

## Принципи реалізації методу адаптивного синтезу тестових послідовностей в процесі перевірки цифрових об'єктів діагностування

Багнюк Є.В, Горбач Г.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Чешун В.М.

Хмельницький національний університет

Деревовидні граф-моделі можна розглядати як найзручніші моделі алгоритмів діагностування, в яких результат будь-яких випробувань може бути зведений до двійкового представлення (1 і 0, які відповідають одному з двох можливих результатів експерименту за принципом, наприклад, співпало значення з очікуваним або не співпало або підтвердилась гіпотеза чи протувалась тощо).

Оскільки граф-моделі, як зазначалося в описі запропонованої математичної моделі методу адаптивного синтезу тестових послідовностей в процесі перевірки цифрових об'єктів діагностування, є найбільш наочним способом відображення алгоритму застосування масивів тестових векторів  $t_i \in T$  для ідентифікації станів цифрових об'єктів діагностування  $s_m \in S$ , принципи синтезу алгоритмів діагностування продемонструємо із застосуванням графових моделей.

Розглянемо основні принципи застосування графових моделей як моделі алгоритмів діагностування. Для зручності і більшої ілюстративності аналіз будемо проводити на прикладі невеликої складності.

В якості прикладу оберемо задачу синтезу із множини масивів тестових векторів  $T: \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$  алгоритму тестового діагностування за наявності шести можливих станів цифрового об'єкта діагностування  $S: \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ .

В таблиці 1 наведено опис характеру спрацьовування досліджуваного цифрового об'єкта діагностування при поданні на нього кожного з масивів тестових векторів  $t_i \in T$  за умов перебування зазначеного цифрового об'єкта діагностування в кожному із можливих технічних станів  $s_m \in S$ .

Таблиця 1 – Реакція об'єкта діагностування на випробування

$t_i$	$s_m$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$
$t_1$		$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$
$t_2$		$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$
$t_3$		$r_i \neq e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$
$t_4$		$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$
$t_5$		$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$
$t_6$		$r_i=e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i=e_i$
$t_7$		$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i \neq e_i$	$r_i=e_i$	$r_i \neq e_i$

Опис значень ознак  $\varphi_m^i$  для масивів тестових векторів  $t_i \in T$  відносно можливих станів цифрового об'єкта діагностування  $s_m \in S$  для даної задачі при  $k=5$  і  $n=6$  відображено в таблиці 1.

Щоб проілюструвати суть методу адаптивного синтезу тестових послідовностей в реальному масштабі часу в процесі перевірки цифрових об'єктів діагностування більш наочно, задачу вирішимо для двох варіантів реалізації діагностичних алгоритмів: жосткого алгоритму діагностування і адаптивного алгоритму діагностування.

Згідно із запропонованою математичною моделлю нам необхідні у вирішенні задачі дані булевих ознак  $\varphi_m^i$  щодо можливості розрізнення станів цифрових об'єктів діагностування  $s_m \in S$  із застосуванням наявної множини масивів тестових векторів  $T$ .

За ознакою  $\varphi_m^i$  складемо таблицю розмірності  $k \times n$ , де  $k = |T|$ ,  $n = |S|$ , що описує розбиття множини  $S$  на підмножини наявними масивами тестових векторів.

Опис значень ознак  $\varphi_m^i$  для масивів тестових векторів  $t_i \in T$  відносно можливих станів цифрового об'єкта діагностування  $s_m \in S$  для даної задачі при  $k=7$  і  $n=6$  відображено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Перевіряюча здатність масивів тестових векторів

$s_m$ $\varphi_m^i$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$
$\varphi_m^1$	0	0	1	0	0	1
$\varphi_m^2$	0	0	1	0	0	0
$\varphi_m^3$	1	1	0	1	1	0
$\varphi_m^4$	0	1	0	0	1	0
$\varphi_m^5$	0	1	0	0	0	0
$\varphi_m^6$	0	0	1	1	0	0
$\varphi_m^7$	1	0	1	1	0	1

Слід відзначити характерну особливість наведених в таблицях 1 і 2 даних, а саме: для будь яких значень  $i$   $\varphi_1^i = 0$  (перший стовпчик таблиць, що відповідає стану цифрового об'єкта діагностування  $s_1$ ). Це пояснюється тим, що, згідно із попередньо-визначеними правилами, під  $s_1$  в множині  $S$  фіксується справний стан цифрового об'єкта діагностування, для якого і

