

УДК 681.5

М. В. Кустов¹, д.т.н., доцент, нач. наук. відділу (ORCID 0000-0002-6960-6399)

Є. В. Морщ², д.т.н., головний інспектор (ORCID 0000-0003-0131-2332)

О. І. Федоряка¹, ад'юнкта ад'юнктури (ORCID 0000-0001-6381-5985)

О. І. Сошинський¹, к.мист., науковий співробітник (ORCID 0000-0002-7921-1294)

О. В. Савченко¹, к.т.н., с.н.с., заст. нач. каф. (ORCID 0000-0002-1305-7415)

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

²Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям апарату ДСНС, Київ, Україна

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ

Розроблено модель інтенсивності руху пожежних підрозділів по транспортним шляхам з різними характеристиками. На базі отриманої моделі проведено порівняльний розрахунок середньої швидкості руху пожежних підрозділів у обласних центрах, містах районного значення та селищах. Розроблено структуру геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами з використанням стандартних розширень для SQL серверів та включає в себе щонайменш 9 шарів, деякі з яких мають інтерактивні зв'язки із додатковими базами даних. Розроблена структура дозволяє вирішувати комплекс питань управління пожежними підрозділами, як на етапі проектування забудови локальної території так і під час управління процесом гасіння пожеж на цій території. Інтегрування даних з розподілом пожежного ризику по локальній території та територіального розміщення пожежно-рятувальних частин в інтерактивній формі дозволить оптимізувати територіальне розміщення пожежно-рятувальних частин на етапі забудови, а також визначити актуальність вже існуючої забудови ступеням пожежного ризику. Інтерактивна інформація про наявність оперативно-рятувальної техніки у відповідних підрозділах та стан транспортної мережі на шляхах до місця пожежі дозволяє керівнику гасіння пожежі та оперативно-диспетчерській службі швидко визначити який вид та кількість техніки та особового складу можна задіяти на ліквідацію певної пожежі, визначити час прибуття підрозділу до місця виклику, а також швидко перенаправляти резерви у випадку необхідності. Сукупне використання розробленої структури геоінформаційної системи із супутниковою системою контролю руху транспорту дозволяє контролювати переміщення оперативно-рятувальних підрозділів та перерозподіляти сили та засоби в межах локальної території

Ключові слова: геоінформаційна система, технологічна схема, GAS платформа, інтерактивні шари, локальна територія, район обслуговування, розміщення підрозділів

1. Вступ

Активна розбудова міст викликає необхідність постійно контролювати та корегувати рівень пожежної небезпеки локальних територій міста та окремих об'єктів. Додаткова потребу у оптимізації розміщення пожежних підрозділів та їхнього руху по району обслуговування викликає реформування територіальної структури держави та створення територіальних центрів допомоги. Сукупне розміщення об'єктів пожежної небезпеки різного ступеню різниці та пожежних підрозділів різного функціонального призначення викликають значні труднощі в роботі штабу по гасінню пожежі. Ці труднощі пов'язані із оперативним вирішенням ряду транспортних задач по мінімізації часу прибуття спеціальної пожежної техніки до місця пожежі. При цьому керівник гасіння пожежі вирішує яку техніку із якого підрозділу необхідно залучати до гасіння пожежі. Для прийняття правильного управлінського рішення аналізуються такі фактори, як наявність необхідної техніки у підрозділах, відстань від визначеного підрозділу до місця пожежі та стан шляхів транспортної комунікації. Якщо в сільській місцевості з низькою розвиненою транспортною мережею та низькою кількістю пожежних підрозділів вирішення цього питання можливо здійснити без залучення систем автоматизованого розрахунку, то ліквідація потужних пожеж у крупних містах потребує значної

аналітичної роботи. На сучасному етапі активно розвиваються геоінформаційні системи, які дозволяють автоматизувати вирішення багатьох транспортних задач. Однак функціонал конкретної геоінформаційної системи визначається перш за все її структурою, яка може варіюватись у широкому діапазоні. Побудова геоінформаційних систем цільового призначення дозволить спростити роботу керівника гасіння пожежі та прискорити прийняття управлінського рішення, що комплексно впливає на ефективність гасіння пожежі.

