



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 ЛДУ БЖД;
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 ЛДУ БЖД з навчально-наукової роботи;
Андрій САМІЮ – 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. – 568 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 30.09.2022. Підписано до друку 10.10.2022. Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 35,25.

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 614.8

РОЗВ'ЯЗАННЯ СУМІСНОЇ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ТА ТРАСУВАННЯ ШЛЕЙФІВ ЧЕРЕЗ ВИДІЛЕННЯ ОКРЕМИХ РЕАЛІЗАЦІЙ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Антошкін О.А., кандидат технічних наук, доцент
Національний університет цивільного захисту України

В роботі [1] було розглянуто питання проектування шлейфів пожежної сигналізації у вигляді розв'язання сумісної задачі розміщення пожежних сповіщувачів та трасування шлейфів. Для вказаної задачі була побудована узагальнена математична модель.

За результатами будови математичної моделі були виділені й досліджені важливі із практичної точки зору реалізації узагальненої моделі:

1. Моделювання задачі оптимізації довжини провідної мережі.
2. Моделювання задачі мінімізації радіуса покривних кіл.
3. Моделювання задачі мінімізації кількості покривних кіл.

Розглянемо докладно кожен з реалізацій.

1. Для моделювання задачі оптимізації провідної сенсорної мережі для системи пожежних сповіщувачів узагальнена модель змінюється так:

– у систему додаткових обмежень вносяться умови належності сенсорів області з урахуванням мінімально припустимих відстаней до межі області (у загальному випадку описуються за допомогою мінімаксних ρ -функцій);

– у систему додаткових обмежень вносяться умови неналежності центрів сенсорів областям заборони (у загальному випадку описуються за допомогою мінімаксних ρ -функцій);

– у систему додаткових обмежень задачі вносяться мінімально припустимі відстані між центрами сенсорів (описуються за допомогою всюди гладкої ρ -функції);

– мінімізується функція цілі, що являє собою довжину траси (дротів у шлейфі).

Відповідні послідовності кіл для кільцевого та радіального типів дротових з'єднань розраховуються шляхом розв'язання допоміжних задач комівояжера та задачі маршрутизації відповідно.

Для кільцевого типу дротових з'єднань функція цілі може бути записана

$$\text{у вигляді } \rho(u_0, u_{m_1}) + \sum_{i=1}^{n-1} \rho(u_{m_i}, u_{m_{i+1}}) + \rho(u_{m_n}, u_0),$$

де: $m_i \in \{1, 2, \dots, n\}$ – номери кіл;

$m_i \neq m_j, i \neq j; \sum_{i=1}^{n-1} \rho(u_{m_i}, u_{m_{i+1}})$ – сума відстаней між центрами кіл,

взятих у певній послідовності m_1, m_2, \dots, m_n ;

$\rho(u_0, u_{m_1})$ і $\rho(u_{m_n}, u_0)$ – відстані від точки початку траси U_0 до центра першого й останнього в обраній послідовності кола відповідно.

Для радіального типу провідних з'єднань функція цілі може бути представлена у вигляді:

$$\sum_{q=1}^Q (\rho(u_0, u_{m_1^q}) + \sum_{i=1}^{n_q-1} \rho(u_{m_i^q}, u_{m_{i+1}^q}))$$

де: Q – кількість шлейфів;

$m_i^q \in \{1, 2, \dots, n\}$ – номери кіл,

$m_i^q \neq m_j^q, i \neq j, q=1, 2, \dots, Q, m_i^{q_1} \neq m_j^{q_2}, q_1 \neq q_2, q_1, q_2 = 1, 2, \dots, Q, \sum_{q=1}^Q n_q = n$;

$\sum_{i=1}^{n_q-1} \rho(u_{m_i^q}, u_{m_{i+1}^q})$ – сума відстаней між центрами кіл, узятих у певній q -й

послідовності

$m_1^q, m_2^q, \dots, m_{n_f}^q; \rho(u_0, u_1^q)$ – відстань від точки початку траси U_0 до центра першого в q -ій послідовності кола.

Тут $\rho(u_1, u_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ – відстань між точками u_1 й u_2 .

1. Задача мінімізації радіуса кіл у покритті виникають під час проектування сенсорних мереж у випадку, якщо необхідне коригування розміщення кіл, що не задовольняють критерій повноти покриття. Подібні ситуації можуть виникати під час розв'язання задачі формування покриття наближеними методами або в інтерактивному режимі. Задача мінімізації радіуса покривних кіл має також самостійне значення, і її розв'язанню присвячена значна кількість робіт у світовій літературі.

У модель вигляду (3.1)–(3.2) вноситься дуже проста зміна – радіус кіл r оголошується змінним, розмірність задачі збільшується на 1 та мінімізується функція $F(u) = r$.

Для задач проектування сенсорних мереж можуть бути внесені зміни в систему додаткових обмежень, перераховані в пунктах 1-3 попереднього параграфа.

