

УДК 004.827

О.В. ПОМОРОВА, Є.Г. ГНАТЧУК

Хмельницький національний університет, Україна

ВИЯВЛЕННЯ НАДЛИШКОВОСТІ ПРАВИЛ В НЕЧІТКИХ БАЗАХ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

В статті розглянуто критерій надлишковості правил, що дозволяє мінімізувати об'єм надлишкової діагностичної інформації в базах знань інтелектуальних систем технічного діагностування. Вплив нечіткої діагностичної інформації посилює значення критерію ненадлишковості при оцінюванні якості баз знань систем технічного діагностування. Досліджено чинники, що ускладнюють описані в критерії умови, які враховують особливості подання та опрацювання нечіткої діагностичної інформації різними експертами, що в свою чергу дозволяє пом'якшити наслідки аномальної поведінки інтелектуальних систем технічного діагностування.

Ключові слова: діагностична інформація, критерій ненадлишковості, дублювання, база знань, лінгвістичні терми, нечітке логічне виведення

Вступ

Ефективність роботи інтелектуальних систем діагностування (ІСТД) визначається якістю та кількістю наявних в ній знань, особливо експертних, та стратегією їх використання. Оскільки при діагностуванні технічних об'єктів наявна різнотипна діагностична інформація, яка часто подається в нечіткій формі, то бази знань (БЗ) таких систем складаються з нечітких продукційних правил. Такі БЗ порівняно легко піддаються модифікації та нарощуванню. Разом з тим, виникають проблеми пов'язані з забезпеченням якості та надійності нечітких БЗ.

Постановка задачі

В процесі розробки інтелектуальних систем технічного діагностування використовуються мови, що основані на знаннях, такі як DESIRE, KARL та інші [1, 2]. Для деяких предметних галузей завчасно складно визначити та описати задачі, які будуть вирішуватись ІСТД, що ускладнює формування їх БЗ. Критерієм прийнятності БЗ є критерій, згідно якого ІСТД повинна забезпечувати коректне логічне виведення та не допускати аномальної поведінки [3]. Причиною аномальної поведінки можуть бути наступні чинники: надлишковість діагностичної інформації; протиріччя діагностичної інформації, недосконалість механізму утилізації правил [3].

Вплив нечіткої діагностичної інформації посилює значення відповідних критеріїв при оцінюванні якості БЗ систем технічного діагностування.

Необхідно розробити критерії, які забезпечать якість, надійність та ефективність використання баз

знань ІСТД, що мають у своєму складі нечіткі продукційні правила.

Критерій ненадлишковості

Правило додається в базу знань, якщо воно може привнести принципово нову інформацію, котру неможливо одержати шляхом використання уже наявних у БЗ правил.

Кожне правило повинно нести унікальну інформацію. З погляду надійності немає рації включати в БЗ правила, які не додають нових знань. У результаті *ненадлишковість* є джерелом верифікації, оскільки вона обґрунтовує винятково тільки ті правила, яких попередньо не було в специфікації.

Критерій *ненадлишковості* правил складається з 4 частин, які визначають умови:

- дублювання;
- категоризації;
- наявності надлишкових ІФ (умов);
- ланцюгової надлишковості.

Дублювання виникає, коли два різні правила задіюються в одній і тій же ситуації й дають тотожні результати. При наявності декількох умов у лівій частині правила зайва умова приводить до того, що її відсутність дає той же результат виконання правила. Ланцюгова надлишковість присутня в БЗ у випадку, якщо результат досяжний внаслідок серії дедукцій, які не сприяють оригінальності результату, тобто, існує кілька варіантів для досягнення одного й того ж результату.

Формально представимо критерій ненадлишковості в такий спосіб:

*Критерій 1*Змінні: u, v, x, y ;*Дублювання:*

{ R2 дублює R1 }

R1: $P(x), P(y), Q(x,y) \rightarrow R(x), S(y)$ R2: $P(u), P(v), Q(u,v) \rightarrow R(u), S(v)$ *Категоризація:*

{ R1 підкатегорія R3 }

R1: $P(x), P(y), Q(x,y) \rightarrow R(x), S(y)$ R3: $P(x), P(y), Q(x,y), W(x) \rightarrow R(x), S(y)$

{Отже, ці об'єкти нерозрізненні (зайві атрибути в описі) }

Надлишкові IF-и:

{ R4 і R5 надлишкове IF твердження }

R3: $P(x), P(y), Q(x,y), F(x,y) \rightarrow R(x), S(y)$ R5: $P(u), P(v), Q(u,v), -F(u,v) \rightarrow R(u), S(v)$ *Ланцюгова надлишковість:*

{R6 й R7 незалежно дають той же результат, що й R1 }

R1: $P(x), P(y), Q(x,y) \rightarrow R(x), S(y)$ R6: $P(x), P(y), Q(x,y) > T(x,y)$ R7: $T(x,y) > R(x), S(y)$.