розраховуються значення множини  $E^i$  еталонних значень векторів відповідних реакцій при поданні на справний цифровий об'єкт діагностування будь-якого масиву тестових векторів  $t_i \in T$ . Відповідно, оскільки для будь-якого масиву тестових векторів  $t_i \in T$  значення  $e_1^i \in E^i$  визначено відносно стану справного стану  $s_1 \in S$ , то і реально отримувані в процесі діагностування в результаті застосування будь-якого масиву тестових векторів  $t_i \in T$  набори векторів відповідних реакцій  $r_1^i \in R^i$  повинні бути ідентичними, тобто,  $r_1^i = e_1^i$  для будь-якого  $i$ .

В процесі опису послідовностей тестових векторів домовимося сформовану частину послідовності позначати як послідовність  $Q$ , що характеризується співвідношенням  $Q \subseteq T$ . При цьому послідовність  $Q$ , сформовану для ідентифікації стану цифрового об'єкта діагностування  $s_m \in S$ , для усунення неоднозначності, будемо позначати як  $Q(s_m)$ .

Призначення тестової послідовності  $Q(s_m)$  є перевірка гіпотези про знаходження цифрового об'єкта діагностування в стані  $s_m \in S$ . Результат застосування тестової послідовності  $Q(s_m)$  – спростування або підтвердження гіпотези про знаходження цифрового об'єкта діагностування в стані  $s_m \in S$ . Для підтвердження гіпотези про знаходження цифрового об'єкта діагностування в стані  $s_m \in S$  необхідно спростувати гіпотези про можливість знаходження цифрового об'єкта діагностування в будь-якому стані  $s_k \in S$  за умови, що  $m \neq k$ .

При спростуванні або підтвердженні гіпотез про знаходження цифрового об'єкта діагностування в будь-якому стані  $s_m \in S$ , згідно із положеннями запропонованої математичної моделі, будемо спиратись на аналізі ознак  $\varphi_m^i$ .

Зазначимо, що в ході опису для станів  $s_m \in S$  будуть розглядатись довільні зразки тестових послідовностей з різноманіття можливих, оскільки нам необхідно продемонструвати можливості методу, а не перебрати всі можливі варіанти побудови тестових послідовностей. Також слід зазначити, що в завдання даної роботи не входить оптимізація тестових послідовностей, тому досліджувані варіанти ніяким чином не претендують на оптимальність, хоча при їх виборі і враховувався на інтуїтивному рівні критерій безнадлишковості.

Отже, перейдемо до опису тестових послідовностей.

Дослідимо стан  $s_1$ . Для ідентифікації стану  $s_1$  має бути розроблена тестова послідовність  $Q(s_1)$ , з допомогою якої можна спростувати за ознаками  $\varphi_m^i$  гіпотези про можливість знаходження цифрового об'єкта діагностування в множині станів  $S': \{s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ . З аналізу даних таблиці 1 робимо висновок, що при застосуванні масиву тестових векторів  $t_1 \in T$  за ознакою  $\varphi_m^1$  множини  $S: \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$  можна розділити на дві підмножини

$S_0(t_1):\{s_1, s_2, s_4, s_5\}$  і  $S_1(t_1):\{s_3, s_6\}$ . Тобто, отримання ознаки  $\varphi_m^1=0$  дозволяє спростувати гіпотези про можливість знаходження цифрового об'єкта діагностування в станах множини  $S_1(t_1):\{s_3, s_6\}$ . При поданні масиву тестових векторів  $t_6 \in T$  за ознакою  $\varphi_m^6$  множини  $S_0(t_1):\{s_1, s_2, s_4, s_5\}$  можна звужити додатково і розділити на дві підмножини  $S_0(t_1-t_6):\{s_1, s_2, s_5\}$  і  $S_1(t_1-t_6):\{s_4\}$ . Застосувавши далі масив тестових векторів  $t_4 \in T$  за ознакою  $\varphi_m^4$  множини  $S_0(t_1-t_6):\{s_1, s_2, s_5\}$  можна звужити ще і розділити на дві підмножини  $S_0(t_1-t_6-t_4):\{s_1\}$  і  $S_1(t_1-t_6-t_4):\{s_2, s_5\}$ . Як наслідок, після застосування послідовності з тестових векторів  $t_1-t_6-t_4$  ми отримали підмножину  $S_0(t_1-t_6-t_4):\{s_1\}$  для якої  $|S_0(t_1-t_6-t_4)|=1$ , що свідчить про можливість зазначеної послідовності тестових векторів однозначно ідентифікувати стан цифрового об'єкта діагностування  $s_1 \in S_0(t_1-t_6-t_4)$  (відповідно, про можливість зазначеної послідовності тестових векторів однозначно ідентифікувати стан цифрового об'єкта діагностування  $s_1 \in S$ ).

