

УДК 004.82, 621.396

А.С. Коваленко, О.А. Смірнов, О.В. Коваленко

Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Розглядається створення структури експертної системи, яка буде враховувати недоліки традиційної архітектури та особливості технічної діагностики інтегрованої інформаційної системи. Проведено аналіз експертних систем технічної діагностики традиційної структури. Розроблена структура експертної системи технічної діагностики, яка позбавлена недоліків, властивих системам з традиційною структурою.

Ключові слова: інтегрована інформаційна система, технічна діагностика, експертна система

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді та аналіз літератури. Інтегрована інформаційна система (далі ІС) є складною системою, реалізованою за допомогою технічних засобів, телекомунікаційних та комп'ютерних мереж і відповідного програмного забезпечення [1]. З огляду на те, що програмне забезпечення і устаткування мережі є досить складними і функціонують в реальному середовищі, виникає завдання підтримки високої ефективності функціонування мережі [2].

Проте рішення цієї задачі ускладнюється цілим рядом моментів [3]. Передусім, ускладнює цю проблему географічна віддаленість об'єктів мережі один від одного. Використовувані засоби зв'язку вносять шуми, перешкоди, відмови, виникають втрати даних при передачі по лініях зв'язку.

Специфіка алгоритмів передачі даних обумовлює можливість поширення помилки, що виникає в одному вузлі, на інші вузли мережі.

Складність алгоритмів управління мережею і специфіка взаємодії об'єктів мережі, значно ускладнюють рішення завдань діагностики і відновлення мережі після збоїв. Особливу трудність представляють виявлення блокувань і запобігання тупиковим ситуаціям, які в мережах передачі даних можуть приймати глобальний характер. Крім того, в процесі функціонування мережі можуть виникати різні непередбачувані ситуації, що призводять до аварійного стану на окремих ділянках мережі або в усій мережі в цілому. Ці та інші пов'язані з ними проблеми викликають необхідність автоматизації діагностики стану ІС і її об'єктів. Через велику кількість об'єктів діагностики, складності і некоректності протоколів різних рівнів, завдання технічної діагностики ІС є таким, що погано формалізується. А значить, традиційні способи технічної діагностики (апаратний і функціональний контроль) будуть малоефективними.

Найбільш перспективним підходом до рішення цієї задачі є розробка і створення експертної систе-

ми технічної діагностики (далі ЕС ТД) ІС [4], оскільки останнім часом з розвитком теорії штучного інтелекту їх все частіше стали використовувати для вирішення таких складних завдань.

Мета дослідження є створення структури експертної системи, яка буде враховувати недоліки традиційної архітектури та особливості технічної діагностики ІС.

Експертна система

ЕС є комплексом програм і апаратних засобів, що імітують деякі процеси розумової діяльності фахівця при рішенні круга завдань, і є фактично технологічним забезпеченням ЕОМ. Метою ЕС є прийняття сукупності формальних і евристичних знань від фахівців і потім використання їх при рішенні тих же проблем, з якими зазвичай стикаються фахівці в цій області.

Основними особливостями ЕС є здійснення діалогу на мові, зрозумілій користувачеві, здатність системи пояснювати і виправдовувати свої дії [5].

Така система повинна по інформації, що поступає від ІС, оцінювати поточний стан мережі і її об'єктів, здійснювати пошук несправностей, прогнозувати подальший розвиток ситуації на об'єктах діагностики, представляти отримані результати в зручній для розуміння оператором формі.

Аналіз тенденцій розвитку ІС показує, що розвиток йде шляхом ускладнення об'єктів мережі, протоколів їх функціонування з метою підвищення ефективності і надійності мережі. Що призводить до підвищення надійності роботи, і ускладнення пошуку несправностей через ідентичності симптомів.

Проведемо дослідження експертної системи з традиційною структурою на предмет її відповідності та здатності вирішення завдань технічного діагностування інтегрованих інформаційних систем.

З визначення ЕС виходить, що вона повинна володіти наступними основними властивостями:

– компетентністю, тобто прийняті нею рішення мають бути такого ж високого рівня, як і у професіонала;

- здатністю використовувати як загальні, так і приватні схеми міркування;
- здатністю вирішувати важкі завдання із складних предметних областей, здатністю до міркувань про власну роботу.

