

ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЛОКАЛЬНОЇ ТЕРИТОРІЇ

Федоряка Олег Іванович

ад'юнкт

Кустов Максим Володимирович

д.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

м. Харків, Україна

Визначено та класифіковано фактори, що впливають на рівень пожежної небезпеки локальної території довільного масштабу до об'єкту включно. Запропоновано підхід оцінки рівня пожежної небезпеки локальної території шляхом ранжування небезпеки у відповідності до необхідних сил та засобів для ліквідації пожежі. На основі багатошарової персептронної нейромережі отримано прогностичну модель впливу основних параметрів пожежної небезпеки об'єкту на його рівень пожежної небезпеки.

Адекватність побудованої математичної моделі перевірено шляхом порівняння статистичних даних по пожежах на об'єктах та результатів оцінки рівня пожежної небезпеки для цих об'єктів.

Властивості отриманої нейромережі дозволяють поступово підвищувати точність розрахунку за рахунок самонавчання нейромережі при додаванні нових статистичних даних.

Ключеві слова: фактори пожежної небезпеки, локальна територія, рівень небезпеки, ризик, нейромережа, ранжування територій.

В умовах сьогодення важливим питанням є оптимізація витрат на забезпечення пожежної безпеки, як окремого регіону, так і держави в цілому. При цьому оптимізація знаходиться між двома факторами – матеріальні

витрати, які прагнуть до мінімізації, та рівень пожежної безпеки, який прагне до максимуму, але не повинен бути нижчим за встановлені в державі норми. Виходячи з цього, оптимальним рішенням цієї проблеми буде відповідність усіх протипожежних заходів в межах локальної території рівню пожежної небезпеки цієї території. Тому для визначення необхідних та достатніх протипожежних заходів обов'язковою є оцінка рівня пожежної небезпеки локальної території, в якості якої можуть виступати держава, область, район, місто в т.д.

Окрім великої кількості факторів, що впливають на пожежну безпеку регіону, оцінку суттєво ускладнює нерівномірність цих факторів по площі території. Таким чином, проблема, що підлягає розв'язанню, полягає у підвищенні точності оцінки рівня пожежної небезпеки території з урахуванням нерівномірності факторів пожежної небезпеки.

Аналіз стану рівня пожежної небезпеки в Україні в цілому та в окремих регіонах проводиться в межах Аналітичного огляду стану техногенної та природної безпеки. У цих щорічних звітах приводиться загальна статистика виникнення пожеж за їх характером, кількістю загиблих, травмованих та матеріальних збитків.

З використанням цих даних проводиться аналіз пожежних ризиків окремих регіонів згідно до методики [1, с. 27]. Відповідно до цього методу визначається п'ять видів пожежних ризиків, шляхом відношення кількості пожеж на локальній території до кількості населення на цій території, кількості загиблих, кількості травмованих та матеріальних збитків відповідно. Перевагою даного методу є простота розрахунку та невелика кількість необхідних вихідних даних, які корелюють з щорічними статистичними доповідями ДСНС України.

Разом з цим, даний метод має суттєві недоліки, серед яких: нехтування рядом значущих факторів, повна залежність від статистичних даних без визначення вірогіднісних показників та орієнтованість даної методики на

територію великої площі, для якої можливо зібрати значний масив статистичних даних.

З метою реалізації можливості оцінки рівня пожежної безпеки на локальній території довільного розміру в [2, с. 3] передбачено розрахунок пожежного ризику як інтегруючого показника за рядом факторів безпеки, яким надано певний ранг. Однак перелік критеріїв дуже незначний та не дозволяє повною мірою оцінити рівень безпеки об'єкту чи території.

Більш повний опис пожежного ризику надає міжнародний стандарт ISO 31000:2018 «Risk management – Guidelines», де ризик є інтегруючим показником оцінки джерел безпеки, можливих наслідків та їх вірогідності. Але методики чисельної оцінки цих параметрів для локальної території довільного масштабу не існує, а розрахунок потребує великого масиву інженерних, соціальних та статистичних даних.

Для роботи з великим масивом факторів останнім часом добре себе зарекомендували нейромережеві технології [3, с. 88]. Зокрема, розроблено метод оцінки безпеки регіонів України за допомогою штучних нейромереж [4, с. 129]. Однак цей метод застосовується для роботи з територіями великої площі і не дозволяє вирішити питання оцінки пожежної безпеки таких локальних територій, як місто, район, об'єкт.

