

• Інтеграція II: інтеграція регіональних інформаційних інфраструктур в національну і світову інформаційну інфраструктуру

6. Конвергентні мережі та інформаційні інфраструктури

На рис. 6 подані конвергентні інформаційні інфраструктури як інтеграція телекомунікаційних систем, інформаційно-обчислювальних та медіа-аудіовізуальних систем.

На рис. 7.а, 7.б, 7.в наведенана база для створення конвергентних інформаційних інфраструктур. Схематично розглянуті універсальні засоби (УЗ) обробки сигналів, передачі сигналів.

7. Висновок

1. Запропоновано модель і базову концепцію для розробки і створення інформаційних інфраструктур різних рівнів.
2. Запропоновано і досліджено інформаційно-аналітичну систему управління інформаційною інфраструктурою; при цьому розглянуті експертно-діагностична система відбору, обробки, і збереження даних, інформаційні ресурси та технології.
3. Розглянуто комп'ютерні мережі (*Internet* та локальні мережі) для обслуговування інформаційних інфраструктур.
4. Введено поняття конвергентних інформаційних інфраструктур.
5. Досліджено питання розробки інформаційного забезпечення систем і процесів керування, прийняття рішень для інформаційних інфраструктур.

1. Закон України "Про Національну програму інформатизації" від 4.02.1998 р.
2. Закон України "Про Концепцію Національної програми інформатизації" від 4.02.1998 р.
3. Закон України "Про затвердження Завдань Національної програми інформатизації на 1998-2000 роки" від 4.02.1998 р.
4. *Urbanek A.* Sieci Konwergentne. Warszawa. 2000.

УДК 681.3:614.842.86

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ ПРЯМУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДО МІСЦЯ ПОЖЕЖІ

© Тарас Рак

НУ "Львівська політехніка", м. Львів, вул. С. Бандери, 12

Запропоновано метод визначення оптимального шляху прямування пожежних автомобілів до місця пожежі, який базується на використанні елементів теорії графів.

The article deals with the definition of the optimal way of fire-engines movement to a place of the fire, which is based on the use of elements of the graph theory.

Підсистемою комп'ютеризованої системи управління пожежною охороною [1,2], призначеною для покращання оперативного управління, є система оперативного управління (СОУ), що являє собою сукупність функціональних та системних завдань щодо забезпечення автоматизації оперативно-диспетчерського управління [1-3]. Вона об'єднує такі підзадачі:

- оперативне управління - отримання даних про пожежі підвищеного рангу, прийняття рішень, відпрацювання управлінських дій; отримання інформації про особливо важливі об'єкти; планування роботи оперативних служб та контроль за виконанням планів;
- виїзд - введення даних про пожежу, визначення телефонного номера заявника; автоматизований пошук та видача інформації про об'єкти, що охороняються; визначення "головної" пожежної частини, типів та складу пожежної техніки, найменування та категорії об'єкта, на якому виникла пожежа, формування та передача наказів на виїзд пожежної техніки, які містять всі необхідні для виїзду відомості тощо;
- ситуація - отримання інформації з місця пожежі про хід її гасіння, про наявність керівництва та техніки, формування списку особового складу для сповіщення при підвищених рангах пожеж або екстремальних ситуацій;
- передислокація - забезпечення тимчасової передислокації пожежної техніки з формуванням і переданням наказів на передислокацію з вказуванням причин;
- зведення - отримання щодоби даних про виїзди пожежних підрозділів, а також аналіз статистичних даних за адміністративно-територіальними зонами, районами обслуговування пожежних частин; введення та формування даних про ліквідовані пожежі; автоматизований контроль за змінами в стані пожежної техніки;
- стройова записка - формування, відображення та друкування записки про стан пожежної техніки, наявність особового складу та засобів пожежогасіння;
- виїзд на заняття - формування запиту про виїзд на заняття пожежного підрозділу та контроль за його виконанням;
- розрахунок - оперативне отримання нормативно-довідкової інформації; введення даних про сильнодіючі та отруйні речовини, засоби та методи їх гасіння; розрахунок сил і засобів для гасіння споруд, резервуарів тощо.

Одною з найважливіших підзадач є виїзд, а особливо формування та передача наказів на виїзд пожежної техніки, які містять всі необхідні для виїзду відомості.

