийняті для лінгвістичної змінної “Інфрачервоне випромінювання” функції належності зображені на рис. 4, а параметри їх наведені в табл. 2.

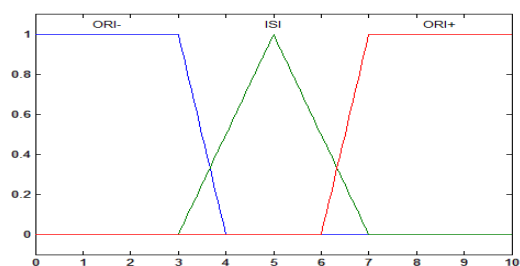


Рисунок 4 – Функція належності вхідної змінної “Інфрачервоне випромінювання”

Таблиця 2
Параметри функції належності вхідної змінної “Інфрачервоне випромінювання”

Терм	Форма терму	Характерні точки
SIR(-) – in spectrum of infrared radiation, minus	трапеція	[-3, 0, 3, 4]
SIR – in spectrum of infrared radiation	трикутник	[3, 5, 7]
SIR(+) – in spectrum of infrared radiation, plus	трапеція	[6, 7, 10, 13]

Вхідна змінна “Інфрачервоне випромінювання” змінюється в інтервалі від 0 до 10, тобто заданому інтервалу відповідає діапазон хвиль інфрачервоного випромінювання, які надходять до чутливого елементу сповіщувача. Так під термом “не в діапазоні інфрачервоного випромінювання виявлення загоряння, мінус”, що має такі характерні точки [-3, 0, 3, 4], маємо на увазі такі значення довжини хвилі інфрачервоного випромінювання, які є нижчими параметру мінімального порогу реагування сповіщувача, якому відповідає значення 4,15 мкм. Отже, точкам [-3, 0, 3, 4] відповідають такі значення: -3 – 3,55 мкм, 0 – 3,75 мкм, 3 – 3,95 мкм, 4 – 4,216 мкм. Під термом “в діапазоні інфрачервоного випромінювання виявлення загоряння”, що має характерні точки [3, 5, 7], маємо на увазі такі значення довжини хвилі інфрачервоного випромінювання, які входять в зону чутливості ПС полум’я і відповідають діапазону 4,15 - 4,55 мкм. Отже, точкам [3, 5, 7] відповідають такі значення: 3 – 3,95 мкм, 5 – 4,35 мкм, 7 – 4,75 мкм. Під термом “не в діапазоні інфрачервоного випромінювання виявлення загоряння, плюс”, що має характерні точки [6, 7, 10, 13], маємо на увазі такі значення довжини хвилі інфрачервоного випромінювання, які є вищими за параметр максимального порогу реагування сповіщувача, якому відповідає значення 4,55 мкм. Отже, точкам [6, 7, 10, 13] відповідають такі значення: 6 – 4,484 мкм, 7 – 4,75 мкм, 10 – 5,15 мкм, 13 – 5,35 мкм.

Вхідній змінній “Ультрафіолетове випромінювання” відповідає три лінгвістичних терми:

- SUV(+) *– in spectrum of ultraviolet radiation, plus* (не в діапазоні ультрафіолетового випромінювання виявлення пожежі, плюс);
- SUV *– in spectrum of ultraviolet radiation* (в діапазоні ультрафіолетового випромінювання виявлення пожежі);
- SUV(-) *– in spectrum of ultraviolet radiation, minus* (не в діапазоні ультрафіолетового випромінювання виявлення пожежі, мінус).

Форму термів SUV(+) *і SUV(-)* також приймаємо трапецієподібною, а форму терму ISU – трикутною. Прийняті для лінгвістичної змінної “Ультрафіолетове випромінювання” функції належності показано на рис. 5, а параметри їх термів наведені в табл. 3.

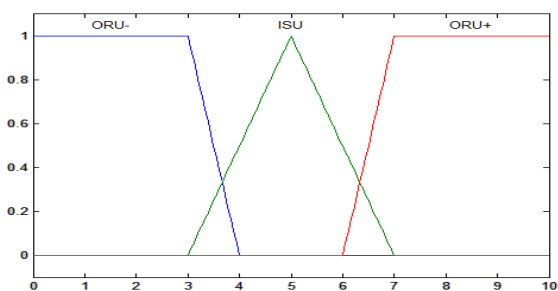


Рисунок 5 – Функція належності вхідної змінної “Ультрафіолетове випромінювання”

Таблиця 3
Параметри функції належності вхідної змінної “Ультрафіолетове випромінювання”

Терм	Форма терму	Характерні точки
SUV(+) <i> – in spectrum of ultraviolet radiation, plus</i>	трапеція	[-3, 0, 3, 4]
SUV <i> – in spectrum of ultraviolet radiation</i>	трикутник	[3, 5, 7]
SUV(-) <i> – in spectrum of ultraviolet radiation, minus</i>	трапеція	[6, 7, 10, 13]

