

## Реалізація поліхотономічних процедур діагностування цифрових пристроїв штучними нейронними мережами

Стрімкий розвиток обчислювальних пристроїв та систем визначає високі вимоги до показників їх надійності. Поряд з багатьма іншими факторами, велике значення для забезпечення безвідмовної роботи засобів обчислювальної техніки має реалізація якісного контролю та діагностування на різних етапах її виробництва та експлуатації.

Якість реалізації процесів контролю та діагностування обчислювальних пристроїв та систем залежить від ефективності технічних засобів діагностування. В загальному ефективність технічних засобів діагностування оцінюється двома показниками: можливістю забезпечення необхідної глибини діагностування та собівартістю процесу діагностування. Можливість забезпечення необхідної глибини діагностування інакше може інтерпретуватись як здатність технічних засобів діагностування виявляти наявні в об'єкті несправності та вказувати місце їх виникнення з точністю до певного визначеного рівня структурних одиниць об'єкта діагностування (ОД). Цей показник забезпечується за рахунок вибору методу діагностування з відповідними можливостями та забезпечення можливості його практичної реалізації програмно-апаратними засобами діагностування.

Собівартість процесу діагностування визначається безпосередньо вартістю технічних засобів діагностування та їх продуктивністю, тобто витратами часу на діагностування одного виробу. При серійному випуску обчислювальної техніки витрати на технічні засоби діагностування та їх обслуговування складають відносно невелику частку в собівартості виробів, що робить актуальним вирішення задачі підвищення продуктивності процесу діагностування за рахунок скорочення його тривалості (без зменшення показників якості).

Дослідження особливостей сучасних цифрових обчислювальних пристроїв та систем як об'єктів діагностування дозволяє дійти висновку, що для них характерне масове використання компонентів великого та надвеликого ступеня інтеграції. Ця особливість зумовлює складність внутрішньої структури елементної бази сучасної обчислювальної техніки поряд з обмеженням доступних в процесі діагностування контрольних точок, що, в свою чергу, призводить до збільшення кількості можливих несправностей інтегральних компонентів та необхідності подання на об'єкт діагностування послідовностей тест-векторів великої довжини для підтвердження або спростування гіпотези про наявність кожної шуканої несправності.

З іншого боку, сучасний етап розвитку засобів обчислювальної техніки характеризується постійним підвищенням робочої частоти цифрових вузлів, що призводить до збільшення питомої ваги несправностей динамічного типу, які можуть призводити до неприпустимих затримок сигналів та виникнення явища "гонок" сигналів [1]. Особливістю реалізації процесу діагностування з пошуком несправностей динамічного типу є необхідність подання тестових впливів та зняття відповідних реакцій на частотах, наближених до максимальних робочих частот об'єкта діагностування або навіть перевищуючих їх. Це висуває відповідні вимоги до технічного забезпечення процесу діагностування.

Зупинимось на розгляді методів діагностування. Вони поділяються на ймовірнісні та детерміновані. Ймовірнісні методи відрізняються простотою реалізації, але не гарантують повного покриття тестовою послідовністю всіх несправностей ОД. Крім того, довжина тестової послідовності, яка подається на об'єкт діагностування при використанні ймовірнісного підходу, значно перевищує відповідний показник для детермінованих методів, що впливає на тривалість процесу діагностування.

Детерміновані методи діагностування складніші в своїй реалізації, але забезпечують більшу достовірність результату. Загалом процес діагностування детермінованими методами можна поділити на два етапи: етап контролю працездатності об'єкта діагностування та етап визначення місця і типу несправності (стану об'єкта діагностування) за умови визнання ОД непрацездатним. В загальному процесі діагностування на обох етапах зводиться до подання на об'єкт діагностування певної послідовності тест-векторів з необхідними перевіряючими здібностями та зняття векторів відповідних реакцій, на підставі порівняння яких з певними еталонними значеннями виконується звуження множини можливих станів об'єкта діагностування та вибір наступного блоку тест-векторів для подання на об'єкт. Процес повторюється до отримання множини з одного елемента, тобто до ідентифікації відповідного стану об'єкта діагностування. Така послідовність дій в [2] визначається як реалізація умовного алгоритму діагностування і дозволяє досягти потрібного результату проведенням відносно невеликої в порівнянні з іншими підходами кількості тестових перевірок ОД.