Таким чином, для ідентифікації стану  $s_1$  може бути застосована тестова послідовність  $Q(s_1):\{t_1, t_6, t_4\}$ . Графічне зображення тестової послідовності  $Q(s_1):\{t_1, t_6, t_4\}$  наведено на рисунку 1.

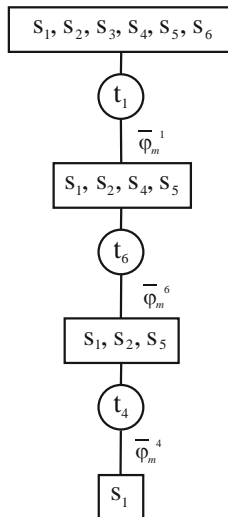


Рисунок 1 – Граф-модель тестової послідовності  $Q(s_1):\{t_1, t_6, t_4\}$

Дослідимо стан  $s_2$ . Для ідентифікації стану  $s_2$  має бути розроблена тестова послідовність  $Q(s_2)$ , з допомогою якої можна спростувати за ознаками  $\varphi_m^i$  гіпотези про можливість знаходження цифрового об'єкта

діагностування в множині станів  $S':\{s_1, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ . З аналізу даних таблиць 1 і 2 робимо висновок, що при застосуванні масиву тестових векторів  $t_5 \in T$  за ознакою  $\varphi_m^5$  множини  $S:\{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$  можна розділити на дві підмножини  $S_0(t_5):\{s_1, s_3, s_4, s_5, s_6\}$   $S_1(t_5):\{s_2\}$ . Тобто, отримання ознаки  $\varphi_m^5=1$  дозволяє спростувати гіпотези про можливість знаходження цифрового об'єкта діагностування в станах множини  $S_0(t_5):\{s_1, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ , і, як наслідок, ідентифікувати стан  $s_2 \in S$ .

Отже, після застосування послідовності з одного тестового вектора  $t_5 \in T$  ми отримали підмножину  $S_1(t_5):\{s_2\}$ , для якої  $|S_1(t_5)|=1$ , що свідчить, про можливість зазначеної послідовності тестових векторів однозначно ідентифікувати стан цифрового об'єкта діагностування  $s_2 \in S_1(t_5)$  (відповідно, про можливість ідентифікувати стан цифрового об'єкта діагностування  $s_2 \in S$ ).

Таким чином, для ідентифікації стану  $s_2$  може бути застосована тестова послідовність  $Q(s_2):\{t_5\}$ . Графічне зображення тестової послідовності  $Q(s_2):\{t_5\}$  наведено на рисунку 2.

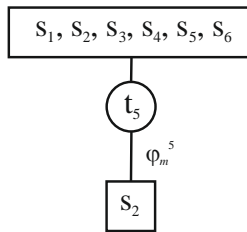


Рисунок 2 – Граф-модель тестової послідовності  $Q(s_2):\{t_5\}$

Оскільки процедура аналізу і прийняття рішень при формуванні тестових послідовностей  $Q(s_i)$  стосовно всіх станів  $s_m \in S$  характеризується однаковим алгоритмом дій, в подальшому не будемо проводити деталізований аналіз і обмежимося лише визначенням результатів.

Як і відносно стану  $s_2$ , для ідентифікації стану  $s_3$  може бути застосована тестова послідовність  $Q(s_3):\{t_2\}$ . Графічне зображення тестової послідовності  $Q(s_3):\{t_2\}$  наведено на рисунку 3.

