

# Обробка інформації в складних організаційних системах

УДК 345.5

О.В. Барабаш<sup>1</sup>, Д.П. Пашков<sup>2</sup>, О.М. Горський<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Державний університет телекомунікацій, Київ

<sup>2</sup> Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ

<sup>3</sup> Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

## ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЕРГОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

*Розглядаються питання методології забезпечення функціональної стійкості складних систем. Показано, що в складних організаційних ерготехнічних системах важливе місце в забезпеченні їх функціональної стійкості будуть займати процеси циркуляції та засвоєння інформації в системі. Приведено підхід до оцінки валідності тезаурусу системи, як комплексного показника досконалості інформаційних процесів.*

**Ключові слова:** організаційна ерготехнічна система, функціональна стійкість, тезаурус.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Аналіз існуючої теорії функціональної стійкості показує, що до цього часу властивість функціональної стійкості розглядалась тільки для складних технічних систем. В природі ж існують і інші складні системи, які виконують певні функції та потребують визначення запасу стійкості і визначення заходів щодо їх підтримання. Такі механізми підтримання стійкості можна прослідкувати в складних системах, таких як біологічні, відповідно до цього за аналогією й ергатичні. В свою чергу ергатичні системи є складними системами, в яких бере участь людина з недостатньо визначеною поведінкою, обумовленою наявністю логіки з нечіткою істинністю, нечіткими зв'язками і нечіткими правилами висновків, властивими процесу мислення людини. Будь яка ергатична система, куди включена людина, як виконавець або як особа, що приймає рішення, є організаційною системою. Як приклад, можна розглянути таку складну систему, як угруповання тактичної авіації.

З позицій забезпечення ефективності бойових дій під угрупованням тактичної авіації доцільно розуміти сукупність підсистем, що взаємодіють в процесі підготовки та застосування тактичної авіації. Кожна з них в цьому випадку володіє ознаками складних систем та при аналізі може розглядатись як окрема система, що включає бойову авіаційну техніку, особовий склад, нормативну документацію (нормативи застосування). Кожній підсистемі відповідає свій процес функціонування. Загальна мета цих про-

цесів – забезпечення ефективності застосування тактичної авіації. Управління цими процесами виконується за допомогою відповідних стратегій застосування, під якими розуміється сукупність правил, що забезпечують задане управління процесом функціонування відповідної підсистеми для підтримання найвигідніших режимів функціонування.

Очевидно, що АБС володіє особливостями, що властиві технічним системам: наявністю єдиної мети (ефективністю дій); керованістю системи, що має ієрархічну структуру; взаємозв'язком підсистем, що мають в своїй структурі велику кількість взаємодіючих елементів; наявністю інтенсивних потоків інформації; вразливістю при впливі випадкових факторів; наявністю рис самоорганізації, тобто здатності за рахунок зміни своїх властивостей прийти до стійкого стану.

Враховуючи вищенаведене, вважається доцільним розглянути здатність угруповання перебувати в стані функціональної ефективності протягом заданого інтервалу часу (здатність виконати відповідні завдання) в умовах відмов підсистем через внутрішні та зовнішні дестабілізуючі фактори (вплив противника) за рахунок існуючої надмірності, як природньої властивості складної системи.

Таке дослідження набирає особливої актуальності при врахуванні характеру сучасних збройних конфліктів та обмеженим ресурсним забезпеченням Збройних Сил. В таких умовах надмірність неможливо вводити до системи під час формування структури угруповання, а потрібно виявити існуючу надмірність і реалізувати її за рахунок перерозподілу

існуючих ресурсів системи. Таким чином, з метою забезпечення ефективності та повноти виконання завдань угрупованням тактичної авіації в операції Збройних Сил України потрібно вирішити проблему забезпечення угрупованню тактичної авіації властивості функціональної стійкості.

З метою вирішення проблеми забезпечення функціональної стійкості угруповання тактичної авіації (ТА) як складної організаційної ерготехнічної системи, вважається доцільним застосовувати підхід, який містить в собі сукупність математичних моделей, необхідних і достатніх умов функціональної стійкості, ознак, показників, критеріїв, області, границі і запасу функціональної стійкості системи, та який може бути застосованим для будь-яких складних людино-машинних систем з інтенсивно циркулюючою інформацією. Цей підхід базується на концепції забезпечення функціональної стійкості, яка передбачає забезпечення оптимального (субоптимального) рівня циркулюючої в системі інформації та максимального рівня засвоєння інформації керуючим елементом (так званого тезаурусу системи). Валідація тезаурусу дозволяє ефективніше використовувати існуючу надмірність та за рахунок цього підвищити значення показників функціональної стійкості до необхідного рівня без значних витрат.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз літератури [2, 3, 5, 6] показав, що для вирішення таких задач застосовуються підходи з використанням традиційного апарату опису розподілених об'єктів, такого як теорія графів. Враховуючи нестабільний характер структури розгалуженого тезаурусу та двоякість визначення ситуацій, для опису розгалуженого тезаурусу угруповання ТА повинна використовуватися теорія нечітких графів. Це дозволяє відображати співвідношення ситуацій, які виникають при застосуванні угруповання ТА зі станами тезаурусу угруповання ТА.