Для розробки методики оцінки рівня пожежної безпеки локальної території довільного масштабу з визначенням необхідних протипожежних сил та засобів необхідно визначити фактори, що впливають на рівень пожежної безпеки локальної території, та провести їх статистичну обробку.

Масштаб локальної території залежить від точності задач, що вирішуються, при цьому максимальна точність оцінки рівня пожежної безпеки з метою визначення необхідних протипожежних сил та засобів досягається при відповідності розмірів локальної території розмірам окремого об'єкту.

Рівень пожежної небезпеки, за аналогією із ризиком, визначається можливими наслідками ймовірної пожежі та вірогідністю настання пожежі і відповідних наслідків.

Як зазначалось вище, у науковій літературі по різному визначаються фактори, що впливають на рівень небезпеки. Нами проаналізовані та структуровані фактори небезпеки, запропоновані у фахових роботах [5, с. 2 та 6, с. 1241]. Комплексну структуру факторів, що визначають рівень пожежної небезпеки локальної території довільного масштабу, представлено на рис. 1.

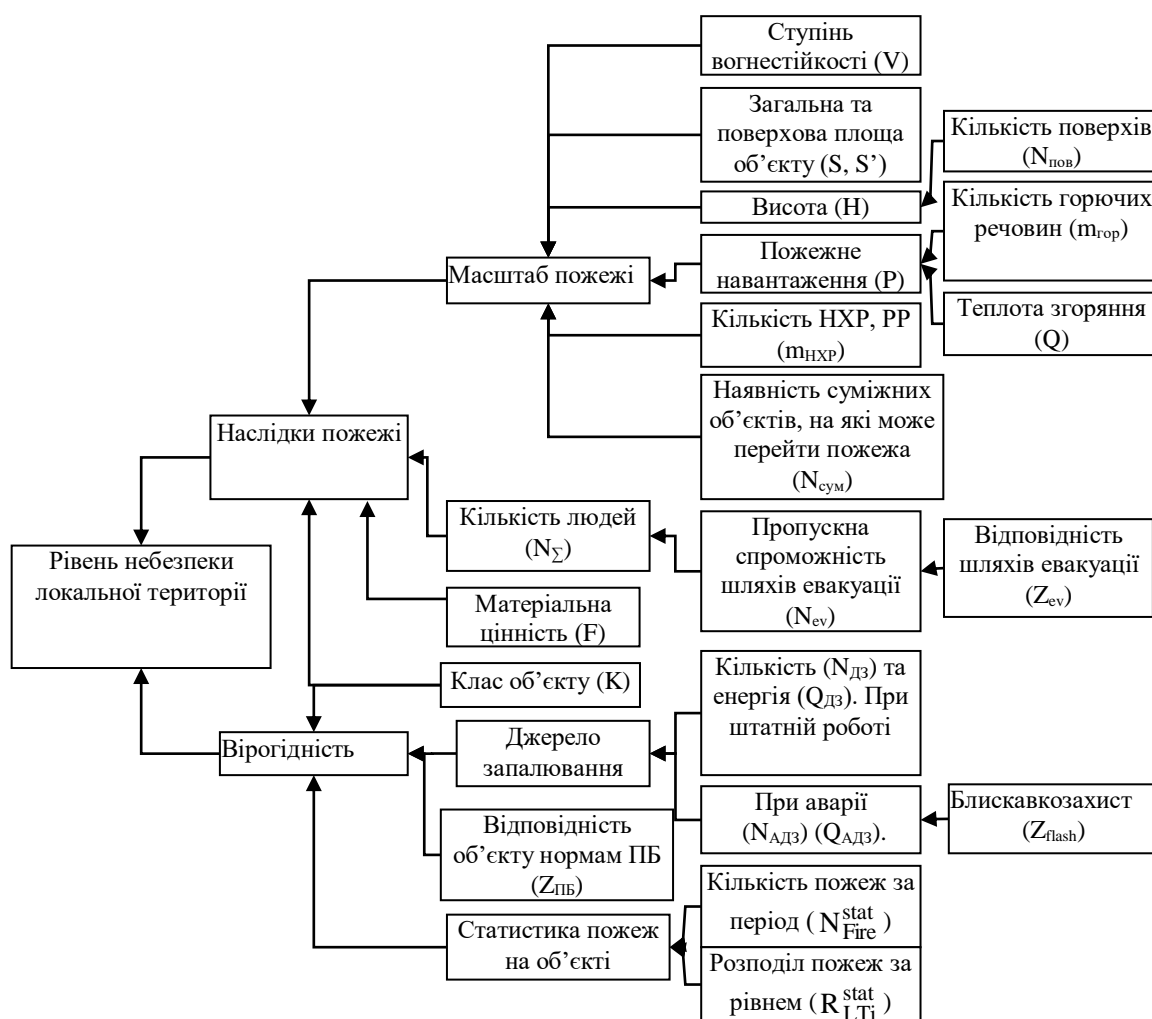


Рис. 1. Структура факторів для інтегрованої оцінки рівня пожежної небезпеки локальної території

