

3. Янютин Е.Г., Янчевский И.В. Импульсные воздействия на упруго деформируемые элементы конструкций.—Харьков: ХГАДТУ (ХАДИ), 2001.—184 с.
4. Поручиков В.Б. Методы динамической теории упругости.— М.: Наука, 1986.—328 с.
5. Фридман Л.И. Динамическая задача теории упругости для тел канонической формы. //Прикл. механика.—1987.—т.23, №12.—С. 102–108.
6. Диткин В.А., Прудников А.П. Справочник по операционному исчислению.—М.: Высш. шк., 1965.—467 с.

## УДК 351.861

*Соболь О.М., канд. техн. наук, докторант, УЦЗУ*

### **РАЦІОНАЛЬНЕ РОЗБИТТЯ МІСТА НА РАЙОНИ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СТАНЦІЙ ШВИДКОЇ ДОПОМОГИ**

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

В роботі наведено моделювання раціонального розбиття міста на райони ефективного функціонування станцій швидкої допомоги з урахуванням обмежень щодо існуючої сітки доріг, рельєфу місцевості та розподілу щільності населення по районах міста.

**Постановка проблеми.** Захист населення, об'єктів економіки, національного надбання від згубного впливу надзвичайних ситуацій техногенного, природного або іншого характеру є основною складовою функціонування Єдиної державної системи цивільного захисту населення і територій (ЄСЦЗ). Але на теперішній час актуальною є проблема зменшення кількості постраждалих та загиблих внаслідок надзвичайних ситуацій різного характеру. Так, аналіз Національних доповідей про стан техногенної та природної безпеки України за останні чотири роки свідчить про те, що кількість загиблих та постраждалих людей внаслідок виникнення тієї чи іншої надзвичайної ситуації достатньо висока. Якщо розглянути таку надзвичайну подію як пожежа, то середня кількість загиблих за рік на 100 пожеж в Україні перевищує середній світовий показник майже в 6 разів [1,2]. Тому для вирішення вищезазначеної проблеми необхідне розв'язання цілого ряду задач, серед

яких достатньо важливе місце займають задачі раціонального територіального розподілу сил та засобів цивільного захисту.

Згідно Закону України «Про правові засади цивільного захисту» [3] до основних заходів цивільного захисту відноситься медичний захист населення та забезпечення епідемічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій. Тому однією із задач, що дозволять вирішити проблему зменшення кількості постраждалих та загиблих внаслідок надзвичайних ситуацій, є задача раціонального розбиття територій на райони ефективного функціонування станцій швидкої допомоги. Тут під ефективністю функціонування мається на увазі прибуття автомобіля швидкої допомоги до місця події (виклику) за час, що не перевищує встановлений, та достатню кількість автомобілів швидкої допомоги для обслуговування району виїзду.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботі [4] наведено ряд задач геометричного проектування, розв'язання яких дозволяє визначити райони функціонування територіально розподілених елементів підсистем ЄСЦЗ, серед яких зазначена й задача раціонального розміщення медичних закладів (станцій швидкої допомоги у тому числі). В роботі [4] зазначено, що більшість наведених задач геометричного проектування відносяться до задач раціонального розбиття певної точкової множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей та нерівностей. В роботі [5] також зазначено, що задача розподілу міста на зони й розміщення в них станцій швидкої допомоги відноситься до задач розбиття точкової множини на підмножини, але наведений математичний апарат застосовується для розбиття лише неперервних множин, при цьому при розв'язанні «багатопродуктових» задач (де «продукт» - це певний критерій, за яким виконується розбиття точкової множини), отримано окремі розбиття для кожного «продукту», тобто для всіх «продуктів» в комплексі задача не розв'язується. Таким чином, для розв'язання задачі раціонального розбиття територій на райони ефективного функціонування станцій швидкої допомоги даний математичний апарат є не пристосованим.

Що стосується вимог до розміщення станцій швидкої допомоги, то вони наведені в ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень [6].

**Постановка завдання та його вирішення.** Нехай задана деяка множина  $S_0$  (місто) у просторі  $R^2$ , яка у загальному випадку

є неопуклою та багатозв'язною і являє собою  $\varphi$  - об'єкт [7]. На даній множині задано як дискретні (існуюча сітка доріг), так і неперервні (рельєф місцевості, розподіл щільності населення за районами міста) характеристики. Що стосується дискретної характеристики, то вона може бути заданою за допомогою наступної матриці

$$d = \begin{bmatrix} 0 & d_{1,2} & \dots & d_{1,P} \\ d_{2,1} & 0 & \dots & d_{2,P} \\ \vdots & & & \vdots \\ d_{P,1} & \dots & d_{P,P-1} & 0 \end{bmatrix}$$

де  $P$  - кількість перехресть.