Більш ніж для 50% пожеж час прибуття першого пожежного підрозділу вкладається в інтервал від 4 до 10 хвилин [4]. Однак у великих містах, якщо пожежа стається на об'єктах, що знаходяться на невеликих, маловідомих для водіїв пожежних частин вулицях, час прибуття пожежного підрозділу значно зростає.

Для вирішення цієї проблеми при виїзді пожежного підрозділу до місця пожежі формується план з оптимальним маршрутом до об'єкта. Для цього план території, яку обслуговує кожна пожежна частина, представляється у вигляді графа $G(V, E)$, де V - множина вершин графа (точок перетину вулиць), E - множина ребер графа (вулиць або відрізків вулиць). Тоді дана задача зводиться до відомої задачі пошуку найкоротшого шляху між двома вершинами графа [5, 6]. Для вирішення цієї задачі відомі методи розв'язання, наприклад метод Беллмана-Форда [5] зі складністю $O(n^3)$, метод Дейкстра [5, 6] зі складністю $O(n^2)$, метод Флойда-Уоршела [5] та інші. Перші два алгоритми знаходять найкоротші шляхи від даного вузла до всіх інших вузлів, а третій алгоритм знаходить найкоротші шляхи від всіх вузлів до всіх інших вузлів. Всі ці алгоритми базуються на теорії графів. Ці алгоритми досить складно реалізуються програмно і вимагають значних затрат машинного часу та ресурсів [6].

Пропонується метод, в якому, враховуючи специфіку задач пожежної охорони, для пошуку оптимального шляху використовується геометричний спосіб з елементами теорії графів. Вузли графа - це точки перетину вулиць, які характеризуються відносними координатами (x, y) з пожежною частиною як початком координат. Ребра - це вулиці або відрізки вулиць. Кожне ребро характеризується величиною, яка визначається довжиною та безпечною швидкістю і задає час проїзду:

$$T_d = S/v,$$

де S - довжина ребра, км; v - швидкість руху, яка визначається безпечною швидкістю v_0 та швидкістю в "час пік" v_{in} , км/год.

Безпечна швидкість v_0 - це швидкість, при якій водій повинен встигнути зреагувати на перешкоду на шляху. Це величина, яка враховує час виїзду (нічний чи денний час), стан покриття (сухе, мокре, ожеледиця) і визначається такою формулою [8]

$$v_0 = \frac{127}{k_2} \varphi \left[-\frac{T}{3.6} + \sqrt{\left(\frac{T}{3.6}\right)^2 + \frac{k_2}{63.5} \frac{3.91}{k}} \right];$$

де φ - коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою, який залежить від стану покриття [7] (див. таблицю):

Покриття	φ
Сухий асфальт	0.7
Мокрий асфальт	0.5
Суха ґрунтова дорога	0.6
Мокра ґрунтова дорога	0.4
Засніжена дорога	0.2
Ожеледиця	0.1

T - час реакції водія, для розрахунків приймається $T = 1.8$ с. [7]; k_2 - коефіцієнт ефективності гальмування, визначається масою автомобіля і для автомобілів масою більше ніж 9 тонн (цей параметр характерний для абсолютної більшості пожежних автомобілів) приймається $V = 2.4$; k - коефіцієнт розсіювання світлових променів в атмосфері; чим більший коефіцієнт розсіювання, тим менша дальність видимості [9], величин: $S_m =$

$3.91/k$ визначає дальність видимості в метрах і залежить від погодних умов.

Підставивши відповідні коефіцієнти в формулу, отримуємо залежність безпечної швидкості від коефіцієнта зчеплення коліс з дорожнім покриттям і від дальності видимості (тобто від погодних умов):

$$v_0 = 52.92 \phi \left[-0.5 + \sqrt{0.25 + 0.038 S_m} \right]$$

Швидкість v_0 обчислюється за вказаною формулою лише для великих швидкісних магістралей, а для невеликих міських вулиць вона визначається на основі з досвіду і становить, як правило, 30-50 км/год.

Швидкість в "час пік" $v_{ин}$ визначається для основних магістралей окремо, експериментально, на основі виходячи з їх завантаженості. Крім цього, завантаженість доріг може визначатись системами моніторингу стану дорожнього руху в містах, які останнім часом починають широко впроваджуватись як за кордоном в розвинутих країнах, так і на теренах СНД [10].