Таким чином, існуюча проблема, полягає у низькій ефективності вирішення транспортних задач для пожежних підрозділів різного функціонального призначення.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Для успішного гасіння пожеж вирішальну роль відіграє час прибуття пожежних підрозділів до місця аварії. При проектуванні забудови міст та районів за рахунок оптимізації розміщення пожежних підрозділів прагнуть досягнути не перевищення часу слідування пожежного підрозділу до всіх можливих об'єктів загоряння встановленого нормативного часу [1]. При цьому диференціювання об'єктів по ступеню пожежного ризику не проводиться. Існує декілька підходів для вирішення цієї задачі. Найпростішим варіантом є радіальний принцип [2] при якому район обслуговування представляє собою коло з центром у точці розміщення пожежного депо, а радіус відповідає відстані, яку пожежний автотранспорт здатен подолати за визначений час. Недоліком такого підходу є відсутність врахування транспортної мережі, характер якої суттєво впливає на час слідування. Визначення граничних меж обслуговування пожежно-рятувального підрозділу з врахування наявності та стану автомобільних доріг проведено в роботі [3]. Автори показали, що внаслідок врахування транспортних комунікацій район обслуговування пожежно-рятувальним підрозділом отримав вигляд багатокутника. Вершини багатокутника визначаються виходячи із швидкості руху пожежного автомобіля. При цьому середня швидкість руху залежить від багатьох факторів, як то стан та розміри доріг, технічні характеристики автотранспорту та таке інше [4]. Однак, ці параметри мають суттєву відмінність для розвинених міст та селищної забудови, тому їх врахування дозволить підвищити точність розрахунку.

При оптимізації розміщення пожежних підрозділів виникають два значущі фактори – це рівень пожежної безпеки окремого об'єкту та локальної території в цілому, а також функціональні спроможності кожного окремого пожежного підрозділу. На теперішній час широкого використання набув метод просторового градування локальної території по ступеням пожежного ризику [5]. Такий підхід добре себе зарекомендував для опису території з рівномірно розподіленим пожежним навантаженням. Проте якщо розглядати міську забудову, то виникає проблема сукупного розміщення об'єктів різного ступеня пожежної небезпеки. Питання об'єктового градування рівня пожежної небезпеки вирішено в роботі [6]. Однак, авторами не враховано питання обслуговування пожежними підрозділами цих об'єктів.

Окрім оптимізації місця розміщення пожежних підрозділів скоротити час прямування пожежних підрозділів до місця пожежі можна за рахунок оптимізації шляху руху пожежних автомобілів. Особливо це актуально для щільної міської забудови з розвинутою транспортною мережею та різним режимом руху автотранспорту по шляхам. На сьогодні задачі оптимізації руху автотранспорту по існуючій мережі автодоріг вирішується шляхом використання геоінформаційних

систем (GIS) [7]. Вони поділяються на GIS загального призначення, які зазвичай використовують для побудови маршруту із пункту відправлення до пункту призначення, та GIS спеціального призначення, які направлені на вирішення вузькопрофільних задач [8]. Однак, особливості їх використання для вирішення задач цивільного захисту не розглянуто. При побудові потужних GIS спеціального призначення існує декілька різних технологічних схем побудови, які мають свої переваги та недоліки, критичні для вирішення тієї чи іншої задачі [9]. Однак із-за існування широкого спектру різних структури будови GIS та формату обміну та зберігання даних, користувачі та розробники стикаються з проблемою інтегрування різних GIS. Для стандартизації та сертифікації протоколів зберігання та обміну інформації в середовищі GIS в 1994 році створено міжнародну організацію Open Geospatial Consortium (OGC). Ця організація створила та запровадила три основних стандарти, яких дотримуються всі розробники сучасних платформ GIS [10]. При цьому не визначено перспективи використання цих стандартів в Україні. На даний час почалось активне використання технологій GIS для вирішення питань пожежної безпеки. Так в роботі [11] в мапу району обслуговування пожежного підрозділу інтегровано мапу ступеню пожежної небезпеки локальної території. Моніторинг роботи пожежних підрозділів дозволяє проводити програмний комплекс “ГІС попередження надзвичайних ситуацій обласного рівня”, розроблений в Україні [12]. Однак, для підвищення ефективності роботи керівного органу при управлінні великою кількістю пожежних підрозділів різного функціонального призначення необхідне комплексне врахування додаткових факторів.

Таким чином, невирішеною частиною проблеми відсутності автоматизованих систем вирішення транспортних задач для пожежних підрозділів різного функціонального призначення є відсутність геоінформаційних систем управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності.

3. Мета та завдання дослідження

Метою роботи є розробка науковообґрунтованої структури геоінформаційних систем управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних завдань:

1. Розробити математичну модель інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям з різними характеристиками.
2. Перевірити працездатність математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям.
3. Запропонувати способи практичної реалізації математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям.

