УДК 623.61:004.6:004.891

В. А. Савчук, Д. О. Пархоменко

ВРАХУВАННЯ ЯКОСТІ ВХІДНИХ ДАНИХ ПІД ЧАС ДІАГНОСТУВАННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. *Для діагностування несправностей інформаційно-комунікаційних мереж військового призначення за продукційними правилами запропоновано перед перевіркою умови правила оцінювати повноту, актуальність, коректність та узгодженість потрібних йому даних, а результат подавати одним із трьох станів: "виконане", "невиконане" або "неперевірене". Це дає змогу не ототожнювати нестачу надійних даних із відсутністю ознак несправності.*

Ключові слова: *інформаційно-комунікаційна мережа, діагностування несправностей, якість даних, продукційні правила, логічне виведення.*

Annotation. *For rule-based fault diagnosis in military information and communication networks, it is proposed to assess the completeness, timeliness, validity and consistency of the data a production rule requires before evaluating its condition, and to report the outcome as one of three states: "satisfied", "not satisfied" or "not evaluated". This prevents a lack of reliable data from being mistaken for the absence of fault symptoms.*

Keywords: *information and communication network, fault diagnosis, data quality, production rules, logical inference.*

Для діагностування несправностей інформаційно-комунікаційних мереж (ІКМ) поширено поєднання даних моніторингу з формалізованими знаннями про типові несправності та їхні ознаки, зокрема у вигляді правил [1–3]. Однак в ІКМ військового призначення показники можуть надходити із затримкою, бути відсутніми або суперечити одне одному через обмежену пропускну здатність каналів управління, втрату зв'язку з вузлами чи збої засобів моніторингу. Відсутнє значення не можна вважати нульовим, а висока завантаженість, зафіксована хвилину тому, не означає перевантаження зараз. Серед основних вимірів якості даних у [4, 5] виділено, зокрема, повноту, актуальність та узгодженість.

Для продукційних правил "ЯКЩО – ТО" це означає, що умову правила, для якого бракує одного з потрібних показників, ще не можна вважати хибною – її неможливо перевірити. Метою роботи є розроблення підходу, який враховує якість вхідних даних під час застосування продукційних правил для діагностування несправностей ІКМ військового призначення.

Факт моніторингу подамо кортежем $f_i = \langle o_i, p_i, v_i, t_i, s_i, q_i \rangle$, де o_i – об'єкт спостереження; p_i – параметр; v_i – значення; t_i – час вимірювання; s_i – джерело; q_i – ознаки якості окремого вимірювання (наприклад, позначка помилки опитування). Правило має вигляд R_j: ЯКЩО $\Phi_j(F_j)$ ТО h_j, де $F_j \subseteq F^{\text{obs}}$ – отримані факти, що стосуються об'єкта правила та потрібних йому параметрів P_j; Φ_j – умова (ознаки несправності); h_j – діагностична гіпотеза.

Придатність даних для перевірки правила оцінюємо за чотирма ознаками (табл. 1). Допустимий вік вимірювання Δ_p, область допустимих значень D_p, допустима розбіжність ε_p та інші обмеження задаються в контексті C.

Таблиця 1 – Ознаки придатності даних для перевірки правила R_j

Ознака	Умова виконання (значення 1)
Повнота K_j	для кожного $p \in P_j$ у F_j є хоча б один факт з $p_i = p$
Актуальність T_j	$\tau - t_i \le \Delta_{p_i}$ для всіх $f_i \in F_j$, де τ – момент перевірки правила
Коректність V_j	$v_i \in D_{p_i}$ і q_i не містить ознак недостовірності для всіх $f_i \in F_j$
Узгодженість S_j	факти з F_j не порушують обмежень узгодженості з C, зокрема $\lvert v_i - v_k \rvert \le \varepsilon_p$ для одного параметра з різних джерел

