

УДК 621.396.96

Дружинін В. А. докт. техн. наук, с.н.с (Тел.: +380 093 307 00 47. E-mail : v\_druzhinin@mail.ua)  
(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

## БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА САМООРГАНІЗАЦІЯ НЕЙРОПОДІБНИХ СИСТЕМ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ В КОМПЛЕКСАХ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЗІ ЗМІННОЮ ПРОСТОРОВОЮ КОНФІГУРАЦІЄЮ

Дружинін В. А. Багатокритеріальна самоорганізація нейроподібних систем класифікації об'єктів спостереження в комплексах радіолокаційного моніторингу зі змінною просторовою конфігурацією. У роботі визначається актуальність сучасних концепцій розвитку радіолокаційних систем авіаційно-наземного базування зі змінною просторовою конфігурацією, які орієнтовані на створення багатофункціональних засобів спостереження з поведінковою спроможністю до самоорганізації. Розглянуто декілька підходів до рішення задачі багатокритеріальної самоорганізації структур нейроподібних систем класифікації комплексів радіолокаційного моніторингу зі змінною просторовою конфігурацією, а саме: підхід на основі глобального критерію, підхід на основі лексикографічної переваги, підхід на основі багатоцільового програмування та підхід на основі зведення багатокритеріальної задачі до задачі стохастичного програмування. Наведено алгоритм багатокритеріальної самоорганізації, який реалізує ідею перебору станів на множині структур, що задовольняють "лідуючому" критерію та алгоритм самоорганізації на основі лексикографічного пріоритету. Доведено, що задача багатокритеріальної самоорганізації, може бути сформульована в термінах простору станів у рамках дискретно-подієвого методу синтезу.

**Ключові слова:** радіолокаційна система, засоби спостереження, нейроподібна система, багатокритеріальна самоорганізація, радіолокаційний моніторинг, лексикографічний пріоритет

Дружинин В. А. Многокритериальная самоорганизация нейроподобных систем классификации объектов наблюдения в комплексах радиолокационного мониторинга с изменяющейся пространственной конфигурацией. В работе определяется актуальность современных концепций развития радиолокационных систем авиационно-наземного базирования с переменной пространственной конфигурацией, которые ориентированы на создание многофункциональных средств наблюдения с поведенческой возможностью к самоорганизации. Рассмотрено несколько подходов к решению задачи многокритериальной самоорганизации структур нейроподобных систем классификации комплексов радиолокационного мониторинга с переменной пространственной конфигурацией, а именно: подход на основе глобального критерия, подход на основе лексикографического преимущества, подход на основе многоцелевого программирования и подход на основе сведения многокритериальной задачи к задаче стохастического программирования. Приведен алгоритм многокритериальной самоорганизации, который реализует идею перебора состояний на множестве структур, которые удовлетворяют "лидирующему" критерию и алгоритм самоорганизации на основе лексикографического приоритета. Доказано, что задача многокритериальной самоорганизации, может быть сформулирована в терминах пространства состояний в рамках дискретно-событийного метода синтеза.

**Ключевые слова:** радиолокационная система, средства наблюдения, нейроподобная система, многокритериальная самоорганизация, радиолокационный мониторинг, лексикографический приоритет

Druzhinin V. A. Multicriterion self-organization neural-like systems of classification object of observations at the complex of radiolocation monitoring with variable spatial configuration. Actuality of modern conceptions of development of the radio-location systems of the aviation and land-based is in-process determined with variable spatial configuration, which are oriented to creation of multifunction facilities of supervision with behavioral possibility to self-organization. A few going is considered near the decision of task of multicriterion self-organization of structures of the neural-like systems of classification of complexes of the radio-location monitoring with variable spatial configuration, namely: approach on the basis of global criterion, approach on the basis of lexicographic advantage, going on the basis of the multiobjective programming and approach on the basis of taking of multicriterion task near the task of the stochastic programming. The algorithm of multicriterion self-organization, which will realize the idea of surplus of being in the great number of structures which satisfy a "leading" criterion and algorithm of self-organization on the basis of lexicographic priority, is resulted. It is well-proven that task of multicriterion self-organization, can fathers formulated in terms of problem within the framework of digital method of synthesis space.

