

Корисна модель належить до галузі радіозв'язку і може бути використана в перспективних системах стільникового зв'язку 4-го, 5-го та наступних поколінь.

Відомий спосіб виявлення повітряних цілей, запропонований компанією "Сіменс" [1]. Для зондування повітряного простору в ньому використовуються сигнали мобільної телефонної системи, що випромінюються декількома базовими станціями (БС), координати яких відомі з високою точністю. Приймання відбитих від повітряних цілей сигналів здійснюється спеціальною апаратурою. Визначення координат цілей проводиться шляхом обчислення різниці фаз сигналів.

Недоліком такого способу є низька завадозахищеність, особливо при застосуванні активних завад та недостатня роздільна здатність.

Відомий спосіб виявлення повітряних цілей, запропонований англійськими компаніями BAE System і Roke Manor Research [2, 3], який застосовується в системі CELLDAR. При цьому для виявлення повітряних цілей використовують сигнали випромінювання мереж стільникового зв'язку. Цей спосіб полягає у тому, що БС системи стільникового зв'язку постійно передають сигнали, які відбиваються від повітряних цілей і приймаються пасивними приймачами наземного або повітряного базування, де оброблюються для визначення їх координат і параметрів руху. Сигнали цілей приймаються сукупністю приймачів, у кожному з яких здійснюється аналого-цифрове перетворення прийнятих сигналів цілей та подальша цифрова обробка отриманих сигналів для визначення координат цілей, значення координат цілей передаються на центральний пункт управління (ЦПУ) системи радіолокаційного контролю повітряного простору, на якому проводиться зав'язка трас та ідентифікація повітряних цілей.

На першому етапі у приймальних пристроях системи CELLDAR використовувались директорці антени, а в майбутньому планується застосування фазованих антенних решіток [3], які за своїми можливостями поступаються цифровим антенним решіткам [4, 5]. Ці та інші технічні рішення зумовлюють основні вади способу-аналога. Головним недоліком його є низький рівень завадозахищеності і недостатня роздільна здатність.

Найбільш близьким за своєю суттю до корисної моделі, що заявляється, є спосіб [6], згідно з яким базові станції (БС) системи стільникового зв'язку випромінюють сигнали, які відбиваються від повітряних цілей і приймаються сукупністю приймачів, у кожному з яких здійснюється аналого-цифрове перетворення прийнятих сигналів цілей та подальша їх цифрова обробка для визначення координат цілей, отримані значення координат передаються на центральний пункт управління (ЦПУ) системи радіолокаційного контролю повітряного простору, де проводиться формування трас та ідентифікація повітряних цілей, при цьому відбиті від повітряних цілей сигнали на кожній БС приймаються за допомогою цифрових антенних решіток, аналого-цифрове перетворення виконують в кожному з приймальних каналів цифрової антенної решітки, формують діаграму спрямованості антенної решітки цифровим способом, прийом сигналів повітряних цілей проводять за допомогою групи БС, розташованих уздовж очікуваного напрямку польоту цілей, центри комутації мобільного зв'язку (ЦКМЗ) груп БС, що виявили цілі, дають цілевказання ЦКМЗ наступних груп БС, що розташовані на очікуваних напрямках руху цілей, а також видають інформацію про повітряні цілі на центральний пункт управління (ЦПУ) системи радіолокаційного контролю повітряного простору, для придушення активних завад на БС застосовують адаптивне формування "нулів" цифрової діаграми спрямованості цифрової антенної решітки, для визначення координат цілей застосовують надрелеївське розділення відбитих від них сигналів, для формування зондуючих сигналів на БС, що залучаються для опромінення простору, застосовують активну цифрову антенну решітку, в якій виконують цифрове діаграмоутворення на передачу, причому необхідне амплітудно-фазове розподілення електромагнітного поля по антенним елементам розраховують у спецобчислювачі, а далі відтворюють його в кожному з передавальних каналів антенної решітки в аналоговому вигляді за допомогою цифро-аналогових перетворювачів.

Недоліком способу-прототипу є невизначеність конкретної сукупності операцій над сигналами для виміру координат об'єктів локації.

З урахуванням сказаного, технічна задача, що вирішується заявленою корисною моделлю, полягає у застосуванні оптимального виміру координат об'єкта локації, що зводиться до формування вирішувальної функції та пошуку її максимальних значень шляхом підбору координатних параметрів у сигнальній матриці.