Для ідентифікації стану  $s_4$  може бути застосована тестова послідовність  $Q(s_4):\{t_1, t_1\}$ . Графічне зображення тестової послідовності  $Q(s_4):\{t_1, t_1\}$  наведено на рисунку 4.

Для ідентифікації стану  $s_5$  може бути застосована тестова послідовність  $Q(s_5):\{t_4, t_5\}$ . Графічне зображення тестової послідовності  $Q(s_5):\{t_4, t_5\}$  наведено на рисунку 5.

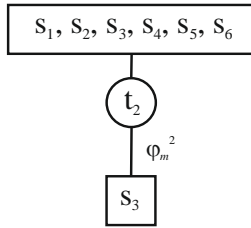


Рисунок 3 – Граф-модель тестової послідовності  $Q(s_3):\{t_2\}$

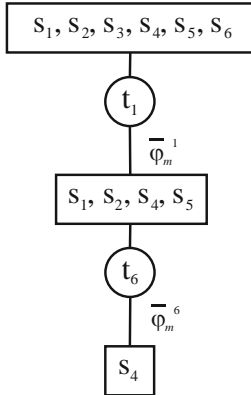


Рисунок 4 – Граф-модель тестової послідовності  $Q(s_4):\{t_1, t_6\}$

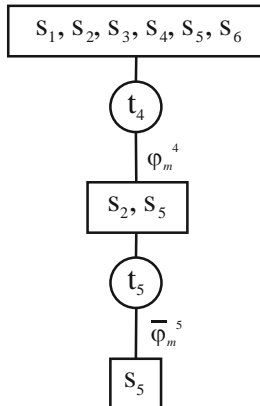


Рисунок 5 – Граф-модель тестової послідовності  $Q(s_5):\{t_4, t_5\}$

Для ідентифікації стану  $s_6$  може бути застосована тестова послідовність  $Q(s_6):\{t_1, t_2\}$ . Графічне зображення тестової послідовності  $Q(s_6):\{t_1, t_2\}$  наведене на рисунку 6.

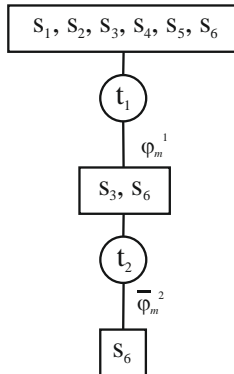


Рисунок 6 – Граф-модель тестової послідовності  $Q(s_6):\{t_1, t_2\}$

Наведені на рисунках 1-6 графові моделі є фрагментами загального графу рішень, як і відображувані ними тестові послідовності є частиною повного теста для ідентифікації всіх станів  $s_m \in S$  цифрового об'єкта діагностування.

При переході від фрагментів тестової послідовності (гілок деревовидних графових моделей) до повної її форми (деревовидних графових моделей) можуть бути використані різні підходи залежно від поставлених вимог. При цьому для жостких і адаптивних алгоритмів діагностування застосовуються різні підходи.

Найпростішим варіантом є просте послідовне поєднання (і в подальшому подання на цифровий об'єкт діагностування) всіх розроблених фрагментів, що відповідає представленню жосткого алгоритму діагностування, але може мати значну надлишковість.

Для отримання більш економних варіантів можуть бути використані різні методи оптимізації тестових послідовностей (як вже зазначалося, їх детальний розгляд не є темою дослідження), серед яких є типові варіанти комбінованого злиття фрагментів:

- виявлення ідентичних за складом і послідовністю розміщення масивів тестових векторів тестових послідовностей  $Q(s_i)$  та  $Q(s_j)$  і заміна їх однією модифікованою послідовністю  $Q'(s_i(s_j))$  або  $Q'(s_j(s_i))$  (послідовності  $Q'(s_i(s_j))$  та  $Q'(s_j(s_i))$  при цьому будуть ідентичними);
- виявлення тестових послідовностей  $Q(s_i)$  та  $Q(s_j)$ , в одній із яких (умовно обираємо  $Q(s_i)$ ) фрагмент є ідентичним за складом і послідовністю розміщення масивів тестових векторів іншій тестовій послідовності ( $Q(s_j)$ ) і заміна їх однією модифікованою послідовністю  $Q'(s_i(s_j))$ ;
- виявлення тестових послідовностей  $Q(s_i)$  та  $Q(s_j)$ , в одній із яких (умовно обираємо  $Q(s_i)$ ) завершальний фрагмент є ідентичним за складом і

послідовністю розміщення масивів тестових векторів початковому фрагменту в іншій тестовій послідовності ( $Q(s_j)$ ) і заміна їх однією модифікованою послідовністю  $Q'(s_i, s_j)$ .