Надлишковість ускладнює процес розробки й супроводу ІСТД, оскільки видалення одного правила не гарантує досягнення бажаного результату, оскільки невідома кількість посилань, що залишилися в БЗ. Ненадлишковість може бути досягнута тільки при розгляді усіх правил БЗ одночасно.

Оскільки, при діагностуванні технічних об'єктів наявна діагностична інформація: числові оцінки та значення параметрів, допустимі інтервали їх зміни, експертна інформація, отримана в лінгвістичній формі, яка часто подається в нечіткій формі, то до описаних конфліктів додаються проблеми, пов'язані з поданням та опрацюванням такої інформації у нечітких базах знань [4].

Діагностичні знання та дані подаються за допомогою нечітких множин. Кожна нечітка множина оцінюється за визначеною порядковою шкалою і має функцію належності, яка приймає значення на визначеному інтервалі [4]. В процесі подання та подальшого опрацювання діагностичної інформації у вигляді лінгвістичних термів виникають такі проблеми, як синонімія лінгвістичних термів; неоднозначність трактувань висловлювань експертів; некоректне масштабування лінгвістичних термів на шкали; кореляція лінгвістичних термів (два різні висловлювання фактично описують одне і теж поняття) [5, 6].

Усунення синонімії лінгвістичних термів, неоднозначності трактувань експертів та кореляції лінгвістичних термів можливе за рахунок використання таких показників, як корисність діагностичної інформації, повнота діагностичної інформації

та врахування рівня компетентності кожного експерта [6].

При інтерпретації лінгвістичних термів на відповідні шкали необхідно забезпечити: вибір градації шкал для різних видів інформації, узгодження шкал, достовірність відображення інформації на шкали та інше.

При виборі градації шкал використовуються бальні порядкові шкали із зазначенням необхідних проміжків. Узгодження шкал проводиться з урахуванням рівня компетентності кожного експерта [4, 7]. Узгодження шкал оцінок експертів полягає в побудові результуючих шкал, які відображають підсумкове значення певної оцінки. Значення цієї оцінки отримується шляхом знаходження середнього з мінімальних та максимальних значень усіх наявних шкал [4, 7].

Визначення достовірності відображення інформації на шкали можливе з урахуванням рівня компетентності кожного експерта, який надає цю інформацію.

Виявлення дублювання правил та надлишкових IF-ів ускладнюється за рахунок виникнення інтервалів невизначеності (рис. 1).

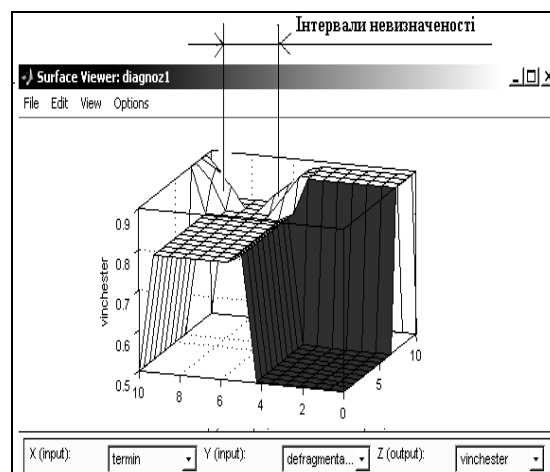


Рис. 1. Приклад діаграми результатів функціонування системи при наявності інтервалів невизначеності

До виникнення інтервалів невизначеності призводять наступні фактори:

- відсутність правил, що виявляють покриття діапазону;
- неповнота покриття відповідних шкал;
- відсутність правил, в яких задіяна дана інформація, що відображена на відповідних шкалах.

Відсутність правил, що виявляють покриття діапазону. Причиною виникнення цієї проблеми є недостатня кваліфікація експертів, а також відсутність необхідної діагностичної інформації. Вирішенням цієї проблеми є визначення рівня кваліфікації

ції експертів та забезпечення достатнього об'єму діагностичної інформації.