Вхідна змінна “Ультрафіолетове випромінювання” змінюється в інтервалі від 0 до 10, тобто заданому інтервалу відповідає діапазон хвиль ультрафіолетового випромінювання, які надходять до чутливого елемента сповіщувача. Пояснення терм ультрафіолетового випромінювання SUV(+), SUV і SUV(-) аналогічне термам інфрачервоного випромінювання SIR(-), SIR і SIR(+). Характерним точкам [-3, 0, 3, 4] відповідають такі значення: -3 – 0,005 мкм, 0 – 0,0125 мкм, 3 – 0,175 мкм, 4 – 0,195 мкм; [3, 5, 7] – 3 – 0,175 мкм, 5 – 0,215 мкм, 7 – 0,275 мкм; [6, 7, 10, 12] – 6 – 0,235 мкм, 7 – 0,275 мкм, 10 – 0,305 мкм, 12 – 0,335 мкм.

Вихідній змінній “Вихід” відповідає чотири лінгвістичних терми:

- Norm – Normal (норма);
- Im 50% – (ймовірність пожежі 50%);
- Im 70% – (ймовірність пожежі 70%);
- Fire – Fire (Пожежа).

Як і у випадку вхідних змінних, форма термів Im50%, Im70% вибрана трикутною, а Norm, Fire – трапецієподібною. Обрати параметри термів для вихідної змінної складніше, ніж для вхідних змінних. Точно встановити їх можна лише після багаторазового моделювання. Остаточно приймаються функції належності, що зображені на рис. 6. Параметри функції належності лінгвістичної змінної “Вихід” наведені в табл. 4.

Складання бази нечітких правил. Правила складаються на основі інтуїтивних знань експерта. В нашому випадку у якості експертних знань використовуються результати аналізу, що були отримані при дослідженні системи з класичними сповіщувачами полум’я і на основі аналізу літературних досліджень. Деякі правила після моделювання системи можуть бути уточненими.

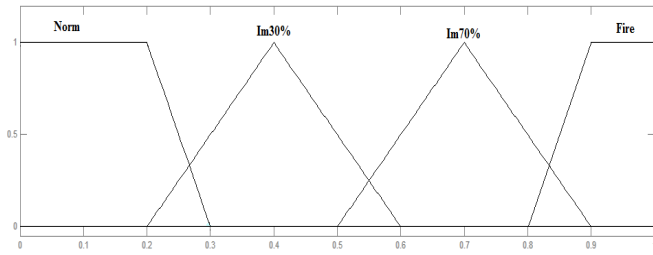


Рисунок 6 – Функції належності вихідної змінної “Вихід”

Таблиця 4

Параметри функції належності вихідної змінної “Вихід”

Терм	Форма терму	Характерні точки
Norm	трапеція	[-0.2, 0, 0.2, 0.3]
Im30%	трикутник	[0.2, 0.4, 0.6]
Im70%	трикутник	[0.5, 0.7, 0.9]
FIRE	трапеція	[0.8, 0.9, 1.0, 1.2]

Як зазначалося вище, завдання блока нечіткої корекції полягає в забезпеченні вищої точності визначення умов загоряння. Складені таким чином та уточнені після моделювання правила, наведені в табл. 5.

Таблиця 5

База нечітких правил

№	B	I	U	Out	№	B	I	U	Out
1	P	ORI-	ORU-	Norm	15	H	ISI	ORU+	Im 70%
2	P	ORI-	ISU	Im 50%	16	H	ORI+	ORU-	Im 50%
3	P	ORI-	ORU+	Norm	17	H	RI+	ISU	Im 70%
4	P	ISI	ORU-	Im 50%	18	H	ORI+	ORU+	Im 50%
5	P	ISI	ISU	Im 70%	19	U	ORI-	ORU-	Im 50%
6	P	ISI	ORU+	Im 50%	20	U	ORI-	ISU	Fire
7	P	ORI+	ORU-	Norm	21	U	ORI-	ORU+	Im 50%
8	P	ORI+	ISU	Im 50%	22	U	ISI	ORU-	Fire
9	P	ORI+	ORU+	Norm	23	U	ISI	ISU	Fire
10	H	ORI-	ORU-	Im 50%	24	U	ISI	ORU+	Fire
11	H	ORI-	ISU	Im 70%	25	U	ORI+	ORU-	Im 50%
12	H	ORI-	ORU+	Im 50%	26	U	ORI+	ISU	Fire
13	H	ISI	ORU-	Im 70%	27	U	ORI+	ORU+	Im 50%
14	H	ISI	ISU	Fire					

Для створення моделі блока нечіткої корекції було використано пакет fuzzy в середовищі MATLAB. На рис. 7 і рис. 8 показано вікно поверхні вихідного сигналу сформованого блоком нечіткої корекції при різних границях полум'я. З рисунків видно, що при певних значеннях границь полум'я, інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання на виході блока нечіткої корекції буде значення вихідного сигналу (якій площині поверхні належить сигнал “Вихід”), що відповідає – “Норма”, “Імовірність пожежі 30%”, “Імовірність пожежі 70%”, “Пожежа”. Тобто реалізується база правил, яка була складена вище.

