

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

ДАВИДОВ АНДРІЙ АНДРІЙОВИЧ

УДК 681.32:519.713

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОБУДОВИ ТА ОБРОБКИ ПРОДУКЦІЙНИХ
ПРАВИЛ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Кривуля Геннадій Федорович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри автоматизації проектування
обчислювальної техніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Асєєв Георгій Георгійович,
Харківська державна академія культури,
завідувач кафедри інформаційних технологій.

доктор технічних наук, професор
Борисенко Олексій Андрійович,
Сумський державний університет,
професор кафедри електроніки і комп'ютерної техніки.

Захист відбудеться "___" _____ 2013 року о ____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.01 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий "___" _____ 2013 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Є.І.Литвинова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Широке використання комп'ютерних систем та конкуренція на ринку комп'ютерних засобів зумовлюють зростання вимог до їх продуктивності та надійності. З точки зору надійності комп'ютерна система являє собою відновлюваний технічний об'єкт, процес функціонування якого можна представити як послідовність періодів працездатності та відновлення (простою). Для характеристики надійності відновлювальної технічної системи використовують коефіцієнт готовності, який одночасно оцінює властивості працездатності та відновлення об'єкта. Цей показник може бути підвищений за рахунок збільшення надійності технічної системи та зменшення середнього часу відновлення. Незважаючи на високу надійність технічних засобів і високий коефіцієнт готовності, комп'ютерні системи на етапі експлуатації схильні до збоїв і зупинок в їх роботі. Значна кількість ймовірних причин припинення правильного функціонування комп'ютерної системи або мережі ускладнює автоматизацію процесу діагностування можливих несправностей. Відсутність або відносна висока вартість діагностичних програм та апаратних засобів діагностування комп'ютерних систем також призводять до ускладнення процесу діагностування. Технічні методи діагностики комп'ютерних систем і мереж успішно застосовують тільки тоді, коли можливо побудувати формальну модель складових частин комп'ютерної системи чи мережі. Але в процесі діагностування часто доводиться вдаватися до послуг експертів, які знають ті чи інші особливості комп'ютерних систем і мереж, які важко формалізувати.

Таким чином, перспективним напрямом збільшення ефективності використання комп'ютерних систем шляхом підвищення коефіцієнта готовності є застосування інтелектуальних засобів, зокрема експертних систем реального часу, що дозволяють значною мірою вирішити завдання діагностування комп'ютерних систем та мереж. При цьому для ефективного пошуку несправностей у таких системах використовують накопичений досвід діагностів-експертів.

Теоретичні основи технічної діагностики обчислювальних пристроїв, систем, мереж і програмних продуктів розробили J.A.Abraham, J.P.Hayes, S.M.Thatte, D.S.Suk, Van de Goor, S.M.Reddy, П.П.Пархоменко, В.А.Гуляєв, Г.Ф.Кривуля, В.Н.Локазюк, Е.С.Сагомоян, Ю.А.Скобцов, Д.В.Сперанский, В.Г.Тоценко, В.І.Хаханов, В.П.Чипуліс.

Центральним питанням побудови експертних систем є вибір форми подання знань – способу формального виразу знань про предметну галузь. Форма подання знань істотно впливає на характеристики й властивості експертних систем, тому представлення знань є однією з найбільш важливих проблем, що характерні для експертних систем. Отже, актуальним є подальший розвиток методів діагностики комп'ютерних систем і мереж, спрямований на підвищення ефективності процесу діагностування за рахунок удосконалення способів подання знань в експертних системах та їх реалізації, які забезпечать збільшення коефіцієнта готовності за рахунок зменшення часових витрат на пошук можливих несправностей в комп'ютерних системах та мережах.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідних робіт кафедри «Автоматизація проектування обчислювальної техніки» (АПОТ) Харківського національного університету радіоелектроніки протягом 2005-2010 років. Дисертаційна робота безпосередньо пов'язана з держбюджетними НДР: «Використання нових інформаційних технологій для проектування комп'ютерних систем», № ДР 0103U007150; «Дослідження розподілених комп'ютерних систем з неповним керуванням», № ДР 0103U004025; «Розробка методологічних основ та інструментальних засобів створення просторових систем підтримки прийняття рішень», № ДР 0103U001566, як виконавець підрозділів НДР.

При виконанні НДР автором запропоновано методи мінімізації продукційних правил з використанням бінарних дерев рішень, а також методи підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки.

Мета й завдання дослідження. Метою дослідження є розвиток методів функціональної діагностики комп'ютерних систем і мереж з використанням структурного рівня моделювання, спрямованих на підвищення ефективності процесу діагностування за рахунок удосконалення інтелектуальних засобів формування знань експертів, та їх реалізація в нечітких експертних системах.

У відповідності до поставленої мети дисертаційної роботи основними завданнями дослідження були такі:

- аналіз існуючих інтелектуальних експертних засобів для діагностування несправних станів комп'ютерних систем;
- розробка методів аналізу та синтезу логічних продукційних діагностичних систем на основі опису несправностей комп'ютерних систем у вигляді інтелектуальних словників;
- аналіз впливу логічних продукційних правил на здатність постановки діагнозу довільному стану комп'ютерної системи з використанням бінарних відносин ознак у діагностичній експертній системі;
- розробка методів мінімізації логічних продукційних правил для діагностичної експертної системи із застосуванням бінарних дерев рішень і теорії перемикальних функцій;
- розробка функціональних діагностичних моделей комп'ютерних систем на структурному рівні опису із застосуванням методів нечіткої логіки;
- розробка структури, інструментальних засобів і функцій діагностичної експертної системи реального часу з використанням бази знань на основі мінімальної логічної продукційної системи;
- практична реалізація нечіткої експертної системи реального часу для діагностування несправностей комп'ютерних систем з використанням розроблених інтелектуальних методів і засобів.

Об'єктом дослідження є процеси функціонального діагностування несправних станів комп'ютерних систем та мереж.

Предметом дослідження є методи автоматизації та побудови продукційних правил для інтелектуального діагностування несправних станів комп'ютерних систем.

Методи дослідження: теорія множин, теорія графів та теорія скінчених автоматів – для моделювання станів комп'ютерних систем і мінімізації подукційних правил; технічна діагностика цифрових систем та нечітка логіка – для розробки методів пошуку несправностей.

Наукова новизна одержаних результатів. У ході вирішення поставлених завдань автором особисто були отримані такі результати.

1. Вперше запропоновано метод перетворення довільного вербального опису дефектів комп'ютерних систем у вигляді інтелектуальних словників несправностей в логічні продукційні правила із застосуванням теорії числення висловів, що дало можливість формалізувати опис несправних станів комп'ютерних систем у вигляді дерев рішень.

2. Вперше з використанням дерев рішень і теорії перемикальних функцій запропоновано метод синтезу діагностичних продукційних правил, який передбачає етапи аналізу обмеженої кількості діагностичних параметрів і прийняття рішень за наявності неповної та суперечливої інформації, що дозволяє діагностувати несправний стан комп'ютерної системи з більшою швидкістю в реальному часі.

3. Удосконалено процедуру синтезу продукційних правил на здатність визначення несправного довільного функціонального стану комп'ютерної системи, яка використовує, на відміну від існуючих таблиць функцій несправностей, бінарні відношення значень ознак діагностичних параметрів, що дозволяє скоротити кількість діагностичних продукційних правил.

