

КОНЦЕПЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ БАГАТОМОДУЛЬНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОЇ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ БАЗ ЗНАНЬ

The article highlights the main notions of approach for the functional stability of intellectualized control systems on the basement of knowledge base dynamic decentralized verification

Keywords: functional stability, multimodule technical system, intellectualization, knowledge base, decentralized verification

Вступ. В сучасних умовах інтенсивний розвиток та широке впровадження інформаційних технологій відкривають нові перспективи щодо розробки систем управління різноманітними складними технічними об'єктами. Все актуальніше перед конструкторами постає питання розробки інтелектуальних багатомодульних оптимальних систем управління, що мають розвинені властивості адаптації до мінливих в широких діапазонах умов функціонування, виникнення позаштатних, малоймовірних ситуацій, які неможливо передбачити, тобто при відсутності повної апіорної інформації.

На сьогоднішній день основним призначенням інтелектуалізованих систем управління є:

- інтелектуальна підтримка оператора в небезпечних ситуаціях;
- виявлення неадекватності дій і стану оператора умовам функціонування об'єкта;
- видача своєчасної попереджувальної інформації;
- автоматичне ухвалення рішення про неприцездатність оператора й передача функцій управління автоматичі;
- застосування елементів системи забезпечення життєдіяльності у позаштатних ситуаціях.

Впровадження швидкодіючих обчислювальних систем надає принципово нові можливості щодо реалізації складних алгоритмів програмного та адаптивного управління. Інтелектуалізовані системи управління передбачають використання баз знань і правил, у яких міститься уся необхідна інформація, одержана з досвіду використання аналогічних систем людиною. Разом з тим особливої уваги набувають заходи щодо забезпечення функціональної стійкості таких систем. При значній кількості джерел інформації і виконавчих агрегатів (приводів) практично всі заходи забезпечення стійкості функціонування зосереджуються в системі управління і реалізуються у математичному забезпеченні роботи системи [1–2]. Проте,

такий підхід не гарантує достатньої надійності функціонування системи управління, оскільки базується на централізованій концепції з необхідністю залучення достатньо надійних засобів контролю функціонування окремих підсистем. Для великих багатомодульних систем управління більш доцільним вбачається застосування розподілених систем діагностування (самодіагностування), як одного з ключових етапів забезпечення функціональної стійкості системи управління.

Аналіз підходів щодо діагностування багатомодульних систем управління. В основі забезпечення функціональної стійкості інтелектуальних розподілених систем управління складним об'єктом лежать процедури підтримання у валідному стані баз знань окремих модулів розподіленої системи, що може бути вирішено через організацію *динамічної верифікації* таких баз знань під час їх застосування на основі тестів. Тестова верифікація системи повністю визначається характером організації її верифікаційного ядра.

Під верифікаційним ядром розуміється комплекс апаратних і програмних засобів, на який покладаються завдання виконання тестових перевірок, аналізу результатів перевірок всіх елементів системи і видачі результату контролю та верифікації споживачеві.

У загальному вигляді поняття верифікаційного ядра може бути формалізоване таким чином

$$\begin{aligned}
 D(M_D, T_D) &\subset R(M, T), M_D \subset M, T_D \subset T, \\
 R &= \{M^i \times T^j \mid i = [1, I], j = [1, J]\}, \\
 M_D &: \{\min |M| / \forall S_i \in S \exists \{\tau_i\} \in T\} \cap M_A, \\
 T_D &= \bigcup_i \{\tau_i\}, i = 1, \dots, N,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де M_A – апаратні засоби, на які покладено завдання аналізу верифікаційної інформації;

M, T – базисні множини апаратних і програмних компонентів, таких, що забезпечують перевірку будь-якого модуля;

S – множина апаратних компонентів усієї РБЗ;

M_D, T_D – множина апаратних і програмних компонентів верифікаційного ядра;

$\{\tau_i\}$ – підмножина програмних компонентів, що забезпечують перевірку семантичного стану S_i -го апаратного компонента РБЗ.