Існуюча теорія функціональної стійкості не розглядала такі складні системи як ерготехнічні. Для таких систем не вирішені питання щодо оцінки достовірності складових елементів тезаурусу, які звичайно мають суб'єктивний характер з подальшим використанням цієї інформації при формуванні відновлюючого управління.

Валідація тезаурусу, який використовується в угрупованні ТА, дає можливість визначити загальний стан тезаурусу, що складає основу другого етапу процесу забезпечення функціональної стійкості угруповання. Оцінки валідності (коректності) елементів тезаурусу, одержані всередині тезаурусу на основі внутрішньої валідації, дозволяють зробити загальний висновок про стан тезаурусу угруповання. Разом з тим, ймовірнісний характер одержуваних результатів валідації свідчить про можливість появи різноманітних ситуацій, які можуть виникати у угруповання ТА

під час його функціонування, що дозволяє розглядати такі ситуації з позицій нечіткості.

Особливістю динамічної валідації тезаурусу є необхідність урахування наявності великої кількості незалежних процесів, що відбуваються водночас, і складності їх взаємного узгодження при відносній простоті операцій, які виконуються.

Згідно з цим організація процедури валідації повинна забезпечувати можливість знання на кожному етапі функціонування характеристик як окремих елементів тезаурусу, так і тезаурусу в цілому, а також можливості аналізу їх роботи.

**Мета статті.** Метою статті є виведення формалізованого опису процесів валідації, що дозволить автоматизувати процес валідації тезаурусу та спростити проведення поелементної валідації та поєднання її з загальною оцінкою дієздатності тезаурусу в єдиний технологічний процес валідації шляхом використання інструментальних та програмних засобів [2].

## Виклад основного матеріалу

Дослідження літератури [3] дало можливість розглянути питання щодо наявності у тезаурусі угруповання некоректно функціонуючих елементів. Це вимагає розробки відповідних *моделей* процесу її функціонування, оскільки на відміну від розподілених технічних та інформаційних систем, розгалужений тезаурус угруповання не може виключати окремі елементи з процесу функціонування. Для цього виникла необхідність пошуку нових форм подання розгалуженого тезаурусу.

Як апарат формалізованого подання пропонується використовувати нечіткі і чіткі графові моделі [3]. Основними підставами для їх використання є:

необхідність формального опису нечітких ситуацій у тезаурусі і нечітких станів елементів тезаурусу;

можливість адекватного відображення властивостей елементів на різних етапах функціонування й отримання різноманітних характеристик для їх наступного аналізу;

необхідність досягнення концептуальної єдності формального опису процесу функціонування;

відносна простота і доступність.

У відповідності до [4] для здійснення декомпозиції необхідно мати ситуаційну модель, що відображає множину ситуацій зовнішнього світу у множину станів тезаурусу. У нашому випадку ситуації зовнішнього світу (ситуації, що склалися для угруповання ТА) – це сукупність знань про впливи середовища, стан об'єкта управління, керуючої ланки і поточні цілі управління у даний момент часу.

Стани тезаурусу – це такі сукупності інформації про ситуації в угрупованні, які виникають у певних умовах застосування.

При описі ситуацій для угруповання ТА на основі отриманих результатів валідації окремих елементів тезаурусу використовуються ймовірнісні характеристики, тому ситуаційна модель, що формується у угруповання, може бути подана у вигляді нечіткого об'єкта, тобто бути нечіткою.

Нечітка ситуаційна модель породжує модель станів тезаурусу також нечітку у тому сенсі, що кожній нечіткій ситуації для угруповання ТА відповідає нечітка сукупність результатів валідації.

Процес побудови ситуаційної моделі ілюструється рис. 1. На рис. 1:  $s_1, s_2, s_3, \dots$  – нечіткі ситуації, що склалися для угруповання ТА у відповідні моменти часу;  $v_1, v_2, v_3, \dots$  – нечіткі стани тезаурусу.

Між ними є нечітка відповідність  $E_i = \langle e_i, s_i, v_i \rangle$ . Нехай  $A_1, A_2, \dots$  – деякі оператори переходу із ситуації  $s_1$  до  $s_2$ , із  $s_2$  до  $s_3, \dots$ . Ці оператори ініціюють виникнення деяких операторів  $B_1, B_2, \dots$ , за допомогою яких здійснюється перехід тезаурусу зі стану  $v_1$  до  $v_2, v_2$  до  $v_3 \dots$ .