Результівна швидкість визначається так:

$$v = \min(v_0, v_{ин}) .$$

В загальному випадку метод знаходження оптимального шляху формулюється так.

Нехай P - множина, яка містить вузли оптимального шляху між вихідним вузлом S і вузлом призначення D (на початку $P = \{S\}$), d_{ij} - відстань між вузлами i та j або час руху між вузлами i та j . D_i - найкоротша відстань від вузла i до вузла s (час руху).

На початку $s = S$, $d = D$ і $i = s$.

Пошук шляху:

1. Пошук наступного вузла. Знайти таке $j \notin P$, що

$$D_i = \min_{j, j \notin P} (d_{ij} + l_{jd}) ,$$

де $l_{jd} = \sqrt{(x_j - X)^2 + (y_j - Y)^2} / V_{сеп}$ - абсолютна відстань від вузла j до вузла d ; X, Y - координати вузла d ; x_j, y_j - координати поточного вузла; $V_{сеп}$ - середня швидкість руху для даного вузла.

Якщо для i -го вузла виконуються такі умови

- $\exists j \notin P$ - тупиковий варіант;

- $l_{id} \gg l_{(i-1)d}$ - зациклювання,

то повернутись до попереднього $i-1$ -го вузла і знайти

$$D_{i-1} = \min_{j, j \notin P, j \neq i} (d_{(i-1)j} + l_{jd}) .$$

2. Виконати $P = P \cup \{j\}$, $i = j$. Якщо $i \neq d$, то виконати пункт 1, інакше виконати пункт 3.

3. Скопіювати множину P в P_1 ; $\forall i \in P, i \in P_1$. Виконати пункт 1, вважаючи $d = S$, $s = D$ і $P = \{s\}$. Якщо досягнуто вихідного вузла S , то множина P_1 містить вузли, через які проходить шлях з S до D , а множина P містить вузли, через які

проходить шлях з D до S .

4. Порівняти дві множини. Якщо вони збігаються, тобто $P = P_1$, то найкоротший шлях містить множина P . Якщо множини не збігаються, тобто $P \neq P_1$, то, послідовно переглядаючи обидві множини, виконати такі дії:

- якщо відповідні за послідовністю вузли збігаються, то один з них записати в результуючу множину $P_{рез}$;
- якщо відповідні за послідовністю вузли не збігаються, то виконувати пошук до першого вузла, що збігаються; отримані послідовності вузлів, що не збігаються, з обидвох множин порівняти, визначити коротшу і дописати в множину $P_{рез}$;
- попередні дії повторювати, поки не буде досягнуто кінця множин P і P_1 .

В результаті множина $P_{рез}$ містить послідовність вузлів, які складають найкоротший шлях з S до D . Алгоритм закінчує свою роботу.

Обмеження накладені в пункті 1, дають змогу уникнути таких ситуацій, як тупик та зациклювання.

Метод придатний для пошуку найкоротших шляхів між об'єктами, які прив'язані до місцевості і задані координатами на площині. Величина 1 використовується для прогнозування наближення до вузла призначення.

Приклад застосування методу (див. рисунок).

Необхідно знайти найкоротший шлях з вузла 1 до вузла 7. Біля кожного ребра вказано його довжину.

На першому кроці $P = \{1\}$. Для кожного вузла, який зв'язаний з 1 визначається

$$D_{12} = d_{12} + l_{27}; \quad D_{13} = d_{13} + l_{37}; \quad D_{15} = d_{15} + l_{57}.$$

Як видно з рисунка мінімальним є D_{15} , перевіряються умови, задані в пункті 1. Вузла призначення не досягнуто, тому для вузла 5

$$D_{56} = d_{56} + l_{67}; \quad P = \{1, 5, 6\}.$$

Наступний крок - розглядається вузол 6:

$$D_{63} = d_{63} + l_{67}; \quad D_{67} = d_{67} + l_{67}.$$

Зрозуміло, що мінімальним є D_{67} . Перевіримо умови і множина $P = \{1, 2, 3\}$ містить шлях з 1 в 7, але, як видно з рисунка, це не є найкоротший шлях, тому що виникла ситуація трикутника між вузлами 1, 3, 6, 5. Для усунення цієї ситуації призначений пункт 3 алгоритму, який дає змогу виконати алгоритм повторно, але шукаючи шлях з вузла 7 до вузла 1.