Придатність даних для правила R_j та стан правила визначимо як

$$G_j\left(F^{\text{obs}}, C\right) = K_j \wedge T_j \wedge V_j \wedge S_j, \tag{1}$$

$$\text{st}\left(R_j\right) = \begin{cases} \text{"неперевірене"}, & G_j = 0; \\ \text{"виконане"}, & G_j = 1, \Phi_j\left(F_j\right) = 1; \\ \text{"невиконане"}, & G_j = 1, \Phi_j\left(F_j\right) = 0. \end{cases} \tag{2}$$

Стан “неперевірене” залишає гіпотезу h_j відкритою, а ознака з нульовим значенням указує на потрібну додаткову перевірку: запит відсутнього показника, повторне опитування, перевірку джерела або вимірювання іншим засобом. Після надходження нових фактів правило перевіряється повторно.

Нехай правило R_1 формує гіпотезу “можливе перевантаження інтерфейсу”, якщо інтерфейс працює, завантаженість $U > 90$ %, а втрати пакетів $L > 5$ % (пороги умовні), причому $\Delta_p = 30$ с. Моніторинг показав $U = 95$ % і $L = 7$ %, але значення U отримано 45 с тому. Тоді $T_1 = 0$, $G_1 = 0$, і правило “неперевірене”: висновок про перевантаження не робиться, а ініціюється повторне опитування. Після отримання свіжого значення $U = 95$ % маємо $G_1 = 1$, $\Phi_1 = 1$, правило “виконане”, а гіпотеза формується разом із підставами. Якщо ж за SNMP інтерфейс вимкнений, а засіб аналізу трафіку фіксує через нього трафік, то без перевірки узгодженості правило було б помилково визнане “невиконаним”; з урахуванням (1) $S_1 = 0$, і суперечність стає підставою для додаткової перевірки.

Висновки. Запропоновано перед застосуванням продукційних правил оцінювати придатність вхідних даних за повнотою, актуальністю, коректністю та узгодженістю й розрізняти три стани правила. Це запобігає хибному підтвердженню чи спростуванню гіпотез за застарілих або суперечливих даних і підвищує пояснюваність висновків. Надалі передбачається програмна реалізація підходу у складі продукційної моделі представлення знань та його перевірка на даних із пропусками, затримками й суперечностями.

Список використаних джерел:

1. Zhao L., He C., Zhu X. A Fault Diagnosis Method for 5G Cellular Networks Based on Knowledge and Data Fusion. Sensors. 2024. Vol. 24, No. 2. Art. 401. DOI: 10.3390/s24020401.

2. ETSI GR ENI 031 V4.1.1 (2024-05). Experiential Networked Intelligence (ENI); Construction and application of fault maintenance network knowledge graphs. Sophia Antipolis : ETSI, 2024. 30 p. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_gr/ENI/001_099/031/04.01.01_60/gr_ENI031v040101p.pdf (дата звернення: 28.10.2026).

3. Hybrid LLM-Assisted Fault Diagnosis Framework for 5G/6G Networks Using Real-World Logs / A. D. Salman et al. Computers. 2025. Vol. 14, No. 12. Art. 551. DOI: 10.3390/computers14120551.

4. Pipino L. L., Lee Y. W., Wang R. Y. Data Quality Assessment. Communications of the ACM. 2002. Vol. 45, No. 4. P. 211–218. DOI: 10.1145/505248.506010.

5. Ridzuan F., Wan Zainon W. M. N. A Review on Data Quality Dimensions for Big Data. Procedia Computer Science. 2024. Vol. 234. P. 341–348. DOI: 10.1016/j.procs.2024.03.008.

Савчук Вікторія Андріївна *– курсант, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: vikasavchuk067@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0009-0002-7419-6512*

Пархоменко Данило Олексійович *– кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: danilapar@email.ua, ORCID https://orcid.org/0000-0002-2254-7248*

Viktoriia Andriivna Savchuk *– student, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: vikasavchuk067@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0009-0002-7419-6512*

Danylo Oleksiiovych Parkhomenko *– PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematical and Software Support of Automated Control Systems, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: danilapar@email.ua, ORCID https://orcid.org/0000-0002-2254-7248*