

КАЗАКОВА О. С., магістр
МАРТИНЕНКО Т. В., к.т.н., доцент
ТУРУПАЛОВ В. В. (ДонНТУ)

Формування графіка відпусток співробітників станції швидкої медичної допомоги з використанням еволюційних обчислень

Представив *о.т.н.*, професор Альошин Г. В.

Постановка проблеми

Однією з найважливіших проблем розвитку соціальної сфери України є вдосконалення системи охорони здоров'я взагалі і, зокрема, швидкої медичної допомоги. Основним завданням цієї служби є надання хворим та постраждалим щодобової екстреної медичної допомоги на місці події або по дорозі у стаціонар.

Для виконання основних завдань і функцій у складі станції швидкої медичної допомоги (СШМД) створюється мережа підстанцій, які розташовуються за зонкальним принципом у різних районах міста. На кожній підстанції створюються бригади швидкої медичної допомоги, які безпосередньо здійснюють лікувально-діагностичний процес.

Для успішного виконання покладених на службу швидкої медичної допомоги функцій, а також для підвищення якості надання допомоги населенню необхідно рationally планувати і організувати роботи станції швидкої медичної допомоги.

Для забезпечення безперервної роботи СШМД необхідна наявність певної кількості бригад відповідного типу і профілю на кожній підстанції. Кожна бригада повинна бути укомплектована необхідними медичним і технічним засобами, а також персоналом. У зв'язку з цим однією з задач поліпшення роботи СШМД є формування раціонального графіка відпусток медичного персоналу підстанцій на основі прогнозованої кількості викликів швидкої медичної допомоги [1].

Постановка задачі

Графік відпусток застосовується для відображення відомостей про час розподілу щорічних оплачуваних відпусток працівникам підприємства на календарний рік. При складанні графіка відпусток необхідно враховувати наступні дані:

- рік, на який планується відпустки співробітників;
- список співробітників і їхні посади

$$L_i = \{S_i, D_i\} \quad i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де N – кількість співробітників підстанції швидкої медичної допомоги,

S_i – прізвище i -того співробітника,

D_i – посада i -того співробітника;

- кількість днів планованої відпустки для кожного працівника T_i , $i = \overline{1, N}$;
- періоди відпусток співробітників, що мають згідно з Законом України «Про відпустки» право на надання відпусток у зручній для них час

$$Z_r = \{S_r, dt_r\} \quad r = \overline{1, M}, \quad (2)$$

де dt_r – період відпустки k -того працівника:

M – кількість співробітників, які мають пільги при розподілі відпусток;

- прогнозоване значення кількості викликів швидкої медичної допомоги для кожного місяця року, на який складається графік відпусток P_l , $l = \overline{1, 12}$

Необхідно скласти такий графік відпусток Gr

$$Gr = U(L, T, P, Z, year), \quad (3)$$

щоб забезпечувалося виконання наступних умов:

- кожному працівнику надано вказане число днів відпустки, при цьому при розрахунку тривалості відпустки святкові і неробочі дні не враховуються. Це означає: якщо на той період, на який надається відпустка, припадають святкові та неробочі дні його тривалість збільшується на кількість таких днів

$$T'_i = T_i, \quad i = \overline{1, N}; \quad (4)$$

- загальна тривалість відпустки не повинна перевищувати 59 календарних днів

$$T_i \leq 59, \quad i \in \overline{1, N}. \quad (5)$$

Оскільки графік відпусток залежить від багатьох обмежень, кількості працівників, послід, які вони займають, тривалості їх відпусток, наланих пільг, то рішення цієї задачі зводиться до знаходження оптимального рішення.

Формування графіка відпусток медичного персоналу СШМД за допомогою еволюційних обчислень

До евристичних методів оптимізації відносяться такі методи як імітація відпалу, пошук із заборонами, еволюційні, мурашині і ройові алгоритми [2].