**Keywords:** radio-location system, facilities of supervision, neural-like systems, multicriterion self-organization, radiolocation monitoring, lexicographic priority

**Вступ.** Актуальність роботи визначається тим, що сучасні концепції розвитку радіотехнічних систем із змінною просторовою конфігурацією орієнтовані на створення багатофункціональних засобів спостереження з поведінковою спроможністю до

самоорганізації, використання яких дозволило б отримувати якісну інформацію про об'єкти моніторингу з урахуванням зростаючих вимог до оперативності й точності визначення їх параметрів та класифікації у реальному масштабі часу в умовах складної сигнально-завадової обстановки.

У роботі під самоорганізацією нейроподібних систем класифікації (НСК) об'єктів спостереження розуміється істотна зміна конфігурації структури і її параметрів за допомогою адаптації НСК до змінного зовнішнього середовища, що забезпечує необхідні показники ефективності.

**Структура системи радіолокаційного спостереження.** Імовірна структурна побудова системи радіолокаційного спостереження та класифікації об'єктів моніторингу, згідно з якою кожним вимірювачем реалізується цифрова передача радіолокаційної інформації (РЛІ), до переваг якої відносяться: висока точність її трансляції й відображення, практично недосяжна при сучасній технології в аналогових системах; висока завадостійкість, можливість багаторазової ретрансляції й перезапису інформації; мала питома витрата смуги частот та зручність використання часового розподілу каналів наведена на Рис. 1. На рисунку використовуються такі позначення: АП – антенний перемикач; ВК – вузол керування; ФД – фазовий детектор; ПНК – перетворювач напруга-код; П – підсилювач; ФМ – фазовий маніпулятор; ФЗС – формувач зондуючого сигналу; ЗГ – задаючий генератор; ЦФ ДСА – цифрове формування ДСА; АПОС – адаптивна просторова обробка сигналів; АЧОС – адаптивна часова обробка сигналів; ПЧОС – просторово-часова обробка сигналів; КП ДС – керування променем ДСА; СН – система навігації; ОРЛІ, НМК – обробка радіолокаційної інформації та нейромережної класифікації; ДПЛА – дистанційно пілотований літальний апарат; ППМ – приймально передавальний модуль радіолокаційної інформації.

Використання в структурі систем радіолокаційного спостереження авіаційно-наземного базування із змінною просторовою конфігурацією (СРЛС АНБ ЗПК) схеми цифроформуючої діаграми спрямованості (ЦФ ДС) на прийом у наземному пункті збору та обробки радіолокаційної інформації (НПЗОРЛІ) вирішує задачі: прийому й запам'ятовування вхідних сигналів підрешіток ( $i$ -х БРЛЗ) у цифровому вигляді в кожному інтервалі часової дискретизації (Рис. 2); обчислення й зберігання вагових коефіцієнтів; формування однопроменевої або багатопроменевої ДС шляхом вагової суперпозиції комплексних вхідних сигналів. Реалізація схеми ЦФ ДС на прийом у СРЛС АНБ ЗПК передбачає розробку відповідного алгоритмічного апарату, а саме: радіокерування групою (РК) носіїв БРЛЗ на необхідних інтервалах часу для синтезованої апертури (СА); синхронізації радіолокаційних складових (РЛС) системи спостереження; спільної обробки отриманої РЛІ [1...9].

Самоорганізація НСК дозволяє здолати апіорну невизначеність індетермінованої компоненти зовнішнього середовища і може бути представлена у вигляді рекурентного процесу переходу структур НСК з одного стану в інший

$$S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow \dots S_N \rightarrow \dots \rightarrow S_{ant},$$

де кожен подальший стан відповідно до вибраного критерію  $\lambda$  більш прийнятний, ніж попередній, і існує такий стан, який відповідає оптимальній структурі. Під оптимальною розумітимемо структуру, яка найадекватніше відображає зовнішнє середовище. Якщо позначити загальне число можливих структур через  $q$ , то серед них існують такі структури, для яких імовірність помилки класифікації  $\lambda$  мінімальна. Представимо імовірність помилки класифікації при  $A_N$ -му стані у виді [10]:

$$\lambda = \frac{n_1}{q} \lambda + \frac{n_2}{q} \lambda^2 + \dots, \frac{n_e}{q} \lambda^e + \dots, \frac{n_t}{q} \lambda^t, \quad (1)$$

де  $n_e$  – кількість конфігурацій зв'язків, що відповідають системі, яка класифікує об'єкт спостереження, із зв'язністю фазової траєкторії  $v = 1$  та обумовлюючих імовірність помилки класифікації, причому  $n_1 + n_2 + \dots + n_t = q$ .

