

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВОЙ КООРДИНАТЫ ОДИНОЧНОЙ ЦЕЛИ В ЦАР НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

The article proposes to apply the method developed to determine the angular coordinates of a single aerial target in linear digital antenna arrays along with the existing computational methods. The developed method is based on the application of an improved method of paired comparisons.

В статье предлагается применять разработанный усовершенствованный метод парных сравнений для решения основной задачи радиолокации – определения угловой координаты одиночной цели в линейных цифровых антенных решетках (ЦАР) [1 – 3].

В данном случае исходными данными математического метода являются:

- число одинаковых изотропных излучающих элементов в ЦАР - N ;
- расстояние между соседними излучающими элементами S ;
- длина волны λ ;
- угол направления центральной оси главного лепестка диаграммы направленности (ДН) ЦАР θ_0 .

Требуется определить угловую координату воздушной цели (угол θ), применяя усовершенствованный метод парных сравнений, в котором используется заданная целевая функция.

Предполагается, что рассматриваемая линейная ЦАР является эквидистантной.

В разработанном усовершенствованном вычислительном методе парных сравнений предусматривается применение целевой функции. Эта функция связывает между собой исходные входные данные определенной функциональной зависимостью.

Для того, что бы решить данную задачу, сначала схематически представим линейную ЦАР и воздушную цель (рис.1) и положение главного лепестка ДН ЦАР (рис.2) по отношению к цели и самой линейной ЦАР.

За целевую функцию, которая должна присутствовать в усовершенствованном методе парных сравнений, предлагается применить одну из двух [1, 2]:

- функцию, определяющую множитель линейной ЦАР;
- функцию, определяющую суммарное напряжение на всех излучающих антенных элементах линейной ЦАР.

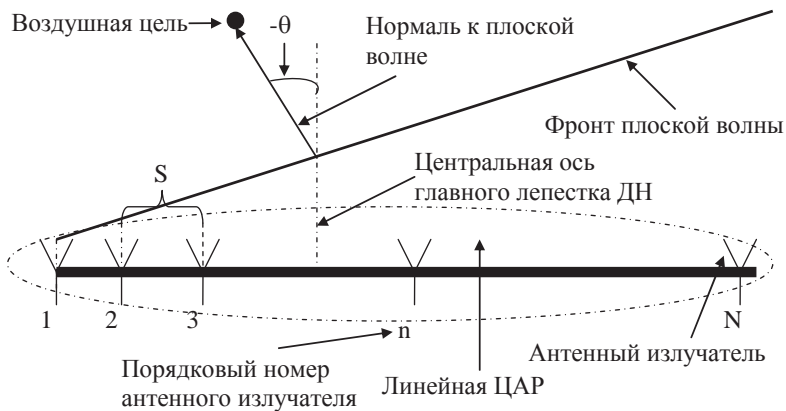


Рис. 1. Схематическое изображение линейной ЦАР.

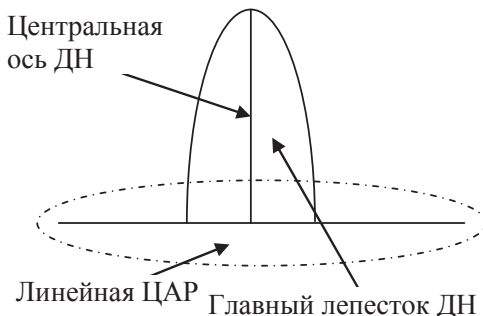


Рис. 2. Схематическое представление главного лепестка ДН ЦАР.

На основе [1, 2] функция, которая определяет множитель линейной ЦАР, выражается зависимостью:

$$E_a(\theta) = \frac{\sin \left[N\pi \frac{S}{\lambda} (\sin \theta - \sin \theta_0) \right]}{N \sin \left[\pi \frac{S}{\lambda} (\sin \theta - \sin \theta_0) \right]},$$

где θ - угловой угол воздушной цели.

Функция, которая определяет значение напряжения на n -ом излучающем элементе линейной ЦАР [1, 2], имеет вид:

$$\dot{U} = \dot{A} * \exp \left(j \frac{2\pi}{\lambda} (n-1) S * \sin(\theta) \right), \quad (1)$$

где \dot{U}_i - значение комплексного напряжения на i -ом излучающем элементе линейной ЦАР;

\dot{A} - значение комплексной амплитуды принимаемого сигнала.

