

*А.А. Левтеров, к.т.н., с.н.с., вед. научн. сотр., НУГЗУ,  
И.Н. Грицына, к.т.н., доцент, зам. нач. каф., НУГЗУ*

## **К ОПТИМАЛЬНОМУ РАЗМЕЩЕНИЮ ПУНКТОВ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

Предложен подход к расчету оптимального размещения пунктов дистанционного мониторинга при помощи эволюционных вычислений. Определен вид целевой функции, определения минимального количества пунктов контроля с беспроводными техническими средствами.

**Ключевые слова:** дистанционный мониторинг, генетический алгоритм.

**Постановка проблемы.** При контролировании территории сложной застройки (рельеф), необходимо разместить  $N$  пунктов контроля с учетом зон запрета причем, в общем случае эффективный радиус обнаружения ЧС каждого пункта может варьироваться в некоторых пределах. Поэтому, количество данных, необходимых для расчета оптимального размещения, будет слишком большим. В связи с этим, возникает проблема, связанная со сложностью представления математической модели и увеличением вычислительных ресурсов.

Применение случайного направленного поиска (эволюционное программирование) позволит как сократить число данных, так и снизить вычислительные ресурсы, необходимые для расчета оптимального размещения пунктов дистанционного мониторинга.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [4] предлагается решить данную задачу, используя, так называемый нелинейный решатель для стандартного алгоритма Левенберга-Марквардта [3], способный работать с нелинейными функциями (минимум площади пересечения) в заданных ограничениях (ограниченная территория), который примет следующий вид:

$$\min_x f(x) \text{ such that } \begin{cases} c(x) \leq 0 \\ \text{ceq}(x) = 0 \\ A \cdot x \leq b \\ A_{\text{eq}} \cdot x = \text{beq} \\ l_b \leq x \leq u_x \end{cases}, \quad (1)$$

где  $x$ ,  $b$ ,  $beq$ ,  $lb$  и  $ub$  – векторы;  $A$  и  $Aeq$  – матрицы;  $c(x)$  и  $seq(x)$  – функции, возвращающие векторы;  $f(x)$  – функция, возвращающая скаляр;  $f(x)$ ,  $c(x)$  и  $seq(x)$  могут быть нелинейными функциями. В результате получен массив пар координат  $(x, y)$  оптимальным образом расположенных пунктов мониторинга за некоторое число итераций [4].

В [5] предлагается другой подход к решению этой проблемы и принадлежит к задачам негладкой оптимизации вследствие наличия негладких функций принадлежности вида

$$F(x_i, y_i, z_i) = 0, i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где область допустимых решений может быть разбита на подобласти, описываемые системами неравенств с гладкими функциями, что может быть сведено к решению последовательности задач нелинейного программирования и в качестве функции цели может быть выбрана произвольная гладкая функция, в том числе: минимизация радиусов покрывающих кругов (соответственно минимизация высоты или выбор более дешевых средств обнаружения), минимизация числа пунктов и повышение надежности (максимизация зон перекрытия).

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что задача оптимизации сводится к направленному поиску решения, удовлетворяющего заданным граничным условиям. В связи с этим, для решения поставленной задачи предлагается использовать генетический алгоритм случайного направленного поиска решений, что позволит сократить количество вводимых данных и снизит вычислительные ресурсы.

**Постановка задачи ее решение.** Задача оптимального размещения пунктов дистанционного мониторинга сводится, в данном случае, к нахождению максимума функции

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (3)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  параметры  $n$ -ой системы контроля установленной в пункте дистанционного мониторинга.

Таким образом, исходными данными являются:  $R$  – радиус или площадь  $S$  пространства контроля; где  $\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$  пункты контроля количеством  $n$  со своим радиусом зоны контроля (полусфера высоты  $H$  и радиусом  $r$ );  $Z$  – матрица связей зон контроля. Конечным результатом будет вариант размещения пунктов контроля в пространстве

$$W \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}, \quad (4)$$

где  $(x_n, y_n)$  – координаты центра полусферы зоны контроля  $i$ -го пункта с площадью  $S_i = \pi r_i^2$ , такой чтобы площадь перекрытия размещенных зон была минимальной. При применении систем радиолокационного контроля в зонах с высокой плотностью застройки и малой высоты размещения системы следует принимать радиус зоны контроля  $r = 0,6 \cdot R_{\max}$  (где  $R_{\max}$  – максимальный радиус действия) [2].

На первом этапе решения задачи оптимизации производится генерация начальной популяции решений при помощи генераторов случайных чисел, позволяющих по заданной площади зоны контроля и ее формы сгенерировать положение  $N$  точек размещения пунктов [1]. После этого формируются хромосомы, где выбираются признаки для формирования генов, отвечающих за положение в пространстве пункта контроля. Кодирование хромосом осуществлялось по классической схеме, изложенной в [1]. Высота точки размещения  $H$  не включается в хромосому, но она используется для вычисления целевой функции. Затем к решению задачи применим метод генетического алгоритма (рис. 1).  $I_{\max}$  – максимальное количество поколений.