4. Набув подальшого розвитку метод діагностування комп'ютерних систем з використанням нечіткої логіки шляхом опису стану та класифікаційних діагностичних ознак у вигляді нечітких змінних, що дозволило значно зменшити кількість продукційних правил і збільшити швидкодію експертної діагностичної системи.

Практичне значення одержаних результатів.

Моделі несправних станів комп'ютерної системи та методи пошуку несправностей доведені до програмної реалізації у вигляді нечіткої експертної діагностичної системи реального часу, яка дозволила ставити діагноз будь-якому функціональному стану комп'ютерної системи чи мережі практично без використання додаткових процедур діагностики.

Розроблена в роботі діагностична експертна система реального часу з використанням мінімальної логічної продукційної системи має більшу швидкодію та менші апаратно-програмні витрати в порівнянні з існуючими експертними системами.

Розроблені методи та інструментальні засоби дозволяють реалізувати експертну діагностичну систему як вбудований апаратний засіб комп'ютерної системи чи мережі з меншими апаратно-програмними витратами на експертну діагностичну систему та підвищити її швидкодію.

Наукові та практичні результати дисертації використані в ПрАТ «Севєродонецьке НВО Імпульс» (довідка про впровадження від 23.11.2012). При цьому було досягнуто зниження трудомісткості, скорочення часових витрат на пошук несправності в комп'ютерному кластері, а також підвищення

ефективності процедури постановки діагнозу із забезпеченням відповідної глибини пошуку несправності за рахунок використання інтелектуальних засобів діагностування.

Наукові положення і результати дисертації використано в навчальних курсах з проектування та діагностики комп'ютерних систем кафедри АПОТ Харківського національного університету радіоелектроніки (довідка про впровадження від 1.12.2012).

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертаційного дослідження, що виносяться на захист, отримані особисто автором. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, авторові належить: [1] – метод діагностики комп'ютерних систем і мереж з використанням експертної системи реального часу; [2] – розроблена модель станів комп'ютерної системи у вигляді графа кінцевого автомата; [3] – запропоновані показники для оцінки надійності і діагностики комп'ютерних систем; [4] – розроблена класифікація відмов комп'ютерних систем та мереж; [5] – розроблена класифікація основних показників для оцінки надійності і діагностики комп'ютерних систем; [6] – розглянуто використання інтелектуальних словників несправностей для діагностування комп'ютерних систем; [7] – запропоновані нові методи діагностування несправностей в комп'ютерних системах на основі дерев рішень, теорії перемикальних функцій та нечіткої логіки; [9] – запропоновані методи оптимізації діагностичних бінарних дерев; [10] – розроблена класифікація відмов у комп'ютерних системах для побудови експертних діагностичних систем; [11] – розроблені нові інтелектуальні методи для діагностування несправностей у комп'ютерних системах.

Апробація результатів дисертаційного дослідження. Основні результати роботи було представлено та обговорено на конференціях: 1-й міжнародній конференції «Глобальні інформаційні системи», ХНУРЕ, Харків, 2006; 2-й міжнародній науково-технічній конференції «Інформатика і комп'ютерні технології», ДонНТУ, Донецьк, 2006; 11-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка й молодь в XXI столітті», Харків, ХНУРЕ, 2007; 3-му Міжнародному радіоелектронному форумі «Прикладна радіоелектроніка», Харків, ХНУРЕ, 2008; 11-й міжнародній науково-технічній конференції «Інформатика і комп'ютерні технології», ДонНТУ, Донецьк, 2011; 8-й науковій конференції ХУПС імені І. Кожедуба «Новітні технології – для захисту повітряного простору», Харків, 2012.

Публікації. Основні положення й результати дисертації опубліковані в 13 друкованих наукових працях: 7 статей у науково-технічних журналах, 6 матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатка. Повний обсяг роботи – 150 сторінок. Дисертаційна робота містить 55 ілюстрацій на 14 сторінках, 25 таблиць на 10 сторінках, 1 додаток на 2 сторінках, список використаних джерел з 149 найменувань на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано основну мету і завдання дисертаційної роботи, визначено наукову новизну і практичну значущість отриманих результатів, наведено відомості про апробацію та впровадження результатів.

У **першому розділі** проаналізовано існуючі підходи до діагностики комп'ютерних систем і мереж за допомогою експертних систем. Цей аналіз показує, що найбільш розповсюдженою формою подання знань експерта є продукційні системи в поєднанні з іншими формами подання знань (моделі, міркування на основі досвіду, фрейми).

Розглядаються комп'ютерні системи як сукупність комп'ютерних засобів, об'єднаних конструктивно і/або функціонально для виконання деяких необхідних функцій при заданих умовах експлуатації. Одним з основних засобів підтримки працездатності комп'ютерної системи є технічне діагностування. Основне призначення систем діагностики – скорочення часу простою і ліквідація «вузьких місць» комп'ютерної системи за допомогою автоматичної ідентифікації несприятливих ситуацій.

Наведено класифікацію основних видів показників для оцінки надійності та здатності до діагностування комп'ютерних систем. Розглянуто показники безвідмовної роботи, ремонтоздатності, довговічності, експлуатаційної готовності, комплексні показники здатності до діагностування. Наведено класифікацію відмов.

Процес функціонування відновлюваного об'єкта розглядається як послідовність n періодів працездатності $T_1 \dots T_n$ і відновлення (простою) $\tau_1 \dots \tau_n$.

При цьому $T = \sum_{i=1}^n T_{p_i}$ – загальний час знаходження системи в працездатному стані, $\tau = \sum_{i=1}^n T_{B_i}$ – загальний час відновлення системи. Для відновлюваного об'єкта за умови найпростішого потоку відмов і відновлень коефіцієнт готовності можна представити в такому вигляді: $K = \frac{1}{1 + \gamma}$, де $\gamma = \frac{\tau}{T}$ – показник відновлюваності. З даного виразу випливає, що K залежить не від абсолютних значень величин T і τ , а від відношення цих величин, тобто від γ . Для високонадійних систем ці показники мають значення $T \gg \tau$ або $\gamma \ll 1$. Для практичних обчислень достатньо використовувати наближене значення $K \approx 1 - \gamma$.

Коефіцієнт готовності K є граничним значенням, до якого прагне середній коефіцієнт готовності з ростом інтервалу часу, тобто $K = \lim_{t \rightarrow \infty} K(t)$, де $K(t)$ – імовірність того, що в момент часу T_i виріб знаходиться в працездатному стані (при відомих початкових умовах в момент часу $T_0 = 0$),

тобто $K(t) = \frac{1}{T + \tau_0} \int_0^{\infty} P(t) dt$, де $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи.

Для використання становить певний інтерес вид часової залежності коефіцієнта K при заданих обмеженнях. Для експоненціальних законів розподілу залежність базових значень T і τ від часу має експоненціальний вигляд (залежність 1 на рис. 1).

Для вихідних, не експоненціальних законів розподілу, залежність значень коефіцієнта готовності від часу може мати інші форми. Наприклад, на рис. 1 представлено залежність 2, яка має провал за рахунок збільшення часу відновлення на деякому етапі експлуатації комп'ютерної системи. Аналогічно показано залежність 3 коливального характеру, яка відповідає нестационарному характеру відновлення системи.

Досвід проектування експертних систем та практичного використання продукційних БЗ показав, що існують такі основні дефекти продукцій як суперечливість, надмірність і неповнота.