Суть заявленої корисної моделі полягає у тому, що режими зв'язку та радіолокації розносять у часі, при цьому в режимі радіолокації за допомогою активної цифрової антенної решітки (ЦАР) випромінюють E -частотний сигнал, сигнали, які прийняті одночасно кількома БС, оброблюються сумісно, а вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції, що сформована з відліків напруг сигналів по виходах приймальних

каналів ЦАР БС та сигнальної матриці, елементи якої залежать від координат об'єктів локації, при цьому для пошуку максимуму вирішувальної функції здійснюється підбір можливих значень елементів сигнальної матриці.

Конкретний варіант виконання заявленого способу відрізняється тим, що вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції

$$E,$$

де P - сигнальна матриця, елементи якої залежать від координат об'єктів локації, U - вектор комплексних напруг сигналів, по виходах приймальних каналів ЦАР БС, $*$ - символ комплексного сполучення матриць, T - символ операції транспонування матриць.

Можливий варіант заявленого способу, в якому вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції

$$L = \text{tr} [P \cdot (P^* \cdot P)^{-1} \cdot P^* \cdot U \cdot U^*],$$

де tr - слід матриці.

Вимір координат об'єктів локації може здійснюватися також шляхом максимізації вирішувальної функції

$$L = \left[(\text{vec}[P])^T (E[UU^*])^{-1} \text{vec}[P] \right]^2,$$

де E - знак математичного очікування, $\text{vec}[P]$ - операція векторизації матриці P або вирішувальної функції, сформованої за методом MUSIC:

$$L = \left[(\text{vec}[P])^T R_M \text{vec}[P] \right]^2,$$

де R_M - діагональна матриця, що утворена з шумових власних чисел матриці $E[UU^*]$.

В зазначених варіантах реалізації заявленого способу у режимі радіолокації та у випадку лінійних антенних решіток в усіх БС сигнальна матриця має вигляд:

$$P = Q[\otimes]F,$$

де $[\otimes]$ - символ блокового добутку Кронекера,

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{11}(x_1) & \dots & Q_{11}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{R1}(x_1) & \dots & Q_{R1}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{1T}(x_1) & \dots & Q_{1T}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{RT}(x_1) & \dots & Q_{RT}(x_M) \end{bmatrix}$$

- блокова матриця діаграм спрямованості антенних елементів в азимутальній площині $Q_{rt}(x_m)$ у напрямках на m -е джерело сигналів з кутовою координатою (x_m) ;

$r = 1, \dots, R$ - порядковий номер антенного елемента в антенній решітці у відповідній кутовій площині,

$t = 1, \dots, T$ - порядковий номер БС,

$$F = \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) & \dots & F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) & \dots & F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{1T}(\omega_{11}) & \dots & F_{1T}(\omega_{1E}) & \dots & F_{1T}(\omega_{M1}) & \dots & F_{1T}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) & \dots & F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix}$$

- блокова матриця амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) S частотних фільтрів, синтезованих за допомогою дискретного перетворення Фур'є на E частотах відбитих від M цілей E сигналів;

$$Q[\otimes]F = \begin{bmatrix} Q_{11}(x_1) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{11}(x_M) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \\ \vdots & & \vdots \\ Q_{R1}(x_1) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{R1}(x_M) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \\ \vdots & & \vdots \\ Q_{IT}(x_1) \begin{bmatrix} F_{IT}(\omega_{11}) & \dots & F_{IT}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{IT}(x_M) \begin{bmatrix} F_{IT}(\omega_{M1}) & \dots & F_{IT}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \\ \vdots & & \vdots \\ Q_{RT}(x_1) \begin{bmatrix} F_{IT}(\omega_{11}) & \dots & F_{IT}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{RT}(x_M) \begin{bmatrix} F_{IT}(\omega_{M1}) & \dots & F_{IT}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

У випадку плоских приймальних ЦАР з $R \times D$ елементів в усіх БС у режимі радіолокації сигнальна матриця має вигляд:

$$P=(Q[\blacksquare]V)[\otimes]F,$$

- 5 де $[\blacksquare]$ - символ блокового матричного добутку Хатри- Рао; $[\otimes]$ - символ блокового добутку Кронекера,

