

УДК 621.396.6

Л.М. Сакович, В.П. Романенко

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України "КПІ", Київ

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ АЛГОРИТМІВ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПОШУКУ ДЕФЕКТІВ З ВЗАЄМНИМ ОБМІНОМ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ДІАГНОСТУВАННЯ

Формалізовано порядок розробки умовних алгоритмів паралельного пошуку дефектів за графічними і матричними моделями об'єктів діагностування.

Ключові слова: умовні алгоритми діагностування, паралельний пошук дефектів.

Вступ

Постановка проблеми. При відновленні працездатності об'єктів великої розмірності з рознесеними у просторі елементами використовують паралельний пошук дефектів групою фахівців. Їх діяльність регламентується діагностичним забезпеченням, порядок розробки якого не формалізовано належним чином, що не у всіх випадках дозволяє мінімізувати середній час відновлення.

Аналіз літератури. Питання реалізації та удосконалення процесу пошуку дефектів групою фахівців досліджені у роботах вітчизняних і зарубіжних авторів, серед яких Ксенз С.П., Рижаков В.А., Мервінський О.І., Давидов П.С. та інші. У відомих роботах досліджені умовні алгоритми діагностування (УАД) у вигляді групових дерев логічних можливостей (ГДЛМ) для діагностування об'єктів великої розмірності з реалізацією паралельного спільного [1] і зонного [2] пошуку дефектів, але відсутні науково обгрунтовані рекомендації з організації процесу пошуку дефектів і побудови ГДЛМ оптимальної форми.

Мета статті – формалізація процесу побудови ГДЛМ мінімальної форми для спільного групового пошуку дефектів в об'єктах великої розмірності з рознесеними у просторі елементами.

Основна частина

Формалізація процесу розробки алгоритмів паралельного пошуку дефектів. При побудові УАД переважно використовуються діагностичні моделі об'єкту у вигляді графа інформаційно-енергетичних зв'язків (ГПЕЗ) або таблиць функцій несправностей (ТФН) [3]. При поточному ремонті засобів телекомунікаційних систем передбачається, що вони містить $Q = 1$ дефект, а при усуненні аварійних пошкоджень $Q > 1$, але в разі реалізації паралельного пошуку дефектів об'єкт поділяється на групи елементів, в кожній з яких не більш за один дефект [1, 2]. При цьому для мінімізації середнього числа перевірок (K) після виконання чергової перевірки μ фахівцями або функціональними модулями

доцільний розподіл множини елементів, що перевіряються, на $(\mu + 1)$ рівновеликих частин, які містять по $l = L/(\mu + 1)$ елементів для першої перевірки, де L – загальна кількість елементів.

При відомій структурі об'єкту з рекомендацій [3] розробляється діагностична модель об'єкту у вигляді ГПЕЗ. Порядок формалізації процесу розробки ГДЛМ з використанням цієї діагностичної моделі показаний у вигляді блок-схеми алгоритму на рис. 1.