Структура традиційної ЕС представлена на рис. 1.

Звичайна ЕС складається з п'яти основних компонентів [6]:

- інтерфейс з користувачем;
- підсистема логічного висновку;
- база знань (далі БЗ), що становлять ядро ЕС;
- модуль придбання знань;
- модуль відображення і пояснення рішень.

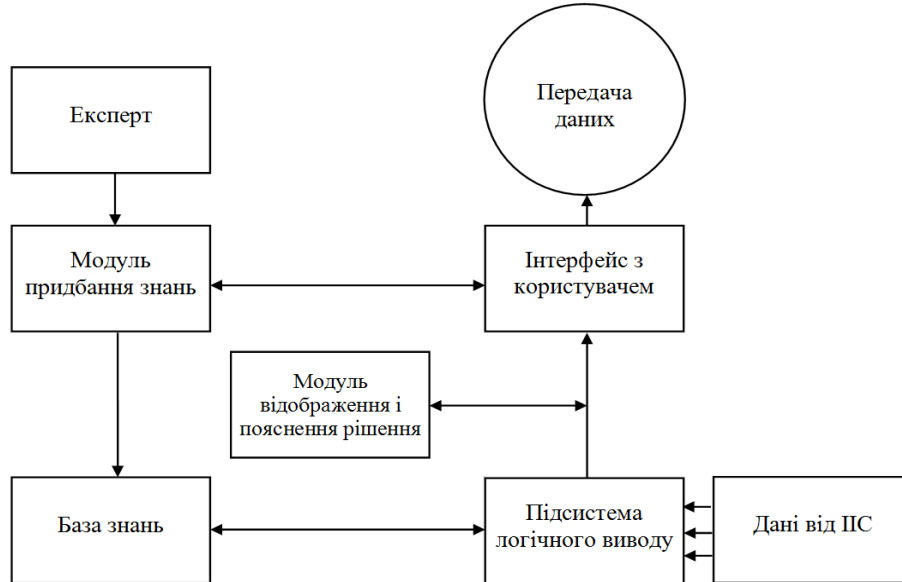


Рис. 1. Традиційна структура експертної системи

Взаємодія користувача з ЕС здійснюється через інтерфейс користувача на проблемно-орієнтованій мові. У інтерфейсі користувача відбувається перетворення пропозицій природної мови на внутрішню мову представлення знань ЕС.

Дані, необхідні для вирішення поставлених перед ЕС завдань, поступають в підсистему логічного висновку, яка, використовуючи інформацію з БЗ, вирішує поставлену задачу.

Основу БЗ складають факти і правила, що описують процеси, що реально відбуваються в цій предметній області.

За допомогою модуля відображення і пояснення рішення відбувається відображення проміжних і остаточних рішень і пояснення користувачеві дій ЕС.

Функція модуля придбання знань полягає в підтримці процесу витягання знань про предметну область. Як правило, ці знання носять емпіричний характер і погано формалізовані.

Процес передачі цих знань від експерта системі є найбільш вузьким місцем при проектуванні системи. З приведеного опису структури традиційної ЕС видно, що в якості аналізу недоліків і переваг структури ЕС, необхідно провести аналіз переваг і недоліків її ядра.

З формальної точки зору ядро ЕС є квазіаксіоматичною системою M_2 , яку можна представити у вигляді такого кортежу

$$M_2 = (M_1, X, K), \quad (1)$$

де M_1 – звичайна аксіоматична система; X – множина аксіом цієї предметної області; K – множина правил достовірного виводу, використовувана при рішенні завдань в цій предметній області.

У свою чергу, аксіоматичну систему можна представити у вигляді наступного кортежу

$$M_1 = (T, P, A, H), \quad (2)$$

де T – множина базових елементів; P – множина синтаксичних правил, застосування яких до елементів з T породжує правильно побудовані формули; A – множина логічних аксіом; H – множина логічних правил виводу.

БЗ уявляє собою множину X , а підсистема логічного висновку – програмну реалізацію правил виводу з множин Y і H . Гідністю аксіоматичних систем є висока ефективність рішення завдань в невеликій за об'ємом предметній області. У таких ЕС передбачається, що БЗ повна і несуперечлива. Проведений аналіз ПС як об'єкту діагностики показав, що знання про характер функціонування ПС не відповідатимуть цій умові.