У **другому розділі** розроблено метод аналізу впливу продукційних правил експертних систем на здатність постановки діагнозу довільного функціонального стану комп'ютерної системи. Розглянуто експертні системи, що здатні поставити діагноз будь-якому стану комп'ютерної системи, які характеризуються одним, двома, трьома і довільним числом параметрів. Показано, що використання бінарних відносин характерності значень параметрів для діагнозів дозволяє істотно скоротити кількість продукцій, необхідних для діагностики довільного стану комп'ютерної системи. Запропоновано процес постановки діагнозу, що базується на продукційному висновку й використанні бінарних відносин.

При цьому комп'ютерна система S характеризується множиною $A = \{a_n\}_{n=1}^N$ параметрів, де a_n – n -й параметр системи S , N – кількість параметрів системи S . Позначимо через $a_n = \{a_{n,m}\}_{m=1}^{M(n)}$ множину значень параметра a_n системи S , де $a_{n,m}$ – m -е значення n -го параметра системи S , $M(n)$ – кількість значень n -го параметра системи S . Декартів добуток $C = a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n \times \dots \times a_N$ множин значень параметрів комп'ютерної системи S являє собою множину всіх гіпотетично можливих станів комп'ютерної системи S . Таким чином, стан системи S характеризується вектором $c = (c_1, \dots, c_n, \dots, c_N)$.

Нехай $D = \{d_k\}_{k=0}^K$ – множина діагнозів, що можуть бути встановлені системі S , де d_k – k -й діагноз, що можна поставити системі S , d_0 – «система S

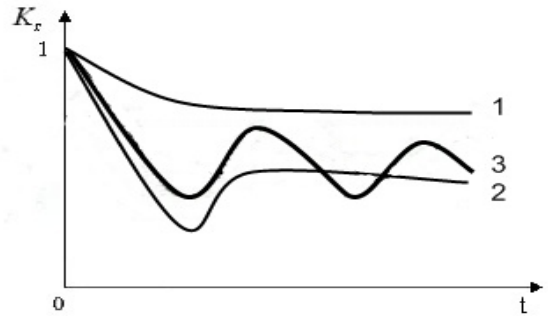


Рисунок 1. Залежності коефіцієнта готовності K_r від часу для γ .

справна», d_k – «у системи S несправність k -го типу» ($k = \overline{1, K}$), K – кількість несправностей системи S .

Нехай база знань продукційної експертної системи реального часу, що спроможна поставити діагноз будь-якому стану системи S , складається з множини $P = \{p_q\}_{q=1}^Q$ продукцій, де p_q – q -а продукція, Q – кількість продукцій.

Продукція p_q може бути одного з двох типів. Продукція першого типу відображає знання експерта при проміжних міркуваннях у процесі постановки діагнозу. Найпростіший вигляд, що може мати така продукція: «Якщо параметр a_n має значення $a_{n,m}$, то перевірити значення параметра b », де $b \in A \setminus \{a_n\}$.

Більш складні продукції першого типу можуть мати вигляд: «Якщо параметр a_i має значення $a_{i,m}$ і параметр a_j має значення $a_{j,m}$, то перевірити значення параметрів b і c », де $b, c \in A \setminus \{a_i, a_j\}$.

Використовуючи символи математичної логіки \neg , \wedge , \vee для позначення відповідно заперечення «НІ» і зв'язок «І», «АБО», можна записати ще більш складні продукції першого типу. Наприклад, «Якщо $a_i = a_{i,m} \wedge a_j = a_{j,n} \vee a_k = a_{k,l}$, то перевірити значення параметрів b , c і e », де $b, c, e \in A \setminus \{a_i, a_j, a_k\}$.

У загальному вигляді продукцію першого типу можна записати таким чином: «Якщо $f_B(b_i = b_{i,m(i)})$, то перевірити значення параметрів C », де $b_i = b_{i,m(i)}$ – просте висловлення «параметр b_i має значення $b_{i,m(i)}$ », f – складні висловлення (складене з простих, використовуючи дужки та символи \neg , \wedge , \vee), $b_i \in B \subset A$, $C \subset A \setminus B$.

Продукція іншого типу відображає знання експерта при постановці залишкового діагнозу. Найпростіший вигляд, що може мати така продукція: «Якщо параметр a_n має значення $a_{n,m}$, то в системи S несправність k -го типу». Більш складні продукції іншого типу можуть мати вигляд: «Якщо параметр a_i має значення $a_{i,m}$ і параметр a_j має значення $a_{j,n}$, то d_k ».

Використовуючи символи \neg , \wedge , \vee , можна записати ще більш складні продукції іншого типу. Наприклад, «Якщо $a_i = a_{i,m} \wedge a_j = a_{j,n} \vee a_k = a_{k,l}$, то d_1 і d_3 ».

У загальному вигляді продукцію іншого типу можна записати таким чином: «Якщо $f_B(b_i = b_{i,m(i)})$, то E », де $E = \{d_0\}$ або $E = D \setminus \{d_0\}$.

Експерту, знання якого зафіксовані в базі знань, можна поставити таке запитання: яке значення параметра a_n більш характерне для діагнозу d_k ($n = \overline{1, N}$; $k = \overline{1, K}$). Нехай експерт-діагност відповів, що значення $a_{n,i}$ параметра a_n більш характерне для діагнозу d_k , ніж $a_{n,j}$ ($n = \overline{1, N}$; $k = \overline{1, K}$; $i, j = \overline{1, M(n)}$; $i \neq j$). Позначимо це через $a_{n,i} >^k a_{n,j}$. Відповіді на ці запитання дозволяють побудувати бінарне відношення характерності значень параметра a_n для діагнозу d_k : $r_{n,k} = \{(a_{n,i}; a_{n,j}) \mid a_{n,i} >^k a_{n,j}\}$ ($n = \overline{1, N}$; $k = \overline{1, K}$).

На основі відношень $r_{n,k}$ ($n = \overline{1, N}$) можна побудувати бінарне відношення характерності всіх гіпотетично можливих станів комп'ютерної системи S для діагнозу d_k : $r_k = \{(c^1; c^2) \mid \forall n = \overline{1, N} \ c_n^1 \geq c_n^2; \exists n_0 = \overline{1, N}, \ c_{n_0}^1 > c_{n_0}^2\}$.

Нехай C_k – множина станів комп'ютерної системи S , яким можна поставити діагноз d_k ($C_k \subset C$). Розглянемо множину станів, що найменш характерні для діагнозу d_k : $C_k^{\min} = \{c \in C_k \mid \forall b \in C_k (b; c) \in r_k\}$ ($C_k^{\min} \subset C_k, k = \overline{1, K}$). Нехай P_k – множина продукцій, за допомогою яких встановлюється діагноз d_k станам з множини C_k^{\min} ($k = \overline{1, K}$).

У **третьому розділі** запропоновано метод перетворення довільного вербального опису дефектів комп'ютерних систем у вигляді інтелектуальних словників несправностей на логічні продукційні правила із застосуванням теорії числення висловів й розроблено синтез продукційних правил для діагностики комп'ютерних систем із використанням дерев рішень і теорії перемикальних функцій.

Основним недоліком продукційних систем є різке уповільнення проведення логічного висновку при зростанні числа правил у базі знань. При цьому саме в системах, що працюють у режимі реального часу, ключову роль відіграє швидкість обробки інформації. Тому важливим питанням є розробка методів мінімізації представлених правил БЗ, які прискорюють роботу продукційних систем. Можливі 4 варіанти мінімізації логічних продукційних правил, які залежать від вихідних даних.

