

УДК 004.023

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКА ОТПУСКОВ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Казакова О.С., Мартыненко Т.В.

Донецкий национальный технический университет

В статье предлагается модифицированный генетический алгоритм для построения графика отпусков медицинского персонала станции скорой медицинской помощи. В данном алгоритме фитнес-функция основана на системе штрафов и зависит от прогнозируемого числа вызовов скорой медицинской помощи для каждого месяца. Приведены результаты экспериментальных исследований для определения рациональных параметров генетического алгоритма.

Постановка проблемы

Одной из важнейших проблем развития социальной сферы Украины является совершенствование системы здравоохранения вообще и, в частности, скорой медицинской помощи. Основной задачей этой службы является оказание больным и пострадавшим круглосуточной доврачебной помощи на месте происшествия или по пути в стационар.

Для выполнения основных задач и функций в составе станции скорой медицинской помощи (ССМП) создается сеть подстанций, которые располагаются по зональному принципу в разных районах города. На каждой подстанции создаются бригады скорой медицинской помощи, которые непосредственно осуществляют лечебно-диагностический процесс. Для успешного выполнения возложенных на службу скорой медицинской помощи функций, а так же для повышения качества оказания помощи населению

необходимо рациональное планирование и организация работы станции скорой медицинской помощи.

Для обеспечения бесперебойной работы ССМП необходимо наличие определенного числа бригад заданного типа и профиля на каждой подстанции. Каждая бригада должна быть укомплектована необходимыми медицинскими и техническими средствами, а также персоналом. В связи с этим одной из задач улучшения работы ССМП является составление рационального графика отпусков медицинского персонала, основанного на прогнозируемом числе вызовов скорой медицинской помощи для каждого месяца [1].

Постановка задачи

График отпусков применяется для отражения сведений о времени распределения ежегодных оплачиваемых отпусков работникам предприятия на календарный год. При составлении графика отпусков необходимо учитывать следующие данные:

- год, на который планируются отпуска сотрудников, $year$;
- список сотрудников и их должностей

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

где N – число сотрудников подстанции скорой медицинской помощи, S_i – фамилия i -того сотрудника, D_i – должность i -того сотрудника;

- число дней планируемого отпуска для каждого сотрудника $T_i, \quad i = \overline{1, N}$;
- периоды отпусков сотрудников, имеющих согласно положениям статьи 10 Закона Украины «Про отпуска» право на предоставление отпуска в удобное для них время

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

где M – число сотрудников, имеющих льготы при распределении отпусков, dt_r – период отпуска r -того сотрудника;

- спрогнозированное значение числа вызовов скорой медицинской помощи для каждого месяца года, на который составляется график отпусков, $P_l, \quad l = \overline{1, 12}$.

Необходимо составить такой график отпусков Gr

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

чтобы обеспечивалось выполнение следующих условий:

- каждому сотруднику предоставлено заданное число дней отпуска, при этом при расчете продолжительности отпуска праздничные и нерабочие дни не учитываются. Это означает: если на тот период, на который предоставляется отпуск, приходятся праздничные и нерабочие дни, его продолжительность увеличивается на число таких дней

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

- общая продолжительность отпуска не должна превышать 59 календарных дней

$$T'_i \leq 59, \quad i = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Поскольку график отпусков зависит от множества ограничений: количества людей, длительности их отпусков, предоставляемых льгот, то решение этой задачи сводится к нахождению оптимального решения.

Построение графика отпусков медицинского персонала ССМП с помощью эволюционных вычислений

К эвристическим методам оптимизации относятся такие методы как имитация отжига, поиск с запретами, эволюционные, муравьиные и роевые алгоритмы [2]. В данной работе для решения задачи построения графика отпусков медицинского персонала ССМП предлагается использовать модифицированный генетический алгоритм.

Для применения генетического алгоритма необходимо определить [3]:

- структуру хромосомы;
- фитнес-функцию;
- процедуру генерации начальной популяции;
- операторы селекции, кроссинговера и мутации;
- стратегию отбора хромосом.