У даній роботі для рішення задачі формування графіка відпусток медичного персоналу СШМД пропонується використувувати модифікований еволюційний алгоритм.

Для застосування генетичного алгоритму необхідні означити [3]:

- структуру хромосоми;
- фітнес-функцію;
- процедуру генерації початкової популяції;
- оператор селекції;
- оператор кросінговеру;
- оператор мутації;
- стратегію відбору.

У генетичному алгоритмі рішення задачі (хромосома) представляється у вигляді послідовності закованої або змішної довжини. Для вирішення нашої задачі у якості хромосоми виступає графік відпусток, представлений у наступному вигляді:

$$I = \{a_i\} \quad i \in \overline{1, N}, \quad (6)$$

Окремим елементом хромосоми (геном) a_i є рядок, який відповідає одному співробітнику і визначає час його відпустки. Рядок складається з послідовності двох одиниць і нулів, де 1 відповідає дню, коли співробітник знаходиться у відпустці, 0 – ні. Загальне число одиниць має дорівнювати кількості днів відпустки даного співробітника, при цьому допускається допустити відпустки на частині за бажанням працівника (довжина рядка дорівнює кількості днів у році, на якій планується графік відпусток, g). Перший елемент рядка відповідає першому дню року, другий – другому дню і т.д.

$$a_i = \underbrace{000111\dots\dots\dots 0000}_{g}$$

При формуванні хромосом необхідно враховувати, що деякі працівники мають право на надання відпустки у зручний для них час. Отже, частина хромосоми,

яка відповідає відпусткам цих працівників, буде однією для всіх хромосом популяції і не може бути змінена генетичними операторами.

Під час генерації хромосоми спочатку заповнюються рядки, які відповідають працівникам, що мають пільги при розподілі відпусток. Пропонується розташовувати їх у перших рядках хромосоми

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1g} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{M1} & a_{M2} & a_{M3} & \dots & a_{Mg} \\ a_{(M-1)1} & a_{(M-1)2} & a_{(M-1)3} & \dots & a_{(M-1)g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{ng} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

Далі заповнюється решта рядка: у рядку випадково вибирається позиція, яка відповідає початку відпустки, починаючи з цієї позиції формується послідовність одиниць, довжина якої дорівнює довжині відпустки відповідного працівника (або частині відпустки, якщо вона розподіляється на декілька періодів).

Після створення хромосоми необхідно перевірити тривалість відпусток всіх співробітників, беручи до уваги, що святкові та неробочі дні під час розрахунку тривалості відпустки не враховуються, та у разі необхідності скоригувати потрібний рядок хромосоми (збільшити число одиниць на число святкових днів). Початкове покоління генерується випадковим чином.

Фітнес-функція повинна задовольняти наступним вимогам:

- мінімізувати число працівників, які одночасно знаходяться у відпустці, на день

$$ks_j \rightarrow \min, \quad j \in \overline{1, g} \quad (9)$$

- часовий інтервал між частинами відпустки повинен бути більше або дорівнювати вказаному значенню Tv , у разі якщо відпустка співробітника розподіляється на декілька частин

$$kd_i \geq Tv, \quad i \in \overline{1, N}. \quad (10)$$

Пропонується об'єднати вказані параметри ks і kd у штрафну фітнес-функцію F ,

$$F = f_1 + f_2, \quad F \rightarrow \min \quad (11)$$

$$f_1 = \sum_{i=1}^N W_i, \quad \text{де } W_i = \begin{cases} w, & kd_i < Tv \\ 0, & kd_i \geq Tv \end{cases}, \quad (12)$$

де w – штраф, що нараховується за інтервал між частинами відпустки.

$$f_2 = \sum_{j=1}^g k_{sj} * k, \quad (13)$$

де k – коефіцієнт штрафу, який визначається згідно з прогнозованою кількістю викликів швидкої медичної допомоги для даного місяця.

