

13 % при коефіцієнті нелінійних спотворень близько 6 %.

Висновки

1. Для лінеаризації МХ частотного модулятора вперше запропоновано використовувати залежність еквівалентної індуктивності ТІЕ від напруги емітер-база.

2. Запропоновані вирази для апроксимації залежності еквівалентної індуктивності ТІЕ від напруги емітер-база і від частоти, на підставі яких розрахована модуляційна характеристика ЧМ.

3. Показано, що при подачі модуляційної напруги на ТІЕ і варикапі в протифазі має місце компенсація нелінійності вольт-фарадної характеристики і МХ ЧМ має лінійний характер, при цьому девіація частоти істотно зростає.

Література

1. Печенин В.В., Сарамолкин А.Р. Анализ частотных свойств синхронизированного автогенератора с автоматической перестройкой частоты генерации. / В.В. Печенин, А.Р. Сарамолкин // Радиотехника: всеукраинский межвед. науч. техн. сб. – 2009. Вып. 158. – С. 95-99.

2. Богданович В.М. Повышение линейности частотно- преобразовательных трактов. / В.М. Богданович, Л.А. Черкасс // Радиотехника. – 1987. – № 1. – С. 24-27.

3. Чуб С.П. ЧМ – генератор синтезатора частот с линейной модуляционной характеристикой. / С.П. Чуб // Стабилизация частоты: материалы межотраслевой науч. техн. конференции. – 1986. – С. 68-69.

4. Бачилюкас А.Ю. Измерения спектров переходных процессов генераторов качающейся частоты. / А.Ю. Бачилюкас, В.В. Декснис // Стабилизация частоты: материалы межотраслевой науч. техн. конференции. – 1986. – С. 77-78.

5. Лисенко С.Г. Двухконтурный ЧМ – генератор с улучшенными характеристиками. / С.Г. Лисенко, В.Р. Жданов // Стабилизация частоты: материалы межотраслевой науч. техн. конференции. – 1986. – С. 79-81.

6. Орленский В.И. Линейная частотная модуляция. / В.И. Орленский // Радиоэлектроника. Известия вузов. – 1983. – № 9. – Т. 26 – С. 33-37.

7. Осадчук В.С. Индуктивный эффект в полупроводниковых приборах. / В.С. Осадчук – К.: Выща школа, 1987. – 230 с.

8. Кичак В.М., Нассир Абдухамуд, Ткачук В.М. Математическая модель индуктивного динамического негatrona // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. – № 3. – С. 73-78

9. ГОСТ 22 865.77. Генераторы кварцевые. Термины и определения. – М.: Из-во стандартов, 1978. – 7 с.

Надійшла 23.5.2010 р.

УДК 004.832.34

О.В. ПОМОРОВА, Є. Г. ГНАТЧУК, М.Г. СЕВАСТЬЯНОВ

Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ОПРАЦЮВАННЯ НЕЧІТКОЇ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

В статті розглянуто методи опрацювання нечіткої діагностичної інформації та досліджено їх ефективність.

The article consider a processing technique of fuzzy diagnostic information and investigate of methods effectiveness.

Ключові слова: нечітка діагностична інформація, методи нечіткого логічного виведення, інтелектуальна система технічного діагностування, ефективність.

Вступ. Етап експлуатації КЗ характеризується рядом таких особливостей, як неповнота та неточність діагностичної інформації; відсутність доступу до окремих вузлів; неможливість переривання функціонування та ін. що ускладнюють процес діагностування, [1]. Відсутність або відносна висока вартість діагностичних програм та апаратних засобів діагностування також призводить до ускладнення процесу діагностування КЗ на етапі експлуатації. За допомогою класичних методів діагностування не завжди можливо розв'язати задачу діагностування КЗ на етапі експлуатації. Отже, перспективним є використання засобів діагностування, побудованих на основі компонентів штучного інтелекту, що враховують неповноту та різноманітність надання діагностичної інформації.

