

УДК 004.827

О.В. ПОМОРОВА, Є.Г. ГНАТЧУК

Хмельницький національний університет, Україна

ВИЯВЛЕННЯ СУПЕРЕЧЛИВОСТІ ПРАВИЛ В НЕЧІТКИХ БАЗАХ ЗНАТЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

В статті розглянуто критерій несуперечливості правил, що дозволяє мінімізувати об'єм суперечливої діагностичної інформації в базах знань інтелектуальних систем технічного діагностування. Вплив нечіткої діагностичної інформації посилює значення критерію несуперечливості при оцінюванні якості баз знань систем технічного діагностування. Проблеми синонімії лінгвістичних термів, неоднозначності трактувань висловлювань експертів, масштабування лінгвістичних термів на шкали та кореляції лінгвістичних термів ускладнюють описані в критерії конфлікти. Розроблено додаткові характеристики критерію несуперечливості, 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 несуперечливості, конфлікт, база знань, лінгвістичні терми, нечітке логічне виведення

Вступ

Збільшення рівня складності сучасних технічних засобів, а також зростання вимог щодо їх надійності висуває актуальну проблему розробки більш потужних засобів їх діагностування. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є використання інтелектуальних систем технічного діагностування [1, 2].

Якість функціонування інтелектуальних систем технічного діагностування (ІСТД) визначається кількістю діагностичної інформації у їхніх базах знань (БЗ) та стратегією їх використання. Найбільш розповсюдженими на сьогодні є системи технічного діагностування, бази знань яких побудовані з використанням продукційних правил [3]. Експертам простіше представити свої знання у вигляді продукційних правил, а також існують та широко розповсюджені механізми побудови логічного виведення на основі продукційних правил.

Оскільки при діагностуванні технічних об'єктів наявна різнотипна діагностична інформація, яка часто подається в нечіткій формі, то бази знань таких систем складаються з нечітких продукційних правил.

Продукційні системи використовуються для діагностування складних технічних систем в медицині, аерокосмічній галузі, нафто та газопроводів і т.д., що вимагає забезпечення високої якості рішень та надійності роботи таких систем [4].

Постановка задачі

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

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

Критерій несуперечливості

Суперечливість діагностичної інформації призводить до конфліктів в процесі логічного виведення, зациклювання та одержання неоднозначних результатів, що може бути причиною аномальної поведінки ІСТД [5]. При побудові БЗ на основі нечітких правил-продукцій виникають додаткові проблеми, що ускладнюють досягнення несуперечливості: наявність лінгвістичної діагностичної інформації, що призводить до синонімії лінгвістичних термів, неоднозначності трактувань висловлювань експертів, масштабуванні лінгвістичних термів на шкали, кореляції лінгвістичних термів і т.і.

Несуперечливість характеризується:

- відсутністю в БЗ правил, що конфліктують;
- точністю вирішення задач предметної галузі.

Конфлікт між правилами існує, якщо в процесі логічного виведення успішно активується більше ніж одне правило і в результаті їх активації суперечать одна одній. Такий стан є небажаним в БЗ.

Виділимо наступні форми конфліктів: зациклювання, складність процесу логічного виведення [5]. *Конфлікт неперервності* виникає тоді, коли ліві частини правил ідентичні, а у правих частинах міститься суперечлива інформація. *Конфлікт ланцюжковості* схожий на конфлікт неперервності тим, що ліві частини початкових правил ідентичні, але в процесі виведення з'являються суперечливі стани (спочатку вони просто різні, а в результаті приводять до суперечностей).

Конфлікт комплексності виникає тоді, коли дві окремі умови з лівої частини правила задовільняються специфічними виключними станами робочої пам'яті, і в результаті виникає конфліктний результуючий стан пам'яті.

Джерелом конфлікту є недетермінізм в БЗ, тобто при тотожних вхідних даних не завжди отримуються однакові результати.

Критерій

Змінні: u, v, x, y ;

Константи a, b, c, k ;

Прямий конфлікт:

{R1 конфліктує с R2}

R1: $P(x), P(y) \rightarrow Q(x, y)$

R2: $P(x), P(y) \rightarrow -Q(x, y)$

Ланцюжковий конфлікт:

{конфлікт в ланцюжку суджень}

$P(x) \rightarrow R(y) \rightarrow \dots \rightarrow Q(x, y)$

$P(x) \rightarrow S(y) \rightarrow \dots \rightarrow -Q(x, y)$

Комплексний конфлікт:

{R3 та R4 приводять до конфлікту в робочій пам'яті WM}

R3: $R(u), Q(v, w) \rightarrow Q(v, u), -R(u), R(w)$

R4: $R(y), Q(x, k) \rightarrow -Q(x, k), Q(x, y), -R(y)$.

