УДК 681.35

Василь КУЗАВКОВ,
доктор технічних наук, доцент,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації,
м. Київ

Павло ХУСАІНОВ,
кандидат технічних наук, доцент,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації,
м. Київ

Олексій ВАВРІЧЕН,
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького,
м. Хмельницький

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕРЕЖІ ОДНОТИПНИХ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ

Пропонується до розгляду вибір та обґрунтування параметра технічного стану складної системи типу "мережа однотипних програмно-апаратних засобів", яка подається як новий, цілісний об'єкт контролю (діагностування). Параметр має мультиплікативний характер, містить оцінки технічного стану програмно-апаратного забезпечення інформаційних напрямів та достовірності обчислювальної роботи алгоритмів програмного забезпечення вузлів об'єкта контролю (діагностування). Введення параметру обумовлено задачею ав-

© Кузавков В., Хусаінов П., Ваврічен О.

томатизації оцінки технічного стану обраного об'єкта контролю (діагностування).

Ключові слова*: автономна автоматизована система діагностування, мережа однотипних програмно-апаратних засобів.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Першочерговим завданням подальшого розвитку методології практичного застосування концепції автономної автоматизованої системи діагностування (ААСД) слід вважати вибір та наукове обґрунтування параметру (параметрів), які дозволяють вирішувати основні завдання технічного діагностування технічного об'єкта типу "мережа однотипних програмно-апаратних засобів" (далі – МЗ).

З методологічної точки зору, параметр повинен бути: вимірюваний; інформативний; стійкий до завад вимірювання;

з прагматичної – для обраного об'єкта контролю (діагностування) – відображати динаміку змін стану в часі і включати характерні складові:

інформаційну зв'язність вузлів МЗ як структурно-інтегративну властивість поняття "мережа" (взаємно-однозначне відображення насиченої структури різноманітних зв'язків однотипних елементів у термінах формальних об'єктів теорії графів, теорії складних мереж, таких як "гіперграф", "мультиграф" і т. ін.);

достовірність обчислювальної роботи алгоритмів програмного забезпечення вузлів МЗ щодо генерації, споживання, обробки інформаційних потоків.

Актуальність вибору об'єкта контролю (діагностування) обумовлена широким спектром застосування технічних систем даного класу у силових відомствах, наприклад: локально-обчислювальна мережа інформаційної системи пункту управління; сукупність однотипних радіостанцій з програмним управлінням або персональних мобільних комунікаційних пристроїв посадових осіб у складі радіомережі тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори. Принцип взаємно-однозначного відображення структури інформаційних напрямків вузлів МЗ на множину зв'язаних вершин кінцевого графа

(мультиграфа) дозволяє застосувати добре розвинутий методологічний апарат теорії графів (складних мереж) [1 – 2]. По-перше, кількість ребер, інцидентних вершині графа (степінь вершини), доцільно співвіднести з кількістю позитивних результатів тестового контролю своєчасного та безпомилкового транспортування інформаційних потоків згідно з технічними умовами іншим вузлам відповідними ланцюгами фізичних каналів передачі даних (інформаційними напрямами) в інтересах організації. По-друге, виходячи з першого, для оцінки фактичної інформаційної зв'язності вузлів МЗ можуть бути використані структурно-інтегративні характеристики графів на основі поняття "степінь вершини".

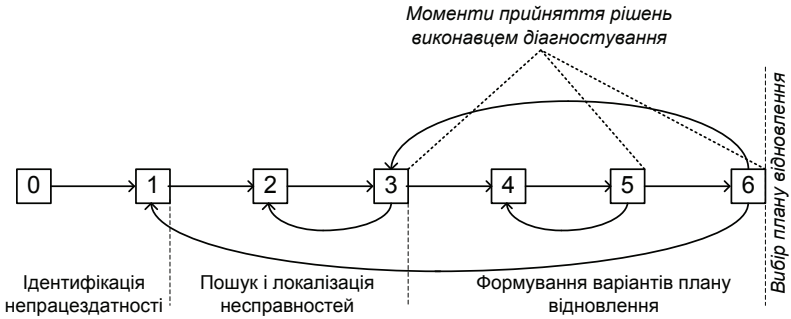
Інша важлива складова параметра обумовлена необхідністю позитивного висновку про достовірність результатів обчислювальної роботи алгоритмів програмного забезпечення тих чи інших програмно-апаратних елементів системи, щоб стверджувати про її працездатність повною мірою [3–4]. Загальною причиною непередбаченої модифікації алгоритмів обчислювальної роботи завжди є потенційно небезпечні дефекти проектування та реалізації програмного забезпечення. За статисткою, їх середня кількість у складних системах може досягати 5 шт. на 1 000 рядків програмного коду у ході практичної реалізації. При цьому, відомо чимало прикладів цілеспрямованої експлуатації потенційно небезпечних дефектів широкого спектру поширених засобів програмного забезпечення, у тому числі тих, які знайшли застосування в інформаційних системах спеціального призначення [5 – 7].