Постановка задачі. Отже, для технічного діагностування комп'ютерних засобів не було розроблено експертних систем діагностування, які в змозі опрацювати нечітку інформацію. Це зумовлено

відсутністю формалізмів та методів представлення нечіткої діагностичної інформації у базах знань (БЗ) експертних систем та алгоритмів її подальшого опрацювання.

Особливості опрацювання знань у інтелектуальних системах технічного діагностування. Предметною галуззю є дослідження діагностування комп'ютерних засобів. В процесі діагностування КЗ необхідною і важливою умовою є наявність достатнього об'єму діагностичної інформації.

Означення 1. Діагностичною інформацією називаємо сукупність даних, інформації та знань про предметну галузь.

Дані – це набір фактів, що стосуються предметної галузі. Інформація – це сукупність фактів та відношень між ними. Знання – це сукупність фактів, закономірностей, відношень та евристичних правил, що відображає рівень обізнаності з предметною галуззю [2].

Джерелами діагностичної інформації щодо КЗ є:

- документація на апаратні складові ОД;
- документація на програмні складові ОД;
- довідкова література;
- експертна інформація, отримана у процесі опитування експертів.

Для процесу діагностування КЗ властива наявність різних видів інформації [3]:

- 1) точкових вимірів та значень параметрів;
- 2) допустимих інтервалів їх зміни;
- 3) статистичних законів розподілу для окремих величин;
- 4) критеріїв та обмежень, отриманих від експертів у лінгвістичній формі;
- 5) змін стану характеристик та параметрів в часі і т. і.

При діагностуванні КЗ наявні такі види нечіткості, як нечіткі дані та нечіткі знання.

До нечітких даних віднесемо:

- 1) нечітко задані параметри, наприклад, резистор 30 – 50 Ом; швидкість роботи дисководу 70 – 100 мс; зміна частоти головки читання запису магнітного диска в діапазоні 62,5 – 250 кГц і т. і.;
- 2) нечіткі технологічні дані – похибки пристроїв вимірювання;
- 3) використання середньостатистичних значень у випадку відсутності значень параметрів, причиною чого є відсутність або обмеженість доступу до контрольних точок.

До нечіткості знань, отриманих від експертів, призводять неточність експертних оцінок, недовизначеність понять та термінів.

Прикладом нечітких знань є оцінки експертів: “температура близька до 70°C”, “діапазон зміни параметра від 2 до 5”, “холодний”, “гарячий” і т. і.

Діагностичні знання та дані представлені за допомогою нечітких множин. Кожна нечітка множина оцінюється за визначеною порядковою шкалою і має функцію належності, яка приймає значення на визначеному інтервалі.

Основною інформаційною одиницею при діагностуванні КЗ є діагностичні ознаки. Необхідність врахування великої кількості різномірної інформації у процесі накопичення знань про предметну галузь (ПГ) призводить до ускладнення процесу нечіткого логічного висновку. У процесі діагностування КЗ у багатьох випадках можна визначити несправність за візуальними ознаками її прояву та усунути причину виникнення несправності у процесі роботи КЗ. Це дозволяє підвищити ефективність діагностування за рахунок зменшення витрат часу та ресурсів. Тому доцільним є проведення класифікації діагностичних ознак за рівнем візуального прояву.

При формуванні баз знань експертних систем діагностування КЗ важливим є питання відбору та класифікації знань [4]. Основну частину знань надають експерти, які є висококваліфікованими спеціалістами з технічного діагностування. Від експертів збирається інформація про ознаки, типи та причини виникнення несправностей, методи уточнення місця прояву несправностей і способи усунення цих несправностей. Знання залежать від кваліфікації експертів, і не виключені випадки, коли експерти можуть бути непослідовними у своїх судженнях та висновках або недостатньо компетентними. Часто експерти надають знання у нечіткій формі, оскільки не можуть точно вказати значення таких параметрів КЗ, як температура системного блоку, швидкість обертів кулера, частота вібрації чи шумових ефектів.

