

Розроблений алгоритм розпізнавального пристрою в нейробазисі працює у реальному часі і може бути застосований для розпізнавального будь-яких класів об'єктів, закодованих бульовими векторами при великих і надвеликих розмірностей.

1. Айзенберг Н.Н., Бовди А.А., Герго Э.Й., Гече Ф.Э. Некоторые алгебраические аспекты пороговой логики // Кибернетика. – К., 1980. – №2. – С. 26–30. 2. Параллельная обработка информации // Проблемно-ориентированные средства обработки информации в 5-ти т. / Под ред. Б.Н. Малиновского. – К.:Наук. думка, 1990. – Т.5.–502 с. 3. Гече Ф.Э., Поливко В.П., Роботишин В.А. Реализация функций алгебры и логики на ПЭ // Кибернетика. – 1983. – №6. – С.62–67. 4. Яджима С., Ибараки Т. Нижняя оценка числа пороговых функций // Кибернетический сборник. – М.: Мир, 1969. – Вып. 6. – С.71–81. 5. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992. 6. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 7. Дертоузос М. Пороговая логика. – М.: Мир, 1967.

УДК 004.832.34

Є. Гнатчук

Хмельницький національний університет

## ОПРАЦЮВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ПРОЦЕСІ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ

© Гнатчук Є., 2007

**Наведено групування діагностичної інформації, приклад ролі нечіткої діагностичної інформації у підвищенні достовірності процесу діагностування комп'ютерних засобів.**

**Grouping of unclear diagnostic information depending on that describes is offered in the article. The example of role of such information for construction of the diagnosing process of computer devices is resulted.**

### Постановка проблеми

Сьогодні компоненти штучного інтелекту, зокрема експертні системи діагностування, широко використовуються в технічній діагностиці. Це зумовлено можливістю вирішення цими системами неформалізованих та важкоформалізованих задач.

Ефективність роботи експертної системи діагностування (ЕСД) визначається якістю та кількістю наявних в ній знань, особливо експертних, та стратегією їх використання. Треба зауважити, що знання експертів є індивідуальними, залежать від рівня кваліфікації експерта та часто подаються у нечіткій формі. Діагностування комп'ютерних засобів, які надалі розглядатимуться як об'єкт діагностування (ОД), також потребує врахування нечітких експертних знань про типові несправності та їхні ознаки. Врахування такої інформації дає змогу підвищити достовірність діагностування, оскільки використовується більш повний опис таких комп'ютерних засобів (КЗ), як ОД.

Задачу врахування нечіткої експертної інформації при реалізації процесу діагностування розв'язують створенням нечітких експертних систем діагностування (НЕСД).

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомі сьогодні інструментарії побудови ЕСД або експертних оболонок використовують різні підходи для оперування з нечіткістю знань та даних, але вони вирішують проблеми представлення нечіткої інформації тільки для вузькоспеціалізованих проблемних галузей. Такі експертні системи, як Cadiag-2, Fault, FLOPS, FRIL, SYSTEMZ-II, FLIPS та інші підтримують елементи нечітких міркувань, але вони створені для однієї предметної галузі [1–3].

Нечітка експертна система діагностування КЗ характеризується наявністю різних видів інформації, а також різних видів нечіткості [4]. У разі використання таких знань та даних існує ймовірність неправильної їх інтерпретації, що надалі може негативно вплинути на результати діагностування. Саме нечіткість формулювання експертних висловлювань ускладнює побудову бази знань НЕСД. Тому задача врахування нечіткої діагностичної інформації під час процесу діагностування КЗ є актуальною.

### Ціль статті

Для опрацювання експертної інформації в нечіткій експертній системі діагностування комп'ютерних засобів необхідно розв'язати такі задачі:

- 1) визначити склад інформації в базі знань та джерела інформації;
- 2) підготувати інформацію;
- 3) використати інформацію.