Отже, квазіаксіоматичні системи не підходять для формалізації знань про функціонування систем типу ПС. Для ефективної роботи такої ЕС необхідно постійно вносити доповнення і зміни в окрему множину системи M_2 .

У ЕС з традиційною структурою модуль придбання знань частково реалізує функції доповнення БЗ. Проте виявлені цим модулем знання носять правдоподібний характер, а значить просте додавання виявлених аксіом приведе до появи протиріч у БЗ.

Таким чином встановлено та доведено, що ЕС з традиційною структурою не підходить для діагностики ІС через погане формалізування знань цієї предметної області. Це викликано такими причинами:

- функціонування системи здійснюється тільки на основі знань, отриманих від експерта;
- моделі представлення знань орієнтовані на прості і добре структуровані області;
- існує велика кількість не виражених явно відомостей, “прихованих” в структурах представлення знань. Це обумовлено тим, що не усі пропозиції експерта знайшли віддзеркалення в моделі предметної області, включеної в систему;
- реалізація механізму виводу тільки за умови повноти і несуперечності знань і даних;
- поповнення знань і перевірка їх на несуперечність здійснюється людиною;
- неспівпадання структури знань про предмет-

ну область в ЕС і у експерта. Це призводить до неповноти БЗ.

Усі приведені недоліки свідчать про неефективність використання традиційних ЕС для вирішення завдань технічної діагностики ІС.

Потрібна розробка такої структури ЕС, яка враховувала б вказані вище недоліки ЕС з традиційною архітектурою, а також особливостей технічної діагностики ІС.

З вимог, що пред’являються до ЕС ТД ІС, витікає, що окрім діагностики стану мережі експертної системи технічної діагностики повинна робити оцінку ефективності своєї роботи і, якщо необхідно, дообучати. Оскільки ЕС ТД ІС повинна працювати в реальному масштабі часу, то в цілях підвищення ефективності її роботи необхідно використовувати запропоновану в [7] схему (“вежу” числень). Тоді структура ЕС ТД стане ієрархічною. На нижньому рівні ієрархії вирішуватимуться завдання ТД ІС, а на другому рівні ієрархії періодично оцінюватиметься якість діагностики мережі і, якщо необхідно, відбуватиметься навчання першого рівня. Структура ЕС ТД наведено на рис. 2.

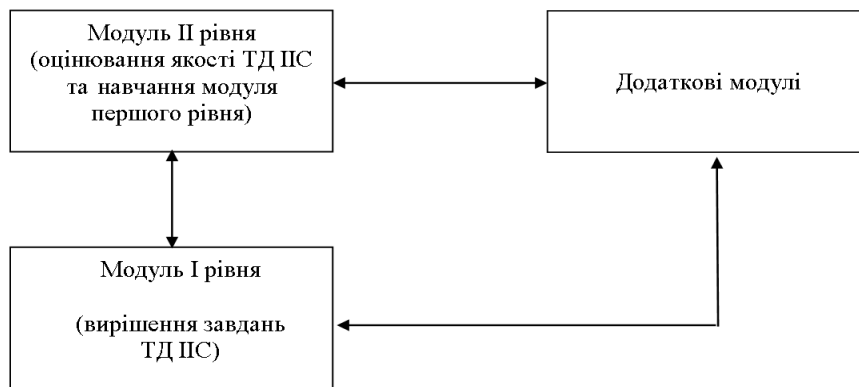


Рис. 2. Ієрархічна структура ІС

З проведених досліджень також відомо, що гідністю аксіоматичних систем являється висока ефективність рішення завдань в невеликій за об’ємом предметній області. У таких ЕС передбачається, що БЗ повна і несуперечлива. Проведений аналіз ІС як об’єкту діагностики показав, що знання про характер функціонування ІС не відповідають цій умові.

Отже, квазіаксіоматичні системи не підходять для формалізації знань про функціонування систем типу ІС. Для ефективної роботи такої ЕС необхідно постійно вносити доповнення і зміни в окрему множину системи.