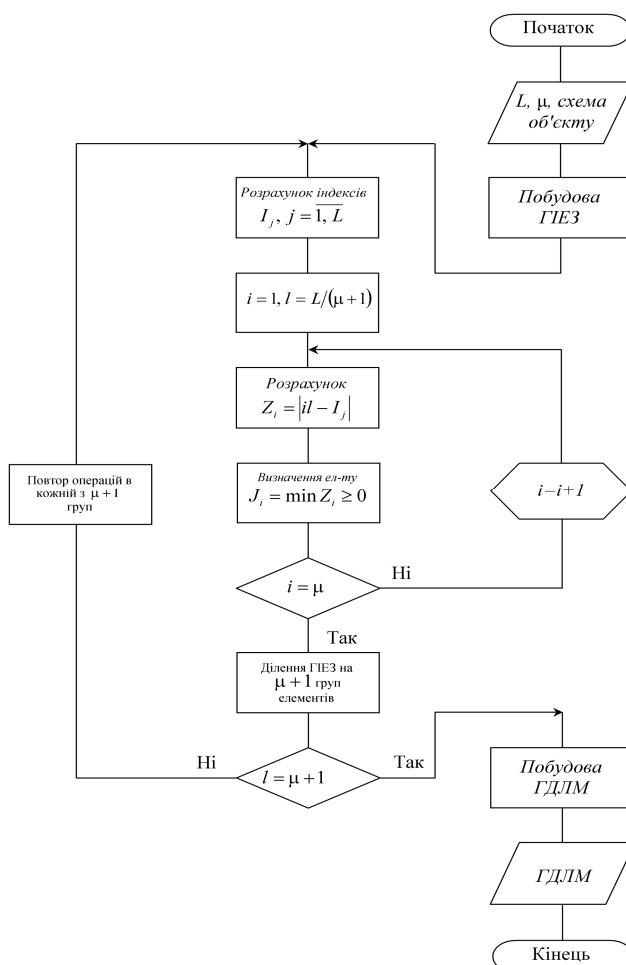


Рис. 1. Блок-схема алгоритму формалізації процесу паралельного (спільного) пошуку дефектів за моделлю об'єкту у вигляді ГПЕЗ

Розглянемо порядок побудови ГДЛМ по алгоритму рис. 1 на прикладі об'єкту, ГПЕЗ якого приведений на рис. 2 для $\mu = 2$. Об'єкт складається з $L = 22$ елементів, при цьому $l = 22/3 \approx 7,33$. Оскільки для $i = 1$ елементи 4 і 19 мають мінімальну різницю між індексом і значенням, рівну $Z_1 = 7,33 - 6 = 1,33 > 0$, то в якості J_1 вибираємо елемент 4, перевірка якого дозволяє оцінити працездатність групи елементів 1, 2, 3, 4, 9 і 10. Для $i = 2$ отримуємо $Z_2 = 2 \cdot 7,33 - I_j$, тобто стан другої групи елементів повинен оцінюватися перевіркою елементу з $I_j = 14$ або $I_j = 15$.

Оскільки такий елемент в ГПЕЗ відсутній, то мінімальне значення $Z_2 = 1,66$ забезпечує перевірка елементу 7 з індексом $I_7 = 13$. Перевірка цього елементу дозволяє оцінити працездатність групи елементів 5, 6, 7, 11, 12, 16 і 17. Після формування двох груп елементів $i = \mu$, а елементи, що залишилися, об'єднуються в останню групу, що складається з дев'яти елементів.

Далі процес повторюється в кожній з трьох груп, порядок підрозділу об'єкту показаний на рис. 2.

Після того, як в кожній підгрупі залишаться не більш $l \leq 2 + 1 = 3$ елементів, процес декомпозиції об'єкту завершується побудовою ГДЛМ, приведеним на рис. 3. Отриманий умовний алгоритм спільного групового пошуку дефектів має мінімальну форму і дозволяє виявити будь-який елемент, що відмовив, після виконання $K = 3$ перевірок, що на 30 % менше, ніж при одиночному пошуку по бінарному УАД.

Розглянемо порядок побудови ГДЛМ мінімальної форми за моделлю об'єкту у вигляді ТФН [4], яку заповнюють за результатами експерименту при невідомій структурі об'єкту або безпосередньо по ГПЕЗ.

У табл. 1 приведена ТФН для об'єкту, діагностична модель якого у вигляді ГПЕЗ показана на рис. 2. У вихідній таблиці

здійснюється перестановка рядків в порядку збільшення значень записаних в них двійкових чисел

$$D_S < D_{S+1} \quad (S = \overline{1, L-1}),$$

потім виконується підрахунок числа нулів $N_{0j} \quad (j = \overline{1, L})$ по стовпцях (табл. 2). Для визначення номерів перевірок, що поділяють об'єкт на $\mu + 1$ частин, обчислюються значення

$$N_{0i} = i \cdot L / (\mu + 1); \quad i = \overline{1, \mu}.$$

Форма ГДЛМ мінімізується, якщо вибрати перевірки в яких абсолютне значення різниці $|N_{0j} - N_{0i}|$ мінімальне: $J_i = \min |N_{0j} - N_{0i}|$. Далі здійснюється ділення вихідної ТФН на $\mu + 1$ таблиць число рядків в яких дорівнює числу нулів вибраних перевірок (після виключення рядків, використаних раніше), а номери перевірок (стовпців) відповідають номерам дефектів (рядків).