Згадані ситуації для угруповання ТА є узагальненими і називаються ситуаціями. Процедури узагальнення ситуацій будуть розглянуті у подальшому. З ними узгоджуються відповідні стани тезаурусу.

Кожна нечітка ситуація для угруповання ТА породжує нечіткий стан тезаурусу. Зв'язки і можливі переходи у просторі ситуацій породжують відповідні переходи у просторі станів тезаурусу.

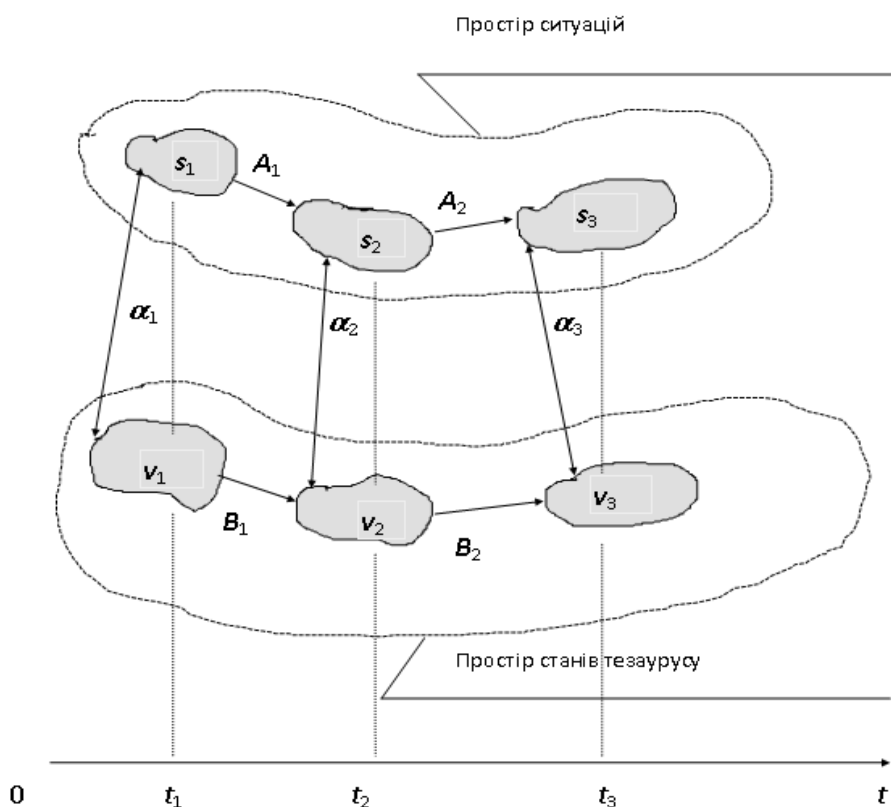


Рис. 1. Ситуаційна модель застосування угруповання

Нечіткі стани і переходи між ними утворюють граф станів тезаурусу угруповання ТА (у загальному випадку нечіткий)  $L_m = (V, F)$ , в якому

$$V = \{ \langle \mu_V(v_i) / v_i \rangle \},$$

де  $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$  – нечітка множина вершин;

$$F = \{ \langle \mu_F \langle v_i, v_j \rangle / \langle v_i, v_j \rangle \rangle \}, \quad \langle v_i, v_j \rangle \in V^2,$$

$j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$  – нечітка множина орієнтованих дуг графа, причому  $v_i$  – початок, а  $v_j$  – кінець дуги;

$\mu_V(v_i)$  і  $\mu_F(v_i, v_j)$ , ( $\mu_V(v_i), \mu_F(v_i, v_j) \in [0;1]$ ) – ступені належності вершин і дуг відповідним нечітким множинам.

У графі станів нечітка множина вершин інтерпретується як сукупність результатів валідації, одержаних у даному стані тезаурусу, а зважені дуги по-

казують напрямок і можливі переходи тезаурусу зі стану у стан.

У теорії нечітких моделей розглядаються лише нечітка відповідність виду

$$\Gamma = \langle F, X, Y \rangle,$$

де  $F$  – нечіткий граф нечіткої відповідності,  $X$  – область відправлення,  $Y$  – область прибуття нечіткої відповідності і нечіткі графи з нечітко суміжними вершинами, тобто вигляду  $L = (V, F)$  [4]. Дана теорія потребує розвитку у частині класів нечітких відповідностей і графів.

Графом інформаційних зв'язків (інформаційним графом) [5] у нашому випадку будемо називати нечіткий орієнтований граф  $L_1 = (Z, U_1)$ , що відображає потік даних у тезаурусу таким чином, що якщо

стан елемента  $z_j \in Z$  нечітко зв'язаний за даними із станом елемента  $z_i \in Z$ , то  $z_j \in U_I(z_i)$ . Цей граф є нечітким графом з нечітко суміжними вершинами, відповідає схемі інформаційних потоків у тезаурусу і будується за інформацією про вхідні і вихідні набори даних для кожного модуля.