4. Розробка математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям

Першочерговим етапом є визначення основних характеристик, що впливають на інтенсивність руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям.

На швидкість руху автомобілю по дорозі впливає стан покриття транспортної мережі. З метою усереднення результатів стан дорожнього покриття можна розбити на три категорії. Приймається, що на асфальтованих дорогах міжнародного, державного, регіонального та місцевого рівня транспортний засіб може ру-

хатись із швидкістю, відповідно до його технічних характеристик. На асфальтованих дорогах селищного рівня швидкість руху автотранспорту 90% від його технічних характеристик. На ґрунтових дорогах швидкість руху автотранспорту 70% від його технічних характеристик [13]. Відповідно коефіцієнт, що враховує вплив стану дорожнього покриття k_{surf} складає:

$$k_{surf} \in \begin{cases} k_{surf}^{h.way} = 1 \\ k_{surf}^{track} = 0,9 \\ k_{surf}^{d.road} = 0,7 \end{cases}, \quad (1)$$

де $k_{surf}^{h.way}$ – коефіцієнт впливу дорожнього покриття асфальтованих доріг міжнародного, державного, регіонального та місцевого рівнів; k_{surf}^{track} – коефіцієнт впливу дорожнього покриття асфальтованих доріг селищного рівня; $k_{surf}^{d.road}$ – коефіцієнт впливу дорожнього покриття ґрунтових доріг.

На швидкість руху автотранспорту також впливає щільність трафіку автотранспорту по маршруту руху. Щільність трафіку визначається шириною дороги та кількістю дорожніх стрічок [14]. В якості граничної умови обрано кількість автомобілів на автошляху, що створюють затор n_{auto}^{jam} . Відповідно коефіцієнт, що враховує пропускну здатність дорожньої мережі $k_{traffic}$ складає:

$$k_{traffic} = 1 - \frac{n_{auto}}{n_{auto}^{jam}}, \quad (2)$$

де n_{auto}^{jam} – мінімальна кількість автотранспорту на шляху, при якому створюється затор; n_{auto} – кількість автотранспорту на шляху в момент часу, що розглядається.

Також на інтенсивність руху автотранспорту впливає наявність світлофорів по маршруту руху. При цьому визначальними є два показники – час дозволяючого сигналу світлофора τ та загальний час циклу світлофору T [15]. Відповідно коефіцієнт, що враховує вплив світлофорів на інтенсивність руху k_{light} складає:

$$k_{light} = \begin{cases} \tau/T, n_{light} \geq 1 \\ 1, n_{light} = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

де n_{light} – кількість світлофорів.

Узагальнюючи представлені результати (1)– (3) отримаємо математичну модель інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям з різними характеристиками:

$$v_f = v_{tech} \cdot (k_{surf} \cdot k_{traffic} \cdot k_{light}), \quad (4)$$

де v_f – фактична швидкість руху пожежного автомобіля; v_{tech} - швидкість руху пожежного автомобіля за технічними характеристиками.

5. Перевірка працездатності математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів

З використанням розробленої моделі (4) проведено розрахунок середньої швидкості руху пожежного автомобіля у денний та нічний час для трьох категорій населених пунктів – обласні центри, міста районного значення, селища. При розрахунках врахована різниця завантаження дорожніх мереж у денний та нічний час. Враховано, що в селищах відсутні світлофори. Результати розрахунків для пожежних автомобілів з $v_{tech} = 80$ км/год представлено в табл. 1. З метою зручності інтерпретації, отримані результати додатково представлені у графічному вигляді (рис. 1).

Табл. 1. Середня швидкість пожежного автомобіля на автошляхах з різними характеристиками

Клас	Населені пункти	v_f , км/ГОД	
		День	Ніч
I	м. Харків	37	78
	м. Одеса	32	72
	м. Дніпро	41	76
II	м. Чугуїв	60	69
	м. Зміїв	62	71
	м. Ізюм	59	65
III	с. Васищево	35	36
	с. Манченки	37	38
	с. Циркуни	38	38

З табл. 1 видно, що навантажений денний трафік у обласних центрах суттєво знижує середню швидкість руху пожежних автомобілів, яка падає на 35-40% у порівнянні з нічним періодом. У той же час для таких міст із широкополосними дорогами у нічний час є найбільша швидкість руху, яка на 5-7% вища ніж у міста районного значення та на 30% вища ніж у селищах.