Якщо застосування наведених трьох принципів неможливе, повертаються до елементарного послідовного об'єднання фрагментів.

Повернемося до аналізу наведеного прикладу.

Ідентичних за складом і послідовністю розміщення масивів тестових векторів тестових послідовностей на рисунках 1-6 немає, тому переходимо до виявлення тестових послідовностей  $Q(s_i)$  та  $Q(s_j)$ , в одній із яких фрагмент є ідентичним за складом і послідовністю розміщення масивів тестових векторів іншій тестовій послідовності.

Аналіз показує, що тестова послідовність  $Q(s_2):\{t_5\}$  є завершальним фрагментом тестової послідовності  $Q(s_5):\{t_4, t_5\}$ , що дає змогу реалізувати їх об'єднання в послідовність  $Q'(s_5(s_2)):\{t_4, t_5\}$ .

Результат об'єднання тестових послідовностей  $Q(s_2):\{t_5\}$  і  $Q(s_5):\{t_4, t_5\}$  наведено на рисунку 7.

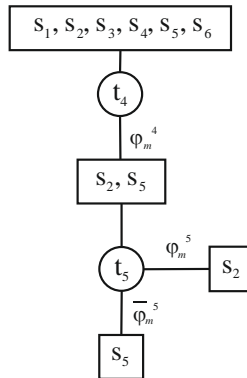


Рисунок 7 – Граф-модель модифікованої тестової послідовності  $Q'(s_5(s_2)):\{t_4, t_5\}$

Аналогічним чином, тестова послідовність  $Q(s_3):\{t_2\}$  є завершальним фрагментом тестової послідовності  $Q(s_6):\{t_1, t_2\}$ , що дає змогу реалізувати їх об'єднання в послідовність  $Q'(s_6(s_3)):\{t_1, t_2\}$ . Подальший аналіз показує, що тестова послідовність  $Q(s_4):\{t_1, t_6\}$  є стартовим фрагментом тестової послідовності  $Q(s_1):\{t_1, t_6, t_4\}$ , що також дає змогу реалізувати їх об'єднання в послідовність  $Q'(s_1(s_4)):\{t_1, t_6, t_4\}$ .

Результат об'єднання тестових послідовностей  $Q(s_3):\{t_2\}$  і  $Q(s_6):\{t_1, t_2\}$  наведено на рисунку 8, а результат об'єднання тестових послідовностей  $Q(s_4):\{t_1, t_1\}$  і  $Q(s_1):\{t_1, t_1, t_4\}$  наведено на рисунку 9.



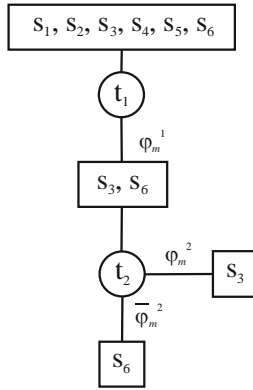


Рисунок 8 – Граф-модель модифікованої тестової послідовності  $Q'(s_6(s_3)):\{t_1, t_2\}$

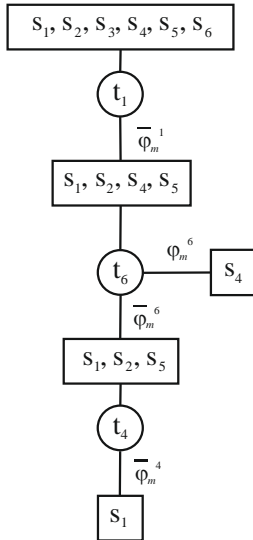


Рисунок 9 – Граф-модель модифікованої тестової послідовності  $Q'(s_1(s_4)):\{t_1, t_6, t_4\}$

На цьому етапі об'єднання тестових послідовностей  $Q(s_i)$  та  $Q(s_j)$ , в одній із яких фрагмент є ідентичним за складом і послідовністю розміщення масивів тестових векторів іншій тестовій послідовності, завершено.

