УДК 621.34

О.М. Доска, А.Б. Скорик

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОПИСАННЯ ЗРС З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ПОЛІХРОМАТИЧНИХ МНОЖИН

У статті розглянуто можливі підходи щодо структурно-функціонального описання ЗРС з використанням математичного апарату поліхроматичних множин. Пропонується при структурному описанні ЗРС, як складної системи, окремо виділяти структури класів і об'єктів. Розглянуто алгоритм прийняття рішення на відновлення боєготовності ЗРС, який передбачає можливість синтезу нової структури ЗРС з урахуванням потрібних функціональних властивостей системи.

Ключові слова: *структура, модель даних, поліхроматична множина, елемент озброєння, структури класів і об'єктів ЗРС, алгоритм прийняття рішення на відновлення боєготовності ЗРС.*

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури. Прийняття рішення на відновлення боєготовності ЗРС, що отримала пошкодження в результаті протиповітряного бою, може здійснюватися згідно алгоритму приведеному на рис. 1.

При існуючих підходах, на *етапі оцінки вихідних даних,* здійснюється ідентифікація ситуації і визначається ступінь пошкодження об'єкту (*типова ситуація*). На *етапі пошуку методу рішення* визначається набір стандартних дій, які мають на меті відновлення боєготовності ЗРС.

На *етапі отримання результатів* здійснюється відновлення ЗРС – перехід системи в її типовий стан. На кожному з розглянутих етапів ЗРС розглядається як складна *організаційно-технічна система військового призначення* (*ОТСВП*).

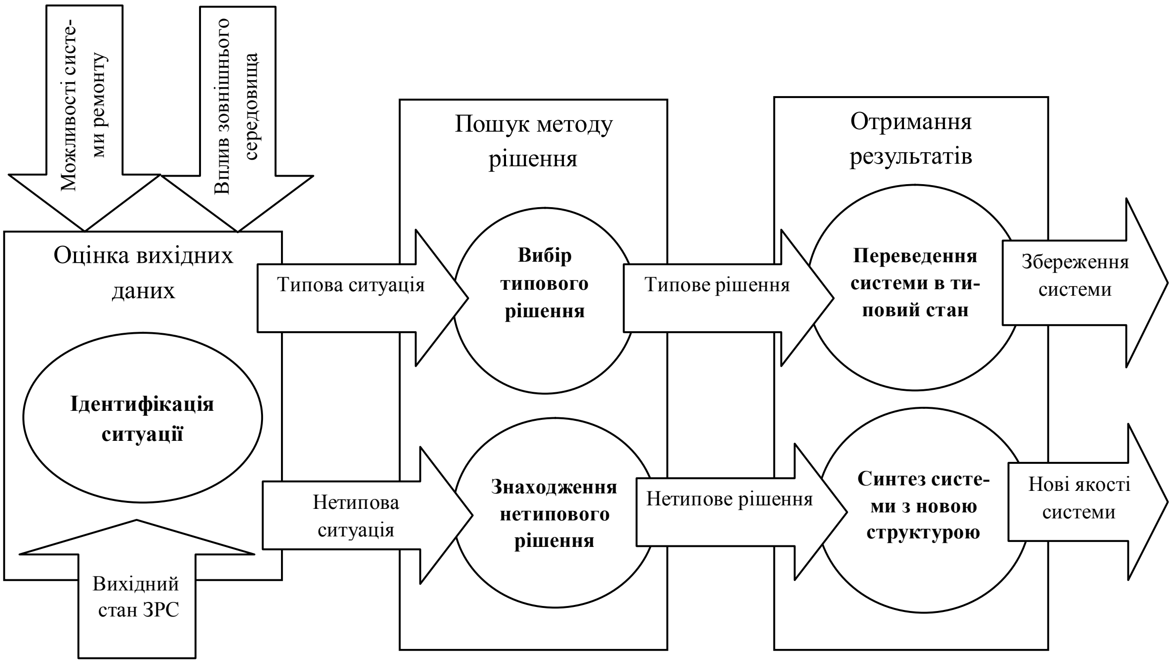

Рис. 1. Алгоритм прийняття рішення на відновлення боєготовності ЗРС

Для описання математичної моделі таких систем застосовують теоретико-множинний опис у вигляді кортежу (1) [1].

$$S = \{A, R, Z, Y, F, \Sigma\}, \tag{1}$$

де A – множина елементів системи; R – відношення на множині A; Z – множина входів системи; Y – множина виходів системи; F – множина функцій, що реалізуються елементами системи; $\sum$ – відношення емерджентності, визначене на множинах A і F.