R3 та R4 активізують:

WM: $Q(b, k), Q(c, k), Q(a, b), R(a), R(c)$.

Якщо R3 активізує підстановку $c - u$, $a - v$, $и b - w$, то стан робочої пам'яті:

WM: $Q(a, b), Q(a, c), Q(b, k), Q(c, k), R(a), R(b)$

Якщо R4 активізує підстановку $b - x$ та $c - y$, то в WM робочій пам'яті:

WM: $Q(b, c), Q(c, k), Q(a, b), R(a)$

Найбільш явний конфлікт полягає в тому, що у першому випадку WM містить R(b), а в другому ні, при цьому предикат Q дає різні результати в обох WM.

Складність цього конфлікту полягає в тому, що звичайно результат не містить достатньої кількості деталей (предикатів) у правилі. Цей недолік не може бути виявлений звичайними структурними тестами, тобто результат правила недовизначений.

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.

Особливості подання та опрацювання нечіткої діагностичної інформації

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 ви-

значеному інтервалі [6]. В процесі подання та подальшого опрацювання діагностичної інформації у вигляді лінгвістичних термів виникають наступні проблеми:

- 1) синонімія лінгвістичних термів;
- 2) неоднозначність трактувань висловлювань експертів;
- 3) некоректне масштабування лінгвістичних термів на шкали;
- 4) кореляція лінгвістичних термів (два різні висловлювання фактично описують одне і теж поняття).

Синонімія лінгвістичних термів. Прикладом синонімії лінгвістичних термів є наступні терми x_1 - частота перезавантаження комп'ютерного засобу, x_2 - повторюваність перезавантаження комп'ютерного засобу.

Синонімія призводить до ускладнення прямого конфлікту:

$P1 = \text{IF } x \text{ is } x_1 \text{ THEN } y$

$P2 = \text{IF } x \text{ is } x_2 \text{ THEN } u$

або ланцюжкового конфлікту:

$P1 = \text{IF } x \text{ is } x_1 \text{ AND } x \text{ is } x_2 \text{ THEN } y$

$P2 = \text{IF } x \text{ is } x_2 \text{ AND } x \text{ is } x_1 \text{ THEN } u$

Отже, при використанні в якості значень ознак несправностей синонімічних лінгвістичних термів можна отримати різні причини несправностей. Це пов'язано з рівнем компетентності експертів, які надають лінгвістичну діагностичну інформацію. Якщо рівень компетентності низький, то синонімічні лінгвістичні терми можуть фігурувати в різних правилах, як різні і відповідно привести до виявлення різних причин несправностей. При використанні таких термів в ланцюжку суджень, грає роль порядок їх задіювання, в залежності від якого також можна отримати різні причини несправностей.

Неоднозначність трактувань висловлювань експертів. В якості прикладу розглянемо висловлювання експерта "температура системного блоку, близька до 70°C ". В цьому випадку це висловлювання можна трактувати як "системний блок гарячий" або "перегрівання системного блоку". Як бачимо при такому трактуванні друга ситуація є вже критичною, оскільки може призвести до несправності комп'ютерного засобу. Тому вирішення цієї проблеми можливе за рахунок визначення рівня компетентності кожного експерта [7], складання в БЗ словника з термінологією кожного експерта, а також засобів узгодження термінології.

Масштабування лінгвістичних термів на шкали. Для встановлення відповідності між значеннями вхідних змінних, що необхідні для діагностування та значеннями функцій належності відповідних їм термів використані бальні порядкові шкали, що ві-

дображають: температурні та частотні режими; часові параметри; швидкісні характеристики; кількісні показники; звукові сигнали і т. і. При цьому виникає ряд проблем, таких як: 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 [7].

Узгодження шкал оцінок експертів полягає в побудові результируючих шкал, які відображають підсумкове значення певної оцінки. Значення цієї оцінки отримується шляхом знаходження середнього з мінімальних та максимальних значень усіх наявних шкал. Аналогічним чином проводиться узгодження більшої кількості шкал, які відображають оцінки довірливої кількості експертів.

Приклад. Розглянемо лінгвістичний терм "системний блок гарячий", який необхідно інтерпретувати на нечіткій шкалі – температурний режим системного блоку. Вважатимемо, що рівень компетентності першого експерта нижчий ніж другого. Експертна оцінка ситуації наведена на рис. 1.1 – 1.3.