Процес повторюється до тих пір, поки кожна нова таблиця не складатиметься з одного рядка.

Блок-схема алгоритму побудови ГДЛМ мінімальної форми діагностичної моделі об'єкту у вигляді ТФН приведена на рис. 4.

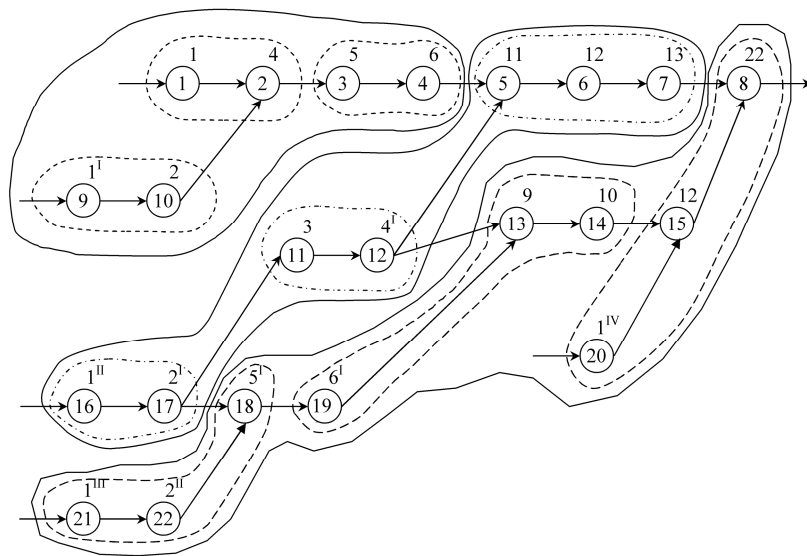


Рис. 2. Діагностична модель об'єкту і її підрозділ на групи елементів

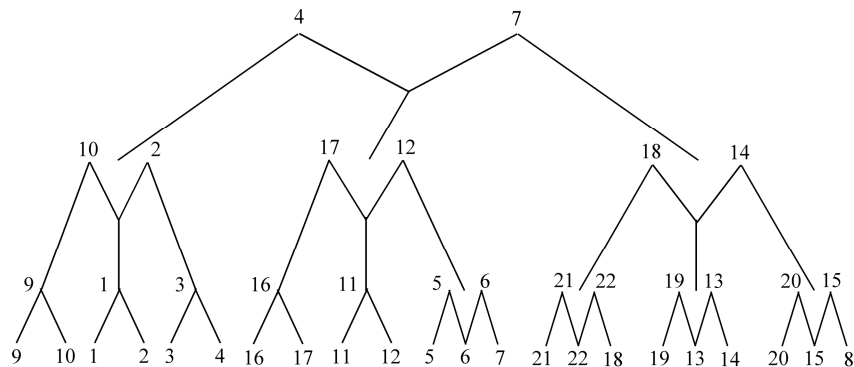


Рис. 3. Умовний алгоритм спільного групового пошуку дефектів

Діагностична модель об'єкту у вигляді таблиці функцій несправностей

Дефекти	Номери перевірок																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
17	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
22	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0