Залежно від результатів перевірок і часу утворення верифікаційного ядра тестова верифікація може бути організована на основі принципів [3]:

1) *централізованого верифікаційного ядра*, при якому виділяється або призначається частина апаратних засобів для верифікації всієї РБЗ:

$$M_D \in S, S \setminus M_D \neq \emptyset, M_D = M_D^* = const,
 \tag{2}$$

де S – множина апаратних компонентів РБЗ;
 M_D – множина апаратних компонентів верифікаційного ядра, призначених після виконання перевірок в системі;
 M_D^* – множина заздалегідь призначених апаратних компонентів верифікаційного ядра.

2) *верифікаційного ядра, що розширюється*, при якому верифікується перевіряючий модуль ("сторож над сторожем"):

$$M_D \in S, \quad S \setminus M_D \neq \emptyset, \quad M_D = M_D^* \cup \Gamma(M_D^*) \cup \dots \cup \Gamma^n(M_D^*), \quad (3)$$

де $\Gamma(M_D^*)$ – множина компонентів верифікаційного ядра, які можуть бути перевірені з боку іншої частини верифікаційного ядра;

3) *розподіленого верифікаційного ядра*, при якому всі верифікаційні засоби розподілені по всьому об'єкту верифікації:

$$M_D \in S, \quad S \setminus M_D = \emptyset; \quad (4)$$

4) *блукуючого верифікаційного ядра*, при якому всі засоби розподілені по всіх модулях, а верифікаційна інформація, що накопичується, пересилається по системі разом з результатами перевірок, які виконуються у випадкові моменти часу:

$$M_D \in S, \quad S \setminus M_D \neq \emptyset, \quad M_i \leftarrow t_{ij}, \quad (5)$$

де t_{ij} – остання елементарна перевірка в системі;

M_i – i -й модуль РБЗ, що виконав останню перевірку в системі і реалізовує функцію верифікаційного ядра.

Успішне виконання функцій, що покладаються на діагностичне ядро системи, залежить від двох чинників:

1) апаратні і програмні компоненти ядра повинні бути коректні і працювати коректно;

2) повинно бути забезпечено і реалізовано взаємодія ядра і РБЗ.

Тестова верифікація елементів розподілених баз знань на основі блукуючого діагностичного ядра. Аналіз різних варіантів побудови систем верифікації розподілених баз знань (РБЗ) показав, що найбільш прийнятною є організація тестової верифікації за принципом блукуючого верифікаційного ядра [3]. Оскільки даний метод дозволяє виконувати верифікацію РБЗ постійно, через невеликі проміжки часу, в процесі функціонування об'єкта за призначенням, то він отримав назву *динамічної децентралізованої верифікації*.

Суть динамічної децентралізованої верифікації полягає в наступному. Елементарні перевірки окремих модулів БЗ з боку інших модулів виконуються у випадкові моменти часу. Обмін діагностичною інформацією про структуру верифікаційних зв'язків і результати перевірок проводиться між модулями на основі способу умовної передачі результатів елементарних перевірок.

Кожен модуль, отримуючи діагностичну інформацію, формує ознаку достатності для проведення алгоритму дешифрування отриманої інформації верифікації. Як ознака достатності використовується ймовірність видачі результату на основі отриманого синдрому (множина результатів елементарних перевірок). При відповідності вказаної ознаки оптимальному значенню, модуль БЗ виконує алгоритм дешифрування інформації верифікації і визначення семантичного стану всіх модулів БЗ, а також міжмодульних зв'язків розподіленої бази знань.

Розробка методики динамічної децентралізованої верифікації РБЗ передбачає вирішення наступних завдань:

1) визначення основних елементів динамічної децентралізованої верифікації;

2) розробку верифікаційної моделі РБЗ, що враховує випадкову структуру верифікаційних зв'язків;

3) розробку методики накопичення верифікаційної інформації і визначення модуля БЗ, який виконуватиме алгоритм дешифрування верифікаційної інформації;

4) обчислення ознаки достатності верифікаційної інформації для виконання алгоритму;

5) розробку алгоритму дешифрування, що дозволяє визначити стан модулів РБЗ.