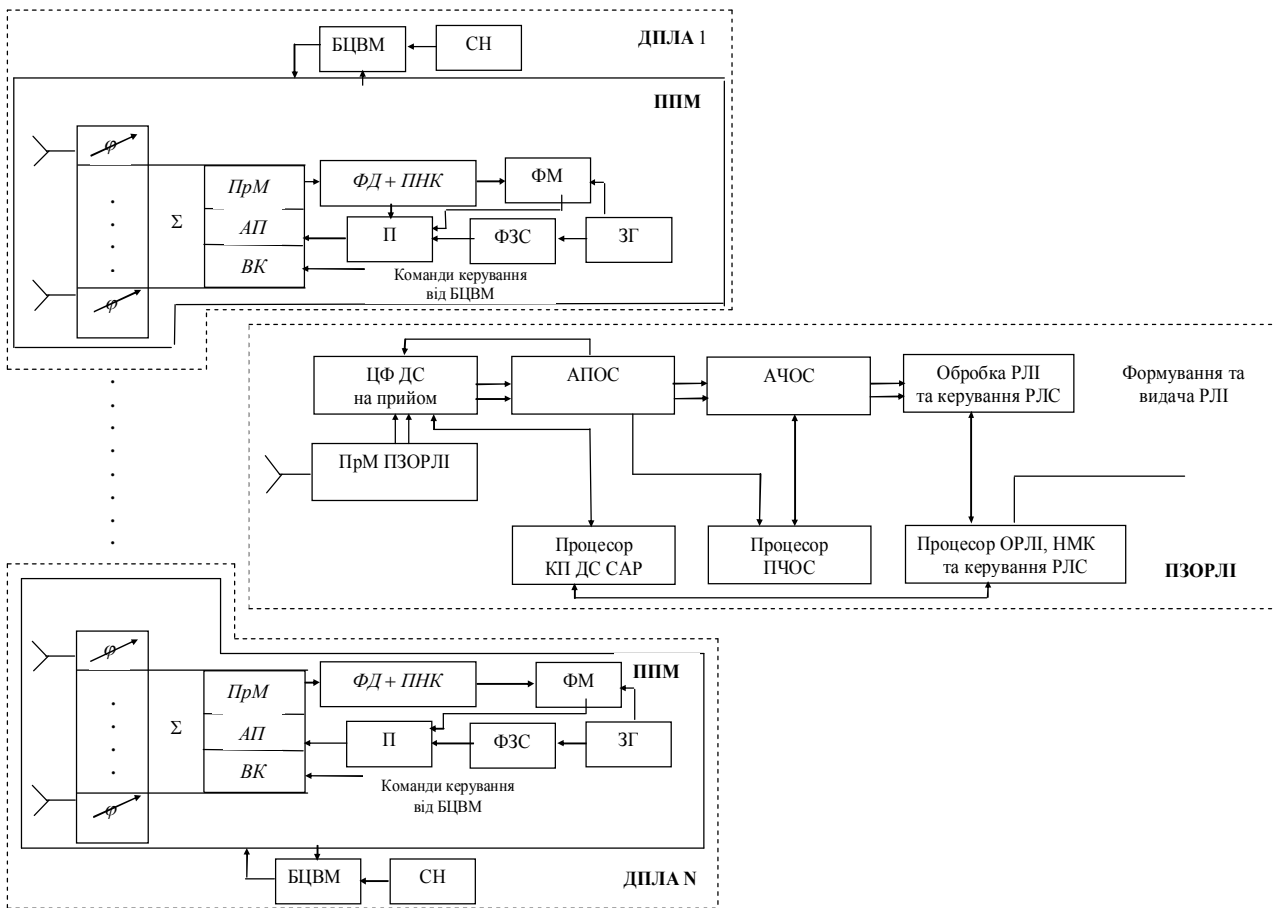


Рис. 1. Структурна схема системи радіолокаційного спостереження авіаційно-наземного базування зі змінною просторовою конфігурацією