Формалізована кількісна оцінка залежності ефективності функціювання складної технічної системи від технічного стану її елементів, міжелементних зв'язків не є тривіальною задачею. Для послідовних, послідовно-паралельних, паралельно-послідовних систем математичний апарат оцінки ефективності у термінах теорії надійності достатньо розвинутий і добре апробований, але для систем з іншою структурною організацією – не існує загальноприйнятого підходу. У цьому випадку застосовується комплексний показник надійності технічного об'єкта – коефіцієнт готовності [8]:

$$K_3 = \frac{T_o}{T_o + T_в}, \qquad (1)$$

де T_o – середній час безвідмовної роботи, $T_в = T^{\Diamond} + T^{*} + T_p$ – середній час відновлення працездатності складного технічного об'єкта, $T^{\Diamond}$ – середній час контролю фактичного технічного стану, T^{*} – середній час пошуку, локалізації несправностей технічного об'єкта, підготовки плану заходів відновлення працездатності технічного об'єкта, T_p – середній час реалізації плану заходів відновлення працездатності технічного об'єкта.

Забезпечення своєчасного та якісного контролю і оцінки фактичного технічного стану, пошуку несправностей, плану заходів відновлення працездатності складного технічного об'єкта типу "мережа однотипних програмно-апаратних засобів" доцільно здійснювати у напрямі мінімізації T_2 (1) на основі подальшого розвитку практичної реалізації концепції АА СД з елементами автоматизації підтримки прийняття рішень виконавця діагностування (див. рис.).



Алгоритмічний опис діяльності виконавця діагностування

Іншим важливим аспектом для складної технічної системи типу "мережа однотипних програмно-апаратних засобів" у контексті технічного обслуговування і ремонту слід вважати можливість відновлення працездатності і/або функціональної ефективності шляхом централізованого адміністрування режиму роботи, налаштувань про-

грамного забезпечення вузлів МЗ. Несправність компонентів апаратного забезпечення, фізичного каналу передачі даних традиційно відновлюється шляхом їх заміни і ремонту, але несправність операційного середовища обчислювальних процесів вузла може бути відновлена шляхом централізованого адміністрування з відносно невеликими часовими витратами за наявності чіткого плану дій.

Метою статті є оприлюднення вимірюваного, чутливого до змін, інформативного для АА СД параметра контролю і оцінки фактичного технічного стану складної технічної системи типу "мережа однотипних програмно-апаратних засобів".

Виклад основного матеріалу дослідження. Будемо вважати, що справний стан складної технічної системи типу "мережа однотипних програмно-апаратних засобів" є суперпозицією інформаційної зв'язності і достовірності обчислювальної роботи алгоритмів програмного забезпечення щодо генерації, споживання, обробки інформаційних потоків вузлів МЗ, звідки пропонується мультиплікативний діагностичний параметр для контролю і оцінки технічного стану мережі однотипних програмно-апаратних засобів

$$Q(t) = \Re(t) \cdot \Im(t), \qquad (2)$$

де $\Re(t)$, $\Im(t)$ – діагностичні параметри контролю та оцінки технічного стану, відповідно: програмно-апаратного забезпечення інформаційної зв'язності вузлів МЗ, достовірності обчислювальної роботи алгоритмів програмного забезпечення вузлів МЗ.

Висновок про фактичний технічний стан програмно-апаратного забезпечення інформаційної зв'язності виділеного вузла МЗ є результатом тестового контролю (своєчасного і безпомилкового транспортування інформаційних потоків за всіма інцидентними інформаційними напрямами – визначеними ланцюгами фізичних каналів передачі даних). Використовуючи взаємно-однозначне відображення між вузлами, інформаційними напрямами МЗ та вершинами, ребрами графу, а також відому структурно-інтегративну властивість степенів вершин графу як параметра контролю та оцінки технічного стану програмно-апаратного забезпечення інформаційної зв'язності вузлів МЗ,

пропонується відношення сум фактичного та апріорно заданого значення степенів (інформаційних напрямів) вузлів МЗ (2):

$$\Re(t) = \frac{\sum\limits_{v \in V} x_{ij}^{v}(t)}{\sum\limits_{v \in V} z_{ij}^{v}(t)}, \qquad (3)$$

де $z_{ij}^{v}(t)$, $x_{ij}^{v}(t)$ – степінь (інформаційних напрямів) вузла МЗ відповідно апріорно заданої і фактичної, за результатами тестового контролю технічного стану програмно-апаратного забезпечення інформаційних напрямів v-го вузла МЗ у момент часу t.