Отже ймовірність правильної оцінки семантичного стану РБЗ може бути визначено таким чином:

$$P_{ПР} = P_D \cdot P_{D-РБЗ}, \quad (6)$$

де P_D – ймовірність правильного виконання верифікаційним ядром своїх функцій або ймовірність того, що число компонентів верифікаційного ядра буде достатнім для реалізації його функцій;

$P_{D-РБЗ}$ – ймовірність реалізації необхідної взаємодії між ядром і системою.

Динамічною децентралізованою верифікацією називається процес визначення семантичного стану РБЗ, в якому засобами верифікації є модулі БЗ, а перевірки між модулями виконуються випадковим чином під час функціонування використання БЗ за призначенням.

Основними початковими умовами, які потребують урахування при вирішенні задачі динамічної децентралізованої верифікації є:

1. Випадкова структура верифікаційних зв'язків.

2. Обмін верифікаційною інформацією між модулями здійснюється на основі способу умовної передачі результатів елементарних перевірок.

3. Застосування процедур визначення ознаки достатності структури для верифікації БЗ.

4. Застосування імовірнісного алгоритму верифікації.

Відповідно до прийнятих концепцій розподілена БЗ багатомодульної системи управління складається з окремих модулів (інтелектуальних додатків окремих пристроїв), сполучених лініями інформаційного обміну. Це дозволяє

подати РБЗ як розподілену систему, що складається з модулів, кожен з яких зв'язаний з декількома суміжними модулями відповідними лініями інформаційного обміну. Будь-який модуль може подати на будь-який суміжний модуль тестовий запит, отримати результат перевірки і проаналізувати реакцію на тест.

Елементарною перевіркою модуля v_j з боку v_i називається подача тестового запиту t_{ij} на v_j і аналіз реакції t'_{ij} модуля v_j на тестову дію, що виконується модулем v_i , де i – номер перевіряючого, а j – номер модуля РБЗ, який перевіряється (рис.1). Суть тестового запиту полягає у ініціалізації деякої логічної формули, що знаходиться у даному (віддаленому) модулі бази знань. Результат виведення за зазначеною формулою порівнюється з еталонним результатом, що зберігається у перевіряючому модулі. Надалі елементарна перевірка представлятиметься схемною дугою графа, направленою від перевіряючого до модуля, що перевіряється. Тестовий запит позначається через t_{ij} . Сукупність всіх тестів позначається через $T = \{t_{ij}\}$ і називається набором перевірок:

$$T = \{t_{13}, t_{21}, t_{24}, t_{32}, t_{34}, t_{45}, t_{57}, t_{58}, t_{63}, t_{71}, t_{76}, t_{82}\}.$$

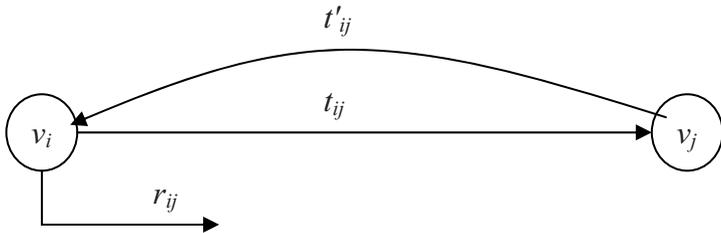


Рис. 1. Елементарна перевірка модуля v_j модулем v_i :
 t_{ij} – тестовий запит; t'_{ij} – реакція на тестовий запит;
 r_{ij} – результат перевірки

Таким чином, елементарна перевірка полягає в наступному.