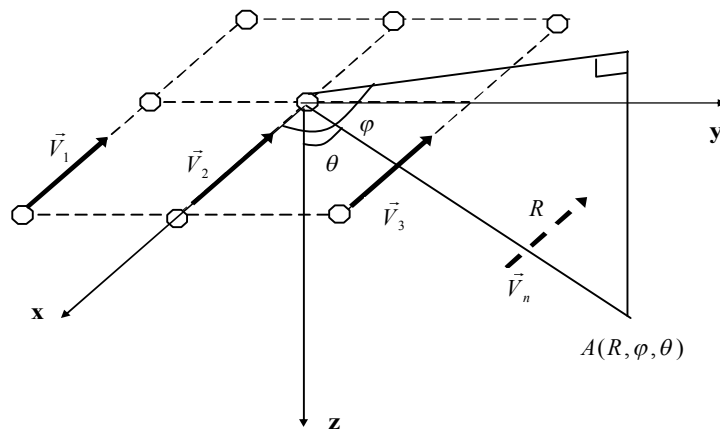


Рис. 2. Ескіз синтезованої прямокутної антенної решітки при керуванні польотом групи ДПЛА

Позначивши  $P_e = \frac{n_e}{q}$  отримаємо

$$\lambda = P_1 \lambda^1 + P_2 \lambda^2 + \dots + P_e \lambda^e + \dots + P_t \lambda^t, \quad (2)$$

де  $P_e$  – імовірність утворення структур, що обумовлюють імовірність помилки розпізнавання  $\lambda^e$ .

**Задача пошуку оптимальної структури.** З виразів (1) і (2) виходить, що імовірність помилки класифікації буде мінімальною у разі, коли імовірність утворення оптимальної структури дорівнює одиниці. Отже, для мінімізації помилки класифікації необхідно максимізувати імовірність утворення оптимальної структури. Задача пошуку оптимальної структури в процесі самоорганізації може вирішуватися різними методами, але зважаючи на її багатовимірність, найдоцільніше використати методи випадкового пошуку.

Сформулюємо і доведемо **теорему**, на якій базується процес самоорганізації НСК.

При необмеженому збільшенні кількості кроків випадкового пошуку і заданому числі нейроподібних (НП) елементів імовірність утворення оптимальної структури НСК прагне до одиниці [11].

При мінімально необхідному числі НП елементів  $m$  імовірність утворення оптимальної структури при одному кроці пошуку дорівнює  $P_{on\ m}^{(m)}$  [11]. Для випадкового пошуку з незалежними випадковими кроками імовірність утворення хоч би однієї оптимальної конфігурації за  $N$  кроків пошуку може бути записана у вигляді

$$P_{on\ m\ N}^{(m)} = 1 - (1 - P_{on\ m}^{(m)})^N, \quad (3)$$

де  $(1 - P_{on\ m}^{(m)})^N$  – імовірність події, що оптимальна структура не буде створена.

$$\text{При } N \rightarrow \infty \quad \lim_{N \rightarrow \infty} [1 - (1 - P_{on\ m}^{(m)})^N] = \lim_{N \rightarrow \infty} 1 - \lim_{N \rightarrow \infty} (1 - P_{on\ m}^{(m)})^N.$$

Другий доданок в цьому виразі прагне до нуля. Звідси витікає, що із зростанням кількості кроків пошуку імовірність утворення оптимальної структури прагне до 1.

При кінцевих значеннях  $N$  і  $P_{on\ m}^{(m)}$  імовірність утворення оптимальної структури НСК рівна  $P_{on\ m\ N}^{(m)} = NP_{on\ m}^{(m)}$ , що реалізується розкладанням  $(1 - P_{on\ m}^{(m)})^N$  у виразі (3) в ступеневий ряд.

При заданій імовірності отримання оптимальної структури при одному кроці випадкового пошуку і незалежних кроках математичне очікування необхідного числа кроків випадкового пошуку дорівнює

$$M\{N\} = \frac{1}{P_{on\ m}^{(m)} P_{on\ m}^{(m)} N}. \quad (4)$$

**Багатокритеріальна самоорганізація нейроподібних систем класифікації.** Розглянемо питання структурної й параметричної самоорганізації НСК відповідно до концепції декомпозиції зовнішнього середовища [10...12].