Неповнота покриття відповідних шкал. До виникнення цієї проблеми призводить ситуація, коли експерт зробив великий розкид по шкалі. Це пов'язано з тим, що експерт може бути діагностом високого рівня кваліфікації в діагностуванні жорстких дисків, середнього рівня в діагностуванні системних плат, низького рівня в діагностуванні відеокарт.

Прикладом є температурна шкала і наступні терми: x_1 – теплий 40°C-50°C; x_2 – гарячий 65°C-75°C; x_3 – дуже гарячий 80°C-90°C. Експертна оцінка наведена на рис. 2.

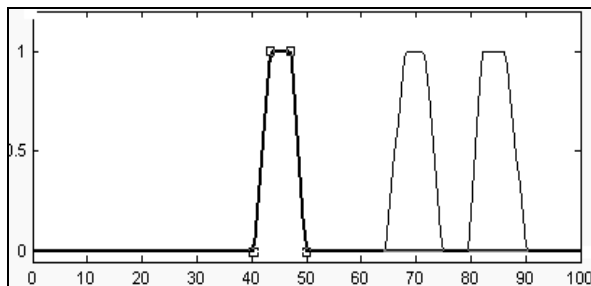


Рис. 2. Приклад експертної оцінки температурних шкал

Як бачимо, на температурній шкалі наявні наступні інтервали невизначеності 50°C-65°C та 75°C-80°C. При вирішенні задачі діагностування, якщо буде вказана температура в межах цих інтервалів невизначеності, виникає ситуація неможливості досягнення цільового стану.

Для вирішення цієї проблеми необхідно враховувати рівень компетентності експертів, що надають інформацію, а також вирішувати питання узгодження шкал лінгвістичних понять [7].

Додатковими характеристиками, що впливають на досягнення надлишковості, є такі показники, як корисність діагностичної інформації та повнота діагностичної інформації.

Якщо існує така множина V , яка дозволяє ідентифікувати усі стани ОД з множини станів, то інформація є корисною та її об'єм достатній, тобто $V = V_{\text{кор}}$.

Якщо $V > V_{\text{кор}}$, то у множинах даних та знань D і (або) у множині діагностичних ознак D_Z існує надлишок інформації. У такому випадку процес діагностування буде успішним, але виникає необхідність опрацювання надлишкової інформації.

Отже, якщо при додаванні нового корисного правила повнота БЗ не зростає, то правило є надлишковим і його наявність в базі знань може призвести до дублювання, ланцюгової надлишковості або наявності надлишкових ІФ тверджень. Тому, потрібно, щоб експерт вказав яка інформація є надлишковою.

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

Розглянемо процес логічного виведення у процесі діагностування для вищезгаданих випадків.

При $V = V_{\text{кор}}$: $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5 \rightarrow P_6$ - ланцюжок суджень щодо стану ОД реалізується за скінчену кількість кроків.

При $V > V_{\text{кор}}$:

$P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5 \rightarrow P_6 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5$ - ланцюжок суджень системи реалізується за скінчену кількість кроків, але у ньому наявні випадки повторного використання одних і тих же правил (петлі).

При $V < V_{\text{кор}}$: $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow ?$ або

$P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow$
 $\uparrow \leftarrow \leftarrow \downarrow$ - ланцюжок системи

є неповним, або зациклюється.

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

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

У якості вхідних даних використовуємо наступну інформацію: x_1 – програмний додаток, з яким працював користувач на момент перезавантаження; x_2 – час протягом якого працював комп'ютерний засіб до моменту перезавантаження; x_3 – наявність зависання перед перезавантаженням; x_4 – частота перезавантаження; x_5 – рівень дефрагментації жорсткого диску; x_6 – термін експлуатації жорсткого диску; x_7 – температура системного блоку; x_8 – тактова частота процесора; x_9 – кількість пристроїв або додатків, які звертаються до послідовних портів; x_{10} – швидкість обміну інформацією між жорстким диском та оперативною пам'яттю; x_{11} – напруга у мережі живлення; x_{12} – повторюваність перезавантаження; x_{13} – коректність встановлення складових КЗ і т. д.

Представимо послідовність перевірки комп'ютерного засобу за діагностичними ознаками у вигляді множини виду: $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n\}$, де y_i – припущення експерта про несправність, $i = \overline{1, n}$; n – кількість припущень.

До складу множини Y належать несправності: несправність системної плати, несправність жорсткого диску, несправність відеокарти.

За допомогою пакету FuzzyLogicToolbox системи Matlab 7.0 розглянемо представлений приклад.