Алгоритм визначення коефіцієнта k наступний: визначаємо параметр b за формулою:

$$b = \frac{(P_{\max} - P_{\min})}{3}, \quad (14)$$

де P_{\max} и P_{\min} – відповідно максимальне та мінімальне значення P_t , $t = \overline{1, 12}$,

1) визначаємо параметр v за формулою:

$$v = \left[\sum_{i=1}^N T_i / g \right], \quad (15)$$

2) визначаємо значення коефіцієнта k наступним чином:

$$\text{якщо } \begin{cases} P_{\text{Мон}(j)} < P_{\min} + b, & \text{то} \\ 0, & k_S < v \\ 1, & k_S = v \\ 2, & k_S > v \quad i \quad k_S \leq 2v \\ 3, & k_S > 2v \end{cases}$$

$$\text{якщо } \begin{cases} P_{\min} + b \leq P_{\text{Мон}(j)} < P_{\min} + 2b, & \text{то} \\ 1, & k_S < v \\ 2, & k_S = v \\ 3, & k_S > v \quad i \quad k_S \leq 2v \\ 4, & k_S > 2v \end{cases}$$

$$k = \begin{cases} P_{\text{Мон}(j)} \geq P_{\min} + 2b, & \text{то} \\ 1, & k_S < v \\ 3, & k_S = v \\ 3, & k_S > v \quad i \quad k_S \leq 2v \\ 4, & k_S > 2v \end{cases} \quad (17)$$

$$\text{якщо } \begin{cases} P_{\text{Мон}(j)} \geq P_{\min} + 2b, & \text{то} \\ 1, & k_S < v \\ 3, & k_S = v \\ 3, & k_S > v \quad i \quad k_S \leq 2v \\ 4, & k_S > 2v \end{cases} \quad (18)$$

де $\text{Мон}(j)$ – визначає місяць, якому відповідає j -тий день.

Оператор селекції виконує копіювання хромосом у тимчасову популяцію для подальшого «розмноження» згідно їх значенням фітнес-функцій. Для селекції хромосом використовуються випадковий пошук на основі колеса рулетки, при цьому хромосоми з меншими значеннями фітнес-функції мають більшу імовірність потрапити в тимчасову популяцію (батьківський пул).

До кожної пари відібраних хромосом з імовірністю P_c застосовується оператор кросінгверу (схрещування). Випадковим чином у батьківських хромосомах A і B вибирається точка кросінгверу c в межах від $M+1$ до $N-I$. Дві нові хромосоми-нащадки A' і B' формуються шляхом обміну рядків матриці після точки кросінгверу. Схема оператора кросінгверу зображена на рис. 1.

Після виконання оператора схрещування отримані нащадки з імовірністю P_m піддаються мутації. Механізм мутації забезпечує появу нових генів у хромосомі. Оператор мутації виконується у декілька етапів:

- 1) у хромосомі випадково вибираємо m -тий рядок матриці з діапазону від $M+1$ до N ;
- 2) випадковим чином вибираємо напрям мутації R (вправо або вліво);
- 3) визначаємо дату першого дня відпустки q ;
- 4) вибираємо число позицій, на які зсуваємо дату початку відпустки d ;
- 5) зсуваємо відпустку в напрямку R на число позицій, рівне d .

Популяція розширюється за рахунок додавання нових, щойно сформованих хромосом (нащадків). При скороченні популяції до початкового розміру будемо використовувати елітарний відбір: h кращих хромосом з точки зору фітнес-функції переходить у нове покоління. Решта хромосом нового покоління вибирається з розширеної популяції за допомогою колеса рулетки.

Критеріями зупинки роботи алгоритму є наступні:

- 1) виродження популяції – всі хромосоми популяції однакові;

- 2) досягнення заданої точності – для всіх хромосом відмінність у значеннях цільової функції не перевищує заданого значення ϵ ;

- 3) реалізація максимальної заданої кількості епох.