Оскільки всі послідовності, наведені на рисунках 1-6 переведено в модифіковані тестові послідовності, зображені на рисунках 7-9, далі будемо працювати з трьома останніми варіантами.

Перейдемо до виявлення серед тестових послідовностей, зображених на рисунках 7-9, таких, в одній із яких завершальний фрагмент є ідентичним за складом і послідовністю розміщення масивів тестових векторів початковому фрагменту в іншій тестовій послідовності.

Як видно з рисунків 7 і 9, масив тестових векторів  $t_4 \in T$  є завершальним в тестовій послідовності  $Q'(s_1(s_4)) : \{t_1, t_6, t_4\}$  і стартовим в тестовій послідовності  $Q'(s_5(s_2)) : \{t_4, t_5\}$ , що робить допустимим заміну їх однією модифікованою послідовністю  $Q'(s_5(s_2), s_1(s_4))$ .

Результат об'єднання тестових послідовностей  $Q'(s_1(s_4)) : \{t_1, t_6, t_4\}$  і  $Q'(s_5(s_2)) : \{t_4, t_5\}$  наведено на рисунку 10.

Якщо наведених трьох принципів застосувати неможливо, повертаються до елементарного послідовного об'єднання фрагментів.

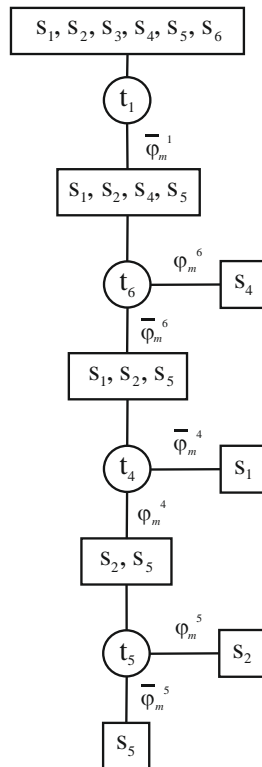


Рисунок 10 – Граф-модель модифікованої тестової послідовності  $Q'(s_5(s_2), s_1(s_4)) : \{t_1, t_1, t_4, t_5\}$

Оскільки об'єднання тестових послідовностей  $Q'(s_5(s_2), s_1(s_4)):\{t_1, t_6, t_4, t_5\}$  і  $Q'(s_6(s_3)):\{t_1, t_2\}$  з накладанням за наведеними трьома правилами неможливе, реалізуємо їх послідовне об'єднання і отримуємо кінцевий варіант (один із можливих) тестової послідовності  $Q'((s_5(s_2), s_1(s_4))-(s_6(s_3))):\{t_1, t_6, t_4, t_5, t_1, t_2\}$ , що надає можливість ідентифікації будь-якого із шести можливих станів цифрового об'єкта діагностування множини  $S:\{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$  (рисунок 11).

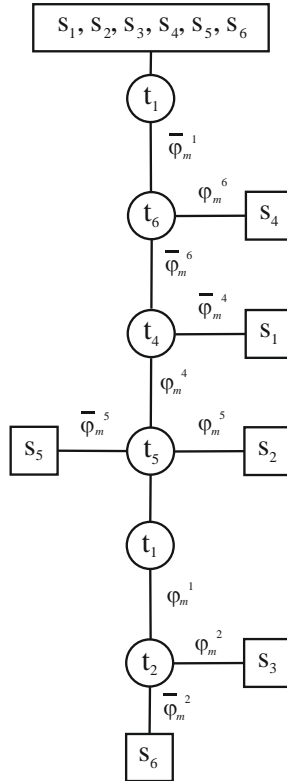


Рисунок 11 – Граф-модель тестової послідовності жосткого алгоритму діагностування

Отримана тестова послідовність є лінійною і відповідає реалізації жосткого алгоритму діагностування. Слід відзначити, що в отриманому варіанті всього 6 масивів тестових векторів, що майже вдвічі менше ніж 11 масивів, характерних для простого послідовного об'єднання тестових послідовностей, наведених на рисунках 1-6.