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{11}(x_1) & \dots & Q_{11}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{R1}(x_1) & \dots & Q_{R1}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{IT}(x_1) & \dots & Q_{IT}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{RT}(x_1) & \dots & Q_{RT}(x_M) \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} V_{11}(y_1) & \dots & V_{11}(y_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{D1}(y_1) & \dots & V_{D1}(y_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{IT}(y_1) & \dots & V_{IT}(y_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{DT}(y_1) & \dots & V_{DT}(y_M) \end{bmatrix}$$

- блокові матриці діаграм спрямованості антенних елементів в азимутальній $Q_r(x_m)$ і кутomisцевій $V_r(y_m)$ площинах у напрямках на $m - e$ джерело сигналів з кутowymi координатами (x_m, y_m) ,

- 10 $r = 1, \dots, R$ - порядковий номер антенного елемента у рядку антенної решітки;
 $d = 1, \dots, D$ - порядковий номер антенного елемента у стовпці антенної решітки;
 $t = 1, \dots, T$ - порядковий номер БС;

$$F = \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) & \dots & F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) & \dots & F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{IT}(\omega_{11}) & \dots & F_{IT}(\omega_{1E}) & \dots & F_{IT}(\omega_{M1}) & \dots & F_{IT}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) & \dots & F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix}$$

- блокова матриця АЧХ

S частотних фільтрів, синтезованих за допомогою дискретного перетворення Фур'є на E частотах відбитих від M цілей E сигналів.

Практична реалізація заявленого способу зводиться до застосування способу виявлення повітряних цілей у системах стільникового зв'язку 4-го, 5-го та наступних поколінь, в яких за всіма існуючими концепціями передбачене застосування саме цифрових антенних решіток для поліпшення якості зв'язку [5].

Принцип реалізації заявленого способу в усіх варіантах його виконання наведено на кресленні.

Джерела інформації:

1. Горелов А.К. Применение передатчиков телефонной мобильной связи в радиолокации. // Зарубежное военное обозрение. - 2001. - № 2. - С. 54.

2. Cell phone radar system being developed. - <http://www.cellular-news.com/story/7306.shtml>.

3. Радар из сотового телефона. // Электроника: НТБ. - 2002. - № 5. - С. 30.

4. Слюсар В.И. Цифровые антенные решетки: будущее радиолокации. // Электроника: НТБ. - 2001. - № 3. - С. 42-46.

5. Слюсар В.И. Идеология построения мультистандартных базовых станций перспективных систем связи. // Радиозлектроника - 2001.- № 4.- С. 3-12. (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Декларацийний патент України на винахід №56922. МПК⁷ G01S 13/02, 13/06, 13/48, 13/74, 13/86, 13/87. Спосіб виявлення повітряних цілей за допомогою системи стільникового зв'язку // Слюсар В.І., Тітов І.В. - Пріоритет 12.11.2002. - Опубл. 15.05.2003. - Бюл. № 5, 2013. – прототип.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб виявлення повітряних цілей за допомогою системи стільникового зв'язку, який полягає у тому, що базові станції (БС) системи стільникового зв'язку випромінюють сигнали, які відбиваються від повітряних цілей і приймаються сукупністю приймачів, у кожному з яких здійснюється аналого-цифрове перетворення прийнятих сигналів цілей та подальша їх цифрова обробка для визначення координат цілей, отримані значення координат передаються на центральний пункт управління (ЦПУ) системи радіолокаційного контролю повітряного простору, де проводиться формування трас та ідентифікація повітряних цілей, при цьому відбиті від повітряних цілей сигнали на кожній БС приймаються за допомогою цифрових антенних решіток, аналого-цифрове перетворення виконують в кожному з приймальних каналів цифрової антенної решітки, формують діаграму спрямованості антенної решітки цифровим способом, прийом сигналів повітряних цілей проводять за допомогою групи БС, розташованих уздовж очікуваного напрямку польоту цілей, центри комутації мобільного зв'язку (ЦКМЗ) груп БС, що виявили цілі, дають цілевказання ЦКМЗ наступних груп БС, що розташовані на очікуваних напрямках руху цілей, а також видають інформацію про повітряні цілі на центральний пункт управління (ЦПУ) системи радіолокаційного контролю повітряного простору, для придушення активних завад на БС застосовують адаптивне формування "нулів" цифрової діаграми спрямованості цифрової антенної решітки, для визначення координат цілей застосовують надрелеївське розділення відбитих від них сигналів, для формування зондуючих сигналів на БС, що залучаються для опромінення простору, застосовують активну цифрову антенну решітку, в якій виконують цифрове діаграмоутворення на передачу, причому необхідне амплітудно-фазове розподілення електромагнітного поля по антенним елементам розраховують у спецобчислювачі, а далі відтворюють його в кожному з передавальних каналів антенної решітки в аналоговому вигляді за допомогою цифро-аналогових перетворювачів, який відрізняється тим, що режими зв'язку та радіолокації розносять у часі, при цьому в режимі радіолокації за допомогою активної цифрової антенної решітки (ЦАР) випромінюють Е-частотний сигнал, сигнали, які прийняті