В генетическом алгоритме решение задачи (хромосома) представляется в виде последовательности фиксированной или переменной длины. Для решения нашей задачи в качестве особи выступает график отпусков, представленный в виде:

$$A = \{a_i\} \quad i = 1..N \quad (6)$$

Отдельным элементом хромосомы (геном) a_i является строка, которая соответствует одному сотруднику и определяет время его отпуска. Строка представляет набор последовательностей единиц и нулей, где 1 соответствует дню, когда сотрудник находится в отпуске, 0 – нет. Общее число единиц должно быть равно числу дней отпуска данного сотрудника, при этом допускается разбиение отпуска на части по желанию работника. Длина строки равна количеству дней в году, на который планируется график отпусков, g . Первый элемент строки соответствует первому дню года, второй – второму и т. д.

$$a_i = \underbrace{000111\dots\dots\dots0000}_g \quad (7)$$

При формировании хромосом необходимо учитывать, что некоторые работники имеют право на предоставление отпуска в **удобное для них время**. Следовательно, часть хромосомы, соответствующая отпускам данных сотрудников, будет одинаковой для всех особей популяции и не может быть изменена с помощью генетических операторов.

При генерации хромосомы сначала заполняются строки, соответствующие сотрудникам, которые имеют льготы при распределении отпусков. Предлагается располагать их в первых строках хромосомы (8).

Далее заполняются остальные строки: в строке случайным образом выбирается позиция, которая соответствует началу отпуска, начиная с этой позиции, формируется последовательность единиц, длина которой равна длине отпуска соответствующего сотрудника (либо части отпуска, если он разбивается на несколько периодов).

После создания хромосомы необходимо проверить длительности отпусков всех сотрудников, учитывая, что

$$(8) \quad A = \left. \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1g} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2g} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{M1} & a_{M2} & a_{M3} & \dots & a_{Mg} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{ng} \end{pmatrix} \right\} \begin{array}{l} \text{M – фиксированная} \\ \text{часть хромосомы} \end{array}$$

праздничные и нерабочие дни при расчете продолжительности отпуска не учитываются. В случае если отпуск сотрудника приходится на праздничные дни, то необходимо скорректировать данную строку хромосомы (увеличить число единиц на число праздничных дней).

В качестве начального поколения берется случайно сгенерированный набор хромосом.

Разрабатываемая фитнес-функция должна удовлетворять следующим требованиям:

- минимизировать число одновременно находящихся в отпуске сотрудников в день

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

- временной интервал между частями отпуска должен быть больше либо равен заданному значению Tv , в случае если отпуск сотрудника разбивается на несколько частей

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

Предлагается объединить указанные параметры ks и kd в штрафную фитнес-функцию F .

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

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

где w – штраф, начисляемый за интервал между частями отпуска.

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

где k – коэффициент штрафа, который определяется исходя из

спрогнозированного значения числа вызовов скорой медицинской помощи для месяца, к которому относится j -тый день.

Оператор селекции выполняет копирование хромосом в промежуточную популяцию для дальнейшего «размножения» согласно значениям их фитнес-функций. Для селекции хромосом используется случайный поиск на основе колеса рулетки, при этом особи с меньшими значениями фитнес-функции имеют большую вероятность попасть в промежуточную популяцию (родительский пул).

К каждой паре отобранных хромосом с вероятностью P_c применяется оператор кроссинговера (скрещивания). Случайным образом в родительских хромосомах A и B выбирается точка кроссинговера c в пределах от $M+1$ до $N-1$. Две новые хромосомы A' и B' формируются путем обмена строк матрицы после точки кроссинговера. Схема оператора кроссинговера представлена на рис. 1.

После выполнения оператора скрещивания полученные потомки с вероятностью P_m подвергаются мутации. Механизм мутации обеспечивает появление новых генов в особях. Оператор мутации выполняется путем сдвига в выбранной m -той строке хромосомы периода отпуска, начинающегося с позиции q , на d позиций влево или вправо. Схема оператора мутации представлена на рис. 2.

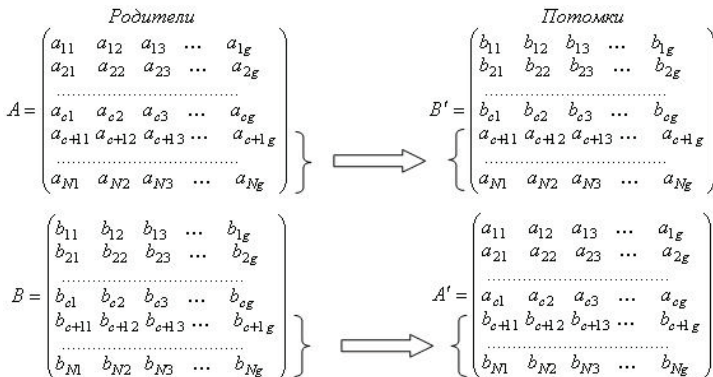


Рисунок 1 – Схема оператора кроссинговера

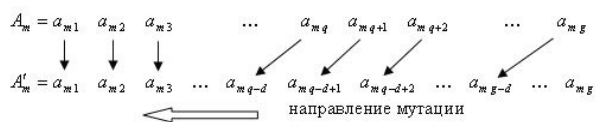


Рисунок 2 – Схема оператора мутации

Популяция расширяется за счет добавления новых, только что сформированных особей (потомков). При сокращении популяции до исходного размера будем использовать элитарный отбор: h лучших особей с точки зрения фитнес-функции переходит в новое поколение. Остальные особи нового поколения выбираются из расширенной популяции с помощью колеса рулетки.

