



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*Всеукраїнської науково-практичної
конференції з міжнародною участю*

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

Львів – 2022

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- Голова:** **Мирослав КОВАЛЬ** – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор педагогічних наук, професор
- Заступники голови:** **Андрій КУЗИК** – завідувач кафедри екологічної безпеки, доктор сільськогосподарських наук, професор
Андрій ЛИН – начальник навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУ БЖД, к.т.н., доцент
- Члени оргкомітету:** **Ігор БРЕГІН** – начальник управління запобігання надзвичайним ситуаціям ГУ ДСНС України у Львівській області;
Петро ГАЩУК – д.т.н., професор, завідувач кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної техніки ЛДУ БЖД;
Сергій СМЕЛЬЯНЕНКО, к.т.н., начальник відділу організації науково-дослідної діяльності ЛДУ БЖД;
Андрій КАЛИНОВСЬКИЙ – к.т.н., доцент, начальник кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки НУЦЗ України;
Василь КОВАЛИШИН – д.т.н., професор, завідувач кафедри ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій ЛДУБЖД;
Андрій КУШНІР – к.т.н., доцент, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУ БЖД;
Василь ЛУЩ – к.т.н., доцент, заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт ЛДУ БЖД;
Ігор МАЛАДИКА – к.т.н., доцент, начальник факультету оперативнорятувальних сил Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
Борис МИХАЛЧКО – д.х.н., професор, завідувач кафедри фізики та хімії горіння ЛДУ БЖД;
Олег НАЗАРОВЕЦЬ – к.т.н., доцент, заступник начальника кафедри аналітично-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУ БЖД;
Олег ПАЗЕН – к.т.н., начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУ БЖД;
Іван ПАСНАК – к.т.н., доцент, заступник начальника навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД з навчально-наукової роботи;
Андрій САМЛЮ – к.ю.н., доцент, т.в.о. начальника кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту ЛДУ БЖД;
Тарас ШНАЛЬ – д.т.н., доцент, професор кафедри будівельних конструкцій та мостів НУ «Львівська політехніка»

**ОРГАНІЗАТОР
ТА ВИДАВЕЦЬ**

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності

**Технічний редактор,
комп'ютерна верстка**

Беседа А.В.

Друк на різнографі

Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк

Фльорко М.Я.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35,
м. Львів, 79007

Контактні телефони:

(032) 233-24-79,
тел/факс 233-00-88

Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: Зб. наук. праць Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Львів: ЛДУ БЖД, 2022. – 550 с.

Збірник сформовано за науковими матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «**Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення.**»

Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:

- Організація та забезпечення пожежної і техногенної безпеки.
- Системи протипожежного захисту.
- Теоретичні основи виникнення, розвитку та припинення процесів горіння.
- Організація гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій.
- Технічні засоби запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій.
- Менеджмент безпеки.

© ЛДУ БЖД, 2022

Здано в набір 04.03.2022. Підписано до друку
18.03.2022. Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 23,5.

Гарнітура Times New Roman.

Друк на різнографі. Наклад: 100 прим.

Друк: ЛДУ БЖД

вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

ldubzh.lviv@dsns.gov.ua

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передруковуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 614.842.47

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Кушнір А.П., кандидат технічних наук, доцент

Гаврилюк А.Ф., кандидат технічних наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Найефективнішим способом підвищення надійності та зменшення часу виявлення загорання є використання в системах пожежної сигналізації (СПС) високоінтелектуальних пожежних сповіщувачів (ПС), які здатні розрізняти реальні пожежі від оманливих явищ, які не пов'язані з реальною пожежею. Особливо важливу роль в цьому відіграють розроблені алгоритми роботи ПС, зокрема алгоритми обробки та інтерпретації вихідних сигналів з сенсорів.