Узагальнимо задачу самоорганізації на випадок, коли число критеріїв  $K > 1$ . Постановка задачі багатокритеріальної самоорганізації характерна більшою близькістю до реальної ситуації, коли вимагається задовольнити декільком суперечливим вимогам.

Процес багатокритеріальної самоорганізації є ітеративним процесом переходу НСК з одного стану  $A_N$  в подальший  $A_{N+1}$  з урахуванням додаткової інформації, тобто

$$A_0 \xrightarrow{I_0} A_1 \xrightarrow{I_1} \dots \xrightarrow{I_{N-1}} A_N \xrightarrow{I_N} A_{N+1} \xrightarrow{\dots} A_{on\ m}, \quad (5)$$

де  $A_0$  – стан, що характеризує варіант структури, отриманий при синтезі;

$A_{on\ m}$  – структура, отримана шляхом самоорганізації з початкової, яка задовольняє критеріям оптимальності.

Задача в такій постановці, стосовно НСК, раніше не вирішувалася. Не вирішувалася вона також і відносно нейроподібних мереж, що є основою побудови НСК, хоча є актуальною на етапі переходу від вивчення потенційних можливостей НСК до їх технічної реалізації. Можна запропонувати декілька підходів до рішення задачі багатокритеріальної самоорганізації структур НСК [10].

Підхід на основі **глобального критерію**. У основу цього підходу доцільно покласти згортання критеріїв в єдиний інтегральний критерій

$$\Phi(A, \lambda), \quad (6)$$

де  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K\}$  – вектор параметрів згортки.

Тоді процедура самоорганізації зведеться до організації ітеративного процесу (5), на кожному кроці якого отримується стан  $\Phi(A, \lambda)$  за відповідними значеннями вектору  $\lambda$ .

Наступний крок організовується так, щоб

$$A_{\text{опт}} = \arg \min_{A \in A} \Phi(A, \lambda). \quad (7)$$

**Підхід на основі лексикографічної переваги**. У реальних завданнях самоорганізації НСК часткові критерії впорядковані за важливістю. Часто при самоорганізації може ставитися задача максимізації важливішого критерію за рахунок будь-яких втрат за іншими частковими критеріями. Оптимальний стан в даному випадку формується шляхом послідовного багатократного рішення

$$\begin{aligned} \lambda_1(A) &\rightarrow \min \Rightarrow A_{1\min}, \\ \lambda_2(A) &\rightarrow \min \Rightarrow A_{2\min}, \\ \lambda_1(A) &\leq \lambda_1(A_{1\min}) + \Delta 1, \\ \lambda_K(A) &\rightarrow \min \Rightarrow A_{K\min}, \\ \lambda_i(A) &\leq \lambda_i(A_{i\min}) + \Delta C, \end{aligned} \quad (8)$$

де  $\Delta i (i = 1, 2, \dots, K-1)$  – величини допустимої зміни значень критеріїв на кожній ітерації.

**Підхід на основі багатоцільового програмування**. При такому підході задача багатокритеріальної самоорганізації формується як

$$\Psi(\lambda(A), V) - \min_{A \in A}, \quad (9)$$

$\lambda(A) = \{\lambda_1(A), \lambda_2(A), \dots, \lambda_K(A)\}^T$ ,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_K\}$  – вектор бажаних цільових значень критеріїв,  $\Psi$  – функція відстані між  $\lambda(A)$  та  $V$ , яка визначається деякою заздалегідь обраною метрикою.

**Підхід на основі зведення багатокритеріальної задачі до задачі стохастичного програмування**. Враховуючи, що задача багатокритеріальної самоорганізації  $\{\lambda_1(A), \lambda_2(A), \dots, \lambda_K(A)\}$  вирішується в умовах апріорної невизначеності, її можна розглядати як задачу стохастичної самоорганізації. При стохастичній самоорганізації призводиться розширення множини рішень введенням випадкового вектору  $E_\zeta$ , для якого отримують числові рішення  $A(E_\zeta)$  із допустимої множини. Конструюється новий вектор із математичних очікувань.

$$M[\Psi_1(A(E_\zeta))] = \left\{ M[\lambda_1(A(E_\zeta))], \dots, \left. \dots, M[\lambda_K(A(E_\zeta))] \right\}. \quad (10)$$

