УДК 004.312.2:004.94

О. Г. Мельник, *к.т.н., ст. наук. співробітник,*
e-mail: melnyk.olja.2014@gmail.com,
Р. П. Мельник, *к.т.н.*
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України
вул. Онопрієнка, 8, Черкаси, 18034, Україна

ОЦІНКА ОПЕРАТИВНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЖЕЖ У ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ

У статті проведено оцінювання оперативності прогнозування пожеж у житловому секторі. Для цього було визначено швидкість реалізації моделей прогнозування пожеж, кількість об'єктів моніторингу з урахуванням технічних засобів збору та прийому інформації, кількість моделей з урахуванням часу, потрібного для моніторингу.

Було встановлено, що основним обмежувальним фактором часу обробки моделей є час доступу до даних на зовнішніх запам'ятовувальних пристроях.

Оцінювання швидкодії проводилося на основі отриманих залежностей з урахуванням сучасних характеристик персональних комп'ютерів та каналів зв'язку (Інтернет).

В результаті визначення часу прийому даних для однієї моделі доведено, що розроблені методи та засоби прогнозування пожеж у житловому секторі можуть забезпечити прогнозування в реальному часі передумов до виникнення пожеж у місті з населенням до 7 млн. залежно від характеристик технічних засобів.

Ключові слова: *прогнозування пожеж, метод групового урахування аргументів, система залишкових класів, система числення, час прогнозування, оперативність прогнозування.*

Постановка проблеми. Запобігання виникненню пожеж є вкрай важливим питанням сьогодення. Аналіз масиву карток обліку пожеж в Україні [1] свідчить про збільшення кількості пожеж на 17,6 % за дев'ять місяців 2017 року порівняно з аналогічним періодом минулого року. Особливе занепокоєння викликає збільшення на 21,8 % пожеж у житловому секторі, що становить 73,5 % від загальної кількості пожеж. Пожежі в житловому секторі викликають суспільний резонанс, несуть безпосередню загрозу життю та здоров'ю громадян, завдають значних матеріальних збитків. Тому актуальним питанням сьогодення є підвищення рівня пожежної безпеки саме житлового сектору.

Державна політика у сфері цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню повинна бути спрямована на удосконалення існуючих та розробку нових методів і засобів моніторингу, прогнозування та профілактику пожеж на основі сучасних інформаційних технологій.

Аналіз останніх досліджень. Серед останніх досліджень і публікацій варто виділити роботи, в яких проведено ряд досліджень щодо ризику виникнення пожеж у житловому секторі [2–3]; розроблено метод прогнозування передумов виникнення пожеж у житловому секторі та побудовано інформаційну систему моніторингу пожежної безпеки [4–5]; доведено можливість застосування методу групового урахування аргументів до прогнозування пожеж у житловому секторі [6].

Проте в цих дослідженнях не проводилося оцінювання оперативності прогнозування пожеж у житловому секторі.

Метою роботи є визначення часу прогнозування пожеж у житловому секторі та оцінювання оперативності прогнозування, а також визначення кількості об'єктів моніторингу з урахуванням технічних засобів збору та прийому інформації.

Виклад основного матеріалу. В цілому прогнозуванням пожеж на сьогодні займаються здебільшого на основі статистичної інформації за допомогою стандартного пакета прикладних програм MS Excel, що дозволяє спрогнозувати явище за допомогою лінійної регресії діапазону відомих даних. Але використання цього способу прогнозування в житловому секторі не є ефективним і точним, тому що не враховує характеристик кожної окремої квартири.

На нашу думку, точним є прогнозування пожежі за станом електроспоживання кожної квартири за допомогою методу групового урахування аргументів (МГУА) [6–8], який фактично є методом пошуку закономірностей з автоматичним вибором вигляду функціональної структури й параметрів моделі на основі інформації, яка міститься в короткій вибірці статистичних даних. Під час прогнозування пожеж у житлових будинках МГУА враховує стан проводки та стан споживання електроенергії, відстежує відхилення від прогнозованого споживання електроенергії. І якщо ці відхилення такі, що можуть призвести до пожежного стану електромережі, то надходить сигнал, який вимагає звернути особливу увагу на стан квартири.

Перевагами адаптації МГУА до методу прогнозування пожеж у житловому секторі є:

– знаходження оптимальної складності структури моделі, адекватної рівню завад у вибірці даних;

– гарантія знаходження найбільш точної чи незміщеної моделі – метод не пропускає найкращого рішення під час перебору всіх варіантів;

– будь-які нелінійні функції чи ознаки, що можуть мати вплив на вихідну змінну, використовуються як вхідні аргументи.