Питання визначення складу інформації в БЗ НЕСД розглядалися у роботі [4].

До складу НЕСД комп'ютерних засобів входить інформація, яка описує компоненти та елементи об'єкта діагностування, значення та параметри апаратних складових та інше. Оскільки задачею діагностування КЗ передбачено виявлення несправностей, то до складу БЗ внесено інформацію про можливі типи несправностей, характерні ознаки їх прояву, причини виникнення та алгоритми усунення. Частково таку інформацію представлено у нечіткій формі [4].

Джерелами діагностичної інформації є:

- документація щодо апаратних складових ОД та довідкова література;
- експертна інформація, отримана в процесі опитування експертів.

На етапі підготовки інформації для реалізації процесу діагностування КЗ формуються групи, що містять:

- 1) відомості про об'єкти діагностування  $G_1$ , якими є КЗ або їхні складові;
- 2) перелік типів несправностей  $G_2$  складових КЗ;
- 3) характерні ознаки прояву несправностей  $G_3$  залежно від рівня їхнього візуального прояву [5];
- 4) можливі причини виникнення несправностей  $G_4$ ;
- 5) методи усунення несправностей  $G_5$ .

Групу  $G_1$  наведено як  $G_1 = \langle T, D, \Omega \rangle$ , де  $T$  – множина типів ОД, якими є складові КЗ,  $T = \{t_e\}_{e=1}^n$ ;  $D$  – множина даних про ОД, яка розподіляється на множину чітких даних про ОД –  $D_{ch}$  та множину нечітких даних –  $D_{\overline{ch}}$ ,  $D = (D_{ch} \cup D_{\overline{ch}})$ ,  $D_{ch} = \{d_{ch_g}\}_{g=1}^k$ ,  $D_{\overline{ch}} = \{d_{\overline{ch}_u}\}_{u=1}^k$ ;  $\Omega$  – множина станів ОД у певний момент часу за певних умов [6], до  $\Omega$  належать справний або несправний стани, граничні негативні, позитивні та невизначені стани,  $\Omega = \{\omega_o\} = \{\omega^c, \omega^{nc}, \omega^{\Gamma-}, \omega^{\Gamma+}, \omega^{\Gamma?}\}$ .

Тоді кортеж, що характеризує об'єкт діагностування  $t_e$  групи  $G_1$ , представлено як:  $\langle t_e, d_\ell, \omega_o \rangle$ .

До другої групи знань  $G_2$  належить перелік типів несправностей складових КЗ,  $G_2 = \langle T, TN \rangle$ , де  $T$  – множина типів ОД;  $TN$  – множина характерних для них несправностей,  $TN = \{tn_q\}_{q=1}^b$ .

До третьої групи  $G_3$  належить інформація про ознаки прояву несправностей залежно від рівня їхнього візуального прояву,  $G_3 = \langle T, TN, RP, DZ \rangle$ ,  $T: TN \rightarrow DZ$ ,  $T: DZ \rightarrow RP$ , де  $T$  – множина типів ОД;  $TN$  – множина несправностей;  $RP$  – множина рівнів візуального прояву несправностей,  $RP = \{rp_1, rp_2, rp_3\}$ ;  $DZ$  – множина діагностичних ознак [5], кожна з яких

описується набором характеристик  $DZ = \bigcup_{i=1}^r A_i$ ,  $DZ = \{dz_j\}_{j=1}^m$ ,  $A = \{a_{ij}^{RP}\}$ , де  $A_i$  – множина характеристик діагностичних ознак;  $r$  – кількість характеристик;  $a_{ij}$  –  $i$ -та характеристика  $j$ -ї діагностичної ознаки;  $RP$  – порядок характеристики, який відповідає рівню візуального прояву діагностичної ознаки,  $RP = \overline{1,3}$ .