При діагностуванні системних плат, інформація стосовно стану компонентів системної плати може характеризуватись виразами такого типу, як “справний”, “несправний”, “частково несправний”. Тобто стан компонента розглядається як деяка змінна, і її значення: “справний”, “несправний”, “частково несправний”, – інтерпретують як значення нечітких підмножин певної множини значень змінної. У цьому змісті визначений стан компонента є нечіткою змінною. Якщо при формалізації наданої інформації трактувати її як точну, наприклад, замінити „температура, близька до 70°C” на „температура рівна 70°C”, то відбувається часткова втрата інформації, що призводить до неповноти інформації при описі ситуацій і знижує якість роботи систем технічного діагностування. Тому, при занесенні інформації у бази знань систем технічного діагностування виникає необхідність у використанні нечітких змінних, які називають лінгвістичними [5]. При потребі можна використовувати складні лінгвістичні змінні, що дає змогу врахувати всю інформацію, яку надали експерти.

Методи опрацювання діагностичної інформації.

Нечітким логічним виведенням називається процес отримання висновку у вигляді нечіткої

множини, яка відповідає поточним значенням входів, з використанням бази знань нечітких операцій [6].

Відомі на сьогодні методи нечіткого логічного виведення були запропоновані та використовуються для розв'язання задач керування, класифікації, багатокритеріального оцінювання фінансових проектів, медичної діагностики і т. і. У галузі технічної діагностики системи на базі нечіткого логічного виведення використовуються для діагностування нафтових та газових технологічних комплексів, для пошуку несправностей в електронних пристроях та ідентифікації відмов контрольно-вимірвальних приладів [2, 7].

Розглянемо відомі на сьогодні методи нечіткого логічного виведення.

Метод Мамдані є одним з перших, який почав застосовуватись в системах нечіткого виведення [2, 8]. Формально метод Мамдані визначений наступним чином.

1. Формування бази правил систем нечіткого виведення. База знань складається з правил вигляду: якщо $x = A_1$ і $y = B_1$, то $z = C_1$; а також, якщо $x = A_2$ і $y = B_2$, то $z = C_2$.

2. Значення вхідної та вихідної змінної задаються нечіткими множинами.

3. Реалізація: для операції АБО – знаходження максимуму, а для операції І – знаходження мінімуму.

4. Для знаходження ступеня істинності умов кожного з правил використовуються парні нечіткі логічні операції.

5. Акумуляція виконується об'єднанням нечітких множин, які відносяться до однакових вихідних лінгвістичних змінних.

6. При дефазифікації вихідних змінних використовується метод центру мас або метод центру площини.

Метод Сугено і Такагі формально представлений наступним чином [2].

1. Формування бази правил систем нечіткого виведення. База знань складається з правил вигляду: якщо $x = A_1$ і $y = B_1$, то $z_1 = a_1x + b_1y$, де a_1 та b_1 – деякі вагові коефіцієнти. Значення вхідної та вихідної змінної задаються лінійною функцією від входів.

2. Реалізація норм: операція АБО – як s -норма та добуток – як t -норма.

3. Для знаходження ступеня істинності умов кожного з правил нечітких продукцій використовується логічна операція \min -кон'юнкції.

4. При дефазифікації вихідних змінних використовується модифікований варіант за методом центру мас для одноточкових множин.

Метод Ларсена аналогічний методу Мамдані [2]. Відрізняється тільки етап активізації підвисновків в нечітких правилах. Етап активізації здійснюється за формулою prod -активізації.

Метод Цукамото [2] аналогічний методу Мамдані, але процес дефазифікації вихідних змінних збігається з методом Сугено.

Крім цих основних методів існують ще спрощений метод нечіткого виведення та сингтонна модель нечіткого логічного виведення [2].