Отже, копіюємо P в P_1 : $\forall i \notin P, i \in P_1$, тобто $P_1 = \{1, 5, 6, 7\}$.

Так само як і при першому проході алгоритму виконуємо послідовність дій $P = \{7\}$. Для вузла 7

$$D_{74} = d_{74} + l_{41}; \quad D_{76} = d_{76} + l_{61}.$$

Мінімальним буде D_{76} і відповідно $P = \{7, 6\}$. Повторюємо попередні дії для вузла 6

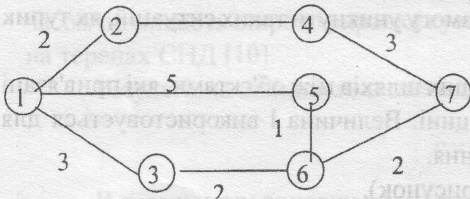
$$D_{65} = d_{65} + l_{51}; \quad D_{63} = d_{63} + l_{61}.$$

Мінімальним буде D_{63} , доповнюється $P = \{7, 6, 3\}$. Виконуються обчислення для вузла 3

$$D_{31} = d_{31} + l_{31}.$$

Після цього отримуємо множину $P = \{7, 6, 3, 1\}$. Переписуємо її з кінця, тобто $P = \{1, 3, 6, 7\}$. Порівнюємо послідовно дві множини P та $P_1 = \{1, 5, 6, 7\}$ і вибираємо, згідно з алгоритмом, послідовності вузлів, які не збігаються. В нашому випадку це $\{1, 3, 6\}$ у множині P та $\{1, 5, 6\}$ у множині P_1 . Вибираємо коротшу з них і записуємо в множину $P_{\text{рез}} = \{1, 3, 6\}$, решта вузлів збігаються, тому їх також дописуємо до множини $P_{\text{рез}} = \{1, 3, 6, 7\}$, яка тепер містить оптимальний шлях.

Даний метод, на відміну від вище-наведених алгоритмів пошуку найкоротшого шляху, не вимагає початкового визначення множини вузлів, серед яких буде проводитись пошук оптимального шляху. Його складність залежить від кількості ребер у вузлах і в найгіршому випадку оцінюється як $O[2(m-1)n]$, де n - кількість вузлів,



Приклад графа

m - максимальна кількість ребер у вузлі. Як видно, вона є меншою ніж у зазначених вище методах. Метод придатний для виконання пошуку оптимального шляху при великих кількостях вузлів графа з високою швидкістю і достатньою імовірністю. Визначення довжини шляху через час робить метод чутливим до довілля: задавши ϕ та S_m , отримуємо зміну всіх довжин шляхів залежно від погодних умов.

Описаний метод визначення маршруту може бути використаний не лише для служби пожежної охорони, але й для інших служб оперативного реагування, для яких є важливим час реакції, наприклад, служба швидкої допомоги, міліція і т.п.

1. Рак Т. Особливості побудови комп'ютеризованої системи управління регіональною пожежною охороною. Вісн. НУ "Львівська політехніка", 1997. № 322.
2. Скомарський В. Інформаційно-керуюча системи пожежної безпеки України// Пожежна безпека. 1997. № 4. С. 9-11.
3. Скомарський В. Зв'язок в Державній пожежній охороні та перспективи його розвитку//Пожежна безпека. 1997. № 6. С. 13-14.
4. А.А.Гудков, Р.А.Заринов, Н.А.Зуева. Определение времен развития и тушения пожаров. Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков// Мат. XV науч.-практ. конф. Ч.2. М., 1999.
5. Бартсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных. -М., 1989.
6. Компьютер и задачи выбора/ Сб. ст.-М., 1989
7. Водитель и дорога / Балтаков А.И., Звонов В.Ф., Круглов Г.Е. - Минск, 1989.
8. Левин К.М. Безопасность движения автомобилей в условиях ограниченной видимости. - М., 1979.
9. Грибанов А.И. Методы расчета видимости при направленном освещении. М.-Л., 1955.
10. Коржова Н. Обезжайте красные стрелки// "Computerworld Россия", № 8, 2000.