

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

МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗБИВАННЯ МІСТА НА РАЙОНИ ВИЇЗДУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

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

В роботі наведено моделювання раціонального розбивання міста на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів з використанням заданого нормативного часу прибуття підрозділу до місця надзвичайної події

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). Значні зусилля центральних та місцевих органів виконавчої влади спрямовуються на підвищення рівня захищеності населення і територій від надзвичайних ситуацій, однак ці дії супроводжуються рядом проблем, серед яких велике значення має проблема розподілу сил, засобів та ресурсів цивільного захисту. Так, в Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки України у 2004 році зазначено, що серед основних проблем цивільного захисту є наступні:

- послаблення захищеності територій внаслідок прискореного та науково не обґрунтованого реформування військ цивільної оборони;
- серйозні складності при комплектуванні особового складу за контрактом регіональних та територіальних загонів Оперативно-рятувальної служби.

В Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки України у 2005 році зазначено, що до проблемних питань відноситься наступне:

- недостатні регіональні запаси матеріальних засобів на випадок надзвичайних ситуацій.

Вказано, що зазначені проблемні питання мають бути під постійною увагою центральних та місцевих органів виконавчої влади, а їх вирішення - пріоритетними завданнями в галузі техногенно-природної безпеки.

Таким чином, можна зробити висновок, що проблема раціонального розподілу сил, засобів та ресурсів цивільного захисту є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1], відповідно до цілей, принципів та завдань цивільного захисту [2], було виконано декомпозицію ЄСЦЗ на основні підсистеми 2-х рівнів. В роботі [3] наведено ряд задач геометричного проектування, що виникають у підсистемах ЄСЦЗ, серед яких більшість являють собою задачі раціонального розподілу сил та засобів цивільного захисту. В роботі [3] також зазначено, що більшість наведених задач геометричного проектування відносяться до задач раціонального розбивання певної точкової множини на підмножини (наприклад, раціональне розбивання певної області на райони обслуговування підрозділами відповідних служб). Методи та алгоритми розв'язання задач розбивання наведено в роботах [4] та [5], але зазначені методи та алгоритми далеко не завжди можна застосувати до задач, що характерні для сфери цивільного захисту.

Постановка завдання та його вирішення. В даній роботі розглянемо моделювання розбивання певної області (наприклад, міста) на райони виїзду підрозділів пожежно-рятувальної служби (одна із задач раціонального розподілу сил та засобів цивільного захисту).

Змістовна постановка задачі наступна. Нехай задана деяка множина S_0 (місто) у просторі R^2 , яка у загальному випадку є неопуклою та багатозв'язною і являє собою φ - об'єкт [6]. Необхідно розбити задану множину на мінімальну кількість підмножин S_i (райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів), $i = 1, \dots, n$, таким чином, щоб кількість підмножин була мінімальною, підмножини не перетиналися, будь яка точка множини S_0 належала певній підмножині S_i , та час слідування між двома найвіддаленішими точками S_i не перевищував заданий. Тобто

$$\min_{x \in W} n(x), \quad (1)$$

де W

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

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

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

$$T_{\max}(S_i) \leq 2T^*; \quad (5)$$

$$i, k = 1, \dots, n; i \neq k;$$

причому $S_0 \cup cS_0 = R^2$.

Тут $T_{\max}(S_i)$ – максимальний час слідування пожежно-рятувального підрозділу між двома найвіддаленішими точками району виїзду S_i , $i = 1, \dots, n$; T^* – заданий час прибуття пожежно-рятувального підрозділу у найвіддаленішу точку району виїзду.

Необхідно відзначити, що обмеження (2) являє собою умову належності підмножин множині розбивання, обмеження (3) – умову розбивання всієї множини, обмеження (4) – умову взаємного неперетину підмножин розбивання, обмеження (5) – додаткову умову розбивання.