Разработанная матрица парных сравнений имеет вид [4 – 7]:

$$A_{S+1}(\overline{a_{ij}}) = \begin{pmatrix} \overline{a_{11}} & \overline{a_{12}} & \dots & \overline{a_{1j}} & \dots & \overline{a_{1s}} & \overline{a_{1s+1}} \\ \overline{a_{21}} & \overline{a_{22}} & \dots & \overline{a_{2j}} & \dots & \overline{a_{2s}} & \overline{a_{2s+1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{a_{i1}} & \overline{a_{i2}} & \dots & \overline{a_{ij}} & \dots & \overline{a_{is}} & \overline{a_{is+1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{a_{s1}} & \overline{a_{s2}} & \dots & \overline{a_{sj}} & \dots & \overline{a_{ss}} & \overline{a_{ss+1}} \\ \overline{a_{s+11}} & \overline{a_{s+12}} & \dots & \overline{a_{s+1j}} & \dots & \overline{a_{s+1s}} & \overline{a_{s+1s+1}} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где $\overline{a_{ij}} = W(f_i(\bullet), f_j(\bullet))$ (3)

- функция от многих переменных (входных данных), характеризующая оценку отношений между значениями моделируемой целевой функции по моделируемому значению (x_i) к моделируемому значению (x_j) неизвестной переменной x ;

S – количество моделируемых угловых координат.

Матрицу (2) с учетом (3) будем называть усовершенствованной матрицей парных сравнений в виду того, что [4 – 7]:

— элементы матрицы (2) рассчитываются через значения целевой функции;

— элементами матрицы являются значения соответствующей функции, рассчитанные по формуле (3);

— в матрице добавляется справа один столбец и снизу одна строка (обозначается индексом $S+1$), которые выражают отношение значения моделируемой целевой функции по моделируемому значению (x_i) неизвестной переменной x к реально определенному значению выбранной целевой функции с известной переменной x .

В нашем случае, например, значения последней строки и последнего столбца матрицы (2) – это отношения моделируемого суммарного напряжения на всех антенных излучателях с оценочным значением $\hat{\theta}$, к реально полученному суммарному напряжению на линейной ЦАР

$$(\dot{U} = \sum_{n=1}^N \dot{U}_n);$$

— вычисление значений собственного вектора осуществляется другим способом (формула 4);

— окончательное решение осуществляется на основе предложенного

правила выбора неизвестного значения переменной x , которое требуется определить по формуле (5).

Для расчета значений собственного вектора предлагается применить следующую разработанную функцию:

$$\bar{\eta} = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i, \dots, \eta_S, \eta_{S+1}) = \frac{1}{S+1} (A_{S+1} (\overline{a_{ij}}) \bar{E}), \quad (4)$$

где $\bar{\eta}$ - собственный вектор матрицы (2);

\bar{E} - единичный вектор-столбец размерности $S+1$, т.е. $\bar{E} = (1, 1, \dots, 1)^T$.

Для определения неизвестной величины x (в нашем случае значение угла воздушной цели θ) предлагается применить следующее правило выбора, которое задается выражением

$$\theta = \theta(k, \Delta\theta, \theta_0) = \{ \exists! k : \eta_k = \eta_{S+1} \mid k \in \{1, 2, \dots, S\} \}, \quad (5)$$

где $x_k = \theta(k, \Delta\theta, \theta_0)$

- разработанная функция, которая позволяет преобразовать номер строки матрицы (2) в угол обнаруженной цели по известным значениям $k, \Delta\theta, \theta_0$ (значения шага приращения угла и начального угла для поиска). Эти значения задаются перед построением матрицы (2).

Для подтверждения адекватности и корректности применения усовершенствованного метода парных сравнений была разработана компьютерная программа определения угловой координаты одиночной цели. В программе используется для целевой функции (1) только действительная часть комплексного выражения.