1. Продукційне правило представлено у вигляді логічної функції (ЛФ) $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, яка залежить від n аргументів і є повністю визначеною, тобто для ЛФ вказані значення всіх двійкових наборів n аргументів. Кількість таких наборів дорівнює 2^n . Тобто, областю визначеності функції n змінних є сукупність дискретних точок n -вимірного простору, причому кожна з точок є комбінацією значень цих змінних (ковою комбінацією). Оскільки можливі 2^n різних комбінацій логічних змінних, то область визначення функції складається зі скінченної величини – 2^n точок. Це, в свою чергу, означає, що кожна функція може бути задана таблицею значень продукційних правил, які вона приймає в точках її області визначеності. ЛФ повністю визначена, якщо для неї задані значення в усіх точках області визначеності. Значення функції обираються з множини $\{0, 1\}$, й вона може бути записана лише в одній можливій формі – у вигляді досконалої диз'юнктивної (кон'юнктивної) нормальної форми (ДДНФ, ДКНФ). Вони характеризуються тим, що в ДДНФ кожна кон'юнкція, а в ДКНФ кожна диз'юнкція містять усі логічні змінні певної функції, з інверсіями або без них. Таким чином, для даного випадку продукційне правило є повністю визначеним, тобто повним, і для його мінімізації використовуємо стандартні методи з урахуванням можливої великої розмірності задачі.

2. Продукційне правило представлено у вигляді неповністю визначеної ЛФ, тобто її значення задані не для всіх точок області визначеності. При цьому значення функції обираються з множини $\{0, 1, x\}$. Очевидно, що якщо ЛФ

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, n аргументів має m двійкових наборів, на яких функція приймає значення 0 або 1, то при $m < 2^n$ існують $p = 2^n - m$ невизначених наборів значень аргументів. Довизначення цих наборів двійковими значеннями має 2^p варіантів, для яких доцільно обрати таке довизначення, що надасть можливість забезпечити мінімальне значення ЛФ в порівнянні з іншими варіантами. Чим більше в ЛФ буде невизначених p двійкових наборів, тим простіше може бути кінцевий вигляд мінімальної форми ЛФ.

Проте, для продукційних правил при їх мінімізації можуть бути введені додаткові умови, коли невизначені двійкові набори не можуть приймати значення 0 або 1, тому що ці значення формує експерт-діагност на етапі навчання експертної системи. В цьому випадку для того, щоб мінімізувати продукційне правило, потрібно знайти мінімальну ЛФ окремо для двійкових наборів, на яких ЛФ має значення 1, й окремо для наборів, на яких ЛФ дорівнює 0, без довизначення p невизначених наборів.

3. Третій варіант мінімізації продукційних правил збігається з другим варіантом, але при цьому допускається довизначення p невизначених наборів. Як і для другого варіанта, знаходимо мінімальну ЛФ окремо для двійкових наборів, на яких ЛФ має значення 1, й окремо для наборів, на яких ЛФ дорівнює 0, але з оптимальним довизначенням двійкових наборів. Для третього варіанта мінімізації ЛФ можуть бути найбільш простими.

4. Четвертий варіант мінімізації продукційних систем, представлених набором правил, реалізується як спільна мінімізація системи ЛФ, кожна із функцій відповідає конкретному продукційному правилу. Цей вид мінімізації виявляє такий недолік продукцій як надмірність, котра виявляється в тому, що правило або ланцюжок правил повністю виражаються іншими правилами. Розрізняють такі види надмірності: повна ідентичність правил; включення умов при однакових висновках; включення висновків при однакових умовах.

У роботі для практичних методів мінімізації логічних продукційних правил використовується бінарні дерева рішень (БДР) з дужковою формою представлення різних форм ЛФ. Дужкова форма для ЛФ ґрунтується на функціональній декомпозиції відповідно до теореми Шеннона. Прикладом декомпозиції є представлення функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, з розкладанням по i -му аргументу в такій формі:

$$f(X) = \bar{x}_i f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) \vee x_i f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n).$$

Визначення 1. Функцію $f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n)$ назовемо \bar{x}_i - компонентою вихідної функції $f(X)$. Позначимо \bar{x}_i - компоненту як $\bar{f}^{x_i}(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Відповідно функцію $f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n)$ назовемо x_i - компонентою $f(X)$ і позначимо $f^{x_i}(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Визначення 2. Змінна x_i називається суттєвою для функції $f(X)$, якщо $\bar{f}^{x_i} \neq f^{x_i}$. У випадку, якщо $\bar{f}^{x_i} = f^{x_i}$, то змінна x_i називається фіктивною.

У графічному вигляді розкладання вихідного значення ЛФ за її змінним здійснюється таким чином. Для кожного вузла БДР записується змінна, за якою

здійснюється розкладання функції. Нижнє ліве ребро вузла реалізує \bar{x}_i - компоненту функції, а праве ребро – x_i - компоненту цієї функції.

Визначення 3. БДР функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ називається регулярним, якщо всередині кожного ряду вузли мають однакові номери змінних ЛФ. В іншому випадку – БДР нерегулярна. Обмежимося розглядом тільки регулярних БДР.

Нехай вхідними значеннями для вузлів нижнього ряду будуть значення функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на відповідних наборах змінних. Для неповністю визначеної ПФ це можуть бути $\{0, 1, x\}$. При довизначеності наборів ПФ, на яких функція має значення x , ці значення можуть дорівнювати 0 або 1. Представлення ЛФ чотирьох аргументів у вигляді БДР має 16 наборів змінних.

Нехай маємо такі значення функції: для наборів (0,11,15) ПФ дорівнює 0; для наборів (4,5,12,14) – дорівнює 1; для наборів (1,2,3,6,7,8,9,10,13) ЛФ невизначена, тобто дорівнює x . Для БДР даної ЛФ: входами нижнього ярусу є значення ЛФ в порядку зростання наборів. Вхідним значенням для набору $\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \in f^{\bar{x}_4}$ компонента функції, яка дорівнює нулю. Наступний (другий шлях) відповідає набору $\bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4$ з номером 1, на якому функція дорівнює одиниці. Крайній правий шлях для БДР відповідає п'ятнадцятому набору $x_1x_2x_3x_4$ й для нього значення функції також дорівнює нулю. Можливі входи осередків першого ряду – це різні паросполучення з трьохелементної множини вхідних значень ЛФ $\{0, 1, x\}$, тобто 00, 01, 10, 11, 0x, x0, 1x, x1, xx. При цьому вихідні функції вузлів нижнього ряду мають такі значення: (0, x_4 , \bar{x}_4 , 1, a, b, c, d, x.)

Зазначимо, що для вхідних значень 00, 11, xx, що збігаються, змінна x фіктивна і вихідні функції відповідно дорівнюють 0, 1, x .

Запишемо згідно з БДР (рис. 2) дужкову форму ЛФ чотирьох аргументів x_1, x_2, x_3, x_4 , довизначаючи оптимальним способом невизначені набори нижнього ряду (варіант 3 мінімізації продукційних правил).