При такій постановці задачі самоорганізація зводиться до

$$\Psi \left\{ M[\lambda_1(A(E_\zeta))], \dots, M[\lambda_K(A(E_\zeta))] \right\} \rightarrow \min_{E_\zeta}. \quad (11)$$

**Алгоритми багатокритеріальної самоорганізації**. Аналіз підходів, покладених в основу багатокритеріальної самоорганізації, показує, що головною відмінністю від однокритеріальної самоорганізації є алгоритм функціонування нейронного шару структурного адаптера. У розвиток схеми шенонівського пошуку в лабіринті і гіпотези загального принципу розвитку динамічних систем Івахненка можна запропонувати *два алгоритми багатокритеріальної самоорганізації*. Вони базуються на припущенні, що

природний відбір є загальною моделлю розвитку динамічних систем. Він проявляється на множині систем і включає операції розмноження і загибелі, які є еквівалентом інформації про перевагу поведінки в процесі самоорганізації. Поведінка системи, яка самоорганізується, має бути еквівалентна процесу природного відбору популяції.

**Перший алгоритм багатокритеріальної самоорганізації** реалізує ідею перебору станів на множині структур, що задовольняють "лідуючому" критерію з шести етапів.

На першому етапі здійснюється обчислення критеріїв оптимальності для початкової структури  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$ , згортання критеріїв оптимальності і обчислення оцінки початкового стану. Перевірка умови закінчення самоорганізації полягає в порівнянні оцінки цього стану з оцінкою оптимального стану.

На другому етапі реалізується випадковий пошук глобального екстремуму в просторі операторів у рамках структури  $W_0$ .

На третьому етапі здійснюється генерація нових станів і їх селекція за умови, що виконується лідуючий критерій.

На четвертому етапі здійснюється визначення значень критеріїв і застосування параметрів самоорганізації відносно критеріїв  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$  для станів, отриманих на третьому етапі. Згортка критеріїв оптимальності.

На п'ятому етапі здійснюється впорядкування станів відносно згортки критеріїв оптимальності. Отримання множини впорядкованих станів.

На шостому етапі здійснюється перевірка умови закінчення самоорганізації. Якщо отриманий стан  $A \neq A_{\text{опт}}$ , то здійснюється перехід до третього етапу.

Цей алгоритм реалізує підхід до самоорганізації на основі лідуючого критерію і із зростанням числа критеріїв дерево рішень росте за показовим законом.

У зв'язку з цим заслуговує на увагу **алгоритм самоорганізації на основі лексикографічного пріоритету** або так званого дерева лідуючих критеріїв. Він складається з семи етапів.

1 етап. Обчислення критеріїв для початкового стану  $A_0$  і перевірка умов закінчення самоорганізації.

2 етап. Генерація нових станів і їх селекція з умовою виконання лідуючого критерію.

3 етап. Вибір лідуючих критеріїв  $\lambda_\alpha$  та  $\lambda_\beta$  й використання параметричної самоорганізації по відношенню до них. Згортка критеріїв оптимальності для кожного стану.

4 етап. Розбиття множини станів на дві підмножини відносно критеріїв  $\lambda_\alpha$  і  $\lambda_\beta$ . У кожній підмножині здійснюється впорядкування станів відносно згортки критеріїв оптимальності. Отримання двох підмножин станів  $\lambda_\alpha$  і  $\lambda_\beta$ . Перевірка умов закінчення самоорганізації.

5 етап. Генерація нових станів із станів  $A_\alpha^{(1)}$  і  $A_\beta^{(1)}$ .

6 етап. Вибір лідуючих критеріїв  $\lambda_c$  і  $A_\beta^{(1)}$ . Параметрична самоорганізація відносно  $\lambda_c$  і  $\lambda_d$  до станів п'ятого етапу.

7 етап. Розбиття множини станів на чотири підмножини  $A_{\alpha c}, A_{\alpha d}, A_{\beta c}$  і  $A_{\beta d}$ . У кожній підмножині проводиться впорядкування станів відносно згортки критеріїв оптимальності. Перевірка умов закінчення самоорганізації: якщо самоорганізація не закінчена, то генеруються нові стани із станів  $A_\alpha^{(2)}$  і  $A_\beta^{(2)}$ .