Елементи матриці  $d$  дозволяють визначити зв'язок між відповідними перехрестями. Так, наприклад, якщо елемент  $d_{1,2} = 0$ , то зв'язку між перехрестями 1 та 2 не існує. У протилежному випадку зв'язок між перехрестями існує, а елемент  $d_{1,2}$  являє собою математичне очікування швидкості пересування автомобіля швидкої допомоги між відповідними перехрестями. Необхідно зазначити, що ненульові елементи матриці  $d$  можуть також визначатися згідно [6]. Матриця  $d$  дозволяє врахувати таку неперервну характеристику, що задана на множині розбиття, як рельєф місцевості, і, при цьому, враховує рівень завантаженості доріг на відповідних ділянках та напрямки дорожнього руху (одnobічний, двобічний).

Таким чином, необхідно розбити задану множину на мінімальну кількість підмножин  $S_i$  (райони функціонування станцій швидкої допомоги),  $i = 1, \dots, n$ , таким чином, щоб кількість підмножин була мінімальною, підмножини не перетиналися, час прибуття автомобіля швидкої допомоги  $T_{\max}^a(S_i)$  у найвіддаленішу точку району виїзду, згідно з [6], не перевищував  $T^* = 15$  хвилин, при цьому на 10000 населення має припадати 1 автомобіль швидкої допомоги, та кількість автомобілів швидкої допомоги  $N^a(S_i)$  для однієї станції не перевищувала задану  $N_{\max}^a$ . Тобто:

$$\min_W n(d), \tag{1}$$

де  $W$

$$\left( \bigcup_{i=1}^n S_i \right) \cap cS_0 = \emptyset; \quad (2)$$

$$\left( \bigcup_{i=1}^n S_i \right) \cap S_0 = S_0; \quad (3)$$

$$S_i \cap S_k = \emptyset; \quad (4)$$

$$T_{\max}^a(S_i) \leq T^*; \quad (5)$$

$$N^a(S_i) \leq N_{\max}^a; \quad (6)$$

$i, k = 1, \dots, n; i \neq k$ ; причому  $S_0 \cup cS_0 = R^2$ .

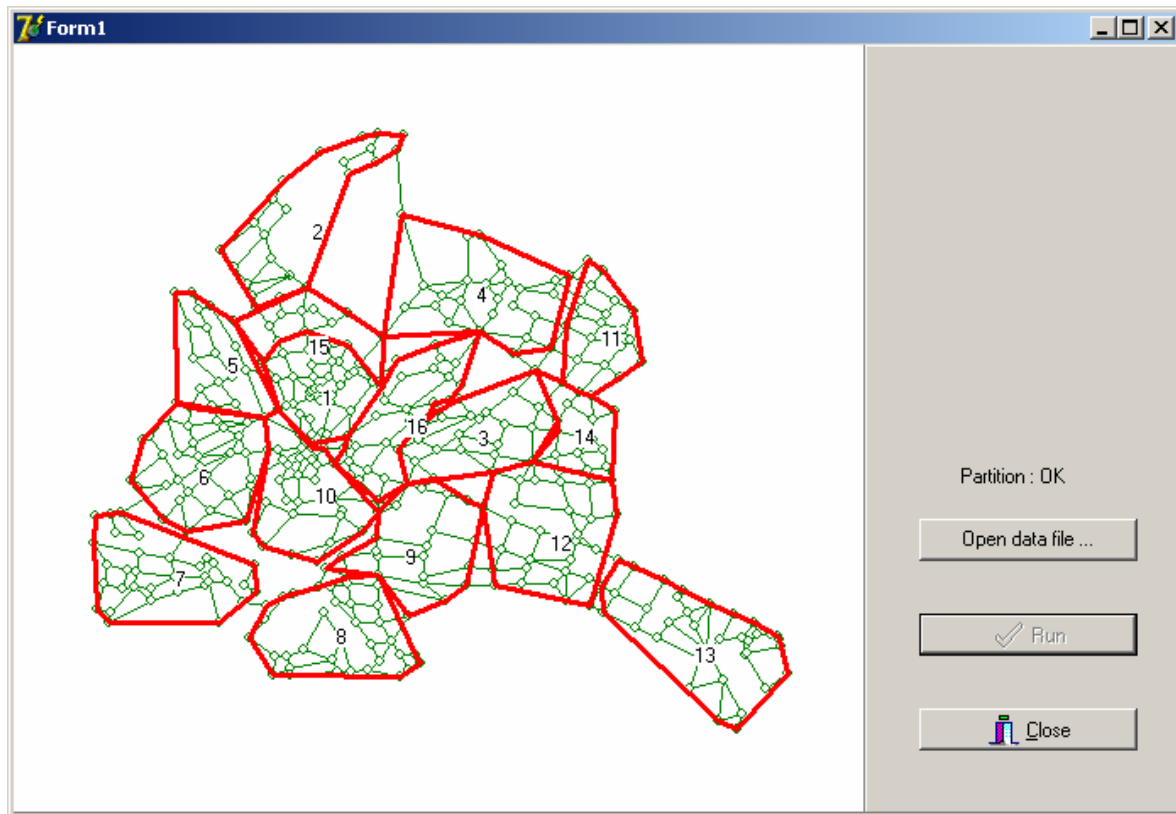
Необхідно відзначити, що обмеження (2) являє собою умову належності підмножин множині розбиття, обмеження (3) – умову розбиття всієї множини, обмеження (4) – умову взаємного неперетину підмножин розбиття, обмеження (5)÷(6) – додаткові умови розбиття, причому обмеження (6) дозволяє врахувати таку неперервну характеристику, як розподіл щільності населення по районах міста.