Як бачимо зі шкали узгоджень, розкид температурних режимів на шкалі досить суттєвий. Це пов'язано з тим, що перший експерт з більш низьким рівнем компетентності масштабував лінгвістичний терм на великому інтервалі, що і призвело до такої ситуації. Отже, без визначення рівня компетентності експертів при масштабуванні лінгвістичних термів на шкали існує можливість появи похибки, яка в подальшому суттєво вплине на результати діагностування.

Кореляція лінгвістичних термів. В якості прикладу розглянемо такі лінгвістичні терми, як "відсутність звуку кулера системного блоку" та "системний блок гарячий". Обидва ці терми характеризують одну і ту саму ситуацію, а саме перегрівання компонентів КЗ. Наявність у БЗ в складі правил обох цих термів приводить до надлишковості діагностичної інформації.

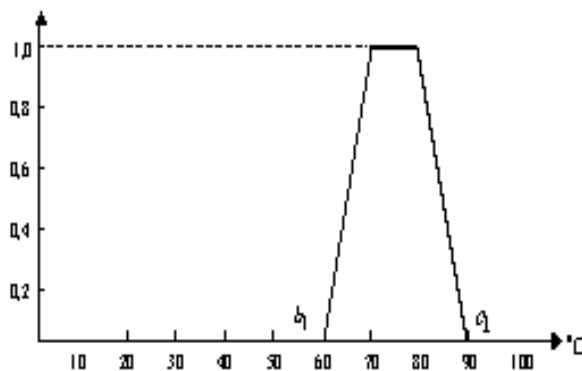


Рис. 1.1. Відображення лінгвістичного терма на температурній шкалі першим експертом

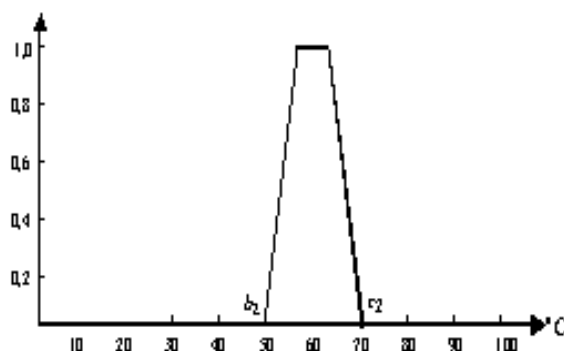


Рис. 1.2. Відображення лінгвістичного терма на температурній шкалі другим експертом

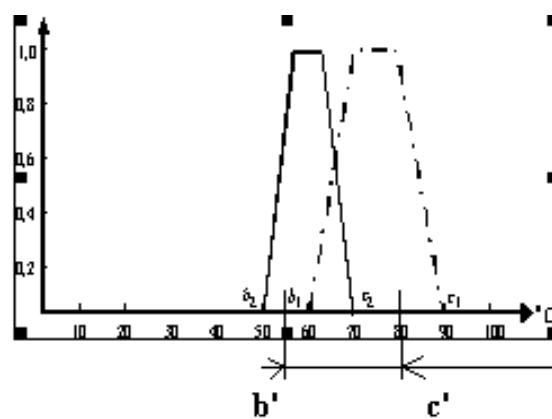


Рис. 1.3. Узгодження ділянки температурного режиму системного блоку першим та другим експертами ([b', c'] - результируюча шкала)

Отже, вплив нечіткої діагностичної інформації посилює вплив критерію несуперечливості на якість баз знань систем технічного діагностування. Вирішення цих проблем дозволить врахувати особливості подання та опрацювання нечіткої діагностичної інформації при вирішенні прямого та ланцюжкового конфліктів.

Додаткові характеристик и критерію несуперечливості

Додатковими характеристиками критерію несуперечливості, є такі показники:

- корисність діагностичної інформації;
- повнота діагностичної інформації;
- рівень компетентності кожного експерта.

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 прямого або ланцюжкового конфлікту.

Тому, потрібно, щоб експерт вказав яка інформація є надлишковою.

Якщо $V < V_{kor}$, 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 $V = V_{kor}$: $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5 \rightarrow P_6$ - ланцюжок суджень щодо стану ОД реалізується за скінчену кількість кроків.

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

При $V < V_{kor}$: $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow ?$ 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 $V = V_{kor}$.