До четвертої групи  $G_4$  належить інформація про можливі причини виникнення несправностей,  $G_4 = \langle T, TN, PN, MU \rangle$ ,  $PN = \{pn_h\}_{h=1}^W$ ,  $MU = \{mu_c\}_{c=1}^Z$ ,  $MU : TN \rightarrow PN$ , де  $T$  – множина типів ОД;  $TN$  – множина несправностей ОД;  $PN$  – множина причин виникнення несправностей;  $MU$  – множина методів усунення несправностей.

У разі наповнення БЗ необхідно забезпечити наявність усіх елементів у кортежах груп.

Об'єм діагностичної інформації має бути достатнім для розв'язання поставленої задачі, діагностична інформація має бути корисною та несуперечливою. Для цього дослідимо відношення між групами інформації.

Множина типів ОД залежить від цільового призначення НЕСД.

Для множини  $D$  розглянемо декілька ситуацій:

D → min		D → max	
недостатньо інформації		достатньо інформації	надлишок інформації
корисна	некорисна	корисна	некорисна

Якщо існує така множина  $V = (D \cup DZ)$ , яка дає змогу ідентифікувати усі стани ОД з множини  $\Omega$ , то інформація є корисною та її об'єм достатній, тобто  $V = V_{\text{кор}}$ .

Якщо  $V > V_{\text{кор}}$ , то у множинах  $D$  і (або)  $DZ$  існує надлишок інформації. У такому випадку процес діагностування буде успішним, але НЕСД буде опрацьовувати надлишкову інформацію, що в свою чергу призводить до надлишкових витрат часу. Виникає необхідність прийняття рішення експертом, яку інформацію визнати надлишковою.

Якщо  $V < V_{\text{кор}}$ , то у множинах  $D$  і (або)  $DZ$  недостатньо інформації. У такому випадку діагноз не буде поставлений, і виникає необхідність поповнення БЗ діагностичною інформацією.

Розглянемо процес логічного висновку НЕСД для вищезгаданих випадків. При  $V = V_{\text{кор}}$ :  $P1 \rightarrow P2 \rightarrow P3 \rightarrow P4 \rightarrow P5 \rightarrow P6$  – ланцюжок суджень системи реалізується за скінченну кількість кроків.

При  $V > V_{\text{кор}}$ :  $P1 \rightarrow P2 \rightarrow P3 \rightarrow P4 \rightarrow P5 \rightarrow P6 \rightarrow P4 \rightarrow P5$  – ланцюжок суджень системи реалізується за скінченну кількість кроків, але у ньому наявні випадки повторного використання одних і тих самих правил (петлі).

При  $V < V_{\text{кор}}$ :  $P1 \rightarrow P2 \rightarrow P3 \rightarrow ?$  або  $P1 \rightarrow P2 \rightarrow P3 \rightarrow P4 \rightarrow$   
 $\uparrow \leftarrow \leftarrow \downarrow$  – ланцюжок системи є

неповним або зациклюється.

У процесі наповнення БЗ спеціаліст зі знань має домогтися ситуації, коли  $V = V_{\text{кор}}$ .

Аналогічно розглянемо інформацію в інших групах.

У групі  $G_2$ : множина несправностей  $TN \rightarrow \min$ , якщо  $TN \rightarrow \max$ , то процес діагностування потребує додаткових уточнень і перевірок можливих причин несправностей.

У групі  $G_3$ : множина діагностичних ознак  $DZ$ :

DZ → min		DZ → max	
недостатньо інформації		достатньо інформації	надлишок інформації
корисна	некорисна	корисна	некорисна

У групі  $G_4$ : множина причин виникнення несправностей  $PN \rightarrow \min$ , якщо кількість можливих причин менша або дорівнює п'яти, інакше  $PN \rightarrow \max$  [5], множина методів усунення несправностей  $MU \rightarrow \min$ .