База правил при наявних вхідних даних матиме вигляд, зображений на рис. 3.

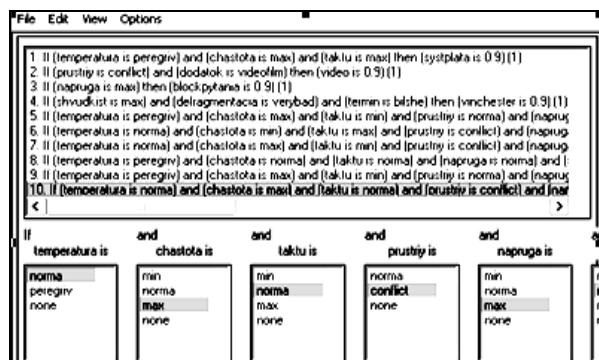


Рис.3. База правил системи нечіткого логічного висновку

У базі правил системи нечіткого логічного виведення при використанні в правилах однакових вхідних даних, отримуються різні причини несправностей (рис.4). При наявності зависання комп'ютерного засобу перед перезавантаженням і підвищеною температурою системного блоку в якості причин несправності отримані – несправність системної плати та несправність вінчестера. Така ситуація свідчить про наявність надлишкової інформації при побудові бази правил системи.

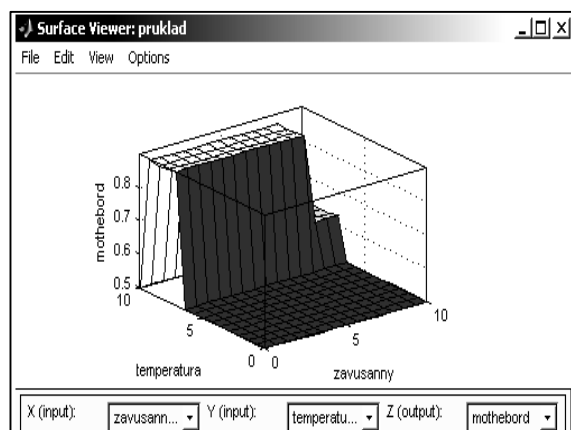


Рис. 4. Приклад діаграми результатів функціонування системи при усунення конфліктів

В такій ситуації для виявлення та усунення суперечностей необхідно використати додаткові умови критерію несуперечливості, а саме визначити рівень компетентності експертів, які надали діагностичну інформацію.

На рис.5. відображена діаграма результатів функціонування системи після усунення надлишковості.

У випадку наявності надлишкових ІФ-тверджень та ланцюгової надлишковості, в якості наслідку правила може використовуватись предикат, який приводить до застосування іншого правила і т.д., поки не отримаємо причину несправності. В цьому випадку при використанні діагностичних ознак x_4 та x_5 , що описують частоту перезавантаження та рі-

вень дефрагментації жорсткого диску відповідно, за допомогою ланцюжка суджень приходимо до виявлення діагностичних ознак x_6 та x_{10} , що, в свою чергу, дозволяють визначити в якості причини несправності несправність жорсткого диску. А в другому випадку при задіюванні ознак x_4 та x_{10} на початку ланцюжку суджень, а потім виявлення ознак x_6 , x_5 та x_{12} отримуємо в якості причини несправності несправність системної плати.

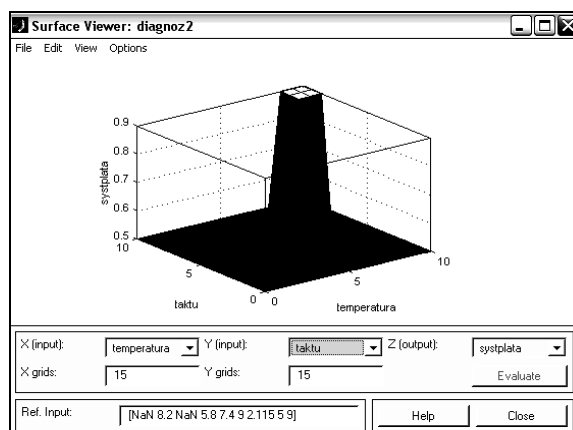


Рис. 5. Приклад діаграми результатів функціонування системи після усунення надлишковості

Подальших досліджень потребують методи, які дозволять розглядати всі правила в БЗ одночасно і забезпечувати коректне логічне виведення та не допускати аномальної поведінки БЗ.