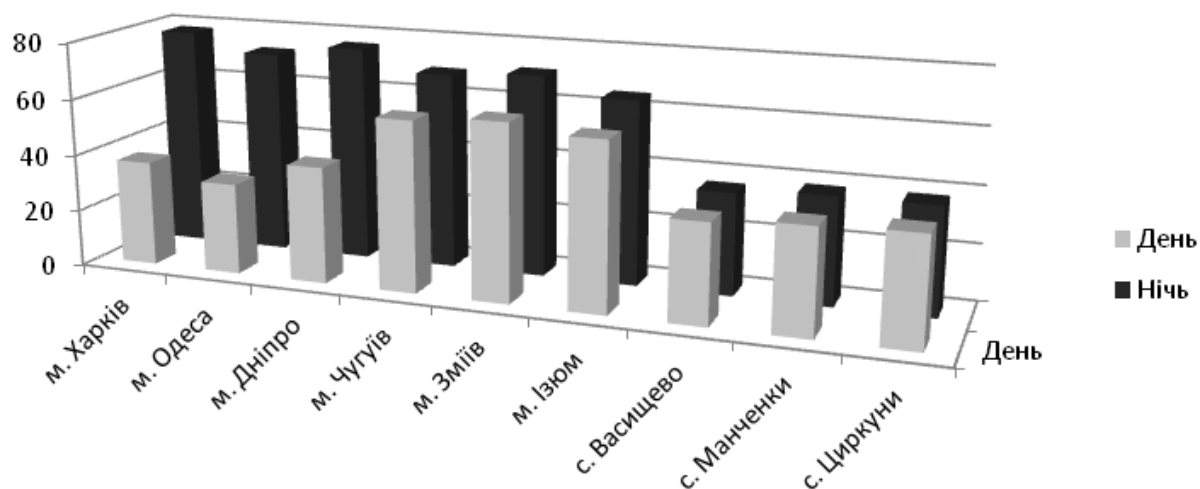


Рис. 1. Розподіл середньої швидкості руху пожежного автомобіля при різних дорожніх умовах

При цьому у денний час максимальна швидкість руху пожежного автотранспорту у містах районного значення на 45-50% більша ніж у обласних центрах та селищах (рис. 1). Це пояснюється тим, що такі міста мають хороше покриття доріг із низьким завантаженням автотранспорту.

З порівняльного аналізу результатів розрахунків чітка видна кластеризація даних по швидкості руху пожежного автотранспорту. Тобто характер населеного пункту має визначальну роль при визначенні середньої швидкості руху пожежного автотранспорту.

6. Способи практичної реалізації математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів

Одним із способів практичної реалізації математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям в роботі запропонована структура геоінформаційних систем управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності. Така структура повинна мати пошарову структуру інтегрованих карт.

Нижче проведемо обґрунтування необхідних шарів (рис. 2).



Рис. 2. Структура геоінформаційних систем управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності

Базою побудови GIS-сервісу повинна бути географічна мапа місцевості із зазначенням висот місцевості, водних перешкод та інших географічних особливостей.

Наступним шаром повинна бути транспортно-комунікаційна мережа із зазначенням шляхів руху автотранспорту. Необхідною інформацією є стан трафіку транспортної мережі та її пропускної здатності. В залежності від обраного програмного комплексу ця інформація може бути або інтегрована в загальний шар транспортної мережі, або в якості окремого шару, як представлено на рис. 2.

Обов'язковим шаром є розміщення забудов. Доцільно зробити цей шар у форматі 3D так як висотна характеристика будівель є важливою інформацією для управління процесом гасіння пожежі. Мапа забудови повинна мати градування локальної території за рівнем пожежної небезпеки для встановлення пріоритетних об'єктів пожежної охорони, як це проілюстровано в роботі [16]. Зручніше таку інформацію представляти у вигляді окремого шару, так як шари із забудово-

вами вже створені попередніми розробниками, як це розглядалось вище, і їх можна використовувати у готовому вигляді [12, 17, 18]. Однак доцільним є активізація позначок об'єктів, що представляють підвищений пожежний ризик для надання додаткової інформації про об'єкт при активації. В перелік такої інформації може входити контакти керівника об'єкту, диспетчера або управляючої установи, напруга електроживлення, поверховий план об'єкту та ін.

На шар забудови повинен накладатись шар із зазначенням місця виникнення пожежі. Це місце може бути прив'язано до конкретного об'єкту або розміщено у довільному місці простору. Позначки пожеж повинні бути інтерактивними для надання необхідної інформації при активації. Важливою інформацією є назва та основні характеристики об'єкту де сталася пожежа, можливі додаткові небезпеки, які частини надають техніку по відповідному номеру виклику та ін.