Математична модель та метод розв'язання даної задачі наведено у роботі [7], але побудова підмножин розбивання S_i , $i = 1, \dots, n$, на відміну від [7], здійснюється так, як це наведено на рис. 1 ($r = 2V^*T^*$, де V^* – розрахункова швидкість руху пожежно-рятувального автомобіля).

На основі розробленої математичної моделі та метода розв'язання задачі, створено алгоритмічне та програмне забезпечення, результати якого наведені на рис. 2. Слід зазначити, що в даному прикладі розрахункова швидкість пожежно-рятувального автомобіля становила $V^* = 40$ км/год., час прибуття пожежно-рятувального підрозділу у найвіддаленішу точку району виїзду – $T^* \leq 6$ хв. Час розв'язання задачі – 5 хв. Тимчасовим недоліком розробленого програмного забезпечення є те, що воно не враховує реальної сітки доріг міста, рельєфу місцевості та завантаженості доріг.

На рис. 3 наведено результати роботи геоінформаційної системи «ГІС ПО», створеної АТ «СПАЭРО Плюс» (м. Харків) для ГУ

МНС України в Харківській області, причому райони виїзду визначалися виходячи із наступних критеріїв:

А) середньої швидкості руху пожежно-рятувального автомобіля;

Б) часу прибуття пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику.

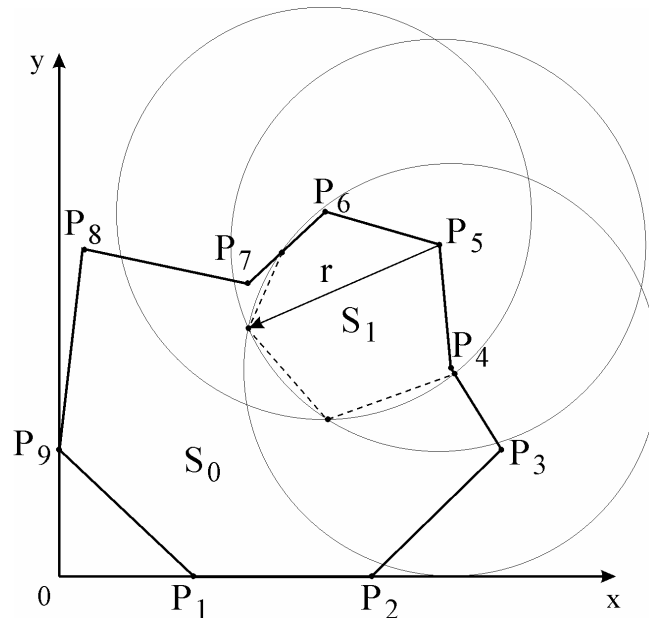


Рис. 1 – Приклад побудови підмножини розбивання S_1

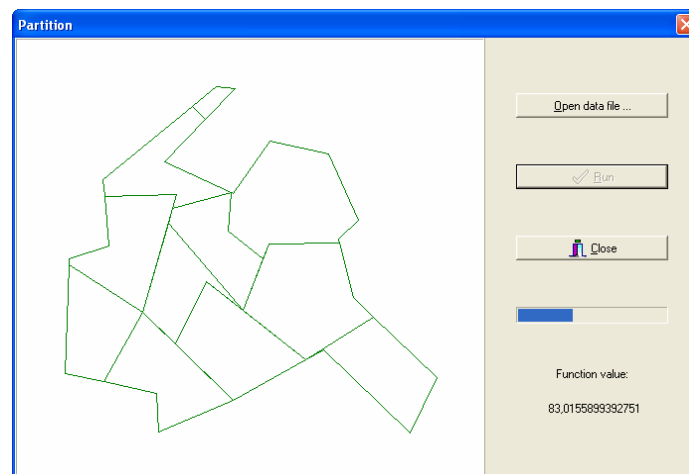


Рис. 2 – Приклад розбивання м. Харкова на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів

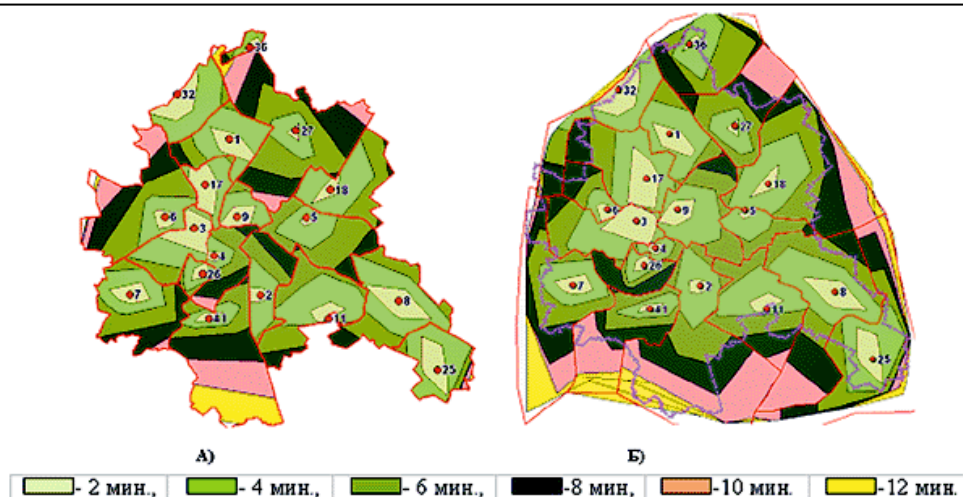


Рис. 3 – Приклад роботи «ГІС ПО» щодо побудови районів виїзду для існуючих пожежних депо м. Харкова

Перевагами розв'язання задачі раціонального розбивання області на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів є наступні:

- дозволяє отримувати райони із заданим граничним часом виїзду пожежно-рятувального підрозділу, в той час як система «ГІС ПО» для цього не пристосована (наприклад, на рис. 3 можна побачити, що існує значна кількість районів виїзду, де час досягнення найвіддаленішої точки перевищує 6 хв.);

- дозволяє проектувати райони виїзду як з урахуванням, так і без урахування існуючих місць розташування пожежно-рятувальних підрозділів, в той час як «ГІС ПО» дозволяє отримувати границі району виїзду лише у тому випадку, коли задане місце розташування пожежно-рятувального підрозділу;

- дозволяє отримати науково обґрунтовану кількість пожежно-рятувальних підрозділів для забезпечення надійного захисту населення і територій.

Висновки. В даній роботі розглянуто моделювання раціонального розбивання міста на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів та наведено його переваги у порівнянні з існуючою геоінформаційною системою «ГІС ПО». У подальшому буде розв'язано дану задачу з урахуванням існуючої сітки доріг, рельєфу місцевості, завантаженості доріг і т. ін., та визначено припустимі місця розташування пожежно-рятувальних підрозділів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *В.О. Росоха, В.М. Комяк, О.М. Соболев*. Єдина державна система цивільного захисту населення і територій як складна динамічна система відкритого типу / Науковий вісник будівництва №30. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2005. – Т. 2 – С. 252-255.
2. Закон України від 24.06.2004 р. №1859-IV “Про правові засади цивільного захисту”.
3. *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.
4. *Е.М. Киселева*. Математические методы оптимального разбиения множеств и их приложения. – Днепропетровск: ДГУ, 1982. – 108 с.
5. *Е.М. Киселева, Н.З. Шор*. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы приложения: Монография. – К.: Наукова думка. – 2005. – 564 с.
6. *Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев*. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наукова думка, 1986. – 268 с.
7. *О.М. Соболев*. Математична модель та метод розв’язання задач розбивання, характерних для проектування територіально розподілених елементів системи цивільного захисту населення і територій / Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: Фоліо. – 2006. – Вип. 3. – С. 120-127.