одночасно кількома БС, оброблюються сумісно, а вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції, що сформована з відліків напруг сигналів по виходах приймальних каналів ЦАР БС та сигнальної матриці, елементи якої залежать від координат об'єктів локації, при цьому для пошуку максимуму вирішувальної функції здійснюється підбір можливих значень елементів сигнальної матриці.

5

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції

$$L = U * P(P^T P)^{-1} P^T U ,$$

де P - сигнальна матриця, елементи якої залежать від координат об'єктів локації, U - вектор комплексних напруг сигналів, по виходах приймальних каналів ЦАР БС, $*$ - символ комплексного сполучення матриць, T - символ операції транспонування матриць.

10

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції

$$L = tr[P \cdot (P * \cdot P)^{-1} \cdot P * \cdot U \cdot U *], \text{ де } tr - \text{слід матриці.}$$

15

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції

$$L = [(vec[P])^T (E[UU *])^{-1} vec[P]]^{-1},$$

де E - знак математичного очікування, $vec[P]$ - операція векторизації матриці P .

20

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вимір координат об'єктів локації здійснюється шляхом максимізації вирішувальної функції, сформованої за методом MUSIC:

$$L = [(vec[P])^T R_M vec[P]]^{-1},$$

де R_M - діагональна матриця, що утворена з шумових власних чисел матриці $E[UU *]$.

6. Спосіб за пунктами 1-5, який **відрізняється** тим, що у режимі радіолокації та у випадку лінійних антенних решіток в усіх БС сигнальна матриця має вигляд:

25

$$P = Q[\otimes]F ,$$

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{11}(x_1) & \dots & Q_{11}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{R1}(x_1) & \dots & Q_{R1}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{1T}(x_1) & \dots & Q_{1T}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{RT}(x_1) & \dots & Q_{RT}(x_M) \end{bmatrix}$$

де $[\otimes]$ - символ блокового добутку Кронекера,

- блокова

матриця діаграм спрямованості антенних елементів в азимутальній площині $Q_r(x_m)$ у напрямках на m -е джерело сигналів з кутовою координатою (x_m) ; $r = 1, \dots, R$ - порядковий номер антенного елемента в антенній решітці у відповідній кутовій площині, $t = 1, \dots, T$ - порядковий номер БС;

30

$$F = \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) & \dots & F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) & \dots & F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{1T}(\omega_{11}) & \dots & F_{1T}(\omega_{1E}) & \dots & F_{1T}(\omega_{M1}) & \dots & F_{1T}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) & \dots & F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix}$$

- блокова матриця

амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) S частотних фільтрів, синтезованих за допомогою дискретного перетворення Фур'є на E частотах відбитих від M цілей E сигналів;

$$Q[\otimes]F = \begin{bmatrix} Q_{11}(x_1) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{11}(x_M) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ Q_{R1}(x_1) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{R1}(x_M) \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ Q_{IT}(x_1) \begin{bmatrix} F_{1T}(\omega_{11}) & \dots & F_{1T}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{IT}(x_M) \begin{bmatrix} F_{1T}(\omega_{M1}) & \dots & F_{1T}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ Q_{RT}(x_1) \begin{bmatrix} F_{1T}(\omega_{11}) & \dots & F_{1T}(\omega_{1E}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) \end{bmatrix} & \dots & Q_{RT}(x_M) \begin{bmatrix} F_{1T}(\omega_{M1}) & \dots & F_{1T}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