Наступним шаром повинна бути мапа розміщення пожежних депо із зазначенням наявності спеціальної техніки в них. При цьому така мапа повинна мати інтерактивний характер для можливості варіювання, як місцем розміщення підрозділу при проведенні проектування забудови локальної території, так і якісного та кількісного складу підрозділу. Оптимізація розміщення пожежних підрозділів проводиться згідно методики, розробленої в роботі [16]. Однак можливі варіанти територіального розміщення не повинні суперечити нормативному документу Постанова КМУ від 27 листопада 2013 р. № 874 « Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)».

Кожна розміщена на шарі позначка пожежно-рятувальна частина є інтерактивною та при активації надає необхідну оперативну інформацію.

Завершальним шаром повинна бути мапа маршруту руху пожежного підрозділу від пожежної частини до місця виникнення пожежі. Цей шар будується вже безпосередньо програмним комплексом GIS із використанням всього комплексу наданої бази даних.

Процедура роботи із запропонованою структурою геоінформаційної системи управління пожежно-рятувальними підрозділами полягає у наступному:

1. Оперативний диспетчер отримавши повідомлення про пожежу позначає це місце на інтерактивній карті GIS додатку. Програма автоматично визначає пожежно-рятувальний підрозділ до району виїзду якого відноситься ця пожежа. Диспетчер погоджує та активізує цей виклик для контролю хибного виклику.

2. Під час збору та виїзду пожежно-рятувального підрозділу до місця пожежі диспетчер додає до програми додаткову інформацію, яка може бути корисною. Мобільний GIS додаток у керівника пожежно-рятувального підрозділу автоматично визначає найшвидший маршрут руху до місця пожежі з урахування дорожньої ситуації та трафіку. Пожежно-рятувальний підрозділ вже на етапі слідування отримує актуальну інформацію на мобільний GIS додаток та має змогу ознайомитись з особливостями об'єкту.

3. При необхідності виклику додаткових сил та засобів прибувший на місце пожежі керівник гасіння пожежі та організований їм штаб за допомогою GIS додатку визначають, який вид аварійно-рятувальної техніки та її кількість є у найближчих пожежно-рятувальних частинах. GIS додаток допомагає керівнику визначити з якої пожежно-рятувальної частини найшвидше прибуде необхідна техніка з урахуванням дорожньо-транспортної мережі та трафіку.

4. При виникненні одночасно декількох пожеж в різних місцях локальної території інформація про наявність аварійно-рятувальної техніки в пожежно-рятувальних частинах оновлюється та відповідає реальній ситуації на момент виклику того чи іншого підрозділу.

7. Обговорення результатів математичного моделювання інтенсивності руху пожежних автомобілів

При оцінці часу прямування пожежного підрозділу до місця пожежі оперування однаковою середньою швидкістю руху для будь яких умов та характеристик транспорту призводить до суттєвих похибок. Запропонована математична модель інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям дозволяє врахувати основні відмінності транспортних комунікацій у обласних центрах, містах районного значення та селищах. Математична модель (4) побудована за принципом врахування корегуючих коефіцієнтів до початкової швидкості руху пожежного автомобіля без додаткових перешкод.

Результаті розрахунків середньої швидкості пожежного автомобіля в різних умовах транспортної комунікації (рис. 1) показав, що добовий розподіл швидкості для селищ та міст районного значення несуттєвий так як відсутні пікові навантаження на транспортні комунікації у денний час. При цьому середня швидкість автомобіля у обласних центрах у нічний час є максимальною, так як за рахунок високої якості транспортних комунікацій у цей період автотранспорт може реалізувати увесь свій потенціал.

Для якісного управління гасінням потужної пожежі керівник повинен керувати пожежно-рятувальними підрозділами та відстежувати їх розміщення у режимі реального часу. Крім того обов'язковою є координація дій штабу по гасінню пожежі з оперативно диспетчерською службою територіального органу ДСНС. Це дозволяє отримувати всім органам управління актуальну інформацію та приймати вірні управлінські рішення. Ці умови вимагають використовувати для побудови геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами технологічні схеми віддаленого доступу на основі SQL серверів. На сьогодні саме ці схеми побудови GIS є найрозповсюдженішими і їх використовують майже всі провідні розробники, як це показано вище. Використання технологій віддаленого доступу дозволить збирати інформацію до GIS з різних джерел (рис. 2). Це може бути додаткова інформація про об'єкт чи пожежу від оперативно-диспетчерської служби, інформація зібрана під час проведення розвідки на пожежі, інформація про розташування та переміщення пожежно-рятувальної техніки у режимі реального часу та інше.