На рис.3 и рис. 4 приведены фрагменты выполнения разработанной программы. Программа написана на языке высокого уровня C++. В разработанном коде используются стандартные процедуры и функции данного языка

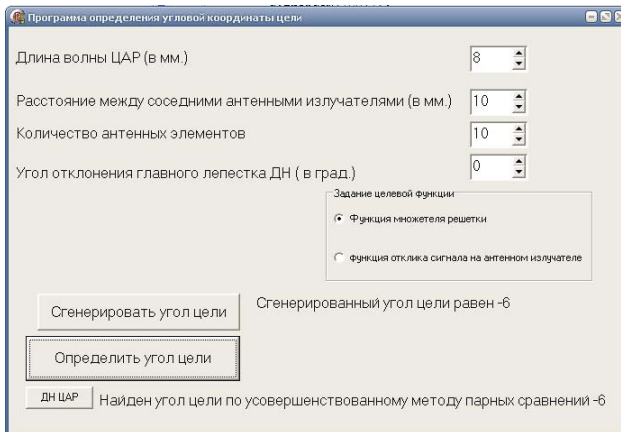


Рис.3. Результат выполнения программы с использованием первой функции

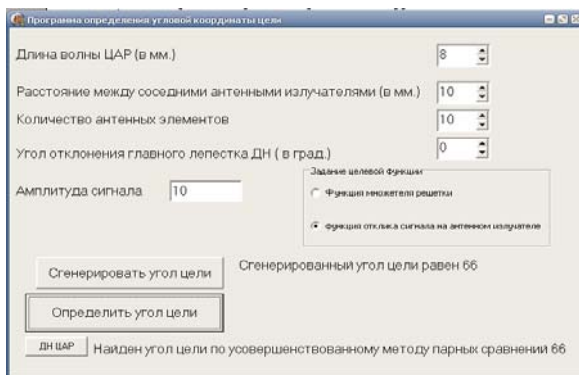


Рис. 4. Результат выполнения программы с использованием второй функции

Таким образом, применяя усовершенствованный метод парных сравнений в основной задаче радиолокации, можно сделать заключение: усовершенствованный метод парных сравнений можно применять в задачах:

- оптимального выбора сложных технических систем;
- решения основной задачи радиолокации по определению угловой координаты цели в линейных ЦАР.

1. *Под ред. Скольника М.* Справочник по радиолокации, в 4-х т., т.2. Радиолокационные антенные устройства. –М.: Сов. радио, 1977. - 408 с.
2. *Варюхин В.А.* Основы теории многоканального анализа. – К., Изд. ВА ПВО СВ им. Василевского А.М., 1993. - 171 с.
3. *Долгушин В.П.* Порывай В.А. Основы радиолокации и радиолокационная борьба, в 2-х ч., ч. 2. Основы радиолокации. – К.: КВИРТУ ПВО, 1986. – 208 с.
4. *Мякухин Ю.В.* Применение модифицированного метода парных сравнений для решения задач выбора технических средств охраны для сложных объектов энергетики // МОДЕЛЮВАННЯ-2010 (SIMULATION-2010) : Міжнар. наук. конф., 12 – 14 травня 2010 р. : матеріали конференції у 3-х т. : Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. пр.: спеціальний випуск. –К.: ІПМЕ НАН України. –2010, т.2. –С. 274–282.
5. *Мякухин Ю.В.* Применение математических методов по поддержке принятия решения об оптимальном выборе элемента системы контроля и управления доступом // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. –Вип. 55.–К.: 2010. –С. 68–75.
6. *Мякухин Ю.В.* Применение матричной математической модели рационального выбора СКУД на ОВОЭ // Моделювання: XXXI наук.-техн. конф. молодых ученых та спеціалістів, 11 – 12 січня 2012 р. : тези конф. –К.: ІПМЕ НАН України. –2012. –С. 37.
7. *Мякухин Ю.В.* Применение усовершенствованного математического аппарата для выбора оптимальной системы контроля и управления доступом на особо важных объектах энергетики // „МОДЕЛИРОВАНИЕ-2012” (SIMULATION-2012): Междунар. науч. конф., 16–18 мая 2012 г.: сб. тр. конф. – К.: ИПМЭ НАН Украины. –2012, т.1.– С. 304 – 307.

Поступила 21.10.2013р.