

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНФІГУРАЦІЇ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ РАДІОПЕЛЕНГАТОРНОЇ МЕРЕЖІ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАДІЄНТНИХ МЕТОДІВ ЛОКАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Серед різноманіття багатопозиційних радіотехнічних систем (БРТС) в системі радіомоніторингу (РМ) знайшли широке застосування багатопозиційні радіопеленгаторні мережі (БРПМ), що реалізують пеленгаційний метод вимірювання координат джерел радіовипромінювань (ДРВП). Одним з головних критеріїв оцінювання їх ефективності є точність визначення координат ДРВП, яка в свою чергу значною мірою залежить від розміщення засобів пеленгування. Відсутність розвинутого наукового апарату оптимізації зумовлюють необхідність пошуку оптимізаційних процедур для розміщення елементів БРПМ та дослідження ефективності їх функціонування.

Враховуючи специфіку задач радіомоніторингу виникає необхідність у вирішенні завдання оптимізації конфігурації БРПМ за критерієм точності визначення координат ДРВП для довільних районів РМ.

Вибір оптимального варіанту побудови БРПМ може здійснюватись шляхом визначення компромісного варіанту із застосуванням необхідного критерію.

Нехай  $D$  – множина допустимих варіантів побудови БРПМ з множини можливих, елементами якого є  $U_{i...N} \in D$  точки з визначеними координатами складових БРПМ, а саме варіанти побудови БРПМ.

Варіанти  $U_i$  характеризуються набором  $U_{\phi_i, \lambda_i}$  з координат засобів для  $i$ -го варіанту.

$$U_i = U_{\phi_1, \lambda_1}, U_{\phi_2, \lambda_2}, \dots, U_{\phi_n, \lambda_n}, i = 1 \dots n, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість елементів БРПМ.

Точність визначення координат ДРВП характеризується еліпсом помилок заданої вірогідності, або середньою квадратичною похибкою (СКП) місця. Використання СКП місця, як критерію оцінки є більш доцільним, так як вона дозволяє проводити дослідження з одним числовим значенням похибки і може бути використане в якості цільової функції:

$$F(\phi_i; \lambda_i) = F(\sigma_m(\phi_i; \lambda_i); R_m; \sigma_\beta), \quad (2)$$

де  $\sigma_m(\phi_i; \lambda_i)$  – СКП місця визначення координат ДРВП;

$\phi_i$  – географічна широта положення пеленгаторного пункту;

$\lambda_i$  – географічна довгота положення пеленгаторного пункту;

$R_m$  – сферична відстань від  $i$ -го пеленгаторного пункту до  $m$ -го ДРВП;

$\sigma_\beta$  – СКП пеленгування (в загальному однакова для всіх пеленгаторних пунктів).

Відомим методом випадкового пошуку глобального екстремуму багатовимірних функцій є мултистарт. Його застосування полягає у випадковому чи детермінованому виборі з певною дискретністю із безлічі точок розміщення елементів БРПМ  $U$  деякої підмножини з  $N$  можливих точок. На кожній  $i$ -й підмножині з випадкової початкової точки  $U_i$  робиться локальний спуск у найближчий мінімум  $U_i^*$  будь-яким локальним методом пошуку. За глобальний мінімум  $U_i^{**}$  приймається такий, для якого показник якості є мінімальним, тобто

$$U_i^{**} = \arg \min_{i=1, \dots, N} (U_i^*) . \quad (3)$$

Очевидно, що при  $N \rightarrow \infty$  ймовірність того, що  $U_N^*$  стане глобальним мінімумом, прямує до одиниці, тобто

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P(U_i^* = U_i^{**}) = 1 . \quad (4)$$

При скінченному  $N$  ймовірність втрати глобального екстремуму, тобто  $U_i^* \neq U_i^{**}$ , не дорівнює нулю.

Для застосування методу мултистарту, знаходження локального мінімуму, який би міг бути використаний для оптимізації цільової функції пропонується використати оптимізаційний метод першого порядку – метод градієнтного спуску з дробленням кроку.

**Висновок.** Математична модель забезпечує вирішення задачі оптимізації просторового положення елементів БРПМ. Модель не враховує оптимізацію кількості елементів БРПМ, але дозволяє знайти рішення із визначеної кількості пеленгаторів, та скоротити час необхідний для знаходження оптимального положення

елементів БРПМ.