Аналіз різних GIS платформ показав, що найбільш потужний та універсальний інструментарій для побудови геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами має програмний комплекс ArcGIS. Це продемонстровано деякими розробниками, які вже намагаються використовувати ArcGIS платформу для цілей цивільного захисту та пожежної безпеки.

Побудована вище структура є основою для програмної розробки мобільного додатку для використання, як на персональних комп'ютерах у оперативно-диспетчерських центрах, так і на переносних пристроях у штатбах по ліквідації пожежі та у керівників пожежно-рятувальних підрозділів, що задіяні на гасіння пожежі.

Обладнання аварійно-рятувальної техніки трекерами із GPS зв'язком дозволить додатково розширити можливості GIS платформ із керування пожежними

підрозділами. Це дозволить відстежувати рух пожежного автотранспорту, оперативно перенаправляти їх у необхідне місце та визначати час прибуття підрозділу до місця виклику.

Однак, залишилась поза увагою питання інтеграції розробленої геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами до загальної системи цивільного захисту держави. Це питання потребує додаткового дослідження.

8. Висновки

1. Розроблено математичну модель інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям з різними характеристиками. Модель враховує швидкість автомобілю за технічними параметрами, пропускну здатність авто мережі, стан покриття доріг та наявність керуючих світлофорів. Отримана модель дозволяє уточнювати середню швидкість руху пожежного автотранспорту при прямуванні на пожежу по транспортним мережам різного стану. Розроблена математична модель дозволяє диференціювати середню швидкість руху автотранспорту в залежності від їх тактико-технічних характеристик. Таким чином в моделі враховано два блоки параметрів – характеристики території обслуговування та стан пожежної техніки.

2. Перевірено працездатність розробленої математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям з різними характеристиками. Розрахунок середнього часу прямування автотранспорту показав, що обласні центри мають найбільшу різницю швидкостей руху у денний та нічний періоди, яка досягає 40%. При цьому в таких містах спостерігається найбільша нічна швидкість руху, яка лише на 5-7% менша від максимального значення, встановленого технічними характеристиками пожежного автомобіля. Також розрахунки показали, що в містах районного значення та селищах різниця між денним та нічним періодами несуттєва і становить 1-3%, що пояснюється низькою щільністю автомобільного потоку по транспортним комунікаціям. Результати розрахунків та їх аналіз підтвердили працездатність розробленої математичної моделі інтенсивності руху пожежних автомобілів по транспортним комунікаціям з різними характеристиками.

3. Запропонована структура геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами, яка складається із 8 шарів. Наявність представленого комплексу шарів дозволяє збирати та аналізувати інформацію про характер ландшафту локальної території, її забудову, ступінь пожежного ризику, розгалуженість дорожньо-транспортної мережі та стан трафіку, кількість та масштаби пожежі, розташування пожежно-рятувальних підрозділів та кількість сил та засобів оперативно-рятувальних служб на локальній території. Побудова деяких шарів з інтерактивною функцією дозволяє отримувати розширену інформацію про об'єкти забудови, параметри пожежі наявність та місце розміщення пожежно-рятувальних підрозділів та оперативно актуалізувати цю інформацію.

Література

1. Kravtsiv S. Ya., Sobol O. M., Maksimov A. V. The anasysis of integral risks of the territore of Ukraine // Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків. 2016. Вип. 23. С. 53–60. URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/uk/arkhiv-nomeriv/43-vipusk-23>

2. Xia Z., Li H., Chen Y., Yu W. Integrating spatial and non-spatial dimensions to measure urban fire service access // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019. V. 8. P. 138–145. doi: 10.3390/ijgi8030138