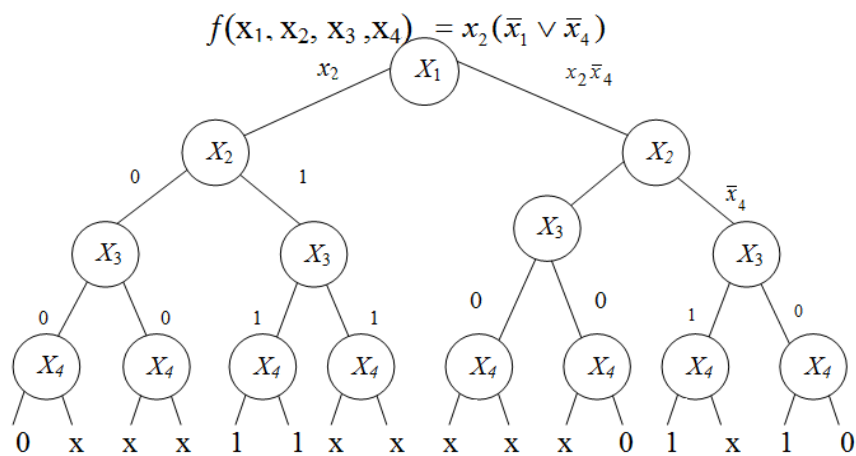


Рисунок 2. БДР для ЛФ $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Наведена дужкова форма на рис. 2 ЛФ $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ має 3 символи й є мінімальною в порівнянні з формами ЛФ.

Якщо до визначити всі p невизначених наборів нулями (варіант 1 мінімізації продукційних правил), то отримаємо дужкову форму $f_0 = x_2(\bar{x}_1\bar{x}_3 \vee x_1\bar{x}_4)$, яка є більш складною в порівнянні з наведеною раніше.

Чим більше в ЛФ фіктивних змінних, тим простіше кінцевий вигляд дужкової форми. Досягти збільшення фіктивних змінних в БДР можна двома шляхами: оптимальним до визначенням значень функції на невизначених вхідних наборах і перестановкою змінних в рядах БДР.

Розглянемо метод перенаправленого перебору змінних в ярусах БДР. Введемо поняття сходимості для кількісної оцінки оптимальності БДР.

Визначення 4. Сходністю БДР для ЛФ n аргументів назовемо суму:

$S = \sum_{i=1}^n k_i \cdot 2^{i-1}$, де k_i – число східних вузлів в i -му ярусі. Подібними є вузли, для яких обидві вхідні функції однакові. Якщо для i -го ярусу виконується умова $k_i = 2^{n-i}$, то змінна x_i – фіктивна, тому що всі вузли i -го ярусу подібні.

У третьому розділі розглянуто методи виявлення суперечливостей у логічних продукціях. Якщо система продукцій має правила, що спричиняють суперечливі висновки, можлива поява конкурентних гіпотез і заключні рекомендації системи будуть залежати від стратегії вибору правил (від способу вирішення колізії). В результаті система може зробити не ті висновки, які очікував би від неї експерт, або взагалі не сформулювати рішення. Останнє найбільш ймовірно в тому випадку, коли крім протиріч в БЗ наявна також і неповнота. До категорії протиріч можна віднести помилки зациклення, коли умова і висновок одного правила міняються місцями в іншому правилі.

Для виявлення суперечливостей у логічних продукціях використані методи булевих похідних. У логічних продукційних системах основним видом протиріч між двома правилами є випадок, коли при однакових ситуаціях, описуваних одним і тим же словом стану, робляться суперечливі висновки. Для даного виду продукцій логічний висновок, представлений двійковою функцією n -вхідних змінних, пошук суперечливих правил може бути зведений до пошуку несуттєвої (фіктивної) двійкової змінної. Зміни значень такої змінної з 1 в 0 або з 0 в 1 не викликають зміни значення вихідної функції, тобто булева похідна функції за змінною дорівнює нулю. Оскільки складні продукційні системи мають значну кількість умов для кожного правила, тобто велике число вхідних змінних, то виникає необхідність у методах автоматизованого обчислення булевих похідних.

Булевою похідною функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ є булева функція, що має вигляд $\frac{\partial f(X)}{\partial x_i} = f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) \oplus f(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n)$, де \oplus – сума за модулем 2. Виконавши операцію складання за модулем 2 між значеннями функції на тих наборах, де аргумент x_i приймає відповідно значення 0 і 1, отримає булеву похідну функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ за змінною x_i :

$$\begin{aligned} & (1f(x_1, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) \vee 0f(x_1, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n)) \oplus \\ & \oplus (0f(x_1, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) \vee 1f(x_1, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n)) = \frac{\partial f(X)}{\partial x_i}. \end{aligned}$$

Існуючі методи отримання булевих похідних ґрунтуються на відомих методах мінімізації ЛФ. Для невеликої кількості аргументів використовуються аналітичні записи або карти Карно. Проте, для автоматичного обчислення булевої похідної значної кількості аргументів виникає необхідність у багаторазовій мінімізації ЛФ. Ефективним методом знаходження булевих похідних є використання БДР.

Процедура отримання булевих похідних при цьому така.

1. Розміщуємо в нижній ярус БДР першу по порядку змінну ЛФ x_1 . Розташування інших $(n-1)$ аргументів у ярусах дерева визначається в залежності від їх сходності.

2. Виконуємо попарно операцію за модулем 2 між парними і непарними значеннями ЛФ. У результаті отримуємо нову ЛФ від $(n-1)$ аргументів.

3. Визначаємо номер аргументу для наступного по порядку ярусу БДР. Підраховуємо сходність у другому ярусі графа, якщо туди поставити по черзі всі аргументи, окрім x_1 , який вже зафіксований у першому ярусі. Розміщуємо в даному ярусі той аргумент, для якого сходність максимальна.

4. Визначаємо номер аргументу для наступного ярусу БДР. Для нього підраховуємо сходність з урахуванням того, що в попередніх зафіксовані певні аргументи. Сходність обчислюємо для всіх випадків, коли в цей ярус ставляться незафіксовані на попередніх ярусах аргументи. Ставимо сюди аргумент з максимальною сходністю. Пункт 4 виконується, поки всі змінні в ярусах не будуть розставлені.

5. Записуємо дужкову форму булевої похідної як функцію $(n-1)$ аргументів. Отримаємо булеву похідну $\frac{\partial f(x)}{\partial x_1} = x_4(\overline{x_2} \vee \overline{x_3})$ (рис. 3).

6. Пункти 2-5 повторюємо n разів, причому кожного разу в нижньому ярусі графа розміщуємо наступну по порядку змінну ЛФ. Після виконання n кроків всі булеві похідні знайдені. У наведеному прикладі булеві похідні мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} &= x_4(\overline{x_2} \vee \overline{x_3}); & \frac{\partial f(x)}{\partial x_2} &= \overline{x_3} \vee x_1x_4; & \frac{\partial f(x)}{\partial x_3} &= \overline{x_2}\overline{x_4} \vee x_1x_2x_4; \\ & & \frac{\partial f(x)}{\partial x_4} &= \overline{x_1}x_3 \vee x_1(x_2 \vee \overline{x_4}). \end{aligned}$$