Кожна сукупність елементів у тезаурусу застосовується під час застосування угруповання. При цьому обмеження на порядок виконання елементів задаються орієнтованим графом

$$L_C = (Z, U_C),$$

де  $Z$  – множина модулів,  $U_C$  – відображення  $Z$  у  $Z$  таке, що застосування  $z_j$  після  $z_i$  тягне  $z_i \in U_C(z_j)$ , тобто на графі  $L_C$  у цьому випадку є орієнтована дуга. Граф  $L_C$  називають графом управління, бо він відображає потік управління у тезаурусу. Він є базисним графом інформаційного графа і може бути отриманий вилученням транзитивних дуг останнього [6].

Наявність даного графа дозволяє вирішувати задачі вибору коректних елементів в системі, моделювати їх роботу при застосуванні угруповання.

Якщо задано множину концептів тезаурусу  $A = \{a_i\}$ , а на цій множині задається відношення включення  $R_v$  таке, що  $a_i R_v a_j \leftrightarrow a_j \subset a_i$ , тобто  $a_i$  і  $a_j$  зв'язані відношенням  $R_v$  тоді і тільки тоді, коли елемент  $a_j$  є структурною компонентою елемента  $a_i$ .

Відношення  $R_v$  породжує дуги на графі  $L_S = (A, W)$ :  $a_i R_v a_j \leftrightarrow \langle a_i, a_j \rangle$ ;  $a_i, a_j \in A$ ;  $\langle a_i, a_j \rangle \in W$ .

Структурним графом елемента тезаурусу (структурним графом) називається базисний граф графа  $L_S$ .

Подібний граф може бути використаний при дослідженні питань стійкості модуля.

## Висновок

В статті розглянуто один із підходів щодо визначення та оцінки елементів інформаційної надмірності в угрупованні тактичної авіації, що полягає у

валідації розгалуженого тезаурусу угруповання. Такий підхід дозволяє математично формалізувати цільову функцію та обмеження в задачі оптимального використання надмірності, якісно та кількісно оцінювати функціональну стійкість угруповання тактичної авіації за ймовірністю виконання заданих функцій протягом певного інтервалу часу, а також на основі цього надавати рекомендації з нарошування структури або висовувати обґрунтовані вимоги до структури створюваних угруповань тактичної авіації.

## Список літератури

1. Горський О.М. Розвиток форм підготовки виваційних підрозділів тактичної авіації Повітряних Сил та їх вплив на стійкість угруповання тактичної авіації / О.М. Горський, В.В. Нікіфоров, А.М. Алімпієв // Новітні технології – для захисту повітряного простору : Матеріали наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2014. – С. 51
2. Олссон Г. Цифровые системы автоматизации и управления / Г. Олссон, Д. Пиани. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
3. Обідін Д.М. Интеллектуализация системы управления складным динамичным объектом на основе нечетких семантических сетей / Д.М. Обідін, В.А. Савченко // Моделирование та інформаційні технології : Зб. наук. пр. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці імені Г.С. Пухова НАН України, 2012. – Вып. 63. – С. 81 – 85.
4. Котляров В.П. Основы современного тестирования программного обеспечения / В.П. Котляров, Т.В. Колова. – СПб: Политехник, 2004. – 319 с.
5. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Бернштейн, С.Я. Коровин. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
6. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень / С.О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 341 с.

Надійшла до редакції 24.06.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.А. Машков, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ.

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ЭРГОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О.В. Барабаш, Д.П. Пашков, А.М. Горский

*Рассматриваются вопросы методологии обеспечения функциональной устойчивости сложных систем. Показано, что в сложных организационных эрготехнических системах важное место в обеспечении их функциональной устойчивости будут занимать процессы циркуляции и усвоения информации в системе. Приведен подход к оценке валидности тезауруса системы, как комплексного показателя качества информационных процессов.*

**Ключевые слова:** організаційна ерготехнічна система, функціональна стійкість, тезаурус.

## INFORMATIONAL APPROACH TO COMPLETE FUNCTIONAL STABILITY OF COMPLICATED ORGANISATIONAL ERGONOMIC TECHNICAL SYSTEMS

O.V. Barabash, D.P. Pashkov, A.M. Gorskiy

*We consider the questions of methodology ensuring the functional stability of complex systems. It is shown that in complex organizational systems ergonomic technologies are important to ensure their functional stability will take the processes of circulation and assimilation of information in the system. Powered approach to assessing the validity thesaurus system as a comprehensive indicator of excellence of information processes.*

**Keywords:** organizing ergonomic technical system, functional stability, thesaurus.