В деяких випадках на *етапі оцінки вихідних даних* може бути прийняте рішення про неможливість відновлення ЗРС з заданим рівнем функціональності. При цьому виникає *нетипова ситуація*, що вимагає прийняття *нетипового рішення – синтезу нової структури системи* (рис. 1). Нова система повинна бути синтезована з використанням елементів базової системи (ЗРС) у реальному вимірі часу. Використання з цією метою традиційного математичного апарату теорії множин і теорії графів має деякі обмеження, які пов'язані з недосить розвиненими засобами опису функціональних властивостей об'єктів (елементів базової системи) елементами множини.

Вказаний недолік може бути врахований при використанні поліхроматичних множин [2].

Мета статті. Розглянути можливість використання математичного апарату поліхроматичних множин для структурно-функціонального опису ЗРС.

Основна частина

Властивості, стан, поведінка будь-якої системи взаємопов'язані з властивостями елементів цієї системи. В технічній системі ці властивості можуть мати різну природу і різноманітні якісні і кількісні відношення та зв'язки.

Поліхроматична множина представляється складом не тільки абстрактних елементів системи, а й властивостями цих елементів. Це надає змогу аналізувати стан і поведінку системи на рівні опису складу і зміни властивостей її елементів в процесі їх функціонування у складі системи.

Скористаємося математичним апаратом поліхроматичних множин для описання структури ЗРС з врахуванням функціональних властивостей складових елементів озброєння.

Нехай властивості будь-якого складового елемента озброєння називаються *кольором*. Причому різним властивостям відповідають різні кольори. Це дозволяє будь-який об'єкт, який має різні властивості, представити елементами *поліхроматичного універсума* ПU. На практиці ПU реалізується у вигляді баз даних, які включають в себе опис всіх можливих елементів системи, що аналізується і всіх властивостей цих елементів.

Множина, що включає в себе елементи ПU, є поліхроматичною множиною ПS. Елементами ПS-множини, згідно з умовами дослідження, є складові елементи ЗРС.

ЗРС – як ОТСВП складається зі *зразків озброєння,* які в свою чергу складаються з *елементів озброєння*. Під *елементом озброєння* (ЕО) будемо розуміти конструктивно незалежний закінчений виріб (вузол, блок, субблок і т.п.).

$$B_i = \{ b_1, b_2, \cdots, b_i \}, \quad i \in I; \tag{2}$$

$$A_j = \left\{ a_1, a_2, \cdots, a_j \right\}, \quad j \in J. \tag{3}$$

де B_i – множина ОВТ, що входить в аналізоване ЗРС; A_j – множина ЕО, що входить в аналізоване ОВТ; I= {1, 2,⋯, n} – множина номерів ОВТ, що входять в аналізоване ЗРС; J= {1, 2,⋯, m}– множина номерів ЕО, що входять в аналізоване ОВТ;

Взаємозв'язок між елементами B_i і A_j можна представити матрицею бінарних співвідношень (4):

$$\left\| c_{j(i)} \right\| = \left[A_j \times B_i \right] = \\ = \begin{bmatrix} c_{1(1)} & \cdots & c_{1(i)} & \cdots & c_{1(n)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{j(1)} & \cdots & c_{j(i)} & \cdots & c_{j(n)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{m(1)} & \cdots & c_{m(i)} & \cdots & c_{m(n)} \end{bmatrix}; \quad (4)$$

$$c_{j(i)} = \begin{cases} 1, a_j \in (b_i) \\ 0, a_j \notin (b_i) \end{cases},$$

де $c_{j(i)}$ – j-тий ЕО, що входять в i-тий зразок ОВТ.

У роботі [3] запропоновано для опису ЗРС використовувати поняття структурі классів і структури об'єктів. При описанні системи у вигляді сукупності класів дослідник, перш за все, розглядає функції системи, залишаючи в стороні розгляд взаємозв'язків між елементами (прикладом цього є функціональні схеми обладнання ЗО).

Під структурою класів ОВТ розуміємо структуру складових частин ОВТ, які призначені для виконання окремих задач.