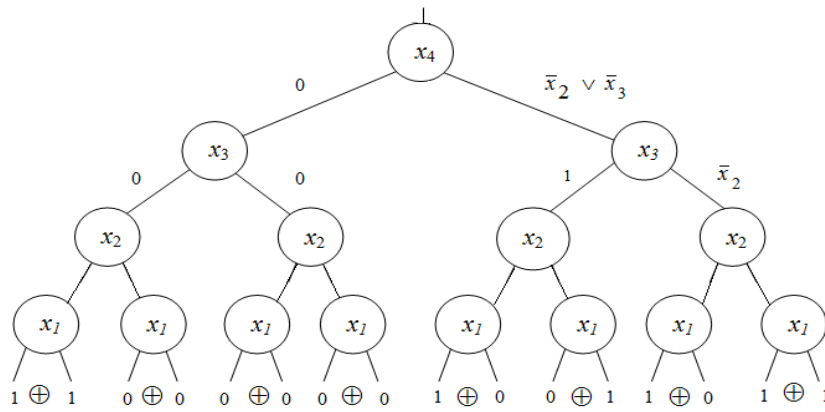


Рисунок 3. Знаходження похідної ЛФ $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ для змінної x_1

Булева похідна дає можливість за її значенням мати умови для активізації змінної x_i , відносно якої визначена похідна. Для наведеного вище прикладу ця умова має таку ЛФ: $x_4(\overline{x_2} \vee \overline{x_3})$. Змінна x_1 може бути фіктивною для даного БДР, якщо всі результати попарного складання значень ЛФ у нижньому ярусі будуть дорівнювати 0. Це можливо, наприклад, при протилежних значеннях ЛФ на наборах (8,10,12).

У четвертому розділі набув подальшого розвитку метод діагностування комп'ютерних систем з використанням нечіткої логіки шляхом опису стану та класифікаційних діагностичних ознак у вигляді нечітких змінних. Діалогова нечітка експертна система реального часу використовує мову нечітких множин і є сукупністю функцій приналежності та правил для обґрунтування даних. Мова нечітких множин є нині найбільш адекватним математичним апаратом, який максимально скорочує перехід від вербального словесного якісного опису об'єкта до чисельних кількісних оцінок його стану і дозволяє сформулювати на цій основі прості та ефективні алгоритми, які моделюють людські роздуми і здатність експертів вирішувати завдання.

При дослідженні діагностичних станів комп'ютерної системи одне з найбільш складних завдань полягає в кількісному і якісному описі різних станів комп'ютерної системи з урахуванням дефектів, що виникли в процесі експлуатації. При вирішенні цього завдання багатьом вхідним даним неможливо надати кількісне значення, часто вони визначаються якісними ознаками такими, як «багато», «сильне» і так далі. Тому моделі, побудовані на числових оцінках вхідних даних, є неточними. Вхідні дані також залежать від суб'єктивної оцінки експертів.

Нехай U – універсальна множина всіх критеріїв (властивостей), за якими оцінюється стан об'єкта: $U = \{a_i, i = \overline{0, N}\}$, де a_i – критерій, за яким оцінюється об'єкт. У найпростішому випадку, це може бути числова множина $U = \{a_i = i, i = \overline{0, N}\}$, де критерій a_i – є факт того, що об'єкт має сумарний дефект сили i . Нехай V – нечітка множина, що визначає ступінь дефектності об'єкта: $V = \langle U, \mu \rangle = \{a_i | \mu_1 + a_2 | \mu_2 + \dots + a_N | \mu_N\}$.

Функція приналежності і показує, якою мірою об'єкт володіє властивістю a_i . Наприклад, на рис. 4 показано можливий стан об'єкта.

Щодо нечіткої множини В вводимо лінгвістичну змінну «Дефект» = {«ні», «легкий», «середній», «сильний», «руйнівний»}. Кожне значення лінгвістичної змінної характеризується нечіткою множиною.

Якщо $U = \{a_i, i = 0, N, N = 16\}$, то можна розглядати такі нечіткі множини (рис. 5–9).

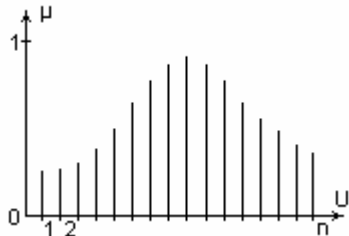


Рис.4. Можливий стан об'єкта

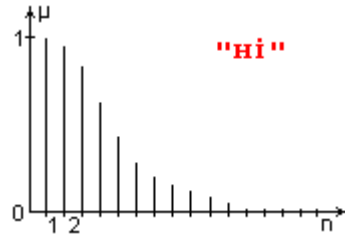


Рис.5. Об'єкт без дефектів



Рис.6. Легкий дефект

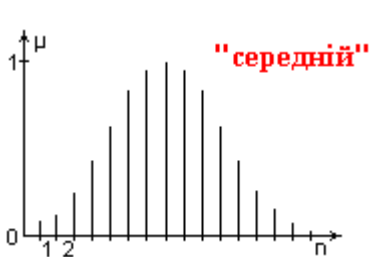


Рис.7. Середній дефект

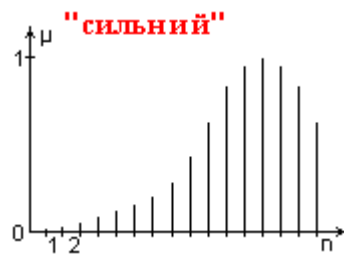


Рис.8. Сильний дефект

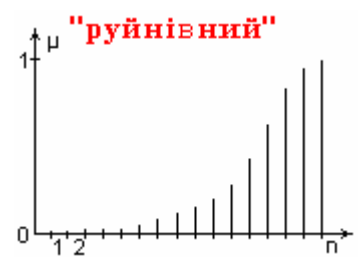


Рис.9. Руйнівний дефект

У розділі також наведено структуру нечіткої експертної системи, на основі якої реалізовано швидкодіючу продукційну експертну систему реального часу й показано ефективність використання методів, розроблених у розділах 2 і 3, на конкретних прикладах діагностування персонального комп'ютера і пошуку несправностей у комп'ютерній мережі.

Розглянуто залежність коефіцієнта готовності комп'ютерної системи від якості діагностичного забезпечення, де одним із основних компонентів є навченість оператора-діагноста.

Визначимо навченість як частоту правильного виконання оператором завдань його основної діяльності (результат навчання). При цьому, якщо $(C-1)$ – частота неправильного виконання завдань, то $C = R/N$, де R – кількість правильних дій оператора за одиницю часу; N – загальне число дій за одиницю часу.

Якщо абстрагуватися від випадкового характеру помилок оператора в період навчання і від тривалості навчання t , а розглядати тільки результат навчання C , то інтенсивність помилок оператора за час навчання можна замінити кількістю помилок за час навчання $(C-1) P = e^{(C-1)}$. Після логарифмування отримаємо: $C = \ln P + 1$. Виходячи з нерівності $0 \leq C \leq 1$, область допустимих значень для P буде дорівнювати: $0,368 \leq P \leq 1$.

Розглянемо граничні випадки. При максимальному рівні навченості, якщо $C=1$ і $P=1$, то K_p дорівнює максимальному значенню безумовного коефіцієнта готовності, що відповідає об'єктивному характеру процесу

навчання. При мінімальному рівні навченості, якщо $C=0$, то $P=0,37$, і $K_p = 0,932$. У таблиці 1 наведено чисельні значення для залежності умовного коефіцієнта готовності K_p від рівня навченості персоналу при C та $\gamma = 0,01$.

Таблиця 1

Залежність умовного коефіцієнта готовності K_p від C .