Діагностичну інформацію перед використанням необхідно перевірити на несуперечливість. Наприклад, якщо:

$$\begin{cases} G_2 = \langle T, TN \rangle \\ G_3 = \langle T, TN, \tilde{P}, DZ \rangle \\ G_4 = \langle T, TN, PN, MU \rangle \end{cases} \Rightarrow ,$$

$T_{G_2} = T_{G_3} = T_{G_4}$ ,  $TN_{G_3} \neq TN_{G_4}$ , то інформація стосовно елементів множини несправностей є суперечливою. Якщо  $T_{G_1} \neq T_{G_2} \neq T_{G_3} \neq T_{G_4}$ , то інформація стосовно елементів множини типів ОД також є суперечливою.

Приклади використання діагностичної інформації нечіткою експертною системою діагностування для постановки діагнозу та переваги використання нечітких експертних даних.

*Приклад.* Задача – виявити причину перезавантаження комп'ютерного засобу під час функціонування.

Як вхідні дані використовуємо інформацію про: 1) температурні режими компонентів КЗ; 2) кількість пристроїв або додатків, які звертаються до послідовних портів; 3) час, протягом якого працював комп'ютерний засіб до моменту перезавантаження; 4) наявність зависання перед перезавантаженням; 5) частота та повторюваність перезавантаження; 6) швидкість обміну інформацією між жорстким диском та ОЗП; 7) термін експлуатації жорсткого диску; 8) рівень дефрагментації жорсткого диску; 9) вид додатку, з яким працював користувач на момент зависання; 10) коректність встановлення складових КЗ.

Відповідно до вищезгаданого принципу групування інформації розглянемо надану інформацію для реалізації процесу діагностування. Множина  $T$  може складатися з одного елемента  $t_e$ , якщо як ОД є комп'ютерним засобом загалом або  $T = \{t_1, t_2, t_3 \dots t_n\}$ , якщо як ОД розглядатимуться окремо складові КЗ – системна плата, жорсткий диск, відеокарта тощо. Для цього прикладу ОД є комп'ютерний засіб загалом. Множина  $D$  являє собою сукупність даних про комп'ютерний засіб: частота шини –  $d_{ch_1} = 400\text{МГц}$ ,  $d_{ch_2} = 533\text{МГц}$ , об'єм оперативної пам'яті  $d_{ch_3} = 2\text{Гб}$ , напруга компонентів системної плати –  $d_{ch_1}^+ = +5\text{V}$ ,  $d_{ch_2}^- = -5\text{V}$ ,  $d_{ch_3}^+ = +12\text{V}$ ,  $d_{ch_4}^- = -12\text{V}$ , отже

$D = \{(d_{ch_1}, d_{ch_2}) \cup (d_{ch_1}^+, d_{ch_2}^-, d_{ch_3}^+, d_{ch_4}^-)\}$ . У цьому прикладі наявні діагностичні ознаки

трьох рівнів візуального прояву, 3, 4, 5, 9 ознаки є ознаками першого РВП; 1, 2, 6, 8 ознаки є ознаками другого РВП та 10 ознака є ознакою третього РВП, отже  $DZ = \{dz_1, dz_2, dz_3, dz_4, dz_5, dz_6, dz_7, dz_8, dz_9, dz_{10}\}$ . Кожна діагностична ознака описується набором характеристик:  $A_1 = \{(a_{r_3}^1, a_{r_4}^1, a_{r_5}^1, a_{r_7}^1, a_{r_9}^1)\}$ ,  $A_2 = \{(a_{r_1}^2, a_{r_2}^2, a_{r_6}^2, a_{r_8}^2)\}$ ,  $A_3 = \{(a_{r_{10}}^3)\}$ .