Батьки

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1g} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{c1} & a_{c2} & a_{c3} & \dots & a_{cg} \\ a_{c+11} & a_{c+12} & a_{c+13} & \dots & a_{c+1g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & a_{N3} & \dots & a_{Ng} \end{pmatrix}$$

Нащадки

$$B' = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{1g} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & \dots & b_{2g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{c1} & b_{c2} & b_{c3} & \dots & b_{cg} \\ a_{c+11} & a_{c+12} & a_{c+13} & \dots & a_{c+1g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & a_{N3} & \dots & a_{Ng} \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{1g} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & \dots & b_{2g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{c1} & b_{c2} & b_{c3} & \dots & b_{cg} \\ b_{c+11} & b_{c+12} & b_{c+13} & \dots & b_{c+1g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{N1} & b_{N2} & b_{N3} & \dots & b_{Ng} \end{pmatrix}$$

$$A' = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1g} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{c1} & a_{c2} & a_{c3} & \dots & a_{cg} \\ b_{c+11} & b_{c+12} & b_{c+13} & \dots & b_{c+1g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{N1} & b_{N2} & b_{N3} & \dots & b_{Ng} \end{pmatrix}$$

Рисунок 1 Схема оператора кросингверу

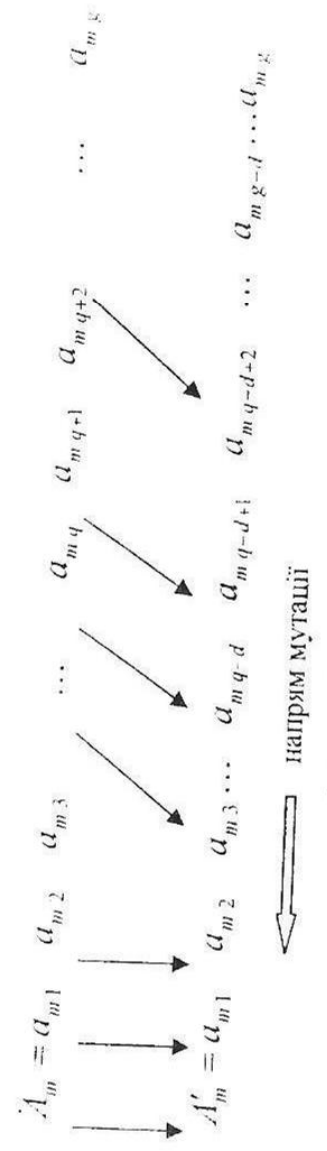


Рисунок 2 Схема оператора мутації

Експериментальні дослідження

За допомогою програмної реалізації і проведення експериментів необхідно визначити раціональні значення наступних параметрів генетичного алгоритму: розмір популяції, H : імовірність застосування оператора кросингверу, P_c : імовірність застосування оператора мутації, P_m ; кількість епох Age .

Запропонований модифікований генетичний алгоритм був програмно реалізований за допомогою Borland C++ Builder 6.0. В експерименті використовувалися дані про працівників 5-ї підстанції швидкої медичної допомоги міста Донецька.

На рис. 3 подані результати експериментальних досліджень з вибору розміру популяції та числа епох алгоритму.

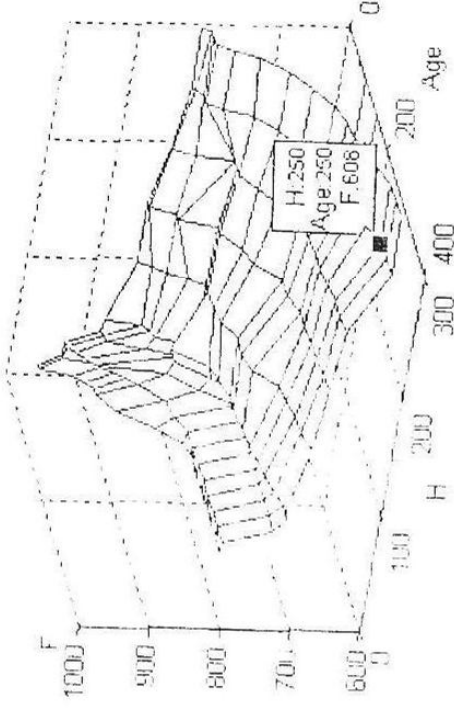


Рисунок 3 – Залежність фітнес-функції від розміру популяції та числа епох

Видно, що зменшення значення фітнес-функції приймається при числі хромосом рівному 250 і числі епох 250. Ці значення і обрані для подальших експериментів.