3. Kravtsiv S. Ya., Sobol O. M., Samiliv T. Ya. Determination of the limits of the application of the statistical method for evaluation integral fire risks // Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків. 2018. Вип. 27. С. 47–51. URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/uk/arkhiv-nomeriv/47-vipusk-29>
4. Jain S., Jain S., Jain G. Traffic congestion modelling based on origin and destination // Procedia Engineer. 2017. № 187. P. 442–450. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.398
5. Keane R. E. Drury S. A., Karau E. C., Hessburg P. F., Reynolds K. M. A method for mapping fire hazard and risk across multiple scales and its application in fire management // Ecological Modelling. 2010. V. 221. P. 2–18. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2008.10.022
6. Кустов М. В., Тютюник В. В., Федоряка О. І. Оцінка рівня пожежної небезпеки локальної території // Проблеми пожежної безпеки. 2020. №48. С. 67-79. URL: <https://nuczu.edu.ua/ukr/arkhiv-nomeriv/74-zbirka-naukovykh-prats-ppb/3435-vipusk-48>
7. Bolstad P. GIS fundamentals: A first text on geographic information systems. Eider (PressMinnesota). 2016. P. 178. URL: <http://repository.ntt.edu.vn/jspui/handle/298300331/2885>
8. Matthews P. Station Design: A GIS Approach to Fire Station and EMS Projects // Firehouse. 2018. P. 12–18. URL: <https://www.firehouse.com/stations/news/21011087/station-design-a-gis-approach-to-fire-station-and-ems-projects>
9. Liu X., Wang X., Wright G., Cheng J. C., Li X., Liu R. A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS) // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2017. № 6(2). P. 53. doi: 10.3390/ijgi6020053
10. Castronova A. M., Goodall J. L., Elag M. M. Models as web services using the open geospatial consortium (ogc) web processing service (wps) standard // Environmental Modelling & Software. 2013. № 41. P. 72-83. doi: 10.1016/j.envsoft.2012.11.010
11. Alexandris G., Giannikos I. A new model for maximal coverage exploiting GIS capabilities // European Journal of Operational Research. 2010. № 202. P. 328-338. doi: 10.1016/j.ejor.2009.05.037
12. Геоінформаційна система попередження надзвичайних ситуацій. Розроблено MagneticOne Municipal Technologies. 2018. URL: <https://magneticonegis.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c3ee695327424c9390fc610ce55a409b>
13. Morozov V., Iarkov S. The application of lane occupancy parameter for solving tasks of traffic management // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. P. 520-526. doi: 10.1016/j.trpro.2018.12.141
14. Wang W. X., Guo R. J., Yu J. Research on road traffic congestion index based on comprehensive parameters: Taking Dalian city as an example // Advances in Mechanical Engineering. 2018. Vol. 10(6) P. 1–8. doi: 10.1177/1687814018781482
15. Changxi Ma, Jibiao Zhou, Xuecai (Daniel) Xu, Jin Xu, Evolution Regularity Mining and Gating Control Method of Urban Recurrent Traffic Congestion: A Literature Review // Journal of Advanced Transportation. 2020. Vol. 2020. P. 13. doi: 10.1155/2020/5261580
16. Кустов М. В., Соболь О.М., Федоряка О. І. Територіальне розміщення пожежних підрозділів різної функціональної спроможності. // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 33. С. 181-192. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-33-14

17. Şen A., Önden İ., Gökğöz T., Şen C. A GIS approach to fire station location selection // *GeoInformation for disaster management*. 2011. P. 10-15. doi: 10.13140/2.1.2568.4804

18. Linn K. N. Z., Lupin S., Linn H. H. Analysis of the effectiveness of fire station locations using GIS-model // In 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus). 2019. P. 1840-1843. doi: 10.1109/EIconRus.2019.8657048

M. Kustov¹, DSc, Associate Professor, Head of the Scientific Department

Ye. Morshch², DSc, Chief Inspector

O. Fedoryaka¹, Adjunct

A. Soshunsky¹, PhD, Researcher

A. Savchenko¹, PhD, Senior Researcher, Deputy Head of Department

¹*National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

²*Department of Emergency Prevention of the SES*

THE GEOINFORMATION CONTROL SYSTEM OF FIRE DEPARTMENTS

The architecture of the fire information management geographic information system has been developed using standard extensions for SQL servers and includes at least 7 layers, some of which have interactive connections with additional databases. The developed architecture allows to solve a complex of questions of management of fire divisions, both at a stage of designing of building of local territory and during management of process of fire extinguishing in this territory. Integrating data with the distribution of fire risk in the local area and the location of fire and rescue units in an interactive form will optimize the location of fire and rescue units at the construction stage, as well as determine the relevance of existing buildings to fire risk levels. Integration into the geographic information system of the database with the description of potentially dangerous objects and objects of increased danger allows the fire chief to promptly obtain information about the object, to determine in advance the existing dangers, methods of extinguishing, location of forces and means and to establish operational communication with representatives of the object for successful fire-fighting. Interactive information on the availability of rescue equipment in the relevant units and the state of the transport network on the way to the fire allows the fire chief and the operational dispatch service to quickly determine what type and number of equipment and personnel can be used to eliminate a fire, determine the arrival time to the place of the call, as well as quickly redirect reserves if necessary. The combined use of the developed architecture of the geographic information system with a satellite traffic control system allows to control the movement of rescue units and redistribute forces and resources within the local area.