Відповідно до наведеного прикладу розглянемо діагностичні ознаки – час протягом якого працював комп'ютерний засіб до моменту перезавантаження:  $a_{1_3}^1$  – 3–20с,  $a_{2_3}^1$  – 20хв,  $a_{3_3}^1$  – більше 30хв; наявність зависання перед перезавантаженням:  $a_{1_4}^1$  – було,  $a_{2_4}^1$  – не було; частота та повторюваність перезавантаження:  $a_{1_5}^1$  – 1 раз,  $a_{2_5}^1$  – 2–3 рази,  $a_{3_5}^1$  – більше; термін експлуатації

жорсткого диску:  $a_{1_7}^1$  – 1 рік,  $a_{2_7}^1$  – 2–3 роки,  $a_{3_7}^1$  – більше; вид додатку, з яким працював користувач на момент зависання:  $a_{1_9}^1$  – текстовий,  $a_{2_9}^1$  – графічний,  $a_{3_9}^1$  – відео; температурні

режими компонентів КЗ:  $a_{1_1}^2$  – норма,  $a_{2_1}^2$  – перегрівання; кількість пристроїв або додатків, які звертаються до послідовних портів:  $a_{1_2}^2$  – один,  $a_{2_2}^2$  – два,  $a_{3_2}^2$  – більше; швидкість обміну інформацією між жорстким диском та ОЗП:  $a_{1_6}^2$  340-360Кбайт/с,  $a_{2_6}^2$  – 370-400Кбайт/с,  $a_{3_6}^2$  – 280-330Кбайт/с; рівень дефрагментації жорсткого диску:  $a_{1_8}^2$  – дуже добре,  $a_{2_8}^2$  – добре,  $a_{3_8}^2$  – погано,  $a_{4_8}^2$  – дуже погано; коректність встановлення складових КЗ:  $a_{1_{10}}^3$  – коректно,  $a_{2_{10}}^3$  – некоректно.

Оскільки  $V = (D \cup DZ)$ , то

$$V = (((d_{ch_1}, d_{ch_2}) \cup (d_{ch_1}, d_{ch_2}, d_{ch_3}, d_{ch_4})) \cup (dz_1(a_{1_1}^2, a_{2_1}^2), dz_2(a_{1_2}^2, a_{2_2}^2, a_{3_2}^2), dz_3(a_{1_3}^1, a_{2_3}^1, a_{3_3}^1), dz_4(a_{1_4}^1, a_{2_4}^1), dz_5(a_{1_5}^1, a_{2_5}^1, a_{3_5}^1), dz_6(a_{1_6}^2, a_{2_6}^2, a_{3_6}^2), dz_7(a_{1_7}^2, a_{2_7}^2, a_{3_7}^2), dz_8(a_{1_8}^2, a_{2_8}^2, a_{3_8}^2, a_{4_8}^2), dz_9(a_{1_9}^2, a_{2_9}^2), dz_{10}(a_{1_{10}}^3, a_{2_{10}}^3)))$$

Множиною TN є несправності: несправність системної плати, несправність жорсткого диску, несправність відеокарти:  $TN = \{tn_1, tn_2, tn_3\}$ .

Необхідно оцінити  $V$ , провівши логічний висновок за допомогою нечіткої експертної системи діагностування. Спочатку використаємо правила, які міститимуть діагностичні ознаки першого РВП та елементи множини  $D_{ch}$ .

$$P_1' = \text{IF } (dz_4) \text{ is } (a_{1_4}^1) \text{ AND } (dz_9) \text{ is } (a_{1_9}^1) \text{ THEN } (tn_3) \text{ is } R_3,$$

$$P_2' = \text{IF } (dz_5) \text{ is } (a_{1_5}^1) \text{ AND } (dz_9) \text{ is } (a_{1_9}^1) \text{ THEN } (tn_3) \text{ is } R_3,$$

де  $R_i$  – наслідок правила, який являє собою ступінь впевненості наявності певної несправності,  $i = 1, 2, 3, 4$ ,  $R_1 = 0.2$  – дуже мало ймовірно,  $R_2 = 0.5$  – мало ймовірно,  $R_3 = 0.7$  – ймовірно,  $R_4 = 0.9$  – найбільш ймовірно.