В загальному можна виділити наступні технології побудови ПС: технологія порогового значення; технологія інтегральних мікросхем; алгоритмічна технологія; технологія розширеного аналізу сигналів (ASAtchnology) [1]. Сучасні інтелектуальні ПС будуються за двома останніми технологіями. Їх алгоритми роботи увесь час вдосконалюються.

ПС, засновані на алгоритмічній технології, виконують складний аналіз сигналів через короткі проміжки часу та обробляють великі об'єми даних. Сигнали з сенсорів розкладаються на математичні компоненти, які обробляються згідно запрограмованих алгоритмів. Однак, ПС побудовані даною технологією не забезпечують відмінного виявлення загорання, на що впливає спосіб розкладання сигналів з сенсорів, складені та використані математичні правила, доступні набори параметрів і порівняння їх з вибраними та встановленими значеннями, які зберігаються в енергонезалежній пам'яті ПС. Тут основну роль відіграє набутий досвід розробника. Набутий досвід розробника дозволяє реалізувати технологія розширеного аналізу сигналів на основі нечіткої логіки, нейронної мережі та нейро-фаззі системи. Це розвинута технологія алгоритмів, позбавлена вище перерахованих недоліків. Поведінку ПС під час виявлення ним загорання можна адаптувати до відповідної програми, завдяки відповідним наборам параметрів. Основна відмінність між цією технологією і технологією алгоритмів полягає в інтерпретації ситуації в реальному часі і, виходячи з цього, в динамічному впливі на вибір набору параметрів. На рис. 1 показано як здійснюється обробка сигналів у мультисенсорному ПС, побудованому на основі ASAtchnology.

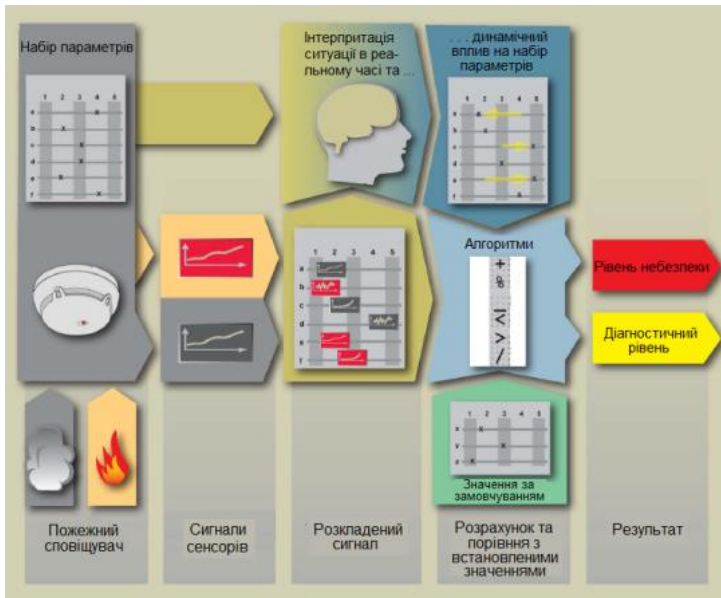


Рисунок 1 – Обробка сигналів у мультисенсорному ПС, побудованому на основі ASAtechnology

Для раннього виявлення загоряння при побудові ПС беруться до уваги всі види ознак пожежі. Односенсорні ПС часто не можуть точно виявити загоряння. Різні матеріали в різному середовищі під час горіння утворюють різні продукти. Отже, при виявленні за одною ознакою пожежі виникнуть проблеми непродуманого судження та дезінформації. Такі ПС часто спрацьовують помилково або із значною затримкою. Мультисенсорні ПС аналізують і роблять висновок про наявність або відсутність пожежі за декількома ознаками пожежі. Вони можуть зменшити час виявлення загоряння та підвищити точність. Мультисенсорні ПС побудовані за технологією ASAtechnology володіють потужною комплексністю та інтелектом, знижують рівень помилкових спрацювань СПС і при цьому забезпечують високу чутливість до реальних пожеж. Такі ПС дають можливість виявляти горіння широкого класу речовин та матеріалів. Об'єднання даних отриманих з кількох сенсорів дозволяє більшою точно виявити загоряння на ранній стадії, ніж використання одного сенсора.