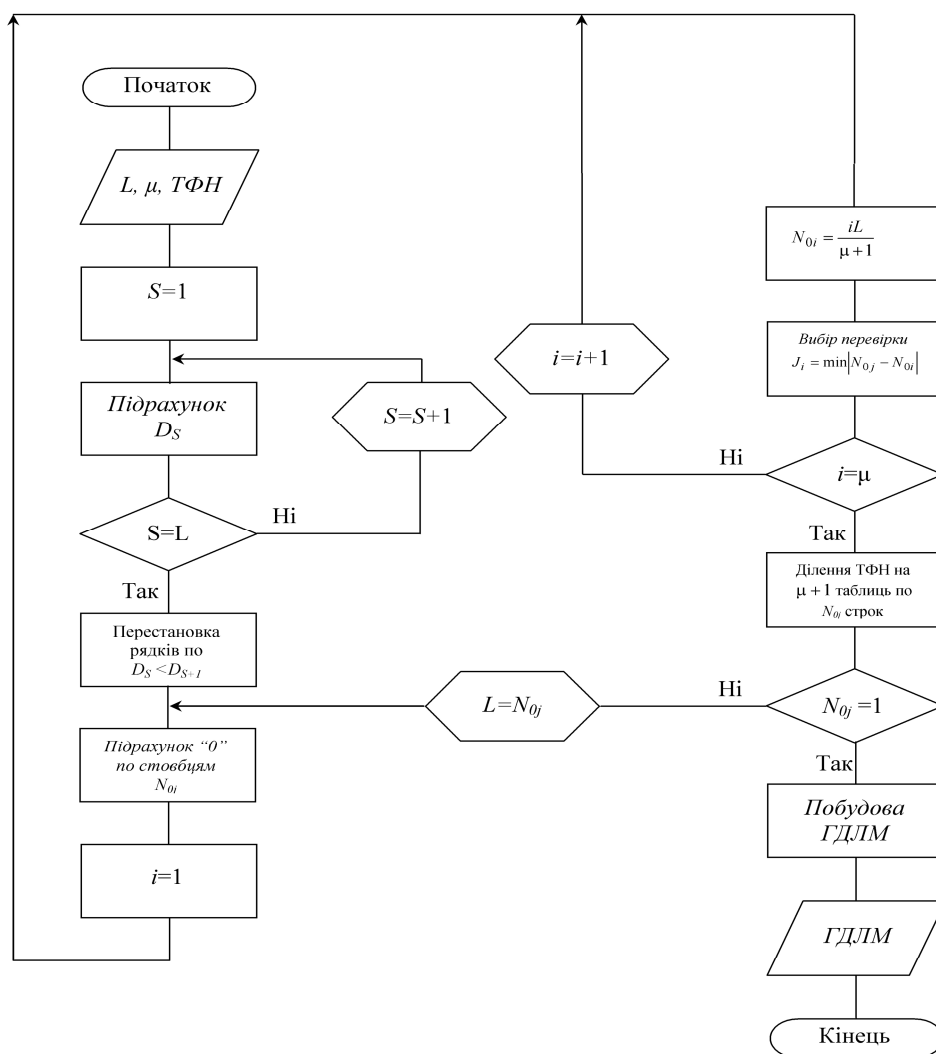
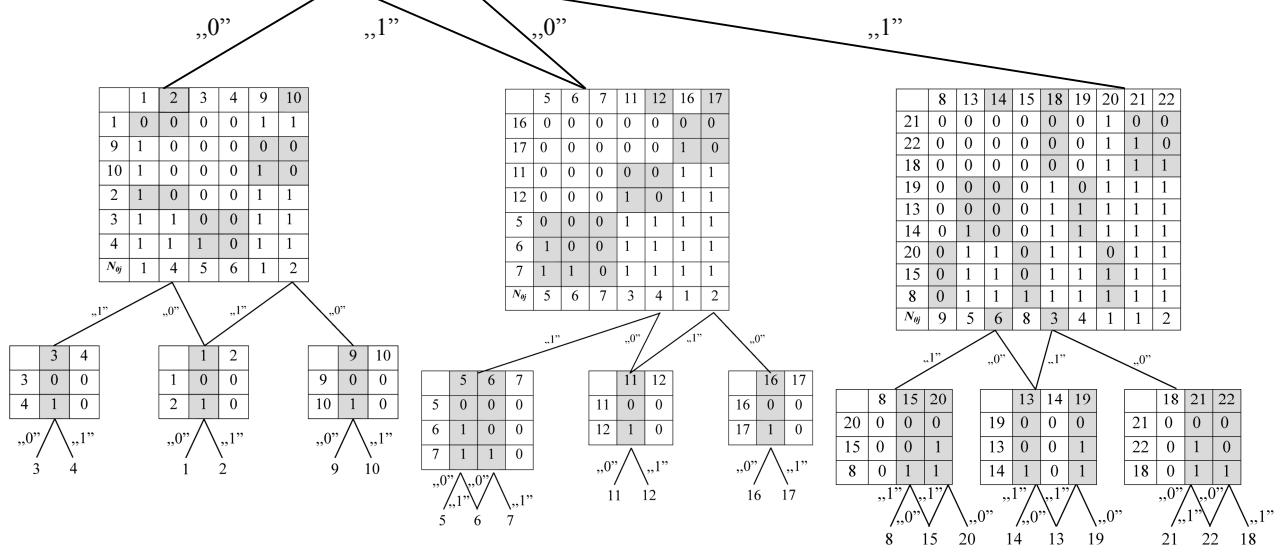


