

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 проти-повітряного 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).

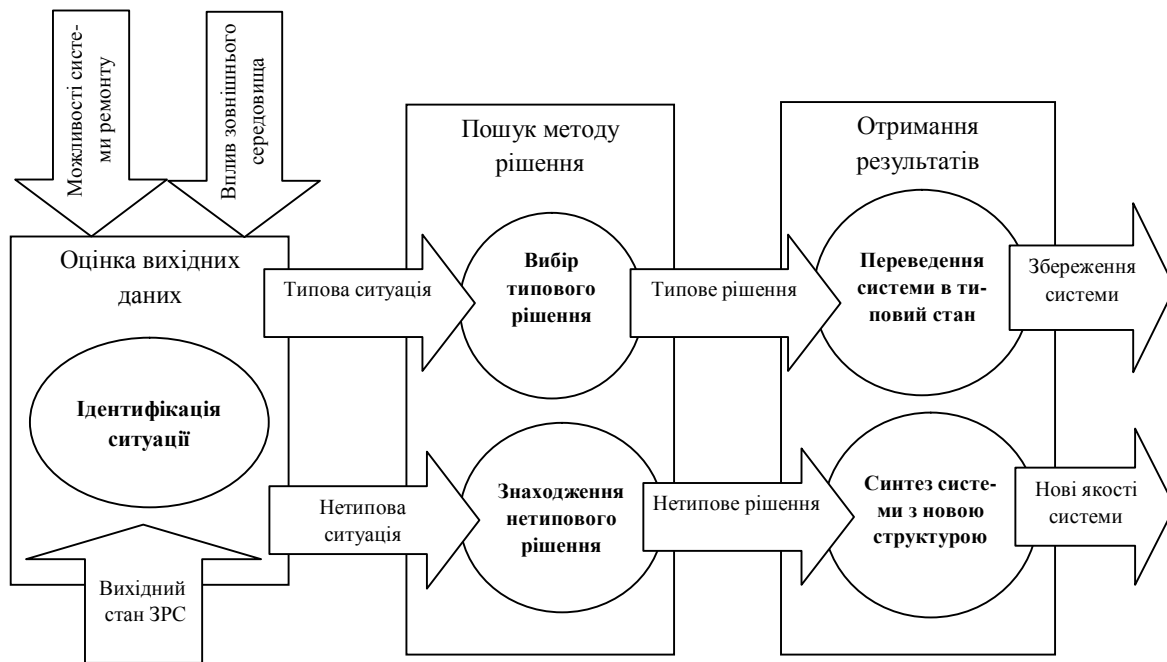


Рис. 1. Алгоритм прийняття рішення на відновлення боєготовності ЗПС

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

$$S = \{A, R, Z, Y, F, \Sigma\}, \quad (1)$$

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; Σ – відношення емерджентності, визначене на множинах A і F .

В деяких випадках на етапі оцінки вихідних даних може бути прийняте рішення про неможливість відновлення ЗПС 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 (ЗПС) у реальному вимірі часу. Використання з цією метою традиційного математичного апарату теорії множин і теорії графів має деякі обмеження, які пов'язані з недостатньо 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 ЗПС.

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 ЗПС 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 ПУ. На практиці ПУ 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 ПУ, є поліхроматичною множиною ПС. Елементами ПС-множини, згідно з умовами дослідження, є складові елементи ЗПС.

ЗПС – 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.).

$$B_i = \{b_1, b_2, \dots, b_i\}, \quad i \in I; \quad (2)$$

$$A_j = \{a_1, a_2, \dots, a_j\}, \quad j \in J. \quad (3)$$

де B_i – множина ОБТ, що входить в аналізоване ЗПС; A_j – множина ЕО, що входить в аналізоване ОБТ; $I = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина номерів ОБТ, що

входять в аналізоване ЗРС; $J = \{1, 2, \dots, m\}$ – множина номерів ЕО, що входять в аналізоване ОВТ;