Адаптація МГУА до предметної області дозволяє вирішити проблему забезпечення моніторингу та прогнозування пожеж у житловому секторі в реальному часі.

В роботі [9] доведено можливість застосування системи залишкових класів для забезпечення швидкості розрахунку моделей квартир з метою прогнозування пожеж, обґрунтовано правильність вибору системи числення, яка найбільш ефективно виконує операції додавання, віднімання та множення, оскільки було зазначено, що поліном МГУА будується на основі зазначених операцій.

Подальші дослідження було спрямовано на пошук системи числення, яка найбільш ефективно реалізує систему залишкових класів з урахуванням сучасного розвитку обчислювальної техніки. Було побудовано та досліджено оптимально-надлишкові системи числення, що дають змогу при найменшій складності апаратних засобів вирішити цю задачу. Але їх недоліком є те, що вони не дозволяють гарантовано виявити помилку. А помилки прогнозування передумов до виникнення пожеж у житловому секторі призведуть до нераціонального використання сил та засобів контролюючих органів, підрозділів ДСНС України та значної втрати коштів.

Для забезпечення швидкості й достовірності реалізації системи залишкових класів запропоновано реалізувати її на основі позиційної двійково-четвіркової системи числення з постійною кількістю одиниць [10]. Перевагами цієї системи числення є те, що вона легко перетворюється, гарантовано знаходить помилки непарної кратності, при цьому гарантовано виявляє однократні помилки (ймовірність виявлення помилок при 8-розрядній обробці – 94 %, при 16-розрядній і більше обробці – 99 %), має велику несиметрію нулів та одиниць, що дає можливість адаптуватися до реальних каналів зв’язку та обчислювальної техніки.

Для оцінювання оперативності прогнозування пожеж у житловому секторі необхідно визначити швидкість реалізації моделей прогнозування пожеж. Для цього розглянемо послідовність операцій, пов’язаних з прогнозуванням пожеж на основі моделі [4]. Для технологічної реалізації цієї моделі необхідно виконати такі дії:

1) прочитати повідомлення та попередньо обробити дані;

2) виділити адресу, виділити дані та попередньо обробити дані;

3) виконати пошук моделі;

4) завантажити моделі;

5) обробити вхідні дані на основі моделі;

6) прочитати результат та прийняти рішення.

Виходячи з послідовності дій, час прогнозування можна оцінити як:

$$T_{прогноз.} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6,$$

де t_1 – час обробки повідомлення;

t_2 – час виділення адреси моделі;

t_3 – час пошуку моделі;

t_4 – час завантаження моделі;

t_5 – час обробки вхідних даних на основі моделі;

t_6 – час прийняття рішення.

Час прогнозування складається з часу роботи двох систем:

1) час роботи системи передачі попередньої обробки даних, який напряму пов’язаний з характеристиками каналу зв’язку;

2) час прогнозування, який пов’язаний з характеристиками засобів обробки інформації персональним комп’ютером.

Для оцінювання часу роботи каналу зв'язку нам необхідно визначити обсяг даних, що надходять до системи:

1. Визначимо обсяг даних, що надходять до системи:

$$V_д = K_0 \cdot (R + R_c),$$

де K_0 – кількість об'єктів моніторингу, яка визначається кількістю квартир (приміщень), що входять до системи прогнозування пожеж, і визначає кількість моделей прогнозування;

R – результат вимірювання спожитої електроенергії, який визначається характеристиками лічильника;

R_c – службова інформація для забезпечення достовірності передачі інформації, перешкодозахищеності й т.ін.

2. Визначимо пропускну здатність прийому даних у системі прогнозування передумов до виникнення пожежі:

Пропускна здатність системи буде меншою із пропускних здатностей каналу зв'язку чи периферійного обладнання мережевої підтримки комп'ютера. Розглянемо пропускну здатність каналу зв'язку:

$$Q_I^П = \frac{V_I}{t} \qquad Q_K^П = \frac{V_K}{t}$$

$$t_I^П = \frac{V_д}{Q_I^П} = \frac{V_д}{V_I} \cdot t = \frac{K_0(R + R_c)}{V_I} \cdot t \qquad (1)$$

$$t_I^П \le t_M,$$

де $Q_I^П$ – пропускна здатність каналом зв'язку;

$Q_K^П$ – пропускна здатність прийняття інформації комп'ютером (швидкодія мережевої карти);

t_M – час циклу моніторингу електроспоживання;

$t_I^П$ – час прийому даних з каналу зв'язку;

V_I – обсяг даних, визначений каналом зв'язку.