Оцінювання ефективності. Ефективність роботи ІСТД КЗ оцінимо на основі таких показників діагностування, як достовірність та повнота діагностування. Достовірність діагностування – це ступінь об'єктивної відповідності результату діагностування технічному стану об'єкта діагностування (ОД) [9]. Повнота діагностування – можливість виявлення несправностей ОД за допомогою обраного методу діагностування [9]. Позначимо їх DS та PD відповідно.

Розглянемо, як впливає функціонування вище зазначених модулів системи на значення цих показників.

База знань містить знання, які описують ОД, його компоненти та елементи, значення та параметри апаратних складових, можливі типи несправностей, характерні ознаки їх прояву, причини виникнення та алгоритми їх усунення. Також в базі знань міститься інформація про експертів: напрямок їх спеціалізації, рівень компетентності, типи ОД з якими вони працюють, словники з термінологією експертів, узгодженням термінології, узгодженням шкал лінгвістичних понять, та інше [6].

Об'єм несуперечливої діагностичної інформації є основною характеристикою якості БЗ. Множина V містить множину даних та знань про об'єкт діагностування D та множину діагностичних ознак DZ , тобто $V = (D \cup DZ)$. До множини D відноситься множина чітких даних про ОД та множина нечітких знань $D = (D_{ch} \cup D_{ch}^-)$. Множина чітких даних D_{ch} одержується з технічної документації ОД, довідкової літератури та безпосередньо під час функціонування ОД. Множина нечітких знань D_{ch}^- – це експертна інформація, нечітко задані параметри, їх середньостатистичні значення та інше [6].

Отже, діагностичну інформацію про ОД та процес діагностування, яка міститься в БЗ, представимо у вигляді:

$$V = (T \cup D(D_{ch} \cup D_{ch}^-) \cup \Omega \cup TN \cup DZ \cup RP \cup PN \cup MU), \quad (1)$$

де T – множина типів ОД, в якості яких виступають складові КЗ; Ω – множина станів ОД у певний момент часу за певних умов [6]; TN – множина характерних для них несправностей; RP – множина рівнів візуального прояву діагностичних ознак; PN – множина причин виникнення несправностей; MU – множина методів усунення несправностей [6].

Функціонування модуля опрацювання діагностичної інформації розглядаємо як результат функціонування двох окремих модулів: модуля організації інформації (МОІ) та модуля аналізу інформації (МАНІ). МОІ збирає і класифікує діагностичну інформацію. МАНІ контролює повноту та достатність діагностичної інформації для розв'язання конкретної задачі. Усю діагностичну інформацію, яка опрацьовується МОІ, представимо як:

$$V = f_1(D) \cup f_2(DZ) \cup f_3(RP), \quad (2)$$

де $f(\bullet)$ – функційне перетворення різних типів діагностичної інформації. Оскільки, $D = (D_{ch} \cup D_{ch}^-)$, то рівняння (2) набуває вигляду:

$$V = f_1(D_{ch}) \cup f_1(D_{ch}^-) \cup f_2(DZ) \cup f_3(RP). \quad (3)$$

МАНІ не здійснює функційних перетворень інформації, а здійснює лише її відбір з БЗ:

$$V = (D_{ch} \cup D_{ch}^- \cup DZ \cup RP \cup TN \cup MU) \quad (4)$$

Об'єм діагностичної інформації має бути достатнім для розв'язання поставленої задачі, діагностична інформація має бути корисною та несуперечливою. Якщо існує така множина V , яка дозволяє ідентифікувати усі стани ОД з множини Ω , то інформація є корисною та її об'єм достатній V_{kor} , тобто $V = V_{kor}$.

Якщо $V > V_{kor}$, то існує надлишок інформації. В такому випадку процес діагностування буде успішним, але НЕСД буде опрацьовувати надлишок інформації, що, в свою чергу, призводить до додаткових витрат часу і негативно впливає на ефективність роботи ІСТД. Виникає необхідність прийняття рішення експертом про те, яка інформація є надлишковою.