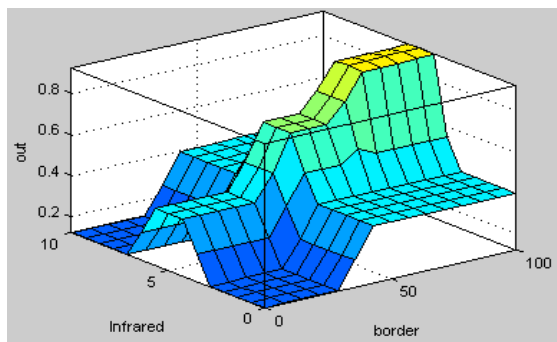


Рисунок 7 – Залежність вихідного сигналу блока нечіткої корекції при зміні входних сигналів “Границь полум'я”, “Інфрачервоного випромінювання”. Ультрафіолетового випромінювання 0

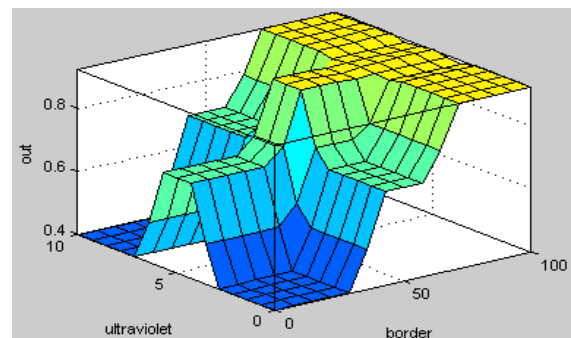


Рисунок 8 – Залежність вихідного сигналу блока нечіткої корекції при зміні входних сигналів “Границь полум'я”, “Ультрафіолетового випромінювання”. Інфрачервоного випромінювання 5

Для дослідження роботи розробленого ПС полум'я з блоком нечіткої корекції у програмному середовищі MATLAB було складено модель цього сповіщувача. При дослідженні прийнято, що на блок вводу входних сигналів сповіщувача надходять сигнали, які моделюють ознаки полум'я, а саме границі полум'я, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання (рис. 9). На рис. 10 показано результати дослідження роботи ПС з додатковим каналом інформації на основі засад відеоаналітики та з блоком нечіткої корекції.

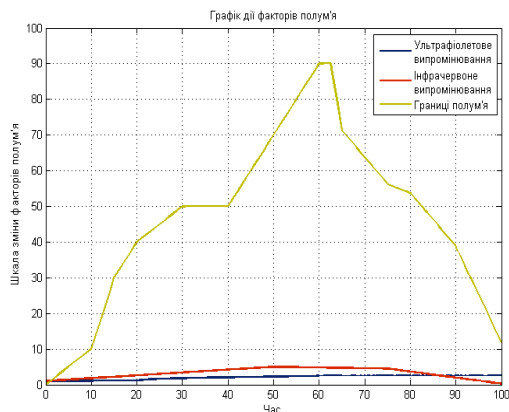


Рисунок 9 – Графік зміни границь полум'я, інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання

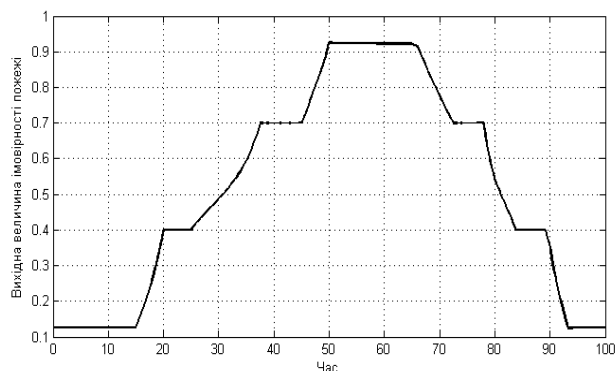


Рисунок 10 – Сигнал на виході ПС полум'я з додатковим сигналом інформації та з блоком нечіткої корекції

З рис. 9 і рис. 10 видно, що в момент часу 15 с площа загоряння дорівнює 20 см^2 , що відповідає точці 30, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання знаходиться поза порогом спрацювання сповіщувача, на виході сповіщувача є сигнал “Normal”, тобто площа полум'я є допустимою. Коли $t = 20 \text{ с}$, площа загоряння сягає 25 см^2 , що відповідає точці 40, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання знаходяться поза порогом спрацювання ПС. Сповіщувач формує сигнал “Im 30%”. Це означає, що ПС переходить у стан ймовірної пожежі 50%. Аналогічно пояснюються інші стани ПС.