Рис. 4. Блок-схема алгоритму формалізації процесу паралельного пошуку дефектів з взаємним обміном інформацією за моделлю об'єкту у вигляді ТФН

Таблиця 2

Таблиця функцій несправностей з впорядкуванням рядків в порядку збільшення значень двійкових чисел

Дефекти	Номери перевірок																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
17	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
11	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
22	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
18	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N_{ij}	1	4	5	6	11	12	13	22	1	2	3	4	9	10	12	1	2	5	6	1	1	2



Продовжимо розгляд прикладу з використанням отриманого алгоритму.

В табл. 2:

$$N_{01} = 22/3 = 7,33, \text{ що відповідає перевірці 4:}$$

$$J_1 = |6 - 7,33| = 1,33;$$

$$N_{02} = 2 \cdot 22/3 = 14,66, \text{ що відповідає перевірці 7:}$$

$$J_2 = |13 - 14,66| = 1,66.$$

Подальший процес ділення таблиць завершується побудовою ГДЛМ, яке повністю ідентичне отриманому раніше (рис. 3), що справедливо через адекватність моделей (ГЕЗ і ТФН) і їх відповідності об'єкту діагностування.

Побудова ГДЛМ для спільного групового пошуку дефектів на етапі проектування об'єкту дозволяє раціональним (з позицій ремонтпридат-

ності) чином розмістити вбудовані засоби технічного діагностування (ЗТД): для даного прикладу це виходи елементів 4 і 7, що дозволяє з аналізу стану двох індикаторів виділити підмножину елементів, яка містить дефект (рис. 5), а також понизити трудовитрати на відновлення працездатності за рахунок мінімізації часу виконання першої перевірки.

Ефективність діагностичного забезпечення також підвищується виведенням перевірочних точок на роз'єм для підключення зовнішніх багатоканальних засобів вимірювання (наприклад, двох або чотирьох каналних осцилографів), що дозволяє одному операторові здійснювати пошук дефектів по ГДЛМ не лише із зниженням часу, але і вартості ремонту. В цьому випадку вихідне ГДЛМ перетвориться в неоднорідне ДЛМ з модулем вибору не менше двох (рис. 6).