Висновки

Вплив нечіткої діагностичної інформації посилює значення критерію ненадлишковості при оцінюванні якості баз знань систем технічного діагностування. Досягнення ненадлишковості ускладнюється за рахунок наявності нечіткої діагностичної інформації та виникнення інтервалів невизначеності. Проблемою при досягненні не надлишковості є необхідність розгляду усіх правил БЗ одночасно.

Проблеми синонімії лінгвістичних термів, неоднозначності трактувань висловлювань експертів, масштабування лінгвістичних термів на шкали та кореляції лінгвістичних термів ускладнюють описані в критерії умови.

Бази знань, у яких усунена надлишкова діагностична інформація, дозволяють пом'якшити наслідки аномальної поведінки ІСТД.

Література

1. Hamscher W.C. Modeling Digital Circuits for Troubleshooting / W.C. Hamscher // Artificial Intelligence. – 1991. - Vol 51. - №1-3. - P. 223-271.

2. Джексон П. Введение в экспертные системы / П. Джексон – М, СпБ., Киев: "Вильямс", 2001. – 624 с.
3. Поморова О.В. Формирование баз знаний интеллектуальных систем диагностирования с учетом априорной диагностической информации / О.В. Поморова // Вісник Хмельницького національного університету. – №4. – 2008. – С. 67-72.
4. Поморова О.В. Виявлення суперечливості правил в нечітких базах знань інтелектуальних систем технічного діагностування / О.В. Поморова, Є.Г. Гнатчук // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №. 7 (41). – С. 171-176.
5. Гнатчук Є.Г. Опрацювання нечіткої експертної інформації у процесі діагностування комп'ютерних засобів / Є.Г. Гнатчук // Вісник Національного університету „Львівська політехніка” Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – №598. – 2007. – С. 50- 55.
6. Локазюк В.М. Алгоритмізація нечіткого логічного висновку для процесу діагностування комп'ютерних засобів / В.М. Локазюк, Є.Г. Гнатчук // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ. – 2006. – №.6 (87). – С. 52-58.
7. Поморова О. В. Визначення життєздатності правил в нечітких базах знань інтелектуальних систем технічного діагностування / О.В. Поморова, Є.Г. Гнатчук // Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. – Вип. 423: Фізика. Електроніка.: Тематичний випуск «Комп'ютерні системи та компоненти». – Ч. II. – Чернівці: ЧНУ, 2009. – С.66-71.

Надійшла в редакцію 25.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри системного програмування В.М. Локазюк, Хмельницький національний університет, Україна.

ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ ПРАВИЛ В НЕЧЕТКИХ БАЗАХ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

О.В. Поморова, Е.Г. Гнатчук

В статье рассмотрен критерий избыточности правил, который дает возможность минимизировать объем избыточной диагностической информации в базах знаний интеллектуальных систем технического диагностирования. Влияние нечеткой диагностической информации усиливает значение критерия без избыточности при оценивании качества баз знаний систем технического диагностирования. Исследованы факторы, которые усложняют описанные в критерии условия, учитывающие особенности представления и обрабатывания нечеткой диагностической информации разными экспертами, что в свою очередь дает возможность смягчить последствия аномального поведения интеллектуальных систем диагностирования.

Ключевые слова: диагностическая информация, критерий без избыточности, дублирование, база знаний, лингвистические термы, нечеткий логический вывод.

REVEALING SUPERFLUITY OF RULES IN FUZZY KNOWLEDGE BASES OF INTELLIGENT TECHNICAL DIAGNOSIS SYSTEMS

O. V. Pomorova, E. G. Gnatchuk

The article presents a criterion for redundancy rules, which makes it possible to minimize the amount of excess diagnostic information in knowledge bases of intelligent systems of technical diagnostics. Influence of fuzzy diagnostic information increases the value of the criterion for redundancy in estimating the quality of knowledge base systems of technical diagnostics. The factors that complicate the conditions described in the criteria, taking into account the peculiarities of the presentation and working of fuzzy diagnostic information by different experts, which in turn makes it possible to mitigate the anomalous behaviour of intelligent systems for the diagnosis.

Keywords: diagnostic information, criterion for redundancy, duplication, knowledge base, linguistic terms, fuzzy deduction.

Поморова Оксана Вікторівна – д-р техн. наук, доц., проф. кафедри системного програмування, Хмельницький національний університет, Україна, e-mail: haha@rp.km.ua.

Гнатчук Єлизавета Геннадіївна – канд. техн. наук., ст. викл. кафедри системного програмування, Хмельницький національний університет, Україна, e-mail: veta-lina@rambler.ru.