Розглянутий алгоритм багатокритеріальної самоорганізації реалізує відому ідею дерева лідуючих критеріїв, при якій в НСК здійснюється ранжування критеріїв і першочергове задоволення найбільш важливим. Потім по черзі йде задоволення другою, третьою і так далі групам критеріїв, чим реалізується цілеспрямованість в самоорганізації.

**Висновки.** Таким чином, задача багатокритеріальної самоорганізації, також як і однокритеріальної для цієї системи може бути сформульована в термінах простору станів у рамках дискретно-подієвого методу синтезу. Це дозволяє формулювати задачу багатокритеріальної самоорганізації як екстремальну задачу комбінаторного програмування.

В роботі запропонована структура побудови систем СРЛС АНБ ЗВПК з поведінковою спроможністю до самоорганізації та ЦФ ДСА системи на прийом, використання якої дозволяє реалізувати цифрову передачу РЛІ, що забезпечує високу точність її передачі й відображення, мінімізацію ймовірностей помилок класифікації об'єктів моніторингу, практично недосяжну при сучасній технології в аналогових системах; високу завадостійкість РЛК, каналів зв'язку та каналів передачі КК БРЛЗ, можливість багаторазової ретрансляції й перезапису інформації; малу питому витрату смуги частот та зручність використання часового розподілу каналів.

### **Література**

1. Дружинін В. А. Проблеми формування та обробки радіолокаційної інформації в системах радіобачення: монографія / В. А. Дружинін. – Київ : Логос, 2013. – 230 с.
2. Дружинін В. А. Алгоритм відновлення полів методом виявлення зображень об'єктів в системах радіобачення з багатопозиційним прийомом інформації / В. А. Дружинін // Сучасний захист інформації. – 2013. – № 1. – С. 45-49.
3. Дружинін В. А. Прийом радіолокаційної інформації в багатопозиційних системах радіобачення / В. А. Дружинін // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2012. – № 3 (23). – С. 1-17.
4. Дружинін В. А. Багатопозиційний прийом в напівактивних системах радіобачення / В. А. Дружинін // Сучасний захист інформації. – 2012. – № 3. – С. 74-78.
5. Дружинін В. А. Структура моделі системи радіобачення з багатопозиційним прийомом інформації бортовими локаційними засобами групи дистанційно пілотованих літальних апаратів / В. А. Дружинін // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т. 10, № 4. – С. 194-204.
6. Дружинін В. А. Шляхи підвищення інформативності радіолокаційних дальнісних портретів повітряних об'єктів оперативного спостереження / В. А. Дружинін, С. В. Наконечний // Сучасний захист інформації. – 2013. – № 2. – С. 78-82.
7. Дружинін В. А. Багатошвидкісна обробка інформації в системах радіобачення з дистанційним пілотуванням носіїв бортових радіолокаційних засобів / В. А. Дружинін // Сучасний захист інформації. – 2013. – Спец. випуск. – С. 80-85.
8. Дружинін В. А. Особливості цифрової обробки траєкторних сигналів в системах радіобачення з дистанційним пілотуванням носіїв бортових засобів локації / В. А. Дружинін, С. Д. Войтенко, С. Н. Єгоров // Зб. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2013. – Вип. 1 (48). – С. 88-94.
9. Дружинін В. А. Багатопозиційний прийом в напівактивних системах радіобачення / В. А. Дружинін // Сучасний захист інформації. – 2012. – № 3. – С. 74-78.
10. Новиков В. Ф. Методы адаптации проблемно-ориентированных нейроподобных систем распознавания к изменениям внешней среды / В. Ф. Новиков // Тезисы доклада научно-технической конференции. – Житомир, 1994.
11. Новиков В. Ф. Синтез оптимальных структур нейроподобных систем распознавания радиолокационных сигналов. / В. Ф. Новиков, В. В. Берека // Тезисы докладов I научной конференции. КВВИУС. – Київ, 1993.
12. Новиков В. Ф. Синтез нейрокомпьютерных устройств распознавания воздушных целей в условиях априорной неопределенности / В. Ф. Новиков, В. В. Берека, А. В. Кулько // Тезисы докладов VIII научно-технической конференции КВЗРИУ. – Київ, 1992.