Показником кваліфікації експерта для основних типів задач є інтегрована характеристика якості вирішення задач (Q_v), котра впливає на оцінювання його рівня компетентності. Q_v обчислюється за формулою:

$$Q_v = \sum_{i=1}^d v z_i / d, \quad (1)$$

де $v z$ - кількість вдало вирішених задач;

d - загальна кількість вирішуваних задач.

Експертам пропонується вирішити ряд задач окремих напрямків предметної галузі, наприклад, діагностування системних плат, діагностування відеокарт і т. д. Перед початком вирішення задачі $Q_v = 0$. Після закінчення роботи експерта з системою при вдалому вирішенні однієї з задач $v z = 1$, інакше - $v z = 0$.

На основі значення Q_v кожному експерту виставлено оцінку з інтервалу $s \in [0,1]$, яка буде відображати рівень їх компетентності, де $s = 1$ - для кращого експерта, для спеціалістів з нижчим рівнем кваліфікації має виконуватись умова $0,6 \leq s < 1$. Інформація, надана експертами, рівень компетентності яких менше 0,6 не враховується [3]. Таким чином сформована множина рівнів компетентності кожного

експерта за окремими напрямками предметної галузі.

При використанні інформації, яка надана експертами з низьким рівнем компетентності виникає можливість похибки у поданні та опрацюванні лінгвістичної діагностичної інформації, що в свою чергу приводить до прямих і ланцюжкових конфлікту і ускладнює задачу діагностування технічних об'єктів.

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

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.

При прямому конфлікті, у базі правил системи нечіткого логічного виведення при використанні в правилах однакових вхідних даних, отримуються різні причини несправностей (рис. 2). При наявності зависання комп'ютерного засобу перед перезавантаженням і підвищеною температурою системного блоку в якості причин несправності отримані - несправність системної плати та несправність вінчестера. В такій ситуації для виявлення та усунення суперечностей необхідно використати додаткові умови критерію несуперечливості, а саме визначити рівень компетентності експертів, які надали діагностичну інформацію.

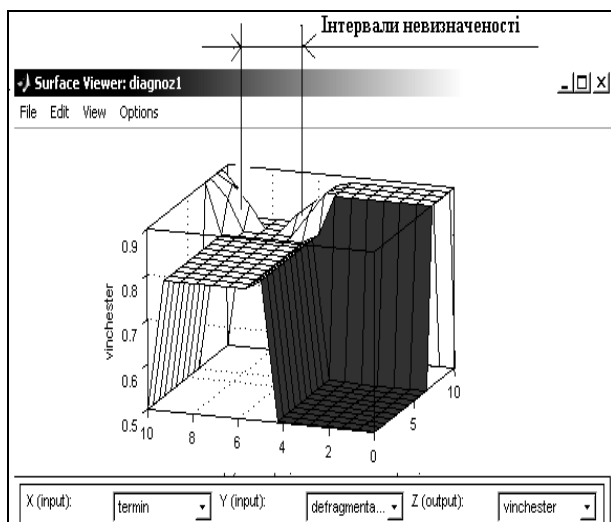


Рис. 2. Приклад діаграми результатів функціонування системи при наявності прямого та ланцюжкового конфлікту

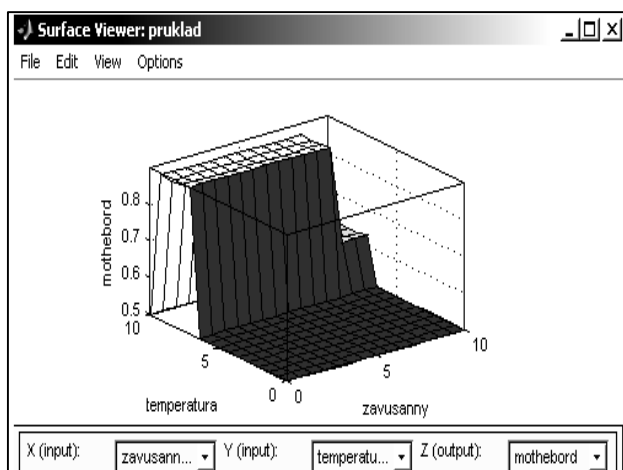


Рис. 3. Приклад діаграми результатів функціонування системи при усуненні конфліктів

У випадку ланцюжкового конфлікту, 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 рівень 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 задіяванні 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.

При наявності прямого та ланцюжкового конфлікту на діаграмі результатів наявні інтервали невизначеності, які не дозволяють однозначно вказати

причину несправності. На рис. 3. відображена діаграма результатів після усунення прямого та ланцюжкового конфлікту.