C	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$P = e^{(C-1)}$	0,37	0,4	0,45	0,5	0,54	0,6	0,67	0,74	0,82	0,9	1
$K_p = \frac{P^2}{P^2 + \gamma}$	0,932	0,941	0,9529	0,962	0,967	0,973	0,978	0,982	0,9853	0,9878	0,9901

Розглянемо залежність рівня навченості персоналу при змінах коефіцієнта готовності для високонадійної системи з показником відновлюваності $\gamma = 0,01$. Нехай у результаті аналізу рівня кваліфікації персоналу визначено, що рівень навченості (компетентності) оператора-діагноста дорівнює $C = 0,55$. Визначимо, як повинна бути збільшена навченість персоналу для того, щоб умовний коефіцієнт готовності персоналу K_p підвищився на $0,01$: $\Delta K_p = 0,01$. Використовуючи співвідношення $P = e^{(C-1)}$, розрахуємо умовну ймовірність $P = e^{0,55-1} = 0,63$ й умовний коефіцієнт

готовності $K_p = \frac{(0,63)^2}{(0,63)^2 + 0,01} = 0,975$. На основі $P = \sqrt{\frac{\gamma}{1-K}}$ розрахуємо

$\Delta P = 0,19$. Умовний коефіцієнт готовності може бути збільшений на $\Delta K = 0,01$ за рахунок підвищення навченості (компетентності) персоналу за умови $\Delta P = 0,19$, а рівень компетентності при цьому повинен бути підвищений до $C = 0,8$ й $\Delta C = 0,25$. При переході до показника навченості (компетентності) C на основі $C = \ln P + 1$ отримаємо $C = \ln 0,82 + 1 = 0,801$ (рис.10).

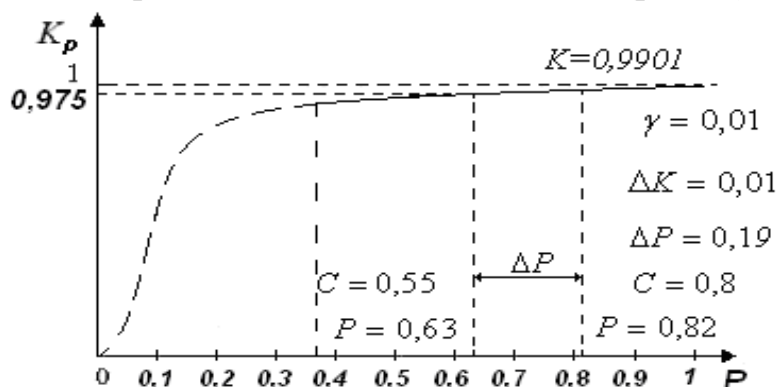


Рис.10. Графік залежності коефіцієнта готовності K_p від P при $\gamma = 0,01$

Таким чином, аналіз інтегральних характеристик ергатехнічної комп'ютерної системи показав, що готовність відновлюваної системи істотно залежить від рівня функціональної готовності користувача, яка визначається його навченістю (компетентністю). Отримані математичні моделі та аналітичні залежності коефіцієнта готовності системи від чисельних значень компетентності користувача дозволяють визначити рівень донавчання оператора в залежності від стану його поточної компетентності.

Додаток містить результати впровадженнь положень дисертаційного дослідження у виробництво та в навчальний процес.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання розвитку методів діагностики комп'ютерних систем, спрямованих на підвищення ефективності процесу діагностування за рахунок удосконалення способів подання знань в експертних системах, що забезпечує збільшення коефіцієнта готовності комп'ютерної системи та зменшення часових витрат на пошук можливих несправностей у комп'ютерних системах.

При вирішенні поставленого завдання отримано такі результати.

1. Новий метод перетворення інтелектуальних словників з довільним вербальним описом дефектів комп'ютерних систем на логічні продукційні правила, що дає можливість використовувати теорію перемикальних функцій для аналізу продукційних правил у вигляді логічних функцій.

2. Новий метод синтезу діагностичних продукційних правил із застосуванням бінарних дерев рішень і теорії перемикальних функцій, що дає можливість мінімізувати число логічних правил і прискорити аналіз продукційних систем при обмеженій кількості діагностичних параметрів і наявності неповної та суперечливої інформації.

3. Удосконалений метод аналізу продукційних правил експертних систем з використанням бінарних відношень характерностей значень ознак параметрів, що дає можливість постановки діагнозу довільному функціональному стану комп'ютерної системи і скоротити кількість продукцій.

4. Розвинений метод діагностування комп'ютерних систем на основі нечіткої експертної системи з якісним описом у вигляді нечітких змінних класифікаційних діагностичних ознак та дефектних станів комп'ютерної системи, що дозволяє збільшити швидкодію експертної діагностичної системи.

5. Структура інструментальних засобів діагностичної експертної системи реального часу з використанням бази знань на основі мінімальної логічної продукційної системи, що дозволяє діагностувати несправний стан комп'ютерної системи з більшою швидкодією та з меншими апаратно-програмними витратами.

6. Програмна реалізація нечіткої експертної діагностичної системи реального часу підтвердила її ефективність. Запропоновану експертну систему доцільно реалізувати як додатковий вбудований апаратно-програмний засіб у складі комп'ютерної системи, що дозволить користувачеві збільшити оперативність діагностування несправних станів за менших витрат.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Davidov A.A. Classification of the basic parameters for estimation of reliability and diagnosability of computers systems / A.A. Davidov, A.I. Lipchansky // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.*– 2007.– № 6 (25).– С. 206-209.
2. Липчанский А.И. Классификация основных показателей для оценки надежности и диагностируемости компьютерных систем / А.И. Липчанский, А.А. Давыдов// *Радіоелектроніка. Інформатика. Управління.*– 2007.– №2(18).– С. 76-79.
3. Давидов А.А. Интеллектуальні словники несправностей у діагностуванні комп'ютерних систем / А.А. Давыдов // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.*– 2009.– № 5 (39). – С. 121-126.
4. Давыдов А.А. Диагностирование компьютерных систем на основе частотных словарей неисправностей / А.А. Давыдов // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.*– 2009.– № 4 (77).– С.47.
5. Кривуля Г.Ф. Оптимізація бінарних вирішальних дерев при інтелектуальній діагностиці комп'ютерних систем / Г.Ф. Кривуля, А.А. Давидов // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.*– 2010.– № 6 (47).– С. 260-265.
6. Давыдов А.А. Оптимизация бинарных деревьев решений в экспертной диагностической системе реального времени / А.А. Давыдов // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.*– 2010.– №4 (83).– С.40-41.
7. Кривуля Г.Ф. Диагностирование отказов компьютерных систем с использованием интеллектуальных средств / Г.Ф. Кривуля, Д.Е. Кучеренко, А.А. Давыдов// *Вестник ХНТУ.*– 2010.– №2(18).– С. 266 -271.
8. Кривуля Г.Ф. Діагностика комп'ютерних систем с використанням експертних систем реального часу / Г.Ф. Кривуля, А.І. Липчанський, А.А. Давидов // 1-а міжнародна конференція «Глобальні інформаційні системи»: Зб. матеріалів.– Харків:ХНУРЕ, 2006.– С. 95-96.
9. Лаптев М.А. Построение модели компьютерной системы в виде конечного автомата с использованием характеристик технического состояния объекта / М.А. Лаптев, Г.Ф. Кривуля, А.А. Давыдов // II международная студенческая научно-техническая конференция «Информатика и компьютерные технологии»: Сб. трудов.– Донецк:ДонНТУ, 2006.– С. 363-364.
10. Давидов А.А. Класифікація відмов в комп'ютерних системах / А.А. Давыдов, М.А. Лаптев // 11-й міжнародний форум «Радіоелектроніка і молодь в 21 ст.»: Зб. Матеріалів форуму.– Харків: ХНУРЕ, 2007.– С. 243.
11. Кривуля Г.Ф., Давыдов А.А. Интеллектуальные средства диагностики компьютерных систем / Г.Ф. Кривуля, А.А. Давыдов // 3-ий Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы»: Сб. научных трудов.– Харьков:ХНУРЭ, 2008.– С. 296.
12. Давыдов А.А. Интеллектуальные словари неисправностей и методы их оптимизации в задачах диагностики компьютерных систем / А.А. Давыдов // VII міжнародна науково-технічна конференція молодих науковців

«Информатика и компьютерные технологии»: Зб. праць.– Донецьк:ДонНТУ, 2011.– С. 218-222.