Модуль РБЗ v_i подає на модуль v_j тестовий запит t_{ij} . Модуль v_j , виконавши тест t_{ij} , посилає у модуль v_i зворотну реакцію на тест t'_{ij} . Модуль v_i аналізує реакцію, порівнює її із заданим еталонним значенням і визначає результат елементарної перевірки r_{ij} . У випадку, якщо отримана реакція збігається з еталонною, то результат $r_{ij} = 0$, інакше $r_{ij} = 1$. Умовно модуль вважається коректним, якщо він видає правильну (відповідну заданій)

реакцію на тестовий запит з боку іншого модуля. У протилежному випадку, модуль вважається некоректним:

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{при } t'_{ij} = t_{ij}^{зад}; \\ 1, & \text{при } t'_{ij} \neq t_{ij}^{зад}. \end{cases}$$

Одним з важливих завдань, яке доводиться вирішувати при розробці методів верифікації, є завдання вибору форми подання результату r_{ij} перевірки t_{ij} .

Це завдання має назву системи оцінювання [4], або моделі взаємодії [5]. Найбільш поширеними є P -, B -, R і K -моделі, що застосовуються в розподілених технічних пристроях та інформаційних системах і описані у роботах [6–7]. Для організації динамічної децентралізованої верифікації РБЗ обрано P -модель (система оцінювання Препарата), оскільки вона може бути використана для широкого класу об'єктів і найреальніше відображає процеси, що відбуваються в РБЗ. В даному випадку результат елементарної перевірки може бути подано таким чином:

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{if } v_i - \text{корект.}, v_j - \text{корект.}; \\ 1, & \text{if } v_i - \text{корект.}, v_j - \text{некорект.}; \\ x = \{0 \vee 1\}, & \text{if } v_i - \text{некорект.}, \end{cases}$$

де $x = \{0 \vee 1\}$ – може мати рівноімовірне значення 0 або 1.

Ключовою особливістю динамічної децентралізованої верифікації РБЗ є випадкова структура верифікаційних зв'язків, яка полягає в наступному:

всі модулі РБЗ зв'язані один з одним лініями інформаційного обміну, відповідно до структури РБЗ;

суміжні модулі мають можливість перевіряти один одного;

елементарні перевірки виконуються у випадкові моменти часу, коли обидва модулі, що беруть участь в перевірці, не задіяні для виведень за іншими завданнями;

виконання елементарних перевірок і накопичення інформації про гнучку структуру верифікаційних зв'язків і результати перевірок проводиться в процесі функціонування РБЗ за призначенням.

Таким чином, перевірки виконуються випадковим чином, що і обумовлює випадкову структуру верифікаційних зв'язків, за якою виконується верифікація.

Результати досліджень показали, що в більшості випадків немає необхідності застосування жорстких структур (наприклад, як при паралельній верифікації). Верифікацію можна здійснювати з тією ж достовірністю меншим числом перевірок, чим досягається вигреш в часі верифікації.

Гнучкі структури верифікаційних зв'язків володіють значними перевагами над жорсткими в плані залежності реалізації цих зв'язків

(елементарних перевірок) від ступеня завантаження РБЗ при її роботі за призначенням.

При жорсткій структурі у деяких модулях можливе очікування (виникнення черги завдань) для виконання призначеної перевірки. Перевага гнучкої структури над жорсткою полягає також в тому, що при гнучкій немає необхідності в розробці алгоритму диспетчеризації виконання елементарних перевірок у системі.

Висновки. Основною відмінністю розробленої концепції верифікації розподіленої бази знань від існуючих є можливість верифікації на основі розосередженої структури розподіленої бази знань, в якій кожен модуль може послати тестовий запит лише суміжним модулям. При цьому структура верифікаційних зв'язків є випадковою, а діагностичне ядро переміщається у системі випадковим чином разом з діагностичною інформацією.

3. Застосування верифікації розподіленої бази знань припускає наявність наступних умов: база знань може бути поділена на модулі, які повинні бути зв'язані між собою і здатні перевіряти один одного; кожен модуль повинен мати вільні обчислювальні ресурси для виконання перевірок і програмну надмірність для зберігання тестів і їх результатів.