Виходячи з проведених вище міркувань, ЕС ТД ІС можна представити у вигляді сукупності модуля першого рівня (M_{1p}), модуля додаткових моделей ($M_{дм}$) і модулів другого рівня, (M_{2p}) отже, структура ЕС ТД ІС ($ЕС$) матиме вигляд:

$$ЕС = (M_{1p}, M_{2p}, M_{дм}). \quad (3)$$

Модуль першого рівня призначений для вирішення завдань ТД ІС і є ЕС, отже, модуль першого рівня має у своєму складі модуль бази знань ($M_{БЗ}$), модуль бази даних ($M_{БД}$), модуль отримання результату ($A_{пр}$), механізму їх взаємозв’язку ($M_{БЗ}$) і має вигляд:

$$M_{1p} = (M_{БЗ}, M_{БД}, A_{пр}, M_{БЗ}). \quad (4)$$

У свою чергу, модуль бази знань $M_{БЗ}$ є множиною логічних аксіом A і множина аксіом зовнішнього світу B і має наступний вигляд:

$$M_{БЗ} = (A, B). \quad (5)$$

Множина логічних аксіом A є множиною аксіом, за допомогою якої задаються різні види числень предикатів. Для нашого випадку, можна стверджу-

вати, що множина A порожня, тобто база знань не містить логічних аксіом.

Як вказувалося раніше, опис ІС повинен включати у свій склад знання від різних джерел. Для ЕС ТД таким джерелами є знання про структуру і характер функціонування ІС, модель евристичних знань оператора ІС і історичні знання. Отже, B матиме вигляд:

$$B = (M_{\Phi}, M_{\text{Мин}}, M_{\epsilon}), \quad (6)$$

де M_{Φ} – модель знань про характер функціонування і принципи побудови ІС і її об'єктів; $M_{\text{Мин}}$ – модель знань про функціонування ІС у минулому; M_{ϵ} – модель евристичних знань оператора, необхідних для успішної роботи по пошуку і усуненню несправностей в ІС.

Таким чином, в запропонованій моделі БЗ передбачається використовувати знання від декількох джерел.

Знання про структуру і функціонування ІС можна віднести до “глибинних” знань, а евристичні і історичні знання відносяться до “поверхневих”. Знання з різних джерел, враховуючи їх неповноту, покликані доповнювати один одного при діагностові ІС. Знання про функціонування і структуру ІС можна представити таким чином:

$$M_{\Phi} = (M_0, M_T, M_{\text{инф}}, M_{\text{П}}, M_y), \quad (7)$$

де M_0 – модель об'єктів мережі;

M_T – модель топології ІС;

$M_{\text{инф}}$ – модель інформаційної взаємодії;

$M_{\text{П}}$ – модель програмного забезпечення;

M_y – модель управління мережею.

Модель бази даних $M_{\text{БД}}$ представляє окрему систему, в якій зберігаються дані про функціонування ІС і її об'єктів у минулому.

Модуль отримання результату $A_{\text{ПР}}$ є сукупністю двох великих кількостей: множина правил логічного висновку (H) і множина правил достовірних висновків, використовуваних при рішенні завдань ТД ІС (K) і має вигляд:

$$A_{\text{ПР}} = (H, K). \quad (8)$$

Ядром множини правил логічного висновку H є множина правил, для СП числення (Судження про Події).

Виходячи із структури самонавчальної ЕС, модулі другого рівня повинні включати до свого складу: модуль пошуку ефективніших систем $M2_{\text{yp}}$ (МП), модуль діагностики якості роботи ЕС ТД (СД), тоді:

$$M2_{\text{yp}} = (MP, CD, M1). \quad (9)$$

У модулі СД оцінюються поточні значення вірогідності і своєчасності діагностики ІС. За резуль-

татами роботи цього модуля приймається рішення про якість роботи ЕС ТД і необхідності змін у БЗ.

У модулі МП здійснюється пошук ефективніших систем $M2_{\text{yp}}$. Оскільки пошук ефективної системи $M2_{\text{yp}}$ проходить у нескінченному просторі, отже, модуль МП повинен мати ефективний алгоритм пошуку.