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

$$\begin{aligned} \|c_{j(i)}\| &= [A_j \times B_i] = \\ &= \begin{bmatrix} c_{1(1)} & \dots & c_{1(i)} & \dots & c_{1(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{j(1)} & \dots & c_{j(i)} & \dots & c_{j(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m(1)} & \dots & c_{m(i)} & \dots & c_{m(n)} \end{bmatrix}; \quad (4) \\ c_{j(i)} &= \begin{cases} 1, a_j \in (b_i) \\ 0, a_j \notin (b_i) \end{cases}, \end{aligned}$$

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

У роботі [3] запропоновано для опису ЗРС використовувати поняття структури класів 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 ступеню абстракції. Математично, систему класів можна представити множиною

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

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

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

$$\begin{aligned} \|g_{k(i)}\| &= [D_k \times B_i] = \\ &= \begin{bmatrix} g_{1(1)} & \dots & g_{1(i)} & \dots & g_{1(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{k(1)} & \dots & g_{k(i)} & \dots & g_{k(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{r(1)} & \dots & g_{r(i)} & \dots & g_{r(n)} \end{bmatrix}; \quad (6) \\ g_{k(i)} &= \begin{cases} 1, d_k \in (b_i) \\ 0, d_k \notin (b_i) \end{cases}, \end{aligned}$$

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).

$$\begin{aligned} \|s_{j(k)}\| &= [A_j \times D_k] = \\ &= \begin{bmatrix} s_{1(1)} & \dots & s_{1(k)} & \dots & s_{1(r)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{j(1)} & \dots & s_{j(k)} & \dots & s_{j(r)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{m(1)} & \dots & s_{m(k)} & \dots & s_{m(r)} \end{bmatrix}; \quad (7) \\ s_{j(k)} &= \begin{cases} 1, a_j \in (d_k) \\ 0, a_j \notin (d_k) \end{cases}, \end{aligned}$$

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.

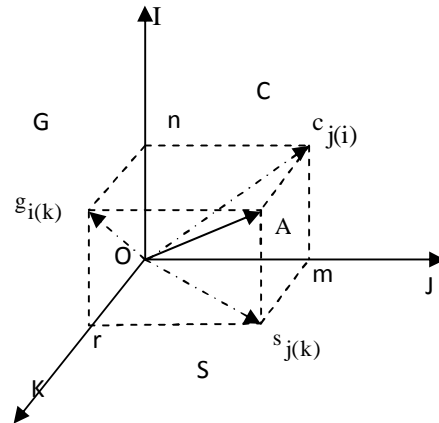


Рис. 2. Графічне зображення вектору структури ЗРС

З рис. 2 видно, що проєкціями вектора ОА на площини С, 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)

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_s\}. \quad (8)$$

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

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

Множині А ставимо у відповідність множину кольорів (10).

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

Опис кольорів $F(A)$, $F(a_s)$ для будь-якого А, 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 шістьма компонентами (11) [2, 4].

$$\langle A, F(a_s), F(A), [A \times F(a_s)], [A \times F(A)], [A \times A(F)] \rangle, \quad (11)$$

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).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Модельовані можливості ПС множини залежать від особливостей тіл, які відображають вплив персональних кольорів елементів ПС 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 однойменний персональний колір ПС множини, то взаємозв'язок унітарних і персональних кольорів описується диз'юнктивною формою зв'язку (ДФЗ). Якщо ПС множина має m елементів з персональним кольором F_j , то кожний з таких елементів є тілом $F_j(A)$, а рівняння (19) має вигляд:

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

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 кон'юнктивною 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 окремих елемент a_{s_q} 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.

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 polychromatic 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, polychromatic great number, element of armament, structure of classes and objects of ЗРС, decision-making algorithm on renewal of SAMS ready.

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 – технологии / 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. Кирилук // 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 ПИС-множествами / В.В. Павлов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2005 – Вип.7. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/52880.html>.
5. Есин В.И. Универсальная модель данных и ее математические основы / В.И. Есин // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2(92). – С. 21-24.
6. CALS-технологии в России. Научно-методические материалы. // НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <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.