В ОВТ ЗРС до класів можна віднести *системи запиту, підсвічування цілі, обзору і супроводження цілі, передачі даних* і т.п. Фактично класи складаються з ЕО та є їх більш високою степеню абстракції. Математично, систему класів можна представити множиною

$$D_k = \{ d_1, d_2, \cdots, d_k \}, \quad k \in K, \quad (5)$$

де D_k – множина класів, що входить в аналізоване ОВТ; K= {1, 2,⋯, r} – множина номерів класів, що входять в аналізоване ОВТ.

Тоді взаємозв'язок між D_k і B_i можна представити у вигляді бінарної матриці (6).

$$\left\| g_{k(i)} \right\| = \left[D_k \times B_i \right] = \\ = \begin{bmatrix} g_{1(1)} & \cdots & g_{1(i)} & \cdots & g_{1(n)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ g_{k(1)} & \cdots & g_{k(i)} & \cdots & g_{k(n)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ g_{r(1)} & \cdots & g_{r(i)} & \cdots & g_{r(n)} \end{bmatrix}; \quad (6)$$

$$g_{k(i)} = \begin{cases} 1, d_k \in (b_i) \\ 0, d_k \notin (b_i) \end{cases},$$

де $d_{k(i)}$ – k-тий клас, що належить i-му зразку ОВТ.

Взаємозв'язок між D_k і A_j представити у вигляді (7).

$$\left\| s_{j(k)} \right\| = \left[A_j \times D_k \right] = \\ = \begin{bmatrix} s_{1(1)} & \cdots & s_{1(k)} & \cdots & s_{1(r)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ s_{j(1)} & \cdots & s_{j(k)} & \cdots & s_{j(r)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ s_{m(1)} & \cdots & s_{m(k)} & \cdots & s_{m(r)} \end{bmatrix}; \quad (7)$$

$$s_{j(k)} = \begin{cases} 1, a_j \in (d_k) \\ 0, a_j \notin (d_k) \end{cases},$$

де $s_{j(k)}$ – j-тий зразок ЕО, що належить k-тому класу.

Враховуючи, що ЗРС складається з зразків ОВТ, а ті в свою чергу можуть бути представлені за допомогою класів та ЕО, то в загальному випадку структура ЗРС, яка забезпечує реалізацію конкретної функції, може бути описана вектором ОА, який графічно зображений на рис. 2.

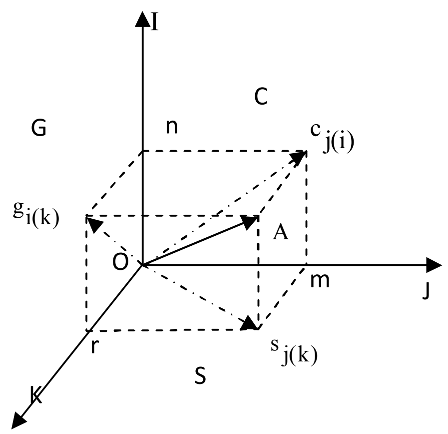

Рис. 2. Графічне зображення вектору структури ЗРС

З рис. 2 видно, що проекціями вектора ОА на площини C, S, G є вектора взаємозв'язку складових елементів ЗРС представлені матрицями (4), (6), (7). Варіант структури ЗРС описаний вектором ОА враховує не тільки склад ЗРС, взаємозв'язок між складовими, а й функції складових.

Представимо ЗРС множиною (8)

$$A = \left\{ a_1, \cdots, a_j, \cdots, a_s \right\}. \quad (8)$$

Кожному з елементів a_s ставимо у відповідність множину кольорів (9).

$$F(a_s) = (F_1, \cdots, F_j, \cdots, F_n). \quad (9)$$

Множині A ставимо у відповідність множину кольорів (10).

$$F(A) = (F_1, \cdots, F_j, \cdots, F_m).. \quad (10)$$

Опис кольорів F(A), $F(a_s)$ для будь-якого A, a_s як правило, враховує не всі їхні властивості, а лише ті які необхідно врахувати для рішення конкретної задачі.

Так, наприклад, для ЗРС БУК М1 однією з основних задач є знищення повітряного противника, що можливо при реалізації таких кольорів (властивостей), як *виявлення*, *розпізнавання*, *захоплення цілі* і тому подібне.