Результат тестового контролю технічного стану програмно-апаратного забезпечення ij-го інформаційного напрямку визначається (3):

$$x_{ij}^{v}(t) = D(v_i \in V, v_j \in V) = \begin{cases} 1\,(TRUE), & \varphi_{ij} \le \sigma_{ij}^{o} \\ 0\,(FALSE), & \varphi_{ij} > \sigma_{ij}^{o} \end{cases}, \; i \ne j, \qquad (4)$$

де $D\left(v_i \in V, v_j \in V\right)$ – предикат відношення "працездатність програмно-апаратного забезпечення ij-го інформаційного напряму v_i-го вузла", який приймає числове значення істинності "1", якщо зареєстрований *позитивний результат* тестового контролю працездатності програмно-апаратного забезпечення ij-го інформаційного напряму v_i-го вузла, був одержаний за $\phi_{ij} = t_{ij}^{''} - t_{ij}^{'}$ (середній час чекання, встановлений при випробуванні або наданий Замовником) і не перевищує σ_{ij}^{o} (середнє, апріорно відоме граничне значення), або "0" – у разі перевищення (вихід за межі встановленого діапазону) σ_{ij}^{o} (4).

Достовірність обчислювальної роботи алгоритмів програмного забезпечення вузлів МЗ (з моменту введення в експлуатацію) визначається на підставі всіх позитивних результатів тестового контролю спроб експлуатації відомих на момент часу t потенційно-небезпечних дефектів проектування та реалізації множини обчислювальних процесів A^{v} генерації, споживання, обробки інформаційних потоків v-го вузла МЗ:

$$y_v = W(a_{nk}^{v} \in A^{v}) = \begin{cases} 1\,(TRUE), & \forall a_n^{v} \in A^{v}(\vartheta_{nk} > \gamma_{nk}^{o}) \\ 0\,(FALSE), & \exists a_n^{v} \in A^{v}(\vartheta_{nk} \le \gamma_{nk}^{o}) \end{cases}, \qquad (5)$$

де $W(a_{nk}^{v} \in A^{v})$ – багатомісний предикат відношення "достовірність програмної реалізації, налаштувань алгоритму функціонування n-ї одиниці обчислювальної

роботи k-го типу v-го вузла", який приймає числове значення істинності "1", якщо позитивний результат перевірки достовірності програмної реалізації, налаштувань алгоритму функціонування n-ї одиниці обчислювальної роботи k-го типу v-го вузла, був одержаний за час $\vartheta_{nk} = t''_{nk} - t'_{nk}$ (середній час чекання) значно перевищує γ^{o}_{nk} (середнє, апріорно відоме граничне значення), або "0" – у протилежному випадку γ^{o}_{nk}. Виходячи з викладеного, як параметр контролю і оцінки достовірності обчислювальної роботи алгоритмів програмного забезпечення вузлів МЗ у момент часу t пропонується відношення суми позитивних результатів тестового контролю спроб експлуатації відомих на момент часу t потенційно небезпечних дефектів проектування та реалізації множини обчислювальних процесів A^{v} генерації, споживання, обробки інформаційних потоків v-го вузла МЗ до кількості (потужність множини V) вузлів МЗ (2, 5):

$$\Im = \frac{\sum_{v \in V} y_v}{|V|}.$$

Організація тестового контролю програмно-апаратного забезпечення інформаційного напряму полягає у передачі спеціально сформованої серії тестових послідовностей (тест) за відповідним ланцюгом фізичних каналів передачі даних з подальшою реєстрацією типу, часу реакції програмних компонентів. Серія тестів (типи, черговість, інтенсивність) повинна надавати вичерпну оцінку широкого діапазону можливих варіантів своєчасного і безпомилкового транспортування даних за інформаційним напрямом співвіднесену з граничними критичними величинами. Зважаючи на викладене, постає необхідність розробки відповідного методу тестування програмно-апаратного забезпечення інформаційного напряму, методики формування серії тестів. Наявні методи тестового контролю радіоелектронного обладнання (енергодинамічний, електромагнітний, безконтактний індуктивний, власного випромінювання і т. ін.) для вирішення даної задачі не придатні. Практична реалізація даного підходу відома як load testing.