В більшості випадків аналіз відповідних реакцій об'єкта діагностування виконується на програмному рівні з використанням ЕОМ. Це зумовлює необхідність реалізації процесів передачі накопичених відповідних реакцій в ЕОМ та їх обробки. Тривалість зазначених процесів в більшості випадків багатократно перевищує тривалість тестових випробувань об'єкта діагностування. Крім того, при пошуку несправностей динамічного типу втрачається можливість вибору блоків тест-векторів з урахуванням результатів попередніх випробувань на максимальних робочих частотах.

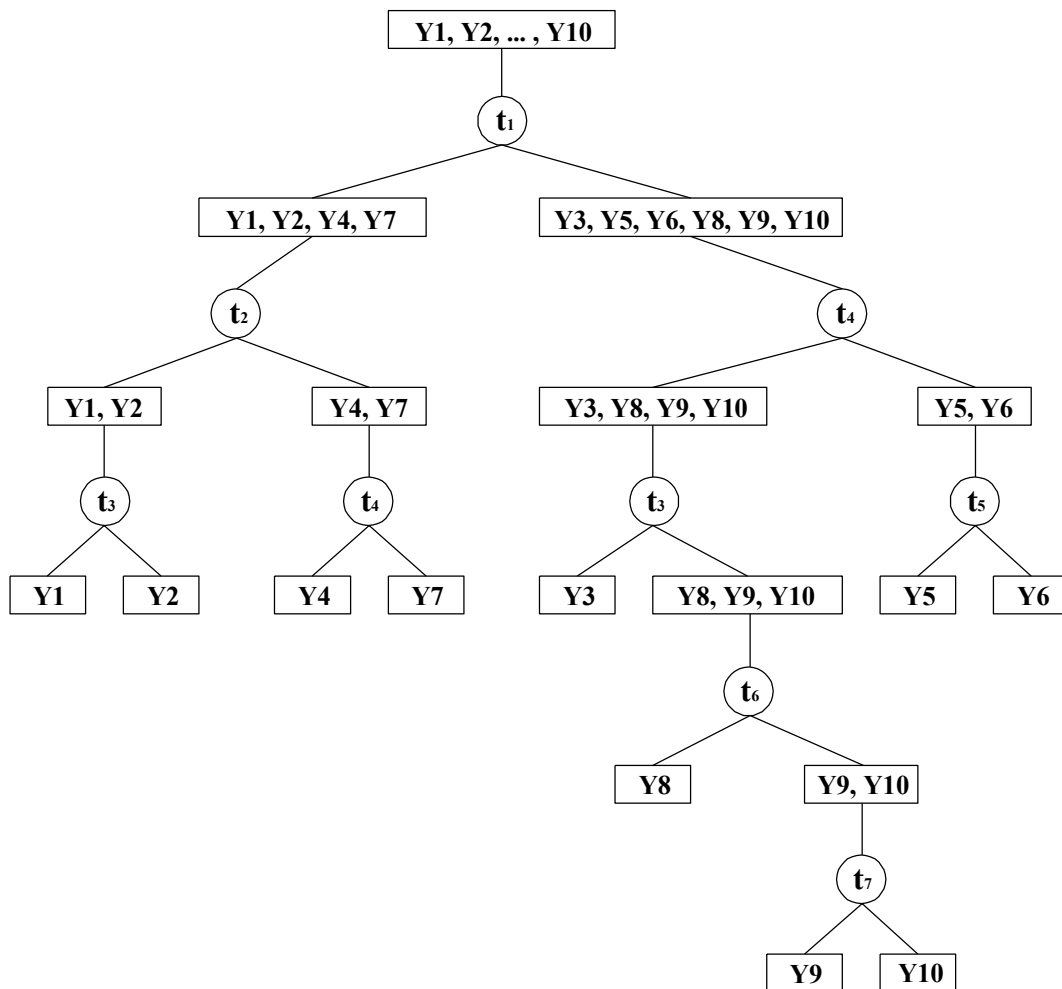


Рис.1. Дихотономічне дерево

Зазначені недоліки призвели до виникнення апаратних засобів реалізації умовних алгоритмів діагностування. В загальному принцип дії таких засобів може бути проілюстрований дихотономічним деревом (рис. 1). Для наочності на рис. 1 окрім блоків тест-векторів (круглі вершини дерева), які