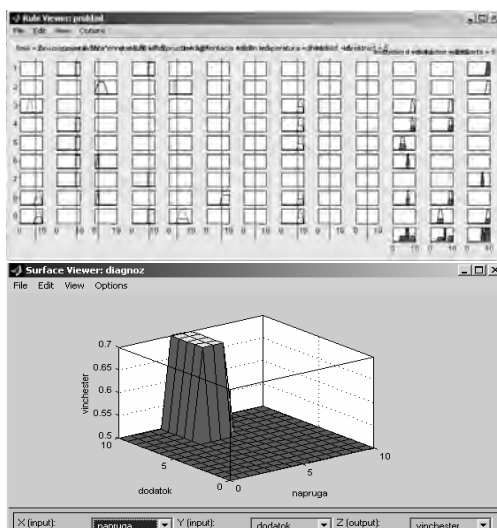


Рис. 1. Діаграма результатів роботи системи у разі врахування діагностичних ознак, які являють собою тільки чіткі дані

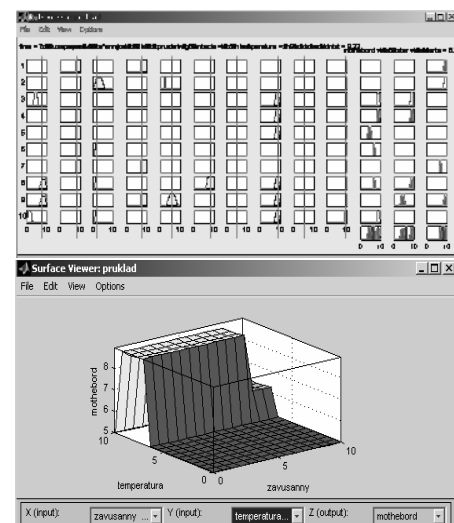


Рис. 2. Діаграма результатів роботи системи у разі врахування діагностичних ознак, які являють собою нечіткі дані та знання

За цими правилами можливо визначити несправність. Але неврахування характеристик, які являють собою нечітку інформацію, не дають можливості достовірно провести процес діагностування КЗ.

Використавши правила, які містять нечіткість, отримуємо в результаті діагностування висновок НЕСД, приклад візуалізації якого наведена на рис. 1, 2.

Отже, врахування нечіткої діагностичної інформації при виявленні причин перезавантаження КЗ під час функціонування дало змогу виявити перелік можливих несправностей з різним ступенем впевненості.

### **Висновки**

1. Групування діагностичної інформації дало змогу виявити взаємозв'язки між групами та протиріччя всередині групдіагностичних даних та знань. 2. Врахування нечіткої діагностичної інформації підвищує достовірність діагностування КЗ внаслідок визначення усіх відомих причин несправностей.

*1. Прикладные нечеткие системы / Под. ред. Т. Тэрано. – М.: Мир, 1993. 2. Рыбина Г. В. Особенности и принципы построения интегрированных экспертных систем для диагностики сложных технических систем // Приборы и системы управления. – 1998. – №9. – С. 12–16. 3. Герасимов Б. М., Грабовский Г. Г., Рюмишин Н. А. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации. – К.: Техніка, 2002. – 140 с. 4. Gnatchuk E.G. Knowledge base of fuzzy diagnosis expert system of computer devices // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут". – 2006. – №.7 (19). – С.121–125. 5. Локазюк В.М., Гнатчук Є.Г. Алгоритмізація нечіткого логічного висновку для процесу діагностування комп'ютерних засобів // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ. – 2006. – №.6 (87). – С.52 – 58. 6. Поморова О.В. Теоретичні основи, методи та засоби інтелектуального діагностування комп'ютерних систем. Монографія. – Хмельницький: ТОВ „Тріада-М”, 2006. – 253 с.*