3. Задача мінімізації кількості кіл заданого радіуса з урахуванням вимог нормативного характеру із [2], що формують покриття області Ω , має досить велику практичну значимість, тому що дуже часто виникає за

оптимізації покриттів, побудованих наближеними методами або отриманих в інтерактивному режимі.

У рамках даного дослідження розглядався такий підхід: вибирається одне з кіл (абсолютно випадково, за оцінкою Ω -функції або оператором) і виконується спроба зменшення його радіуса до 0 зі збереженням покриття області множиною кіл. Якщо операція завершилася успішно, коло викреслюється з множини кіл, що формують покриття, і здійснюється перехід до оптимізації нового покриття. У протилежному разі здійснюється спроба видалити інше коло з покриття. Процедура повторюється певне число раз.

На перший погляд, узагальнена модель із роботи [1] не можна застосовувати для розв'язання даної задачі, оскільки вона передбачає однакові радіуси для всіх кіл, що беруть участь у покритті. Проблема може бути розв'язана, якщо під час побудови математичної моделі виключити радіус обраного кола з розгляду.

Нехай здійснюється спроба видалити i -е коло. Спочатку для моделювання задачі мінімізації кількості кіл з індексних множин Ξ_1 , Ξ_2 і Ξ_3 віддаляються елементи, що містять номер кола i . Потім будується модель вигляду із роботи [1] за винятком, хіба що, формування функції цілі. Після побудови із системи додаткових обмежень віддаляються всі обмеження на положення сенсора для обраного кола (таким чином, його центр може виходити за межі області або потрапляти в зони заборони). Формується функція цілі, що являє собою суму відстаней (або суму квадратів відстаней) від точки u_i до точок, на положення яких накладали обмеження у виключених з розгляду функціях належності, яку необхідно мінімізувати. Якщо в ході розв'язання задачі вдалося досягти глобального мінімуму функції цілі (значення 0), то i -е коло «схлопнулося» до розміру крапки і може бути виключено з розгляду.

Розв'язання вказаних окремих реалізацій узагальненої математичної моделі сумісної задачі розміщення пожежних сповіщувачів та трасування шлейфів дозволить автоматизувати процедуру проектування систем пожежної сигналізації з можливістю виконувати оптимізацію складу системи як по кількості сповіщувачів, так і по довжині дротів шлейфів.

Література

1. Антошкін О. А. Математична модель сумісної задачі розміщення пожежних сповіщувачів і трасування шлейфів пожежної сигналізації// Проблеми пожежної безпеки. 2019. № 45. С. 8–11.
2. Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5–56–2014 [Чинний від 2015-07-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ». 2014. 127 с.

Пелешко М.З., Придатко В.В., ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА КУЛЬТОВИХ СПОРУД.....	154
Кравець І.П., ПОКРАЩЕННЯ ПРОСОЧУВАННЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ АНТИПРЕНАМИ.....	157
Пелешко М.З., Башиїнський О.В., ПРОБЛЕМИ ІНКЛЮЗИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	160
Борсук О.В., Нуязін О.М., РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОВЕДІНКИ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ З МІНЕРАЛЬНОЇ ВАТИ ПІД ЧАС НАГРІВАННЯ ЗА СТАНДАРТНИМ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ПОЖЕЖИ	163
Антошкін О.А., РОЗВ'ЯЗАННЯ СУМІСНОЇ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ТА ТРАСУВАННЯ ШЛЕЙФІВ ЧЕРЕЗ ВИДІЛЕННЯ ОКРЕМИХ РЕАЛІЗАЦІЙ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	166
Рудаков С.В., СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ЩОДО СИНТЕЗУ АВАРІЙНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ ДСНС УКРАЇНИ.....	169
Вовк С.Я., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О., ТЕМПЕРАТУРО-ВОГНЕСТІЙКІ ЗАХИСНІ ПОКРИВИ ДЛЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	173
Новак С.В., Добростан О.В., Пустовий М.М. ТЕПЛОВИЙ СТАН ЗАХИЩЕНИХ СТАЛЕВИХ КОЛОН ЗА СТАНДАРТНОГОТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ.....	178
Бедратюк О.І., Бабенко Д.М., ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ РОБОТИ ДОСЛІДНО-ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ У СИСТЕМІ ДСНС УКРАЇНИ.....	182
Ференц Н.О., Степаняк Ю.Б., ТЕХНОГЕННА НЕБЕЗПЕКА РУДНИКІВ СТЕБНИЦЬКОГО ГРНИЧО-ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА "ПОЛІМІНЕРАЛ".....	185
Балло Я.В., Нікулін О.Ф., Уханський Р.В., Яковчук Р.С., УДОСКОНАЛЕННЯ ВИМОГ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В РАМКАХ ЗАКОНУ УКРАЇНИ «ПРО НАДАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА РИНКУ».....	188