Математичну модель задачі розбиття точкової множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей та нерівностей наведено в роботі [8].

Виходячи з того, що область припустимих рішень для задачі (1)÷(6) є дискретною, то для її розв'язання було використано методи дискретної оптимізації. Результати комп'ютерного моделювання раціонального розбиття міста Харкова на райони функціонування станцій швидкої допомоги наведено на рис. 1.

Необхідно зауважити, що розрахункова швидкість автомобіля швидкої допомоги була встановлена 40 км/год., що відповідає швидкості пересування автомобіля в житловій забудові згідно [6]. Час слідування автомобіля швидкої допомоги між найвіддаленішими точками району виїзду складає 15 хвилин. Інакше кажучи, певний район виїзду, що зазначений на рис. 1, є областю припустимих розміщень для станції швидкої допомоги, тобто час прибуття автомобіля швидкої допомоги з будь-якої точки району виїзду

до найвіддаленішої точки не буде перевищувати нормативний, що заданий в [6].



**Рис. 1 – Результат розбиття м. Харкова на райони функціонування станцій швидкої допомоги**

Інформація про необхідну кількість автомобілів для станцій швидкої допомоги визначається в залежності від щільності населення в районі виїзду і записується у відповідний файл. В даному прикладі максимальна кількість автомобілів для однієї станції швидкої допомоги складала  $N_{\max}^a = 20$  шт.

Слід також відзначити, що при формуванні районів функціонування станцій швидкої допомоги аналізувалися всі можливі шляхи слідування автомобілів між перехрестями міста.

**Висновки.** В даній роботі наведено моделювання раціонального розбиття міста на райони ефективного функціонування станцій швидкої допомоги. Для цього вперше було розв'язано задачу розбиття точкової множини на підмножини з одночасним урахуванням як дискретних, так і неперервних обмежень. Це дозволяє робити науково обґрунтовані рекомендації щодо кількості

станцій швидкої допомоги в місті та щодо необхідної кількості автомобілів швидкої допомоги для кожної станції.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пожарные риски. Вып. 1. Основные понятия / Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – 57 с.
2. Пожарные риски. Вып. 2. Динамика пожарных рисков / Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2005. – 82 с.
3. Закон України від 24.06.2004 р. №1859-IV “Про правові засади цивільного захисту”.
4. В.М. Комяк, О.М. Соболев. Єдина державна система цивільного захисту населення і територій та задачі геометричного моделювання, що характерні для її підсистем / Геометричне та комп’ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ. – 2005. - Вип. 11. – С. 25-30.
5. Е.М. Киселева, Н.З. Шор. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы приложения: Монография. – К.: Наукова думка. – 2005. – 564 с.
6. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.
7. Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наукова думка, 1986. – 268 с.
8. В.М. Комяк, О.М. Соболев. Математична модель задачі розбивання множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей та нерівностей. / Вестник Херсонского национального технического университета. Вып. 2(22). – Херсон: ХНТУ. – 2005. – с. 152-156.