13. Давыдов А.А. Оптимизация диагностической информации в компьютерных системах / Г.Ф. Кривуля, А.А. Давыдов // 8-а наукова конференція ХУПС імені І. Кожедуба «Новітні технології для захисту повітряного простору»: Тези доповідей.– Харків: ХУПС, 2012.– С. 186.

АНОТАЦІЯ

Давидов А.А. Автоматизація побудови та обробки продукційних правил для діагностування комп'ютерних систем. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2013.

Метою роботи є розвиток методів функціональної діагностики комп'ютерних систем і мереж з використанням структурного рівня моделювання, спрямованих на підвищення ефективності процесу діагностування за рахунок удосконалення інтелектуальних засобів формування знань експертів та їх реалізація в нечітких експертних системах. Об'єктом дослідження є процеси функціонального діагностування несправних станів комп'ютерних систем та мереж. Предмет дослідження – методи автоматизації та побудови продукційних правил для інтелектуального діагностування несправних станів комп'ютерних систем. У дисертації розроблено метод перетворення довільного вербального опису дефектів комп'ютерної системи у вигляді інтелектуальних словників несправностей на логічні продукційні правила. Запропоновано новий метод синтезу діагностичних продукційних правил із застосуванням бінарних дерев рішень і теорії перемикальних функцій, що дало можливість мінімізувати число правил і прискорити аналіз продукційних систем при обмеженій кількості діагностичних параметрів і наявності неповної та суперечливої інформації. Удосконалено метод діагностики комп'ютерних систем, що базується на поданні знань експертів у вигляді продукційних правил з використанням бінарних відносин значень діагностичних параметрів, який дозволяє діагностувати довільний стан комп'ютерної системи. Розвинено метод діагностування комп'ютерних систем з використанням нечіткої логіки шляхом опису стану та класифікаційних діагностичних ознак у вигляді нечітких змінних, що дозволило збільшити швидкодію експертної діагностичної системи.

Ключові слова: комп'ютерна система, діагностика, експертна система, продукційні правила, бінарні відношення, дерево рішень.

АННОТАЦИЯ

Давыдов А.А. Автоматизация формирования и обработки производственных правил для диагностирования компьютерных систем. – На правах рукописи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – компьютерные системы и компоненты.– Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2013.

Целью работы является развитие методов функциональной диагностики компьютерных систем и сетей с использованием структурного уровня моделирования, направленных на повышение эффективности процесса диагностирования за счет совершенствования формирования знаний экспертов, и их реализация в нечетких экспертных системах. Объектом исследования являются процессы функционального диагностирования неисправных состояний компьютерных систем и сетей. Предмет исследования – методы автоматизации формирования производственных правил для интеллектуального диагностирования неисправных состояний компьютерных систем. В диссертации разработан метод преобразования произвольного вербального описания дефектов компьютерной системы в виде интеллектуальных словарей неисправностей в логические производственные правила. Предложен новый метод синтеза диагностических производственных правил с применением бинарных деревьев решений и теории переключательных функций, что позволило минимизировать число правил и ускорить анализ производственных систем при ограниченном количестве диагностических параметров и наличии неполной и противоречивой информации. Усовершенствован метод диагностики компьютерных систем, основанный на представлении знаний экспертов в виде производственных правил с использованием бинарных отношений значений диагностических параметров, который позволяет диагностировать произвольное состояние компьютерной системы. Получил дальнейшее развитие метод диагностирования компьютерных систем с использованием нечеткой логики путем описания состояний и классификационных диагностических признаков в виде нечетких переменных, что позволило увеличить быстродействие экспертной диагностической системы.

Для оценки диагностируемости компьютерных систем в диссертационной работе используется коэффициент готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается. Уменьшение времени диагностирования неисправных состояний позволило снизить время простоя компьютерных систем за счет увеличения коэффициента готовности. В общем случае готовность восстанавливаемой компьютерной системы существенно зависит от уровня функциональной готовности пользователя, которая определяется его обученностью (компетентностью). В диссертации получены математические модели и аналитические зависимости коэффициента готовности от численных значений компетентности пользователя, что позволяет определить уровень

обученности оператора-диагноста в зависимости от состояния его текущей компетентности. Практическое значение полученных результатов состоит в том, что разработанные модели для неисправных функциональных состояний компьютерной системы и методы поиска неисправностей доведены до программной реализации в виде нечеткой экспертной диагностической системы реального времени. При этом диагностирование любого функционального состояния компьютерной системы или сети осуществляется без дополнительных процедур с большей скоростью и меньшими аппаратно-программными затратами по сравнению с существующими экспертными системами. Использование минимальных логических диагностических продукционных правил позволило уменьшить память для их хранения и повысить скорость обработки правил при диагностировании.

Ключевые слова: компьютерная система, диагностика, экспертная система, продукционные правила, бинарные отношения, дерево решений.

ABSTRACT

Davydov A.A. Automating the generation and processing of production rules for diagnosis of computer systems.– Manuscript.

Thesis for a candidate degree in technical sciences, specialty 05.13.05 – computer systems and components.– Kharkiv National University of Radio Electronics, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov, 2013.

The aim of the thesis research is develop methods of functional diagnostics of computer systems and networks using structural level simulations for at improving of diagnosis by improving the intellectual formation of expert knowledge, and their implementation in fuzzy expert systems. Object of research is the process of diagnosing faulty functional states of computer systems and networks. The subject of the research – methods of automating the generation and processing of production rules for diagnosis of computer systems. A method for converting an arbitrary verbal descriptions of defects computer system in the form of intelligent dictionaries faults in logic production rules. Proposed new method for synthesis of diagnostic production rules using binary decision trees and the theory of switching functions, making it possible to minimize the number of rules and speed up the analysis of productive systems in limited number of diagnostic parameters and the presence of incomplete and conflicting information. Improved method for diagnosis of computer systems, based on the expert knowledge representation in the form of production rules using binary relations values of diagnostic parameters that can diagnose arbitrary state of a computer system. Developed methods of diagnosing computer systems using fuzzy logic by describing the status and classification of diagnostic features as fuzzy variables, which increased the diagnostic performance of the expert system.

Keywords: computer system, diagnosis, expert system, production rules, binary relation, decision tree.

Відповідальний випусковий

Руденко О.Г.

Підписано до друку 17.04.2013 р. Формат 60x84 1/16. Папір. друк. Умов. друк
арк.1,2

Облік.-вид. арк.1.0, Зам. № 11 -.71; Тираж 120 прим.

Надруковано у видавництві ЧП «Степапов В.В.»
61168, Україна, Харків, вул.Павлова,311.