Розглянемо пропускну здатність периферійного обладнання мережевої підтримки. Визначимо час прийому даних з каналу зв'язку для однієї моделі:

$$t_K^П = \frac{V_д}{Q_K^П} = \frac{V_д}{V_K} \cdot t = \frac{K_0(R + R_c)}{V_K} \cdot t \qquad (2)$$

$$t_K^П \le t_M$$

$$t_П = \begin{cases} t_I^П, \text{ якщо } & t_I^П < t_K^П \\ t_K^П, \text{ якщо } & t_I^П > t_K^П \end{cases}$$

$$t^П \le t_M$$

Визначення часу прийому даних для однієї моделі дає можливість визначити кількість об'єктів моніторингу з урахуванням технічних засобів збору та прийому інформації.

3. Визначимо кількість об'єктів моніторингу з урахуванням технічних засобів збору та прийому інформації.

На основі (1) отримаємо:

$$K_0^1 = \frac{t_I^П \cdot V_I}{(R + R_c) \cdot t}$$

На основі (2) отримаємо:

$$K_0^2 = \frac{t_K^П \cdot V_K}{(R + R_c) \cdot t}$$

$$K_0 = \begin{cases} K_0^1 & K_0^1 < K_0^2 \\ K_0^2 & K_0^1 > K_0^2 \end{cases}. \qquad (3)$$

4. Визначимо кількість моделей з урахуванням часу, потрібного для моніторингу:

$$t_M^R = K_0 \cdot (t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6)$$

$$K_0 = \frac{t_M^R}{t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6} \text{ при } t_M^R \le t_M.$$

Для оцінювання оперативності прогнозування пожеж у житловому секторі необхідно розрахувати час обробки повідомлення, час виділення адреси моделі, час пошуку моделі та час завантаження моделі з урахуванням технічних характеристик засобів зв'язку та обчислювальної техніки.

Для проведення розрахунку часу обробки моделі необхідно визначити обсяг моделей у табличній формі. При деструктизації таблиці з точністю в 0,1 Вт обсяг інформаційної моделі буде становити 50 кілобайт. Основним обмежуючим фактором часу обробки моделей буде час доступу до даних на зовнішніх запам'ятовувальних пристроях.

Висновок. Таким чином, розроблені методи та засоби прогнозування пожеж у житловому секторі забезпечать прогнозування в реальному часі передумов до виникнення пожеж у місті з населенням до 7 млн. залежно від характеристик технічних засобів.

Список літератури

1. Аналіз масиву карток обліку пожеж (POG_STAT) за 9 місяців 2017 року. URL: http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analiz-masivu-kartok-obliku-pozhezh.html (дата звернення 03.11.2017).
2. Мовчан І. О. Методологія визначення соціального пожежного ризику. *Системи обробки інформації.* 2015. Вип. 5 (130). С. 181–184.
3. Гуліда Е. М., Башинський О. І., Мовчан І. О. Прогнозування виникнення пожеж в житловому секторі на підставі аналізу техногенного ризику. *Пожежна безпека:* зб. наук. праць ЛДУ БЖД. 2012. № 20. С. 150–154.
4. Мельник О. Г. Розробка методу прогнозування передумов виникнення пожеж у житловому секторі. *Пожежна безпека: теорія і практика:* матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. (12 жовтня 2012 р.). Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2012. С. 344–346.
5. Дендаренко В. Ю., Мельник О. Г., Чепурний Г. П. Побудова інформаційної системи моніторингу пожежної безпеки. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил.* 2014. Вип. 3 (40). С. 167–170.
6. Мельник О. Г., Мельник Р. П. Застосування методу групового урахування аргументів до прогнозування пожеж у житловому секторі. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист:* матеріали VII всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (20–21 жовтня 2017 р.). Черкаси, 2017. С. 7–8.
7. Голуб С. В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища: монографія. Черкаси: Вид-во ЧНУ ім. Богдана Хмельницького, 2007. 220 с.
8. Голуб С. В., Рудницький В. М., Мельник О. Г., Дендаренко В. Ю. Технологія багаторівневого моніторингу пожежної безпеки. Методи та засоби реалізації: монографія. Харків: Вид-во ТОВ «Щедра садиба плюс», 2014. 140 с.
9. Мельник О. Г. Формування вимог до векторної основи системи залишкових класів з урахуванням рішення задачі прогнозування пожеж у житловому секторі. *Системи озброєння і військова техніка.* 2015. № 1 (41). С. 165–167.
10. Мельник О. Г. Схемотехнічні основи реалізації системи залишкових класів в двійково-четвірковій системі числення. *Системи обробки інформації.* 2011. № 8 (98). С. 93–95.