Як показано в [8], для цих цілей необхідно використовувати механізм генетичних алгоритмів. Коротко пояснимо суть цього алгоритму: спочатку висувається деяке число гіпотез (систем $M2_{\text{yp}}$), потім перевіряється адекватність висунених гіпотез, після чого кращі гіпотези залишаються, а гірші відкидаються. Тоді модуль МП матиме вигляд:

$$MP = (MB_{M2}, MPr_{M2}), \quad (10)$$

де MB_{M2} – модуль виведення ефективніших систем $M2_{\text{yp}}$;

MPr_{M2} – модуль оцінки ефективності $M2_{\text{yp}}$.

Модуль пошуку ефективніших систем $M2_{\text{yp}}$ працює незалежно від результатів роботи модуля СД і якщо модуль МП знаходить ефективніше числення $M2_{\text{yp}}$, то нова система $M2_{\text{yp}}$ замінює стару. Ефективність нової системи $M2_{\text{yp}}$ перевіряється в MPr_{M2} за допомогою спеціальних еталонів. Якщо результати тестування нової системи вищі, ніж у поточної, то нова система $M2_{\text{yp}}$ признається ефективніше за поточну.

Модуль додаткових моделей $M_{\text{ДМ}}$ включає модель пояснення (M_0), модель діалогу з користувачем ($M_{\text{Д}}$), модель пошуку закономірностей ПО (M_3), тоді:

$$M_{\text{ДМ}} = (M_0, M_{\text{Д}}, M_3). \quad (11)$$

При цьому можна записати наступні вирази:

$$M_{\text{ТР}} = (T_1, T_2, T_3), \quad (12)$$

де T_1 – запити на пояснення прийнятого рішення;

T_2 – інформація пояснення прийнятого рішення;

T_3 – запити до користувача від ЕС ТД.

Модель діалогу:

$$M_{\text{Д}} = (P3, OI, I_{\text{П}}, I_3), \quad (13)$$

повинна включати опис порядку зв'язку ($P3$) і способи обробки інформації (OI), що поступає від користувача ($I_{\text{П}}$) і від ЕС ТД (I_3).

Модель пошуку закономірностей є частиною множини правил утворення аксіом зовнішнього світу та має вигляд:

$$M_3 = (M_{\text{НС}}, M_{\text{ВЗ}}, M_{\text{ПРД}}). \quad (14)$$

Вона включає механізм набору статистики про параметри роботи ІС і її об'єктів (M_{HC}), механізм виведення закономірностей на основі цієї статистики (M_{B3}) і механізм перевірки достовірності закономірностей, отриманих в M_{B3} ($M_{ПРД}$).

В якості M_{HC} можна використовувати системи, розроблені на базі СУБД типу Oracle, інші системи, які призначені для накопичення великого об'єму даних. В якості $M_{ПРД}$, який перевіряє на істинність отримані закономірності предметної області для кожної конкретної підобласті і в цілому для усєї предметної області можна використовувати різні процедури індуктивного виводу.

Перевірка на істинність полягає в наступному: на підставі сукупності реальної діагностичної інформації і модифікованої БЗ, яка містить нову закономірність, за допомогою правил виводу намагаються отримати інформацію про стан ІС і її об'єктів; якщо отримані дані відповідають реальній інформації, то нова закономірність визнається істинною, інакше область перевірки закономірності звужується і процес перевірки на істинність повторюється. Процес перевірки закінчується, коли визначається область істинності нової закономірності або нова закономірність за результатами перевірки визнається помилковою для усєї предметної області.

В результаті проведених міркувань структура ЕС ТД ІС матиме вигляд, показаний на рис. 3, алго-

ритм функціонування якої буде наступним: що поступає від ІС і її об'єктів в певні проміжки часу інформація зберігається в модулі БД.

За поточними даними з БД і на підставі інформації з БЗ модуль отримання результату визначає поточне і прогнозує майбутній стан ІС і її об'єктів. Використання при прийнятті ЕС рішення процесуальних міркувань дозволяє ЕС вирішувати завдання ТД ІС в умовах неповноти і суперечності БЗ, також видавати користувачеві наближені відповіді, якщо на підставі отриманої інформації неможливо отримати точну відповідь.