Згідно із комплексною структурою факторів пожежної небезпеки (Рис. 1) можливі наслідки ймовірної пожежі визначаються:

- кількістю людей, які можуть потрапити в зону пожежі, яка в свою чергу залежить від кількості людей на локальній території, здатності їх вчасно евакуюватись. При цьому спроможність людей евакуюватись із зони пожежі визначається відповідністю шляхів евакуації встановленим нормам пожежної безпеки;

- матеріальною цінністю об'єкту чи об'єктів на локальній території;

- масштабами можливої пожежі, на який впливають: значення пожежного навантаження; кількість горючої речовини; кількість небезпечних хімічних та/або радіоактивних речовин, що можуть бути викинуті при аварії; висотність та кількість поверхів об'єкту; загальна та поверхова площа об'єкту або локальної території; наявність суміжних об'єктів, на які може поширюватись пожежа.

На вірогідність виникнення пожежі впливають:

- наявність джерел запалювання, їх кількість та потужність при нормальній та аварійній роботах;

- рівень відповідності об'єкту чи території нормам пожежної безпеки;

- статистика виникнення пожеж на об'єктах подібних характеристик.

Крім цього, суттєву роль у рівні пожежної небезпеки в цілому відіграє функціональне призначення локальної території (об'єкту), тобто житлове, промислове, сільськогосподарське, соціально-побутове та ін.

Однак отримати пряму функціональну залежність рівня пожежної небезпеки від цих факторів неможливо за рахунок різної природи параметрів та невизначеності рівня вкладу кожного з факторів у загальне значення рівня. Тому в роботі запропоновано новий підхід ранжування рівня пожежної небезпеки у відповідності до необхідної кількості сил та засобів для ліквідації можливої пожежі. За основу взято загальнодержавний підхід до ранжування рівня пожеж, які вже сталися, але зі зменшенням кроку між рангами (табл. 1).

Таблиця 1**Ранжування локальної території за рівнями пожежної небезпеки**

| Ранг, R_{LT} | Кількість сил та засобів для ліквідації пожежі, N_{HTP} | Ранг, R_{LT} | Кількість сил та засобів для ліквідації пожежі |
|----------------|---|----------------|--|
| I | 1 відділення АЦ* | VI | 10 відділень АЦ + 5 СА |
| II | 2 відділення АЦ | VII | 15 відділень АЦ + 6 СА |
| III | 4 відділення АЦ | VIII | 20 відділень АЦ + 8 СА |
| IV | 4 відділення АЦ + 2 СА** | IX | 30 відділень АЦ + 10 СА |
| V | 6 відділень АЦ + 4 СА | X | > 30 відділень АЦ + > 10 СА |

* АЦ – автоцистерна.

**СА – спеціалізовані автомобілі (автодрабина, насосно-рукавний автомобіль, штабний автомобіль, пересувна база ГДЗС, інженерна техніка)

Відповідно до запропонованого підходу визначення рівня пожежної небезпеки локальної території довільного масштабу дозволить визначити кількість сил та засобів, що здатні забезпечити належний рівень пожежної безпеки на цій території.

Використання відомих математичних моделей не дозволяє розрахувати параметри, що визначають рівень небезпеки локальної території. Вирішити ці недоліки дозволяє використання нейромережевих технологій.

Оцінка рівня пожежної небезпеки з використанням нейромережевих технологій проводилась шляхом створення штучних нейронних мереж, перевагою яких є можливість апроксимації за експериментальними даними будь-яких скільки завгодно складних нелінійних залежностей довільного та невідомого виду.

Будову моделі штучної нейронної мережі та аналіз даних проведено з використання статистичного пакету STATISTICA 13.1. Результати аналізу подані у табл. 2. Коди, використані для оптимізації мереж: BFGS b – алгоритм Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно (Broyden – Fletcher – Goldfarb –

Shanno); b – крок зупинки (мережа з найменшою помилкою на контрольній вибірці); SOS – метод зворотного поширення помилки [7, с. 191].