References

1. Analysis of the array of fire counting cards (POG_STAT) for 9 months of 2017. URL: http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analiz-masivu-kartok-obliku-pozhezh.html (date of access 03.11.2017) [in Ukrainian].
2. Movchan, I. O. (2015) Methodology of determining the social fire risk. *Systemy obrobky informatsii,* No. 5 (130), pp. 181–184 [in Ukrainian].
3. Hulida, E. M., Bashynskyi, O. I., Movchan, I. O. (2012) Forecasting of fires in residential sector on the basis of the analysis of technogenic risk. *Pozhezhna bezpeka:* zb. nauk. prats LDU BZhD, No. 20, pp. 150–154 [in Ukrainian].
4. Melnyk, O. H. (2012) The development of the method of forecasting the preconditions for the emergence of fires in residential sector. *Pozhezhna bezpeka: teoriia i praktyka*: the 2nd Internat. sci. and pract. conf. (Oct., 12). Cherkasy: APB im. Heroyiv Chornobylya, pp. 344–346 [in Ukrainian].
5. Dendarenko, V. Yu., Melnyk, O. H., Chepurnyi, H. P. (2014) Construction of an information system for fire safety monitoring. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu Povitrianykh Syl,* No. 3 (40), pp. 167–170 [in Ukrainian].
6. Melnyk, O. H., Melnyk, R. P. (2017) Application of the method of group consideration of arguments for the prediction of fires in residential sector. *Nadzvychaini sytuatsii: bezpeka ta zakhyst:* the VI All-Ukr. sci.-pract. conf. with internat. participation (October, 20–21). Cherkasy, pp. 7–8 [in Ukrainian].
7. Holub, S. V. (2007) Multilevel modeling in environmental monitoring technologies: monograph. Cherkasy: Vyd-vo ChNU im. Bohdana Khmelnytskoho, 220 p. [in Ukrainian].
8. Holub, S. V., Rudnytskyi, V. M., Melnyk,O. H., Dendarenko, V. Yu. (2014) Technology of multi-level monitoring of fire safety. Methods and means of realization:

monograph. Kharkiv: Vyd-vo TOV «Shchedra sadyba plius», 140 p. [in Ukrainian].

9. Melnyk, O. H. (2015) Formation of requirements to vector basis of the system of residual classes taking into account the decision of the task of forecasting fires in residential sector. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika,* No. 1 (41), pp. 165–167 [in Ukrainian].
10. Melnyk, O. H. (2011) Circuit bases for realization of the system of residual classes in binary-quadded system of calculation. *Systemy obrobky informatsii,* No. 8 (98), pp. 93–95 [in Ukrainian].

O. G. Melnyk, *Ph.D., senior researcher,*
e-mail: melnyk.olja.2014@gmail.com,
R. P. Melnyk, *Ph.D.*
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Protection of Ukraine
Onoprienko str., 8, Cherkasy, 18034, Ukraine

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF FIRE FORECASTING IN RESIDENTIAL SECTOR

The evaluation of the efficiency of fires forecasting in residential sector is conducted in the article. For this purpose, the speed of the realization of fire forecasting models, the number of the objects, that are monitored, taking into account technical means of collecting and receiving information, and the number of models subject to the time required for monitoring, are determined.

It has been found that the time of data access on external storage devices is the main limiting factor for the time of models processing.

The evaluation of the speed of operation has been carried out on the basis of the received dependencies, taking into account modern characteristics of personal computers and communication channels (Internet).

As a result of determining the time, taken for importation of data for one model, it has been proved that the developed methods and means of fire forecasting in residential sector can provide real-time forecasting of preconditions for the fire breaking-out in a city with a population up to 7 millions, depending on the characteristics of technical means.

Keywords: *fire forecasting, method of group accounting of arguments, system of residual classes, system of calculation, forecasting time, efficiency of forecasting.*

Рецензенти: Рудницький В. М., д.т.н., професор,
Кириченко О. В., д.т.н., с.н.с.