Рис. 1. Схема генетического алгоритма

Запишем данный алгоритм в виде мнемокода для задачи программирования где:

- $t=0$  – начальное время эволюции ( $I=1$ );
- $\text{init\_population}(P^t)$  – инициализация исходной популяции;
- $\text{while}(\text{not done}(\text{termination\_condition}))$  – начало цикла до момента завершения эволюции согласно условия;

$P^s$  = selection ( $P^t$ ); выбор лучших индивидуумов для рекомбинации [1];

$P^r$  = recombination ( $P^s$ ); оператор рекомбинации;

$P^m$  = mutation ( $P^t$ ); оператор мутации;

$P^{+1}$  = generation ( $P^s, P^r, P^m$ ); формирование нового поколения хромосом;

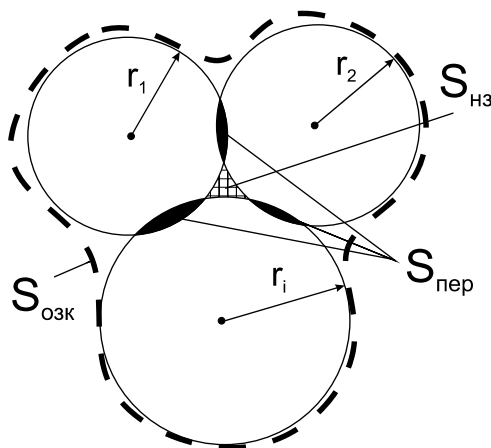
$-t = t+1$  – переход по эволюционному времени ( $I=I+1$ , см. рис. 1);

End while.

В результате целевая функция примет следующий вид

$$W(S) = A \cdot S_{\text{озк}} - B \cdot S_{\text{пер}} - C \cdot S_{\text{нз}} \quad (5)$$

где  $S_{\text{озк}}$  – площадь, покрываемая пунктами дистанционного контроля;  $S_{\text{пер}}$  – площадь взаимных перекрытий;  $S_{\text{нз}}$  – зона недоступная для контроля;  $A, B, C$  – весовые коэффициенты. Смысл указанных величин поясняется на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема решения задачи размещения пунктов дистанционного мониторинга

Выбирая величину коэффициентов  $A, B, C$ , можно влиять на координаты размещения пунктов контроля и величину  $S_{\text{озк}}$ . С точки зрения уменьшения числа дополнительных (с минимальным радиусом контроля) пунктов коэффициент  $C$  должен быть достаточно большим, т.е. при  $S_{\text{пер}}/S_{\text{озк}} < D_{\text{нз}}$  коэффициент  $C$  примет значение 0.

Значение  $D_{\text{нз}}$  (диаметр зоны недоступного контроля) выбирается в каждом конкретном случае с учетом особенностей местности, рельефа или степени застройки. При  $S_{\text{пер}}/S_{\text{озк}} \geq D_{\text{нз}}$  целесообразно выбрать пункт с наименьший радиусом контроля из уже имеющихся, то есть при  $C=0$  не требуется дополнительная станция контроля в местности ограниченной  $S_{\text{озк}}$ .

**Выводы.** Полученная целевая функция оптимального размещения пунктов дистанционного мониторинга и применение эволюционных вычислений, позволили сократить число данных, необходимых для расчета и сократить вычислительные ресурсы, что дает возможность применять пункты дистанционного мониторинга с широким спектром технического оснащения. Также, при этом, сокращается объем вычислений сложной конфигурации зоны контроля, охватываемой пунктами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская М., Пилиньский Л., Рутковский Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2006. – 452 с.
2. Betroni H.L. Propagation Prediction for Wireless Personal Communication. Proceedings of the IEEE / H.L. Betroni, W. Honcharenko, L.R. Maciel, H.H. Xia. – UHF, vol. 82. – N 9. – p. 1333-1359. – 1994.
3. Демиденко Е.З. Оптимизация и регрессия / Е.З. Демиденко. – М.: Наука, 1989. – 296 с.
4. Ханин А. Принципы оптического метода автоматического детектирования лесных пожаров / А. Ханин, Р. Чеботарев // Алгоритм безопасности. – 2011. – № 1. – С. 76-80.
5. Комяк В.М. Оптимизация размещения пунктов наблюдения наземных систем видео-мониторинга лесных пожаров / В.М. Комяк, А.В. Панкратов, А.Ю. Приходько, С.Д. Светличная // Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 36. – С. 117-126. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb\\_2014\\_36\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb_2014_36_22).

О.А. Левтеров, І.Н. Грицина

**До оптимального розміщення пунктів дистанційного моніторингу із застосуванням еволюційних обчислень**

Запропонований підхід до оптимального розміщення пунктів дистанційного моніторингу за допомогою еволюційних обчислень. Визначений вигляд цільової функції знаходження мінімальної кількості пунктів контролю з безпроводними технічними засобами.

**Ключові слова:** дистанційний моніторинг, генетичний алгоритм.

A.A. Levterov, I.N. Hrytsyna

**Optimal placement of points of remote monitoring with application of evolutionary calculations**

It is offered approach to an optimal to placement of points of remote monitoring by means of evolutionary calculations. The type of criterion function of finding of the minimum quantity of points of control with wireless technical means is defined.

**Keywords:** remote monitoring, genetic algorithm.