Отже, проаналізувавши графік, наведений на рис. 10, можна зробити висновок, що у контрольованому ПС приміщенні відбулася пожежа, яка у процесі свого розвитку перейшла через усі можливі стани сповіщення (нормальний стан, ймовірність пожежі 30%, ймовірність пожежі 70%, пожежа).

Висновок

1. Запропоновано доповнити ПС полум'я, який аналізує інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання, додатковим каналом інформації – входним сигналом “границя полум'я”, з розпізнаванням етапів їх зміни, отриманим за допомогою засад відеоаналітики та блоком нечіткої корекції, який здійснює аналіз отриманих сигналів.

2. Результати симуляційних дослідження показали, що запропонований ПС полум'я з розробленим блоком нечіткої корекції на основі нечіткої логіки та з використанням сигналу, отриманого за допомогою засад відеоаналітики, розпізнає, крім діапазону зміни інфрачервоного і ультрафіолетового випромінювання, різні етапи зміни границі полум'я на об'єкті і на основі розробленого алгоритму формує необхідний вихідний сигнал. Це дає можливість зменшити хибність спрацювання цього сповіщувача від сторонніх джерел випромінювання.

Список літератури:

1. Системи пожежної сигналізації. Частина 1. Вступ (EN 54-1:1996, IDT) : ДСТУ EN 54-1:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 8 с. – (Національний стандарт України).

2. Кушнір А.П. Автоматичні сповіщувачі систем пожежної сигналізації : навчальний посібник / Кушнір А.П. – Львів : ВОНДРВР ЛДУ БЖД, 2012. – 188 с.
3. Мусієнко Д.І. Проблеми сучасних систем відео аналітики / Мусієнко Д.І. // Сучасна спеціальна техніка : Наук.-пр. журн. – Київ: Держ. н.-д. ін-т МВС України, 2014. – №2(37). – С. 75-81.
4. Труш О.В. Комп'ютерне моделювання автоматизованих відео аналітичних систем спостереження за об'єктами / Труш О.В. // Сучасний захист інформації : Наук.-техн. журн. / Держ. ун-т телекомунікацій. – Київ: Вид-во ДУІКТ, 2014. – №3. – С. 58-66.
5. Офіційний сайт компанії AXXONSOFT. Режим доступу: <http://www.axxonsoft.com/ua/products/intellect/videoanalysis/> (Дата звернення 15.09.2016).
6. Кушнір А.П. Синтез блока нечіткої корекції для димово-теплого пожежного сповіщувача / Кушнір А.П., Копчак Б.Л., Кравець І.П. // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – №22. – С. 155-162.
7. Кушнір А.П. Дослідження алгоритмів реалізації блока нечіткої корекції для димово-теплого пожежного сповіщувача / Кушнір А.П., Копчак Б.Л., Кравець І.П. // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – №23. – С. 102-110.
8. Леоненков В.А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

References:

1. *Fire Alarm Systems. Part 1. Introduction* (EN 54-1: 1996, IDT): DSTU EN 54-1: 2003. (2004). Kyiv: Derzspozuvstandart of Ukraine 2004 (in Ukr.).
2. Kushnir A. P. (2012). *Avtomatychni spovishchuvachi system pozheznoi syhnalizatsii* [Automatic detectors of fire alarm systems]. Lviv : Lviv State University of Life Safety.
3. Musiienko D.I. (2014). "Problems of modern video analytics systems". *Modern Special Technics. State research institute MIA of Ukraine*, no. 2(37), pp. 75-81.
4. Trush O.V. (2014). "Computer modeling of automated video analytical monitoring systems for object". *Scientific and technical journal "Modern information security". State University of Telecommunications*, no. 3, pp. 58-66.
5. Company website AXXONSOFT. Available at: <http://www.axxonsoft.com/ua/products/intellect/videoanalysis/> (accessed 15.09.2016).
6. Kushnir A.P., Kopchak B.L. and Kravets I. P. (2013). "Synthesis of fuzzy correction block for smoke-heat detector". *Fire of safety. Lviv State University of Life Safety*, no. 22, pp. 155-162.
7. Kushnir A.P., Kopchak B.L. and Kravets I. P. (2013). "Research of algorithms realization of fuzzy correction block for smoke-heat detector". *Fire of safety. Lviv State University of Life Safety*, no. 23, pp. 102-110.
8. Leonenkov V.A. (2003). *Nechetkoe modelyrovanye v srede MATLAB y fuzzy TECH* [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzy TECH]. BHV-Petersburg. St. Petersburg, Russia.