Виявлення загоряння на ранній стадії з використанням способів об'єднання даних отриманих із кількох сенсорів можна розділити на три типи підходів. Один тип базується на умовній ймовірності, статистиці та висновку. Наприклад, використовуючи: байєсівські мережі; фільтр Калмана, який може

об'єднувати різноманітні дані про пожежу та ефективно видаляти шум; нечітку логіку для охоплення складних сценаріїв пожежі [2, 3]. Щоб побудувати ПС на основі нечіткої логіки необхідно знати як змінюються ознаки пожежі у часі в залежності від типу пожежі, тобто необхідно мати набутий досвід, щоб формувати функції належності та базу правил.

Другий тип – це використання штучного інтелекту, який використовує нейронну мережу для об'єднання даних отриманих з декількох сенсорів та прийняття рішення. Результати показують, що ПС побудовані на основі використання нейронної мережі має кращу продуктивність у реальному часі, забезпечуючи точність виявлення пожежі.

Складність використання нейронної мережі для об'єднання даних отриманих з декількох сенсорів полягає в проектуванні кількості вузлів у прихованому шарі. Наразі не існує методу вибору кількості вузлів у прихованому шарі. Однак вибір кількості вузла пов'язаний з нормальною роботою всієї мережі. Тому вибір прихованих вузлів шару є вирішальним. При виборі прихованих вузлів шару слід керуватися принципом “відповідної кількості”. Якщо вибрано занадто багато вузлів прихованого шару, нейронна мережа витратить занадто багато часу на навчання. В результаті вона може так і не досягти найкращих результатів навчання. Якщо вибрано занадто мало вузлів прихованих шарів, структура нейронної мережі буде надто простою, щоб задовольнити вимоги кращого надійності та протизавадної здатності мережі.

Також значною задачею є вибір методу навчання. Існують рекомендації по вибору того, чи іншого методу навчання нейронної мережі, однак остаточний вибір робиться після проведених досліджень. Чим менше значення середньоквадратичної помилки, тим вище точність нейронної мережі.

Третій тип поєднує переваги двох попередніх типів і використовує нечітку нейронну мережу для об'єднання даних отриманих з декількох сенсорів та прийняття рішення. Розподілене представлення знань зазвичай унеможливає приведення коректного пояснення структури нейронної мережі зрозумілими людині поняттями, такими як лінгвістичні вирази “якщо-тоді”. Таким чином, нейронні мережі наділені можливостями навчання, проте не забезпечують чіткої схеми представлення знань, в той час як у нечітких системах ситуація є цілком протилежною. Поєднання згаданих підходів у нечіткій нейронній мережі дозволило компенсувати недоліки кожного з них. Загальною перевагою таких систем є автоматична і достатньо швидка ідентифікація бази правил, встановлення параметрів та типу функцій належності. На відміну від традиційних нейронних мереж, параметри в таких системах мають чітке фізичне пояснення. Одна із запропонованих блок-схем мультисенсорних ПС з об'єднанням інформації на основі нечіткої нейронної мережі показана на рис. 2. Як видно з рис. 2, для формування висновку про пожежу нейронна

мережа і нечіткий контроль працюють послідовно. Вихідні сигнали з сенсорів поступають на вхід нейронної мережі, а вихідний сигнал нейронної мережі поступає на вхід нечіткого керування. Цей спосіб об'єднання інформації отриманих з декількох сенсорів значно підвищує стабільність роботи ПС.