подаються на ОД, наведено також характер розподілу вихідної множини можливих станів об'єкта на підмножини на кожному етапі (прямокутні вершини дерева).

При реалізації процесу діагностування за дихотомічним деревом на входи об'єкта діагностування подається певний блок тест-векторів  $t_i$ , який дозволяє (за значеннями отриманих відповідних реакцій) спростувати гіпотезу про можливість знаходження ОД в певних станах, які попередньо вважалися можливими. Таким чином вихідна множина можливих станів об'єкта діагностування розподіляється на дві підмножини: перша складається з станів, в яких він може знаходитись при співпаданні отриманих значень відповідних реакцій з еталонними, а елементи другої – стани, в яких може знаходитись ОД при неспівпаданні цих значень. Підмножина, яка визначається за відповідними реакціями об'єкта діагностування як множина можливих станів, виступає в якості вихідної множини при виборі наступного блока тест-векторів для подання на об'єкт діагностування.

Фактично, при розбитті множини можливих станів об'єкта діагностування на дві частини відбувається лише порівняння значень відповідних реакцій з еталонними на співпадання або неспівпадання.

Аналіз особливостей реалізації умовних алгоритмів діагностування дозволяє дійти висновку, що при такому підході інформація, яку можуть надати відповідні реакції об'єкта діагностування, використовується неповністю. В більшості випадків підмножина станів, в яких може знаходитись об'єкт при неспівпаданні еталонних та отриманих значень відповідних реакцій, на підставі детального аналізу значень фактичних реакцій може бути розподілена на декілька підмножин без проведення додаткових тестових випробувань ОД. Це може бути проілюстровано поліхотомічним деревом (рис. 2).

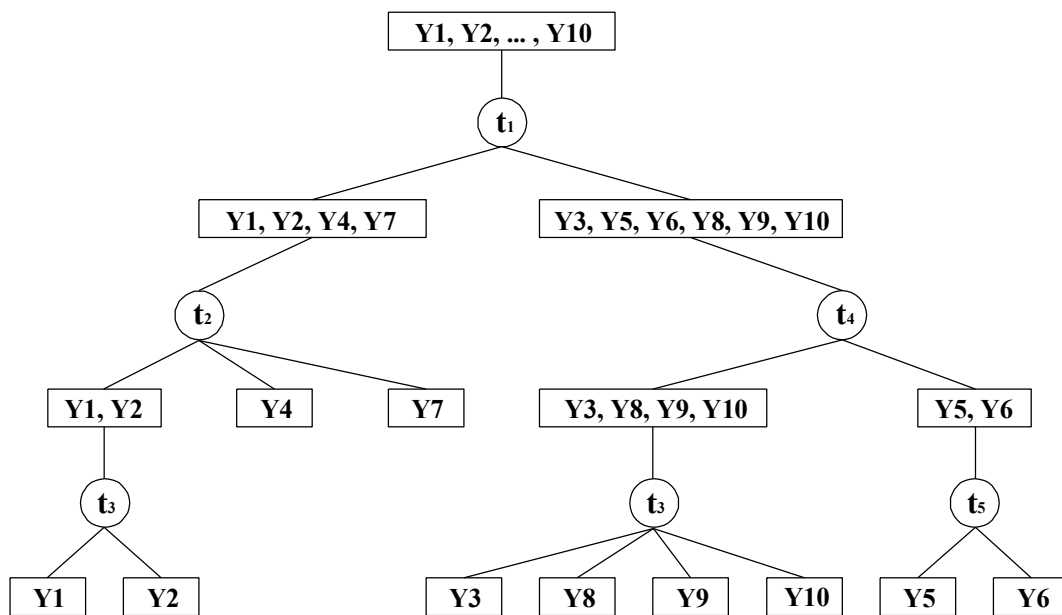


Рис.2. Поліхотомічне дерево

Як видно з малюнку, такий підхід зменшує довжину окремих гілок дерева, що може зменшити кількість необхідних для встановлення діагнозу тестових випробувань і скоротити тривалість процесу діагностування.