Keywords: geoinformation system, technological scheme, GIS platform, interactive layers, local territory, service area, location of divisions

References

1. Kravtsiv, S. Ya., Sobol, O. M., Maksimov, A. V. (2016). The analysis of integral risks of the territory of Ukraine. *Problems of emergencies situation*, 23, 53-60. URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/uk/arkhiv-nomeriv/43-vipusk-23>

2. Xia, Z., Li, H., Chen, Y., Yu, W. (2019). Integrating spatial and non-spatial dimensions to measure urban fire service access. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8, 138–145. doi: 10.3390/ijgi8030138

3. Kravtsiv, S. Ya., Sobol, O. M., Samiliv, T. Ya. (2018). Determination of the limits of the application of the statistical method for evaluation integral fire risks. *Problems of emergencies situation*, 27, 47-51. URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/uk/arkhiv-nomeriv/47-vipusk-29>

4. Jain, S., Jain, S. S., Jain, G. (2017). Traffic congestion modelling based on origin and destination. *Procedia Engineering*, 187, 442-450. doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.398

5. Keane, R. E. Drury, S. A., Karau, E. C., Hessburg, P. F., Reynolds, K. M. (2010). A method for mapping fire hazard and risk across multiple scales and its application in fire management. *Ecological Modelling*, 221, 2-18. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2008.10.022

6. Kustov, M. V., Tyutyunyk, V. V., Fedoryaka, O. I. (2020). Assessment of the level of fire danger in the local area. *Fire safety problems*, 48, 67-79. URL: <https://nuczu.edu.ua/ukr/arkhiv-nomeriv/74-zbirka-naukovykh-prats-ppb/3435-vipusk-48>
7. Bolstad, P. (2016). *GIS fundamentals: A first text on geographic information systems*. Eider (PressMinnesota), 178. <http://repository.ntt.edu.vn/jspui/handle/298300331/2885>
8. Matthews, P. (2018). Station Design: A GIS Approach to Fire Station and EMS Projects. *Firehouse*, 12-18. URL: <https://www.firehouse.com/stations/news/21011087/station-design-a-gis-approach-to-fire-station-and-ems-projects>
9. Liu, X., Wang, X., Wright, G., Cheng, J. C., Li, X., Liu, R. (2017). A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(2), 53. doi: 10.3390/ijgi6020053
10. Castronova, A. M., Goodall, J. L., Elag, M. M. (2013). Models as web services using the open geospatial consortium (ogc) web processing service (wps) standard. *Environmental Modelling & Software*, 41, 72-83. doi: 10.1016/j.envsoft.2012.11.010
11. Alexandris, G., Giannikos, I. (2010). A new model for maximal coverage exploiting GIS capabilities. *European Journal of Operational Research*, 202, 328-338. doi: 10.1016/j.ejor.2009.05.037
12. Geoinformation system of emergency prevention. Developed by MagneticOne Municipal Technologies. 2018. URL: <https://magneticonegis.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c3ee695327424c9390fc610ce55a409b>
13. Morozov, V., Iarkov, S. (2018). The application of lane occupancy parameter for solving tasks of traffic management. *Transportation research procedia*, 36, 520-526. doi: 10.1016/j.trpro.2018.12.141
14. Wang, W. X., Guo, R. J., Yu, J. (2018). Research on road traffic congestion index based on comprehensive parameters: Taking Dalian city as an example. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(6), 1-8. doi: 10.1177/1687814018781482
15. Changxi Ma, Jibiao Zhou, Xuecai (Daniel) Xu, Jin Xu. (2020). Evolution Regularity Mining and Gating Control Method of Urban Recurrent Traffic Congestion: A Literature Review. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 13. doi: 10.1155/2020/5261580
16. Kustov, M. V., Sobol, O. M., Fedoryaka, O. I. (2021) Territorial location of fire departments of different functional capacity. *Problems of emergencies*, 33, 181-192. doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-14
17. Şen, A., Önden, İ., Gökgöz, T., Şen, C. (2011). A GIS approach to fire station location selection. *GeoInformation for disaster management*, 10-15. doi: 10.13140/2.1.2568.4804
18. Linn, K. N. Z., Lupin, S., Linn, H. H. (2019). Analysis of the effectiveness of fire station locations using GIS-model. In 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), 1840-1843. doi: 10.1109/EIconRus.2019.8657048

Надійшла до редколегії: 08.10.2021

Прийнята до друку: 16.11.2021