Якщо $V < V_{kor}$, то інформації недостатньо. У такому випадку діагностування не буде здійснено і виникає необхідність поповнення БЗ діагностичною інформацією.

Модуль нечіткого логічного висновку (МНЛВ) працює з інформацією, отриманою з бази знань та модуля опрацювання інформації. Об'єм діагностичної інформації, з якою працює МНЛВ, оцінимо як:

$$V = (f_1(D_{ch}) \cup f_2(D_{ch}^-) \cup f_3(DZ) \cup f_4(RP)) \cup (D_{ch} \cup D_{ch}^- \cup DZ \cup RP \cup TN \cup MU). \quad (5)$$

При визначенні достовірності врахуємо кількість отриманих рішень під час процесу діагностування, яка визначатиме кількість одиниць часу, витрачених на перевірку цих рішень K_{time} . K_{time} будемо оцінювати в деяких умовних одиницях, величина залежить від кількості наявних несправностей. Щоб оцінити V в кількісних одиницях прийемо, що $V \in [0, 1]$, $V_{kor} = 1$. Така область визначення дозволяє оцінити всі складові об'єму діагностичної інформації.

Якщо множина несправностей є порожньою множиною $TN \in \emptyset$, то $TN \rightarrow \min$, а інакше, якщо $TN \notin \emptyset$, то $TN \rightarrow \max$.

Якщо $TN \rightarrow \max$, то відповідно кількість одиниць часу $K_{time} \rightarrow \max$. При врахуванні у процесі діагностування тільки множини D_{ch} постає питання про достатність даних для визначення причини несправності. При цьому $V \rightarrow \min$, тому що система оперує з об'ємом даних, який є мінімальним, що, в свою чергу, призводить до ситуації, коли достовірність рішень $DS \rightarrow \min$. Отже, для успішної реалізації процесу діагностування необхідно домогтися ситуації, коли $V = V_{kor}$, $K_{time} \rightarrow \min$, $DS \rightarrow \max$. Врахування множини D_{ch}^- у множині V дозволяє отримати наступні ситуації: $V = V_{kor}$, $TN \rightarrow \min$ або $V = V_{kor}$, $TN \rightarrow \max$. Щоб запобігти такій ситуації, в структуру нечітких правил включений наслідок правила R_i , що є ступенем впевненості в наявності тієї або іншої несправності [6]. Це дозволяє відібрати правила, де певним елементам множини TN відповідають високі ступені впевненості. Таким чином, можливо домогтися ситуації, коли $TN \rightarrow \min$.

У загальному випадку достовірність діагностування визначатимемо як:

$$DS = PD / k, \quad (6)$$

де k – кількість експертів.

Повнота діагностування визначатиметься як:

$$PD = TN * \sum_{i=1}^n s_i, \quad (7)$$

де s_i – рівень компетентності експертів; $s = 1$ – для кращого експерта; для спеціалістів з нижчим рівнем кваліфікації має виконуватись умова $0.6 \leq s < 1$; ступені впевненості експертів, рівень компетентності яких менше 0.6, не враховуються, $i = 1, n$.

Множина несправностей є результатом опрацювання об'єму діагностичної інформації:

$$TN = f(V),$$

де f – функційне перетворення.

Ефективність діагностування з задіюванням тільки чіткої інформації визначимо як:

$$EF_{ch} = \frac{DS_{ch} * SK_{ch}}{K_{time}}, \quad (8)$$

де SK_{ch} – показник складності, який характеризує, скільки чітких правил треба задіяти для логічного висновку.

При сумісному використанні чіткої та нечіткої інформації, ефективність НЕСД визначаємо як:

$$EF_{ch \cup \bar{ch}} = \frac{DS_{ch \cup \bar{ch}} * SK_{ch \cup \bar{ch}}}{K_{time}} \quad (9)$$

де $SK_{ch \cup \bar{ch}}$ – характеризує кількість чітких та нечітких правил для логічного висновку.