На рис. 4 відображені результати експериментальних досліджень для вибору імовірності кросингверу та мутації. Найменше значення фітнес-функції досягається при імовірності кросингверу 0,8, та імовірності мутації 0,1.

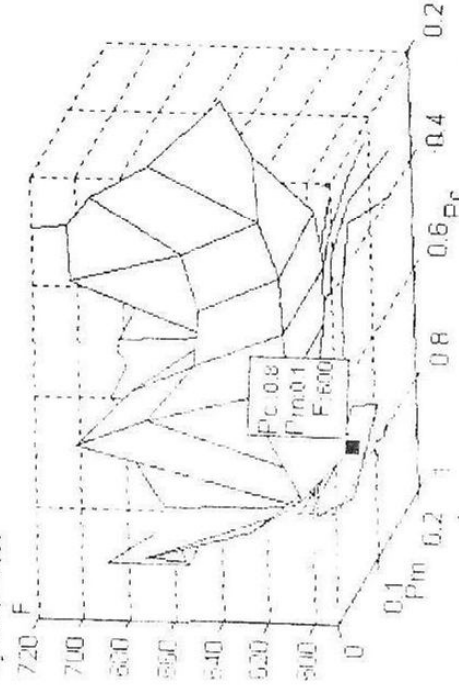


Рисунок 4 – Залежність фітнес-функції від імовірності кросингверу та мутації

Результати експериментальних досліджень зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень з вибору раціональних параметрів генетичного алгоритму

Найменування параметра	Позначення	Значення
Розмір популяції	H	250
Імовірність кросингверу	P_c	0.8
Імовірність мутації	P_m	0.1
Кількість епох	Age	250

Висновки

У роботі запропонован модифікований генетичний алгоритм для формування раціонального графіка відпусток медичного персоналу, який залежить від прогнозованої кількості викликів швидкої медичної допомоги. Розглянута постановка задачі, розроблена структура хромосоми, модифіковані оператори кросингверу та мутації. Наведено результати експериментальних досліджень. На підставі цих експериментів обрано наступні параметри генетичного алгоритму: розмір популяції – 250 хромосом, імовірність кросингверу – 0,8, імовірність мутації – 0,1, число епох алгоритму – 250.

Література

1. *Мартишечко Т. В., Казакова О. С.* Прогнозування неспроса на услуги скорой медицинской помощи в течение определенных календарных периодов // Информационные управляющие системы та комп'ютерний моніторинг (IUS та KM-2001): Матеріали І всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Донецьк, ДонНТУ, 2010. – С. 201-205.
2. *Назаров А. В., Лоскутов А. П.* Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 384 с.
3. *Скобцов Ю. А.* Основы эволюционных вычислений: Учебное пособие. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – 326 с.

Резюме

Запропоновано модифікований генетичний алгоритм для розробки графіку відпусток медичного персоналу амбулаторій. Наведено результати експериментальних досліджень параметрів генетичних алгоритмів

Предложен модифицированный генетический алгоритм для разработки графика отпусков медицинского персонала амбулаторий. Приведены результаты экспериментальных исследований параметров генетических алгоритмов

A modified genetic algorithm for making a schedule of holidays of medical personnel ambulance station is proposed. The results of experimental studies to determine the rational parameters of genetic algorithm are given

Ключові слова: графік відпусток, медичний персонал, генетичний алгоритм

Поступила 12.03.2011 г.