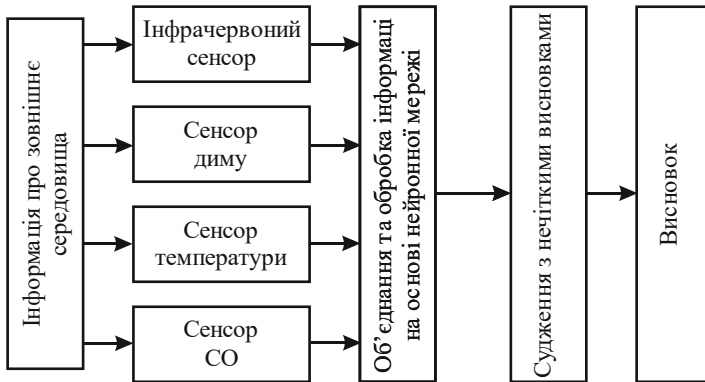


Рисунок 1 – Структурна схема мультисенсорного ПС з об'єднанням інформації на основі нечіткої нейронної мережі

Перший шар є вхідним шаром і він має стільки вузлів скільки ознак горіння контролюється. Наприклад, якщо контролюється три ознаки горіння (концентрація диму, температура та концентрація CO) маємо тришарову нейронну мережу з трьома вузлами. Другий шар є нечітким шаром, у якому вхідна величина нечітка. Відповідно до функції належності вхідні дані масштабуються за ступенем належності від 0 до 1. Для кожної вхідної змінної використовуйте певна кількість терм. Якщо контролюється три ознаки горіння і кожна функція належності має три терми, то модель виявлення пожежі має тришарову нейронну мережу і три вхідних вузла. У середньому шарі тоді двадцять сім вузлів і один вузол у вихідному шарі. Експериментальні дані про пожежу використовують як навчальні дані для нейронної мережі. Результатом моделювання є очікувана ймовірність пожежі. Нечітка логіка володіє здатністю сильного всебічного судження і підходить для виявлення пожеж.

Отже, система об'єднання інформації на основі нейронної мережі може зробити найпростіше судження про пожежу на об'єкті. Однак вихідне значення ймовірності пожежі не може досягти поставленої мети, точно зробити висновок про те чи відбулася пожежа, чи ні. Тому нечіткий контроль необхідний, щоб отримати більш точне судження чи відбулася пожежа, чи ні. Нечітка нейронна мережа поєднує переваги нейронної мережі у пошуку оптимального рішення з високою швидкістю та нечіткої системи з нечіткою інформацією з використанням наявних знань і досвіду.

Дослідження та випробування проведені в роботах [4-6] показують, що розроблені мультисенсорні система виявлення загорання на основі нечіткої нейронної мережі є ефективними та високоточними.

Література

1. Кушнір А.П., Чалий Д.О. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Навчальний посібник. – Львів : СПОЛІОМ, 2022. – 300 с.

2. Кушнір А.П., Копчак Б.Л. Розробка та реалізація блоку нечіткої логіки максимального теплового пожежного сповіщувача з використанням плати ARDUINO. *Пожежна безпека*. 2021. №39. С. 32-42.

3. Uduak Umoh, Udoinyang G. Inyang, and Emmanuel E. Nyoho. Interval Type-2 Fuzzy Logic for Fire Outbreak Detection. *International Journal on Soft Computing, Artificial Intelligence and Applications (IJSCAI)*. August 2019. Vol.8. No.3. pp. 27–46.

4. JunJie Zhang, ZiYang Ye, and KaiFeng Li. Multi-sensor information fusion detection system for fire robot through back propagation neural network. *PLoS ONE*. Jul. 2020. Vol. 15. No. 7, Art. no. e0236482.

5. Yang Feng, Qu Na, and Li Chao. Compound Fire Detection Algorithm Based on Fuzzy Neural Network. Proceedings of the 2017 2nd International Conference on Machinery, Electronics and Control Simulation (MECS 2017), Taiyuan, China, 24-25 June, 2017.

6. Osman S. da Penha, and Eduardo Freire Nakamura. Fusing light and temperature data for fire detection. *The IEEE Symposium on Computers and Communications*, Riccione, Italy, 22-25 June 2010. Riccione, 2010. pp. 107-112.