В свою чергу, показник складності визначається як:

$$SK = G * VR, \quad (10)$$

де G – кількість задіяних правил для організації логічного висновку; VR – вартість правила, яку визначимо в деяких умовних одиницях: для чіткого правила $VR_{ch} = 1$, для нечіткого правила $VR_{\bar{ch}} = 1.2$.

Критерієм ефективності використання нечіткої інформації є:

$$F = EF_{ch \cup \bar{ch}} / EF_{ch}, \quad (11)$$

На основі формули (11) оцінювання ефективності функціонування ІСТД здійснюється наступним чином:

- якщо $F = 1$, то створення і використання нечітких експертних систем діагностування не є доцільним;
- якщо $F < 1$, то для вирішення даної задачі недоцільно використовувати ІСТД;
- якщо $F > 1$, то використання ІСТД є ефективним.

Ефективність інших модулів ІСТД комп'ютерних засобів обчислимо за класичними методами [7].

Висновки

Для визначення ефективності функціонування НЕСД КЗ обрано показники достовірності та повноти діагностування.

Дослідження руху та перетворень діагностичної інформації різними модулями НЕСД КЗ дало можливість аналітичного оцінювання ефективності функціонування цих модулів.

У процесі дослідження отримано аналітичну оцінку ефективності використання нечіткої діагностичної інформації.

Приклад оцінювання ефективності показав її приріст у 1.82 рази та підтвердив перевагу використання нечітких експертних систем для діагностування комп'ютерних засобів.

Література

1. Гнатчук Є. Г. Опрацювання нечіткої інформації в нечіткій експертній системі діагностування комп'ютерних засобів Є. Г. Гнатчук // Искусственный интеллект. – Донецьк: Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України, 2006. – № 4. – С. 526 – 533.
2. Локазюк В. М. Алгоритмізація нечіткого логічного висновку для процесу діагностування комп'ютерних засобів Локазюк В. М., Гнатчук Є. Г // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2006. – № 6 (87). – С. 52 – 58.
3. Перевозніков С. І. Методика опрацювання експертної інформації при побудові нечіткої експертної системи діагностування комп'ютерних засобів Перевозніков С. І., Гнатчук Є. Г // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – № 2, Т.2 (90). – С. 110 – 112.
4. Гнатчук Є. Г. Нечітка експертна система діагностування комп'ютерних засобів Є. Г. Гнатчук // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, 2005. – № 4 (12). – С.141 – 144.
5. Гнатчук Є. Г. Представлення інформації у базі знань нечіткої експертної системи діагностування комп'ютерних засобів Є. Г. Гнатчук // Матеріали VI міжнародної наук. конференції студентів та молодих учених “ПОЛІТ”. – Київ. 11-12 квітня. – 2006. – С. 126.
6. Gnatchuk E.G. Knowledge base of fuzzy diagnosis expert system of computer devices // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”. – 2006. – № .7 (19). – С.121 – 125.
7. Поморова О.В. Теоретичні основи, методи та засоби інтелектуального діагностування комп'ютерних систем: [монографія] / О.В Поморова – Хмельницький: ТОВ «Тріада-М», 2007. – 253 с.
8. Гнатчук Є. Г. Розроблення нечіткої експертної системи діагностування комп'ютерних засобів Є. Г. Гнатчук // Труды седьмой международной наук. – практ. конференции «Современные информационные и электронные технологии СИЭТ-2006», 22 – 26 мая. – Одесса: Одесский национальный политехнический

УДК 004.3.: 004.891.3

Д.М. МЕДЗАТИЙ, М.О. КІЗЮН
Хмельницький національний університет

НАПРЯМКИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

В статті розглянуто методи прогнозування стану складних технічних об'єктів та досліджено можливість їх застосування щодо комп'ютерних пристроїв та систем. Проведено аналіз доцільності використання компонентів штучного інтелекту в процесі прогнозування технічного стану комп'ютерних пристроїв та систем. Запропоновано варіанти модифікації моделей комп'ютерних пристроїв та систем як об'єктів прогнозування.