Цей процес досить легко реалізується програмними засобами шляхом порівняння отриманих відповідних реакцій з різними можливими значеннями, але програмна реалізація позбавляє можливості виконання процесу діагностування на максимальних робочих частотах і значно збільшує його тривалість.

Дослідження можливостей реалізації умовних алгоритмів діагностування з виконанням аналізу особливостей отриманих відповідних реакцій дозволило дійти висновку про ефективність використання для реалізації цього процесу штучних нейронних мереж.

Запропонована методика використання штучних нейронних мереж для реалізації умовних алгоритмів діагностування з урахуванням особливостей відповідних реакцій узагальнено може бути описана наступним чином.

Початково штучна нейронна мережа навчається на тестовій послідовності, призначеній для контролю працездатності об'єкта діагностування. Вхідними даними при навчанні слугують значення тест-векторів, які повинні подаватися на ОД, та еталонні значення відповідних реакцій (останні можуть отримуватись з справного аналога об'єкта діагностування або шляхом моделювання його роботи). Штучна нейронна мережа навчається таким чином, щоб при надходженні на її входи відповідної реакції, значення якої співпадає з еталонним, на виходах з'являлося значення тест-вектора, який необхідно подати на ОД наступним (використовується методика навчання з вчителем). В іншому випадку мережа повинна видати сигнал отримання невідомої відповідної реакції, за яким система діагностування перериває процес випробувань ОД для донавчання мережі. Значення сигналів тестових впливів, які подаються на об'єкт діагностування, рекомендується залишати незмінними для збереження його поточного стану.

Донавчання штучної нейронної мережі виконується на підставі аналізу накопичених відповідних реакцій експертом. Фактично мережі сповіщаються відомості про те, як в майбутньому продовжувати процес тестових випробувань при надходженні аналогічної відповідної реакції при виконанні цього етапу алгоритму діагностування. Таким чином початково закладений в штучну нейронну мережу алгоритм контролю працездатності об'єкта діагностування перетворюється в алгоритм діагностування. При цьому мережа сама видає запит на донавчання при виникненні незнайомої ситуації.

Процес тестових випробувань може бути завершено також у випадку подання на об'єкт діагностування повної послідовності тест-векторів, визначеної певною гілкою алгоритму діагностування. При цьому формується відповідний сигнал досягнення кінця алгоритму. Таке завершення фактично повинне визначати ідентифікацію стану ОД. Класифікацію стану об'єкта діагностування можна виконати, проаналізувавши накопичені відповідні реакції, або на підставі аналізу поточного стану мережі. При необхідності штучна нейронна мережа може бути навчена самостійно видавати співставлений визначеному стану об'єкта діагностування код, але це призведе до певного збільшення її розмірів.

На нашу думку, організована за наведеною методикою штучна нейронна мережа має наступні позитивні риси, які зумовлюють перспективність її використання:

- простота початкового навчання і наступного донавчання;
- здатність самостійно формувати в разі виникнення потреби запити на донавчання;
- скорочення часу діагностування за рахунок апаратної реалізації всіх основних функцій та скорочення тестової послідовності з урахуванням особливостей отриманих відповідних реакцій (реалізації поліхотономічних процедур діагностування);
- можливість апаратної реалізації умовних алгоритмів діагностування цифрових пристроїв на максимальних робочих частотах об'єкта діагностування.

#### Література

1. Локазюк В.Н., Карякин В.А. Комбинированное диагностирование и надежность вычислительных устройств. – Хмельницкий: Поділля, 1994. – 148с.
2. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В.Клюев, П.П.Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др./ Под общ. ред. В.В. Клюева.- М.: Машиностроение, 1989.- 672 с.