Критериями остановки работы алгоритма являются следующие:

1. Выполнение максимально заданного числа эпох.
2. Достижение заданной точности – для всех хромосом отличие в значениях целевой функции не превышает заданного значения ε .
3. Вырождение популяции – все особи популяции одинаковы.

Экспериментальные исследования

С помощью программной реализации и проведении экспериментов необходимо определить рациональные значения следующих параметров генетического алгоритма: размер популяции, вероятность применения оператора кроссинговера, вероятность применения оператора мутации, количество эпох.

Предложенный модифицированный генетический алгоритм был программно реализован на языке C++ Builder 6.0. В эксперименте использовались данные о сотрудниках 5-й подстанции скорой медицинской помощи города Донецка.

На рис. 3 представлены результаты экспериментальных исследований по выбору размера популяции и числа эпох алгоритма. Видно, что уменьшение значения фитнес-функции прекращается при числе особей равном 250 и числе эпох 250. Эти значения и

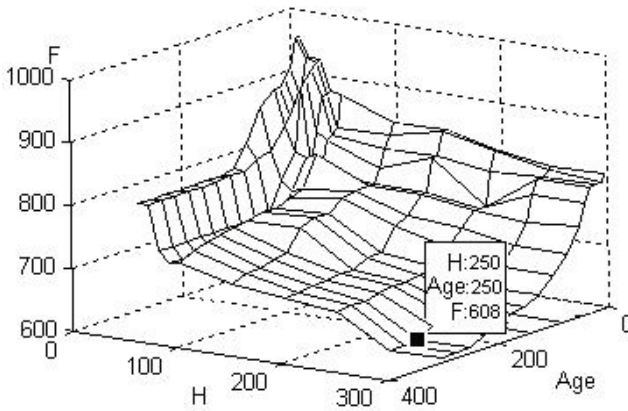


Рисунок 3 – Зависимость фитнес-функции от размера популяции и числа эпох

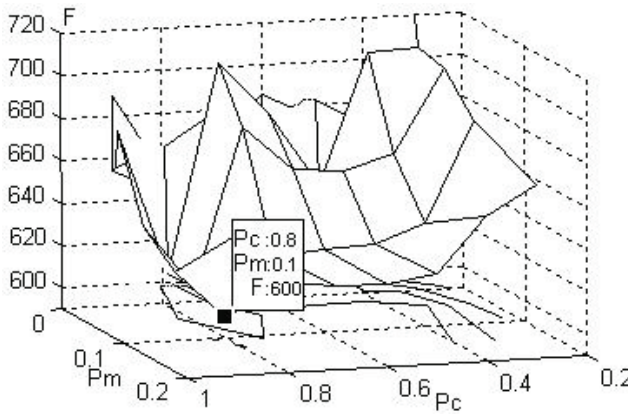


Рисунок 4 – Зависимость фитнес-функции от вероятности кроссинговера и мутации

8

выбраны для дальнейших экспериментов.

На рис. 4 представлены результаты экспериментальных исследований для выбора вероятности кроссинговера и мутации. Наименьшее значение фитнес-функции достигается при вероятности кроссинговера равной 0,8 и вероятности мутации равной 0,1.

Выводы

В работе предложен модифицированный генетический алгоритм для построения рационального графика отпусков медицинского персонала, основанного на прогнозируемом числе вызовов скорой медицинской помощи. Рассмотрена постановка задачи, разработана структура хромосомы, модифицированы операторы кроссинговера и мутации. Приведены результаты экспериментальных исследований. На основании этих экспериментов выбраны следующие параметры генетического алгоритма: размер популяции – 250 особей; вероятность кроссинговера – 0,8; вероятность мутации – 0,1; число эпох алгоритма – 250.

Литература

- [1] Мартыненко Т.В., Казакова О.С. Прогнозирование спроса на услуги скорой медицинской помощи в течение определенных календарных периодов // Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУС та КМ-2001): Матеріали I всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – Донецьк, ДонНТУ – 2010, С. 201-205.
- [2] Назаров А.В., Лоскутов А.И. 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.