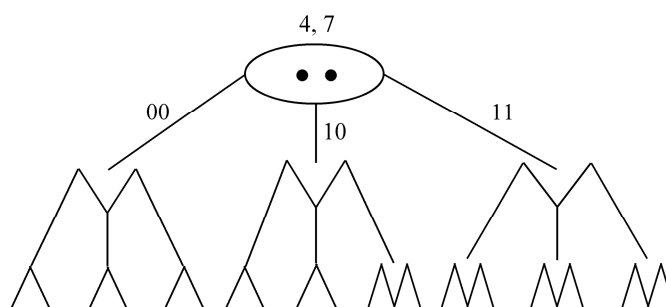


Рис. 5. Умовний алгоритм паралельного спільного пошуку дефектів з використанням вбудованих засобів діагностування

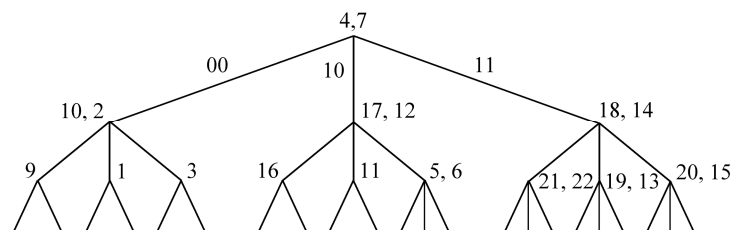


Рис. 6. Умовний неоднорідний алгоритм діагностування

Діагностична модель об'єктів великої розмірності з рознесеними в просторі елементами у вигляді ГЕЗ складається з конвергуючих, дивергуючих і послідовних з'єднань елементів [3, 4]. Перевірка алгоритмів рис. 1 і рис. 4 побудовою ГДЛМ для даних структур об'єктів показує можливість мінімізації форми у всіх випадках, що свідчить про їх застосовуваність при розробці діагностичного забезпечення існуючих і перспективних засобів телекомунікаційних систем і підтверджується розглянутими прикладами.

Висновки

В статті вперше формалізований порядок побудови ГДЛМ мінімальної форми для спільного групового пошуку дефектів при ремонті об'єктів великої розмірності з рознесеними в просторі елементами на основі використання графічної (ГЕЗ) або матричної (ТФН) діагностичної моделі об'єкту.

Отримані результати дозволяють автоматизувати процес розробки діагностичних програм ремонту засобів телекомунікації і підвищувати їх ефективність за рахунок обґрунтованого розміщення

вбудованих засобів технічного діагностування на етапі проектування, а також раціональної організації процесу пошуку дефектів, на що доцільно направити подальші дослідження.

Список літератури

1. Рыжаков В.А. Групповой зонный поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / В.А. Рыжаков, Л.Н. Сакович // Зв'язок. – 2005. – № 1. – С. 57–60.
2. Сакович Л.Н. Совместный групповой поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / Л.Н. Сакович, В.А. Рыжаков // Зв'язок. – 2005. – № 2. – С. 59–62.
3. Ксёэнз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств / С.П. Ксёэнз. — М. : Радио и связь, 1989. – 248 с.
4. Давыдов П.С. Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем / П.С. Давыдов. – М. : Радио и связь, 1988. – 256 с.

Надійшла до редколегії 21.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Козловський, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "КПІ", Київ.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОИСКА ДЕФЕКТОВ С ВЗАИМНЫМ ОБМЕНОМ ИНФОРМАЦИИ О РЕЗУЛЬТАТАХ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Л.Н. Сакович, В.П. Романенко

Формализован порядок разработки условных алгоритмов параллельного поиска дефектов по графическим и матричным моделям объектов диагностирования.

Ключевые слова: условные алгоритмы диагностирования, параллельный поиск дефектов.

FORMALIZATION OF THE PARALLEL SEARCHING DEFECTS ALGORITHMS DEVELOPMENT PROCEDURE IN A MUTUAL EXCHANGE OF INFORMATION ON THE RESULTS OF DIAGNOSTICS

L.N. Sakovich, V.P. Romanenko

Procedure of conditional algorithms development for parallel search defects on the graphic and matrix models of diagnosis object was formalized.

Keywords: conditional algorithms of diagnostics, parallel defects search.