Всі ці кольори тісно взаємопов'язані з існуванням інших кольорів (наприклад: властивість *формування діаграми спрямованості РЛС*, *підсилення і перетворення прийнятих сигналів*…), які виникли в результаті взаємозв'язку ЕО. В загальному випадку склад поліхроматичної множини, за допомогою якої описується структура ЗРС, визначається шістьома компонентами (11) [2, 4].

$$\left\langle A, F(a_s), F(A), [A\times F(a_s)], [A\times F(A)], [A\times A(F)] \right\rangle, \qquad (11)$$

де A – множина, яка описує аналізований ЗРС; $F(a_s)$ – множина персональних кольорів елементів a_s ; F(A) – множина персональних кольорів, які належать аналізованому ЗРС.

Бінарна матриця, яка описує всі персональні кольори всіх елементів $a_s \in A$, представлена формулою (12).

$$[A\times F(a_s)] = \\ = \begin{bmatrix} c_{1(1)} & \cdots & c_{1(j)} & \cdots & c_{1(n)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{k(1)} & \cdots & c_{k(j)} & \cdots & c_{1(n)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{r(1)} & \cdots & c_{r(j)} & \cdots & c_{r(n)} \end{bmatrix}; \qquad (12)$$

Бінарна матриця, яка описує тільки унітарні кольори і однойменні з ними персональні кольори, що впливають на існування унітарних кольорів, представлена формулою (13).

$$[A\times F(A)] = \\ \begin{bmatrix} c_{1(1)} & \cdots & c_{1(j)} & \cdots & c_{1(m)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{k(1)} & \cdots & c_{k(j)} & \cdots & c_{1(m)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{r(1)} & \cdots & c_{r(j)} & \cdots & c_{r(m)} \end{bmatrix}; \qquad (13)$$

$$c_{k(j)} = \begin{cases} 1, F_j \in (a_j) \\ 0, F_j \notin (a_j) \end{cases}.$$

Будь-який колір як елемент множини (9) або (10) може бути представлений логічною змінною в розкрасці $F(a_j)$ (14)

$$F_j = \begin{cases} 1, F_j \in (a_j) \\ 0, F_j \notin (a_j) \end{cases}. \qquad (14)$$

або логічною змінною в розкрасці F(A) (15)

$$F_j = \begin{cases} 1, F_j \in (A) \\ 0, F_j \notin (A) \end{cases}. \qquad (15)$$

Склад елементів, при яких унітарний колір $F_j(A)$ існує, називають тілом даного унітарного кольору $A_k(F_j)$ (16).

$$A_k(F_j) = (a_{s_1}, a_{s_2}, \cdots, a_{s_n}) \ ; \qquad (16)$$

$$a_s = \begin{cases} 1, a_s \in A_k(F_j) \\ 0, s_s \notin A_k(F_j) \end{cases}.$$

Якщо існує n варіантів тіл унітарного кольору $F_j(A)$, то загальний склад елементів $A(F_j)$, які впливають на існування даного кольору дорівнюють:

$$A(F_j) = \bigvee_{k=1}^{n} A_k(F_j). \qquad (17)$$

Склад всіх варіантів тіл, які забезпечують існування всіх унітарних кольорів F(A), описуються матрицею (18).

$$\left\| c_{i(j)} \right\| = [A\times A(F)], \qquad (18)$$

де A(F) – об'єднання всіх (h) варіантів тіл унітарних кольорів F(A) визначається співвідношенням (19)

$$A(F) = \bigvee_{s=1}^{h} A(F_j) = \\ = \bigvee_{s=1}^{h} \bigvee_{k=1}^{n} A_k(F_j). \qquad (19)$$

Модельовані можливості ПS множини залежать від особливостей тіл, які відображають вплив персональних кольорів елементів ПS множини на існування унітарних кольорів.

Якщо тілом будь-якого унітарного кольору $F \in F(A)$ є кожний елемент $a_s \in A$, що має персональний колір $F_j(a_s)$, і кожному персональному кольору будь-якого елемента a_s відповідає однойменній персональний колір ПS множини, то взаємозв'язок унітарних і персональних кольорів описується диз'юнктивною формою зв'язку (ДФЗ). Якщо ПS множина має m елементів з персональним кольором F_j, то кожний з таких елементів є тілом $F_j(A)$, а рівняння (19) має вигляд:

$$A(F_j) = \bigvee_{p=1}^{m} a_{s_p}, \ \forall a_{s_p} (F_j \in F(a_{s_p})). \qquad (20)$$

Звідси слідує, що при ДФЗ унітарний колір існує при наявності хоча б одного елемента a_s з персональним кольором $F_j(a_s)$.