Таблиця 2

Статистичні характеристики трьохшарових персептронів, як найкращі для нейромережевої оцінки рівня небезпеки об'єкту (R_{LTi})

| № рішення | Архітектура | Продуктивність навчання | Контрольна продуктивність | Тестова продуктивність | Похибка навчання | Контрольна похибка | Тестова похибка | Алгоритм навчання | Функція помилки | Активіація схованого шару | Активіація виходу |
|-----------|-------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|
| 1. | MLP 12-8-1 | 0,874 | 0,765 | 0,925 | 237,7 | 419,8 | 156,8 | BFGS 2 | SOS | Exponential | Logistic |
| 2. | MLP 12-12-1 | 0,835 | 0,678 | 0,912 | 208,5 | 480,3 | 104,4 | BFGS 4 | SOS | Identity | Exponential |
| 3. | MLP 12-4-1 | 0,839 | 0,864 | 0,942 | 180,9 | 502,9 | 77,3 | BFGS 6 | SOS | Exponential | Logistic |
| 4. | MLP 12-1-1 | 0,838 | 0,884 | 0,977 | 163,9 | 353,3 | 83,2 | BFGS 9 | SOS | Exponential | Logistic |

Так, результати навчання багатошарової персептронної нейромережі дозволили отримати прогностичну модель впливу основних параметрів пожежної небезпеки об'єкту на його рівень пожежної небезпеки у вигляді нейромережі MLP 12-4-1.

Перевірки адекватності розробленої математичної нейромережевої моделі оцінки ступеня пожежної небезпеки об'єкту проводилась шляхом співставлення статистичного рівня пожежної небезпеки на об'єктах, дані яких не брали участі у навчанні нейромережі (R_{LT}^*), та результатів оцінки рівня небезпеки для цих же об'єктів (R_{LTi}). Коефіцієнт кореляції між цими показниками за результатами навчання мережі дорівнює $r_{R_{LT}^* R_{LTi}}^2 \approx 0,767$.

Точність оцінки можна суттєво підвищити шляхом збільшення кількості статистично опрацьованих пожеж на об'єктах різного функціонального призначення. Оскільки нейромережа MLP 12-4-1 володіє здібністю до самонавчання, додавання нових статистичних даних буде корегувати прогностичну модель у бік уточнення оцінки.

Картографічне градування об'єктів за рівнями небезпеки на локальній території (рис. 2.) дозволяє провести зонування цієї території та визначити достатність забезпечення відповідними силами та засобами.

Використання запропонованого підходу та збільшення масиву статистичних даних дозволить проводити оцінку рівня пожежної небезпеки локальної території довільного масштабу у межах міста, району, області, держави.



Рис. 2. Графічна інтерпретація градування об'єктів за розрахованим рівнем пожежної небезпеки локального району м. Харкова

Таким чином, у роботі проведено аналітичну обробку та структурування факторів, що впливають на рівень пожежної небезпеки локальної території. Запропоновано новий підхід до оцінки рівня пожежної небезпеки локальної території довільного масштабу, включаючи окремі об'єкти, який базується на ранжуванні рівнів небезпек у відповідності до необхідних сил та засобів для забезпечення пожежної безпеки. З використанням нейромережевих технологій отримано прогностичну модель, яка дозволяє проводити оцінку рівня пожежної небезпеки локальної території зі ступенем кореляції $r = 0,767$. Отримана нейромережа здатна до самонавчання, що дозволяє уточнювати результати оцінки при введенні нових статистичних даних. Запропонований метод оцінки рівня пожежної небезпеки дозволяє будувати карти пожежної небезпеки локальної території довільного масштабу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брушлинский Н.Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложения / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко и др. // М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.
2. Постанова Кабінету Міністрів України №715 від 5 вересня 2018 року «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки Державною службою з надзвичайних ситуацій». – Київ, 2018. – 9 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети / С. Хайкин. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
4. Андронов В.А. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: Монографія / В.А. Андронов, М.М. Дівізінюк, В.Д. Калугін, В.В. Тютюнник. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – 319 с.

5. Chuvieco E. Integrating geospatial information into fire risk assessment / E. ChuviecoA, I. Aguado, S. JurdaoA, M. L. Pettinari at al. // International Journal of Wildland Fire, 2014. - pp. 1-15.

6. Martí'nez J. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. / Martí'nez J, Vega-Garcí'a C, Chuvieco E // Journal of Environmental Management. – № 90. – 2009. – pp. 1241–1252.

7. Тютюник В.В. Нейромережеве прогнозування залежності рівня техногенної небезпеки регіонів України від умов життєдіяльності / В.В. Тютюник // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – № 1(18). – С. 191–196.