Висновки. Запропонований діагностичний параметр для контролю і оцінки фактичного технічного стану об'єктів визначеного типу відповідає вимогам, пред'явленим до нього, є економічним і придат-

ним в обчислювальному плані для автоматизації у контексті розвитку концепції АА СД складного технічного об'єкта типу "мережа однотипних програмно-апаратних засобів".

Перспективним напрямом подальших досліджень за обраною проблематикою слід вважати розробку й обґрунтування методів, методик виявлення, пошуку, локалізації непрацездатності програмно-апаратного забезпечення інформаційного напряму.

Список використаної літератури

1. Оре О. Теория графов. – 2-е изд. – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 336 с.

2. Головач Ю. Складні мережі / Ю. Головач, О. Олємской, К. фон Фербер та ін. – Журнал фізичних досліджень. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2006. – № 4 (2006). – Т. 10– С. 247 – 289.

3. Хусаінов П. В. Показник кібернетичної безпеки автоматизованої системи у часі // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомункацій. – К. : ВІТІ ДУТ, 2015. – Випуск № 1. – С. 97–106.

4. Организация живучих вычислительных структур / В. А. Гуляев, А. Г. Додонов, С. П. Пелехов. – К. : Наук. думка, 1982 . – 140 с.

5. CommonVulnerability Enumeration // – Режим доступу: http://cve.mitre.org (6.10.17)

6. CommonWeakness Enumeration // – Режим доступу: http:// cwe.mitre.org (6.10.17)

7. Common Attack Pattern Enumeration and Classification // – Режим доступу: http://capec.mitre.org (6.10.17)

8. Креденцер Б. П. Методика оцінки ефективності застосування автономного автоматизованого пристрою діагностування в системі військового ремонту / Б. П. Креденцер, М. К. Жердєв, В. В. Кузавков // Збірник наукових праць ВІТІ. – К. : ВІТІ, 2016. – № 1. – С. 81–86.

Кузавков В., Хусаинов П., Ваврічен О. **Оценка технического состояния сети однотипных программно-аппаратных средств**

Предлагается к рассмотрению выбор и обоснование параметра технического состояния системы типа "сеть однотипных программно-аппаратных средств", которая подается как новый, цельный объ-

ект контроля (диагностики). Параметр имеет мультипликативный характер, включает оценки технического состояния программно-аппаратного обеспечения информационных направлений и достоверности вычислительной работы алгоритмов программного обеспечения объекта контроля (диагностики). Введение параметра обусловлено задачей автоматизации оценки технического состояния выбранного объекта контроля (диагностики).

Ключевые слова: *автономная автоматизированная система диагностики, сеть однотипных программно-аппаратных средств.*

Kuzavkov V., Khusainov P., Vavrichen O. **Evaluation of the same type firmware network technical condition**

It is proposed to consider the selection and justification of the technical state parameter of the "same type firmware network" type, which is supplied as a new integral object of control (diagnostics). The relevance of the problems is due to the wide spread of technical systems of this class in various spheres of practical activity.

The relevance of the parameter is conditioned by the task of automating the monitoring and evaluation of the technical condition of the network of the same type of software and hardware (SH). Monitoring and evaluation of the state of a complex technical object is the initial step in the decision-making of the diagnostic operator. To increase the efficiency of this process, it is proposed to implement on the basis of the use of an automated diagnostic system (ADS) of the SH.

The assumed parameter has a multiplicative character and includes partial estimates of the object of control (diagnostics):

software and hardware technical condition of information directions;

software reliability computational work algorithms for generation and processing of information flows.

The substantive and formal justification of the first partial estimate is based on the principle of unambiguous mapping of the structure of information directions of the SH to the set of connected vertices of the graph (multigraph). This allows us to use a number of generalized characteristics using the nodes degree.

The second partial evaluation in the parameter should be interpreted as the degree of confidence in the software algorithms computational work reliability. In the absence of reliability of algorithms of computing processes, there is no reason to conclude that the SH is fully operational in accordance with regulatory and operational requirements. There are many examples of deliberate exploitation of software defects in the context of cyber security issues:

Common Vulnerability Enumeration;

Common Weakness Enumeration,

Common Attack Pattern Enumeration and Classification etc.

The proposed parameter for monitoring and assessing the technical state:

corresponds to the pragmatic requirements of the domain;

economical in case of necessary calculations;

operator of diagnosis visual decision-making.

The general scientific requirements for the parameter are taken into account:

measurable;

informative;

interference protected.

Further research on this subject will be directed to the development and justification of methods, techniques for identifying, searching, software and hardware malfunctions localizing information SH directions.

Keywords: *automated diagnostic system, the network of the same type of firmware.*