Якщо співвідношення (20) не виконується, то тіло унітарного кольору $F_j(A)$ складається з більш ніж одного елемента і описується коньюктивною формою зв'язку (КФЗ) (2) 1.

$$A_k(F_j) = \bigwedge_{q=1}^{m_k} a_{s_q}, \forall a_{s_q} (F_j \in F(a_{s_q})). \quad (21)$$

При КФЗ кожен окремий елемент a_{sq} тіла $A_k(F_j)$ є обов'язковою, але не достатньою умовою для реалізації унітарного кольору.

Виходячи з запропонованих умов деталізації ЗРС у вигляді окремих блоків, вузлів, персональні кольори яких, як правило, не відповідають умові (20), маємо:

$$A(F_j) = \bigvee_{k=1}^{n} \bigwedge_{q=1}^{m_k} a_{s_q}, \forall a_{s_q} (F_j \in F(a_{s_q})). \quad (22)$$

Матриці $[A \times F(A)]$, $[A \times A(F)]$ описують вплив конкретного елемента a_s на існування унітарних кольорів та існування варіантів тіл цих кольорів.

Отже, описавши всі елементи системи, що аналізується і всі функціональні властивості цих елементів, можна створити структурно-функціональну модель даних, яка побудована за принципами CALS технології [2, 5, 6].

Висновки

Використання математичного апарату поліхроматичних множин дозволяє здійснити структурно-функціонального описання ЗРС з виділенням структур класів і об'єктів. Даний підхід до математичного опису ЗРС створює сприятливі умови для розробки математичних моделей ЗРС, побудованих за принципами CALS та адаптованих до сучасних інформаційних технологій.

Список літератури

1. Демидов Б.А. Методы военно-научных исследований. Ч. 1. / Б.А. Демидов – Х. ВИРТА ПВО. – 1987. – 673 с.

2. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS – технологи / Ю.М. Соломенцев, В.М. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. – М: Наука, 2003 – 292 с.

3. К вопросу о дескриптивном определении системы противовоздушной обороны. / А.Б. Скорик, В.В. Воронин, С.В. Ольховиков, А.С. Кирилюк // Наука і техніка ЗС України. – Х.: ХУПС. – 2010. – Вип. 2(4). – С. 17-23.

4. Павлов В.В. Полихроматические множества в теории систем. Операции над ПS-множествами / В.В. Павлов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2005 – Вип.7. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://technomag.edu.ru/doc/52880. html.

5. Есин В.И. Универсальная модель данных и ее математические основы / В.И. Есин // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2(92). – С. 21-24.

6. CALS-технологии в России. Научно-методические материалы. // НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.cals.ru/policy/.

Надійшла до редколегії 14.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Малайчук, Дніпропетровський Національний Університет ім. О. Гончара, Дніпропетровськ.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ЗРС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПОЛИХРОМАТИЧЕСКИХ МНОЖЕСТВ

А.М. Доска, А.Б. Скорик

В статье рассмотрены возможные подходы к структурно-функциональному описанию ЗРС с использованием математического аппарата полихроматических множеств. Предлагается при структурном описании ЗРС, как сложной системы, выделять структуры классов и объектов. Рассмотрен алгоритм принятия решения на восстановление боеготовности ЗРС, который предусматривает возможность синтеза новой структуры ЗРС с учетом нужных функциональных свойств системы.

Ключевые слова: *Структура, модель данных, полихроматическое множество, элемент вооружения, структуры классов и объектов ЗРС, алгоритм принятия решения на восстановление боеготовности ЗРС.*

STRUCTURAL-FUNCTIONAL DESCRIPTION OF SAMS WITH USE THE MATHEMATICAL VEHICLE OF POLYCHROMATIC ENSEMBLES

A.M. Doska, A.B. Skorik

In the article the possible going is considered near structural-functional description of SAMS with the use of mathematical vehicle of полихроматических great numbers. Offered at structural description of SAMS, as a difficult system, to distinguish the structures of classes and objects. A decision-making algorithm is considered on renewal of боеготовности of SAMS, that envisages possibility of synthesis of new structure of SAMS taking into account necessary functional properties of the system.

Keywords: *Structure, model of data, полихроматическое great number, element of armament, structure of classes and objects of ЗРС, decision-making algorithm on renewal of SAMS ready.*