This paper reviews methods of forecasting of complex technical objects and study their applicability to computer devices and systems. Analyzed the feasibility of using artificial intelligence components in the prediction of technical state of computer devices and systems. Propose to use modified model of computer systems in intelligent systems of forecasting.

Ключові слова: прогнозування, комп'ютерні системи, штучний інтелект.

Вступ

Широке використання обчислювальних засобів, зокрема комп'ютерних систем (КС), у різних галузях діяльності людини робить задачу забезпечення їх надійності актуальною. Цілком зрозуміло, що засоби забезпечення відповідного рівня надійності КС різняться з огляду на галузь застосування, покладені функції та рівень значущості рішень, які приймаються автоматизованими системами. Використання КС у критичних галузях зобов'язує проектувальників використовувати інформаційну, структурну або часову надлишковість, що незважаючи на додаткові апаратні затрати дає значне підвищення рівня надійності кінцевих систем [1].

Однак, менш критичні галузі діяльності людини, в яких застосовується комп'ютерна техніка теж вимагають певного рівня надійності та гарантоздатності. Разом з тим, використання надлишковості у таких системах не є виправданим кроком, оскільки це значно підвищує вартість кінцевої системи. В цьому випадку достатньо ефективним засобом забезпечення надійності КС є прогнозування їх технічного стану.

Сучасні комп'ютерні засоби мають ряд принципових особливостей, які вирізняють їх серед решти складних технічних об'єктів, для яких розроблено класичні методи прогнозування. Необхідно визначити особливості КС як об'єктів прогнозування та дослідити існуючі методи прогнозування технічного стану складних об'єктів на предмет доцільності їх застосування до сучасних комп'ютерних засобів.

Взявши до уваги те, що процес діагностування КС є важкоформалізованою задачею [2], а прогнозування є однією з задач технічної діагностики [1], логічно припустити, що процес прогнозування працездатності сучасних КС також є важкоформалізованою задачею. В цьому випадку, при пошуку нових підходів до прогнозування працездатності КС є сенс провести аналіз компонентів теорії штучного інтелекту, з метою виявлення доцільності їх застосування для підвищення ефективності процесу прогнозування.

Отже, метою даної роботи є виявлення та аналіз особливостей сучасних КС як об'єктів прогнозування, дослідження відомих методів прогнозування стану складних технічних об'єктів та аналіз можливості використання компонентів штучного інтелекту для підвищення ефективності процесу прогнозування працездатності КС.

Аналіз досліджень та публікацій

На нашу думку, в дослідженнях та літературних джерелах приділяється недостатньо уваги прогнозуванню технічного стану КС, хоча розв'язок цієї задачі є дуже важливим для забезпечення високих показників ефективності та надійності. Більшість публікацій присвячені розв'язанню задач діагностування та забезпечення надійності і гарантоздатності КС [3, 4, 5]. Разом з тим, прогнозування є третьою задачею технічної діагностики, і без розв'язку цієї задачі наступний вихід з ладу об'єкта діагностування є непередбачуваним у часі. В сучасних складних автоматизованих системах управління та керування технологічними процесами згадана непередбачуваність є неприпустимою і веде до значних фінансових втрат, знижуючи загальну надійність системи.

В останні роки, у вітчизняних та зарубіжних виданнях опубліковано ряд робіт присвячених використанню інтелектуальних компонентів при розв'язанні задачі прогнозування. У [6] описано принцип використання штучних нейронних мереж для індивідуального прогнозування стану радіоелектронних компонентів, який не може бути застосований при прогнозуванні технічного стану КС. Дана робота не містить загальної методології прогнозування працездатності, а скоріше зорієнтована на демонстрацію використання компонентів штучного інтелекту для розв'язку різних задач. В роботі [7] описано метод використання штучних нейронних мереж для ідентифікації стану КС та визначення напрямку його зміни. У