Після врахування корисності та повноти діагностичної інформації, а також рівня компетентності експертів отримуємо список, що містить лише дві причини несправності з різною можливістю. В результаті спочатку перевіряємо несправність системної плати з можливістю 0,9, якщо після перевірки гіпотеза про несправність не підтвердилась, то перевіряємо несправність жорсткого диску з можливістю 0,6. Інтервал невизначеності при цьому достатньо малий, щоб стверджувати, що результат діагностування є достовірним.

Комплексний конфлікт потребує подальших досліджень, оскільки для його розв'язання необхідно крім критерію несуперечливості задіявати критерій ненадлишковості [5], а також додаткові до них критерії, які враховують особливості подання нечіткої діагностичної інформації різними експертами та оцінювання рівня компетентності експертів.

Висновки

Вплив нечіткої діагностичної інформації посилює значення критерію несуперечливості при оцінюванні якості баз знань систем технічного діагностування.

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

Виявлення фактів суперечливості діагностичної інформації здійснено шляхом розроблення додаткових характеристик критерію несуперечливості, які враховують особливості подання нечіткої діагностичної інформації різними експертами.

Бази знань, у яких мінімізовано об'єм суперечливої діагностичної інформації, 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. Поморова О.В. *Априорна діагностична інформація в структурі нейромережних експертів ідентифікації стану компонентів комп'ютерних систем* / О.В. Поморова // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2007. – № 8 (24). – С. 145-151.
3. Попов Э.В. *Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ* / Э.В. Попов. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
4. Джексон П. *Введение в экспертные системы* / П. Джексон. – М.: СпБ, Киев: Вильямс, 2001. – 624 с.

5. Поморова О.В. Формирование баз знаний интеллектуальных систем диагностирования с учетом априорной диагностической информации / О.В. Поморова // Вісник Хмельницького національного університету. - 2008. - №4. - С. 67 - 72.

6. Гнатчук Є.Г. Опрацювання нечіткої експертної інформації у процесі діагностування комп'ютерних засобів / Є.Г. Гнатчук // Вісник Наці-

онального університету „Львівська політехніка” Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2007. - №598. – С. 50 - 55.

7. 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.

Надійшла до редакції 7.02.2009

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

ОБНАРУЖЕНИЕ ПРОТИВОРЕЧИВОСТИ ПРАВИЛ В НЕЧЕТКИХ БАЗАХ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

О.В. Поморова, Е.Г. Гнатчук

В статье рассмотрен критерий непротиворечивости правил, который дает возможность минимизировать объем противоречивой диагностической информации в базах знаний интеллектуальных систем технического диагностирования. Влияние нечеткой диагностической информации усиливает значение критерия непротиворечивости при оценивании качества баз знаний систем технического диагностирования. Проблемы синонимии лингвистических термов, неоднозначности понимания утверждений экспертов, масштабирования лингвистических термов на шкалы и корреляция лингвистических термов усложняют описанные в критерии конфликты. Разработаны дополнительные характеристики критерия непротиворечивости, которые учитывают 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 непротиворечивости, конфликт, база знаний, лингвистические термы, нечеткий логический вывод.

REVEALING CONTRADICTION OF RULES IN FUZZY KNOWLEDGE BASES OF ARTIFICIAL TECHNICAL DIAGNOSIS SYSTEMS

O.V. Pomorova, E.G. Gnatchuk

Review of consistency criterion, which enable minimize volume of contradictory diagnostic information in knowledge bases of artificial technical diagnosis systems is described. Meaning consistency criterion when estimation quality of knowledge bases of artificial technical diagnosis systems is strength of influence fuzzy information. Problems synonymy of linguistic terms, ambiguity of interpretation experts statements, scaling of linguistic terms and correlation of linguistic terms are complicate of consistency criterion. The additional characteristics of consistency criterion, which is considered particulars presentation and working of fuzzy diagnostic information different experts are developed. For one's turn additional characteristics are enable alleviate consequences of irregular behavior of artificial technical diagnosis systems.

Key words: diagnostic information, consistency criterion, conflict, knowledge base, linguistic terms, fuzzy deduction.

Поморова Оксана Вікторівна – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри системного програмування Хмельницького національного університету, Хмельницький, e-mail: haha@gp.km.ua.

Гнатчук Єлизавета Геннадіївна – канд. техн. наук., старший викладач кафедри системного програмування Хмельницького національного університету, Хмельницький, e-mail: veta-lina@rambler.ru.