7. Спосіб за пунктами 1-5, який **відрізняється** тим, що у режимі радіолокації та у випадку плоских приймальних ЦАР з $R \times D$ елементів в усіх БС сигнальна матриця має вигляд:

$$P=(Q[\blacksquare]V)[\otimes]F,$$

- 5 де $[\blacksquare]$ - символ блокового матричного добутку Хатри- Рао; $[\otimes]$ - символ блокового добутку Кронекера,

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{11}(x_1) & \dots & Q_{11}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{R1}(x_1) & \dots & Q_{R1}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{IT}(x_1) & \dots & Q_{IT}(x_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{RT}(x_1) & \dots & Q_{RT}(x_M) \end{bmatrix}, \quad V = \begin{bmatrix} V_{11}(y_1) & \dots & V_{11}(y_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{D1}(y_1) & \dots & V_{D1}(y_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{IT}(y_1) & \dots & V_{IT}(y_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{DT}(y_1) & \dots & V_{DT}(y_M) \end{bmatrix}$$

- блокові матриці діаграм спрямованості антенних елементів в азимутальній $Q_r(x_m)$ і кутомісцевій $v_r(y_m)$

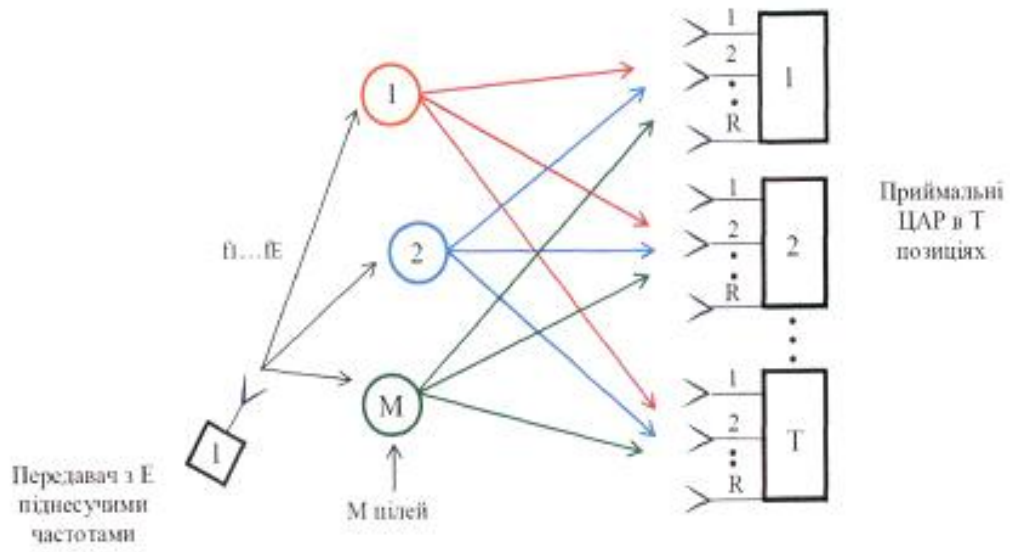
площинах у напрямках на m -е джерело сигналів з кутовими координатами (x_m, y_m) ,

- 10 $r=1, \dots, R$ - порядковий номер антенного елемента у рядку антенної решітки; $d=1, \dots, D$ - порядковий номер антенного елемента у стовпці антенної решітки; $t=1, \dots, T$ - порядковий номер БС;

$$F = \begin{bmatrix} F_{11}(\omega_{11}) & \dots & F_{11}(\omega_{1E}) & \dots & F_{11}(\omega_{M1}) & \dots & F_{11}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{S1}(\omega_{11}) & \dots & F_{S1}(\omega_{1E}) & \dots & F_{S1}(\omega_{M1}) & \dots & F_{S1}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{1T}(\omega_{11}) & \dots & F_{1T}(\omega_{1E}) & \dots & F_{1T}(\omega_{M1}) & \dots & F_{1T}(\omega_{ME}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{ST}(\omega_{11}) & \dots & F_{ST}(\omega_{1E}) & \dots & F_{ST}(\omega_{M1}) & \dots & F_{ST}(\omega_{ME}) \end{bmatrix}$$

- блокова матриця АЧХ S частотних фільтрів, синтезованих за допомогою дискретного перетворення Фур'є на E частотах відбитих від M цілей E сигналів.

15



Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601