Якщо отриманої інформації недостатньо для вирішення завдань ТД, то ЕС має можливість звернутися до інших видів знань (функціональним, структурним, евристичним, історичним).

Використання знань про особливості побудови і функціонування ІС, історичних знань дозволяє ЕС як би "модельовати" процеси, що протікають на ІС. Потім отримане рішення задачі ТД ІС поступає в модуль візуалізації і пояснення, де отримане рішення обґрунтовується за допомогою аргументів, які використовувалися при рішенні задачі ТД ІС.

Після цього рішення задачі ТД ІС разом з поясненнями за допомогою модуля діалогу видається користувачеві.

Результати роботи ЕС ТД за рішенням завдань ТД ІС періодично оцінюються в модулі діагностики якості функціонування ЕС ТД (СД).

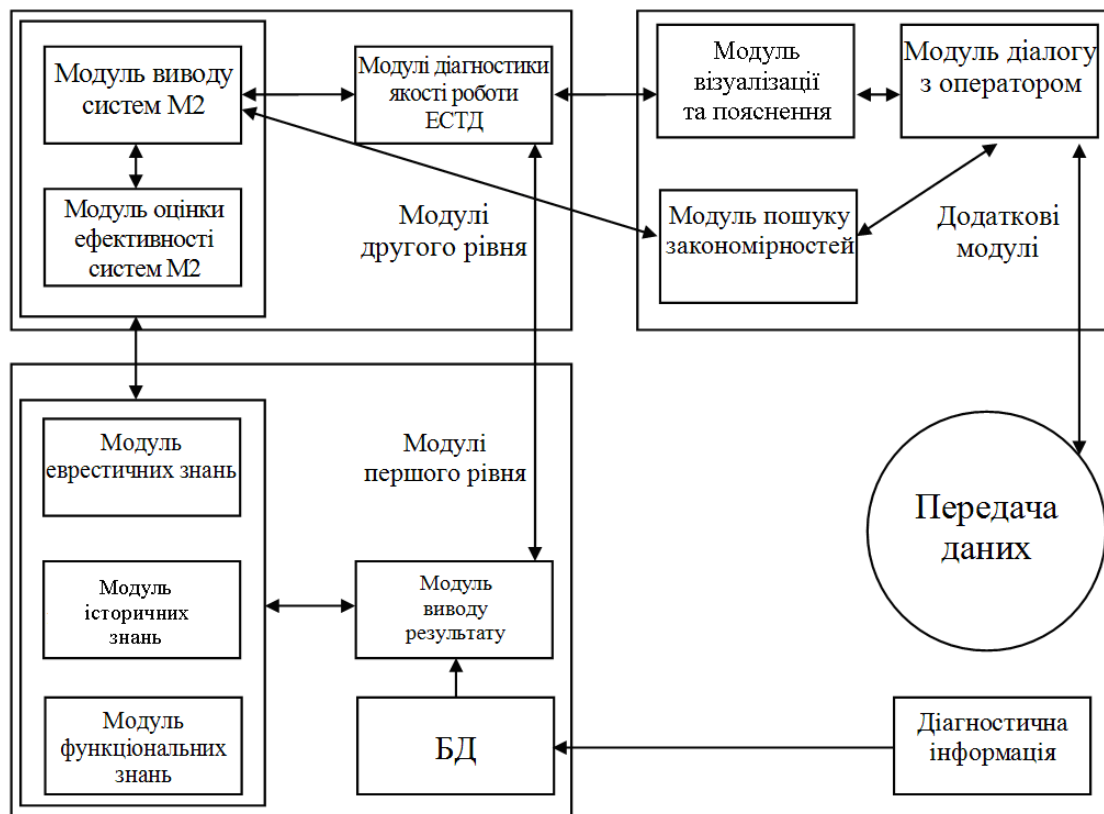


Рис. 3. Структура експертної системи технічної діагностики

У цьому блоці приймається рішення про необхідність внесення змін до роботи ЕС ТД. Під змінами в роботі ЕС ТД розумітимемо заміну поточної системи $M2_{yp}$ на нову, ефективнішу.

Для видозміни поточної системи або для пошуку новим призначеним модулем пошуку ефективних систем $M2_{yp}$.