4. Верифікація за принципом блукаючого верифікаційного ядра включає виконання таких процедур: 1) виконання перевірок в системі, при якій пара модулів (перевіряючий і той, що перевіряється) вибираються випадковим чином; 2) пересилка результатів перевірок і кодового слова структури верифікаційних зв'язків тільки позитивно перевіреним модулям; 3) накопичення верифікаційної інформації в пам'яті всіх модулів; 4) визначення достатності накопиченої верифікаційної інформації для здійснення її аналізу; 5) дешифрування верифікаційної інформації для визначення місця і виду відмови.

Процедура верифікації не залежить від відмов в самих засобах верифікації при виході з ладу декількох модулів, а методика виконання перевірок і їх обробки при цьому не змінюється. Результати верифікації при використанні запропонованої методики визначатимуться із заданою достовірністю.

Верифікація розподіленої бази знань на основі блукаючого діагностичного ядра є ключовим етапом процесу забезпечення функціональної стійкості складної технічної системи, оскільки дозволяє визначати відмови та збої у функціонуванні бази знань без залучення додаткових засобів.

1. *Машков О.А.* Новые подходы к построению функционально устойчивых сложных динамических систем / О.А. Машков, Л.М. Усаченко // Системи управління, навігації та зв'язку, вип. 4(8), К., 2008 р., с. 68–72.

2. *Дурняк Б.В.* Методологія забезпечення функціональної стійкості ієрархічних організаційних систем управління / Б. В. Дурняк, О. А. Машков, Л.М. Усаченко, В.І. Сабат // Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – 2008. – Вип. 48. – С. 3–21.

3. *Машков В.А.* Самоконтроль и Самодиагностирование модульных систем по принципу блуждающего диагностического ядра / В.А. Машков, О.В. Барабаш // Электронное моделирование. – Киев: НАН Украины, 1995, –Том 19, № 1. – С.41–49.
4. *Fujiwara H.* On the diagnosability of systems with self-testing units / H. Azaki, H. Fujiwara // In. Dig. Yth Int. Symp. Fault-tolerant Computing. FTCS. Madison WI June. – 1979.
5. *Коваленко А.Е., Гула В.В.* Отказоустойчивые микропроцессорные системы / А.Е. Коваленко, В.В. Гула // – К.: Техніка, 1986. – 150 с.
6. *Russel I.* System fault diagnosability without repair / I. Russel, C. Kime // – IEEE Trans., 1975, vol. C 24, 11, p.1078-1089.
7. *Kime C.* An abstract model for digital system fault diagnosis. – IEEE Trans., 1980, vol. C 288, p.754–767.

Поступила 7.03.2013р.

УДК 004.9

О.В.Тимченко^{1,2}, І.О.Кульчицька²

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ГЕОМЕТРИЧНИХ СПОТВОРЕНЬ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕКСТОВИХ ДОКУМЕНТІВ

Анотація. Тексти отримані за допомогою цифрових фотокамер погано підходять для розпізнавання і не дуже зручні для читання, оскільки найменші спотворення рядків тексту призводять до сильного погіршення якості розпізнавання. Ці зображення потребують попередньої геометричної корекції спотворень. У даній статті описано та проаналізовано існуючі методи виправлення геометричних спотворень.

Abstract. Texts are got by digital photocameras badly befit for recognition and not very much comfortable for reading, as the least distortions of lines of text result in the strong worsening of quality of recognition. These images need previous geometrical correction of distortions. The existent methods of correction of geometrical distortions are described in this article and analysed.

Вступ

Процес переведення паперових документів в електронний (цифровий) вигляд може бути виконаний за допомогою цифрових фотокамер, які працюють значно швидше сканерів, та оптичного розпізнавання символів (Optical Character Recognition – OCR) – конвертації зображень символів і букв

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

² Українська академія друкарства