Адаптивний алгоритм діагностування передбачає контроль умов і  $\varphi_m^i$  в процесі тестових перевірок і зміну варіантів проведення тестових випробувань за результатами перевірки умов, що дає розгалужене представлення графової моделі.

Розробка адаптивних алгоритмів діагностування базується на застосуванні теорії оптимізації і не є темою дослідження. Елементарний синтез може бути виконаний на основі наведених раніше трьох базових правил з урахуванням тієї особливості, що за кожною наявною ознакою  $\varphi_m^i$  в алгоритмі може виконуватись розгалуження на два варіанти продовження діагностичного процесу.

Два приклади графових моделей адаптивних алгоритмів діагностування відповідно досліджуваній задачі синтезу із множини масивів тестових векторів  $T: \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$  деревовидних графових моделей за наявності шести можливих станів цифрового об'єкта діагностування  $S: \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$  наведено на рисунку 12.

Обидва наведені на рисунку 12 варіанти деревовидних графових моделей представляють адаптивні алгоритми діагностування, що надають можливість ідентифікації будь-якого із шести можливих станів цифрового об'єкта діагностування множини  $S: \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ , але відрізняються складністю процедур ідентифікації окремих станів цифрового об'єкта діагностування (за кількістю застосовуваних масивів тестових векторів  $t_i \in T$ ).

В будь-якому з наведених на рисунку 12 варіантів реалізації адаптивних алгоритмів діагностування найбільша гілка відповідає можливості ідентифікації стану із застосуванням 4-х масивів тестових векторів  $t_i \in T$ . Це демонструє переваги адаптивних алгоритмів діагностування навіть в простих задачах, а для сучасних надскладних діагностичних задач варіанти жосткого і адаптивного алгоритмів можуть відрізнятися за кількістю застосовуваних масивів тестових векторів на один або декілька порядків.

Як видно з наведених на рисунках 11-12 варіантів деревовидних графових моделей тестових послідовностей, які надають можливість ідентифікації будь-якого із шести можливих станів цифрового об'єкта діагностування заданої множини  $S: \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ , для жостких і адаптивних алгоритмів діагностування характерною є відсутність в тестовій послідовності деяких з масивів тестових векторів  $t_i \in T$ , що свідчить про неякісну постановку задачі і надання надлишкових даних. В той же час, наявність надлишкових даних може бути корисною для забезпечення більшої гнучкості пошуку рішень задач оптимізації алгоритмів діагностування, що не є предметом досліджень даної роботи.

Оскільки будь-яка помилка в постановці задачі динамічного синтезу дискретних тестів на основі деревовидних графових моделей може мати

велику вартість, для розроблюваного методу необхідно мати інструментарій проведення перевірки якості наданих даних.

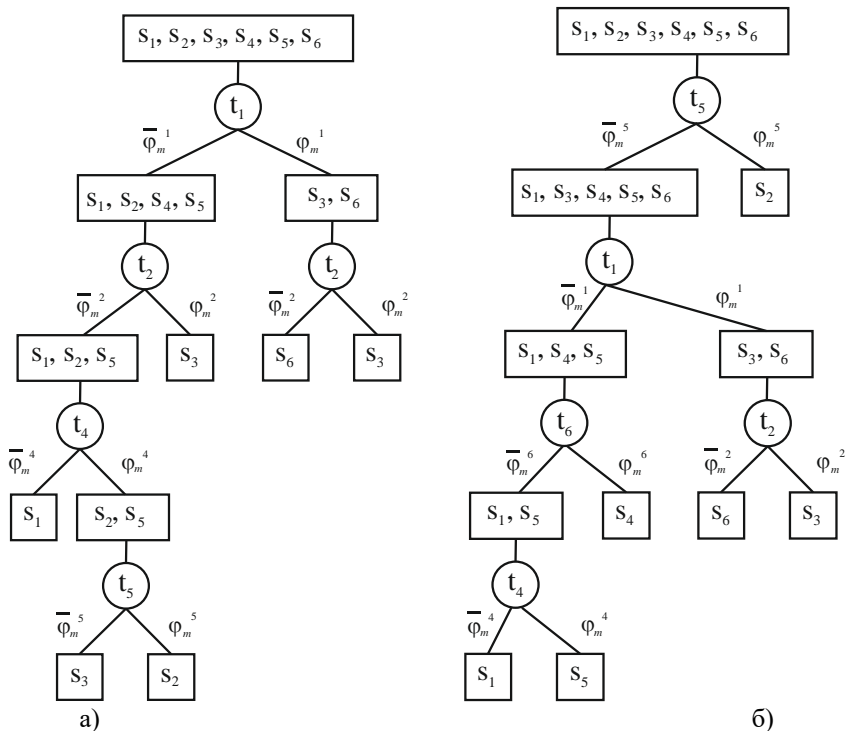


Рисунок 12 - Варіанти деревовидних графових моделей адаптивних алгоритмів діагностування