Якщо модуль МП не знайшов ефективнішої системи $M2_{yp}$ або модифікована система $M2_{yp}$ неефективна, то модуль пошуку ефективних систем $M2_{yp}$ через модуль діалогу з користувачем звертається за допомогою до експерта.

Використання блоків діагностики якості роботи, модуля пошуку ефективних системи $M2_{yp}$, пошуку закономірностей предметної області дозволяє: підтримувати якість діагностики мережі практично без участі людини; ефективно використовувати досвід, що накопичується в процесі експлуатації.

Висновки

Отже, запропонована структура ЕС ТД ІС дозволяє усунути недоліки в роботі ЕС з традиційною структурою. Використання концепції “вежі” обчислень в запропонованій структурі ЕС ТД дозволяє розпаралелювати рішення завдань ТД ІС і завдань по підвищенню якості діагностики мережі. Запропонована структура ЕС ТД дозволяє рознести рішення завдань різних рівнів на 2 різних ЕОМ.

Такий розподіл рішення завдань по рівнях значно спростить і прискорить роботу ЕС ТД ІС за рахунок того, що в реальному масштабі часу вирішуватимуться тільки завдання ТД ІС. Завдання управління і навчання вирішуватимуться у вільний час процесора або на іншому процесорі.

Проведений аналіз експертних систем технічної діагностики традиційної структури, який показав неефективність їх використання для вирішення завдань технічної діагностики інтегрованої інформаційної системи.

Розроблена структура експертної системи технічної діагностики, яка позбавлена недоліків, властивих системам з традиційною структурою.

Список літератури

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2008 р. N 834 «Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)».
2. Смірнов О.А. Обґрунтування необхідності створення систем технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем / О.А. Смірнов, А.С. Кожанова, О.В. Коваленко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2013 – Вип. 6(113). – С. 255-257.
3. Система технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем – обґрунтування необхідності створення, визначення понятійного апарату та напрямів досліджень / А.С. Кожанова, О.А. Смірнов, М.П. Савченко, Д.М. Ізосімов, В.В. Мороз // Тринадцята НТК “Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах”, 5-6 вересня 2013 року: тези доповідей. – Феодосія: ДНВЦ, 2013. – С. 21.
4. Кожанова А.С. Визначення основних напрямків досліджень щодо створення системи технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем / А.С. Кожанова, О.А. Смірнов, А.В. Челпанов // Тези доповідей IV наук.-техн. конф. «Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки Збройних сил України». м. Київ. 16-20 грудня 2013 р. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2013. – С. 293.
5. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам / пер. с англ.; под ред. В. Л. Стефанюка. – М.: «Мир», 1989: – 388 стр. с ил.
6. Питер Джексон Введение в экспертные системы // Introduction to Expert Systems. – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.
7. Таран Т.А. Штучний інтелект. Теорія і застосування: навч. посіб. / Т.А. Таран, Д.А. Зубов. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. – 240 с.
8. Watanabe I. A genetic algorithm for optimizing switching sequence / I. Watanabe, M. Nodu // IEEE Evolutionary Computation. – 2004. – Vol. 2. – P. 1683-1690.

Надійшла до редколегії 25.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.С. Коваленко, А.А. Смирнов, А.В. Коваленко

Рассматривается создание структуры экспертной системы, которая будет учитывать недостатки традиционной архитектуры и особенности технической диагностики интегрированной информационной системы. Проведен анализ экспертных систем технической диагностики традиционной структуры. Разработана структура экспертной системы технической диагностики, которая лишена недостатков, присущих системам с традиционной структурой.

Ключевые слова: интегрированная информационная система, техническая диагностика, экспертная система.

EXPERT SYSTEMS TECHNICAL DIAGNOSTICS INTEGRATED INFORMATION SYSTEM

A.S. Kovalenko, A.A. Smirnov, A.V. Kovalenko

Consider creating a structure of an expert system that will take into account the shortcomings of traditional architecture and technical diagnostics features integrated information system. The analysis of expert systems of technical diagnostics traditional structure. The structure of the expert system diagnostic technology, which is without drawbacks inherent to systems with traditional structure.

Keywords: integrated information systems, technical diagnostics, expert system.