Перелік посилань

- 1 Кравчук Р.В. Проблемні аспекти у тестовому діагностуванні сучасних цифрових пристроїв / Р.В. Кравчук, В.М. Чешун // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, ад'юнктів, слухачів, курсантів і студентів "Молодіжна військова наука у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка" / за заг. редакцією І.В.Толока. – К.:ВІКНУ, 2018. – С. 134.
- 2 Жердев М.К. Концептуальні засади методу діагностування сучасних цифрових типових елементів заміни по форматним частотам перехідного процесу в шині живлення / М.К. Жердев, В.О. Савран // Зб. наук. праць Військового інституту Київського НУ ім. Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2016. – Вип. 52. – С. 20-32.
- 3 Стецюк О.І. Актуалізація задач функціонального тестування

мікропроцесорних систем / О.І. Стецюк, В.М. Чешун // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, ад'юнктів, слухачів, курсантів і студентів "Молодіжна військова наука у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка" / за заг. редакцією І.В.Толока. – К.:ВІКНУ, 2018. – С. 134.

4 Самусев К. Проблемні аспекти діагностування сучасних цифрових об'єктів діагностування/ М. Гуменюк, К. Самусев // Студентський науковий вісник ПВНЗ "УЕП": матеріали студентських кафедральних конференцій листопад-грудень 2014р. – Хмельницький: Ред. відділ УЕП, 2014. – С.36-40

5 Ленков Є.С. Узагальнена математична модель процесу технічного обслуговування і ремонту складної техніки / Є.С. Ленков // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : 51, 2017. – № 2 (247). – С. 186-191.

6 Центральний процесор [Електронний ресурс] / Портал «wiki». – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Центральний\\_процесор](https://uk.wikipedia.org/wiki/Центральний_процесор) (дата звернення 30.10.2019). – Назва з екрана.

7 Intel aims to conquer AI with the Nervana processor <https://www.engadget.com/2017/10/17/intel-ai-deep-learning-nervana-npp/> [Електронний ресурс] / Портал «». – Режим доступу: (дата звернення 20.11.2019). – Назва з екрана.

8 Чорненький В.І. Алгоритми діагностування цифрових пристроїв апаратними засобами на базі штучних нейронних мереж / В.І. Чорненький, В.М. Чешун // Зб. наук. праць Військового інституту Київського НУ ім. Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2010. – Вип. 27. – С. 154–161.

9 Бадіміна Л.А. Синтез дискретних діагностичних тестів із застосуванням генетичних алгоритмів / Л.А. Бадіміна, В.М. Чешун // «Інтелектуальний потенціал – 2018» - збірник наукових праць молодих науковців і студентів з нагоди 30-річчя підготовки ІТ- фахівців в ХНУ/ Колектив авторів – Хмельницький: ПВНЗ УЕП, 2018. – Ч.3: Кібербезпека та актуальні проблеми комп'ютерних систем і мереж – С.5-9.

10 Кравчук Р.В. Функціональний підхід в діагностуванні цифрових процесорів і елементів пам'яті / Р.В. Кравчук, О.І. Стецюк, В.М. Чешун // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – Хмельницький: ХНУ, 2018. – Вип. №2 (62) – С.106-109.

11 Синтез вычислительных алгоритмов управления и контроля / И.В. Кузьмин и др. - К.:Техніка, 1985. -248 с.

12 Локазюк В.Н. Комбинированное диагностирование устройств с компонентами повышенной степени интеграции. / В.Н. Локазюк, В.А. Карякин // Тез. доп. І-ї Української конференції з автоматичного керування. «Автоматика-94». - Київ.- 1994. - С.493.