

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кафедра Комунаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КС

В.І. Гостєв

(підпис, ініціали, прізвище)

" ___ " _____ 2015 року

Сторчак К.П.

(прізвище та ініціали автора)

ЛЕКЦІЯ 3

з навчальної дисципліни

Комп'ютерні технології вимірювань в телекомунікаціях

(назва навчальної дисципліни)

Тема 3: Побудова раціональних умовних алгоритмів пошуку несправностей.

(номер і назва теми)

Заняття 3: Лекція №3

(номер і назва заняття)

Навчальний час – 2 години.

Для студентів інституту (факультету):

Навчально-науковий інститут

Телекомунікації та інформатизації

факультети Інформаційних технологій, Телекомунікацій

Навчальна та виховна мета:

Ознайомити студентів з можливими видами вимірювань в телекомунікаціях.

Обговорено та схвалено на засіданні кафедри

“28” серпня 2014 року Протокол №1

Київ – 2015

Зміст

Вступ.

- 3.1 Пошук несправностей за допомогою АПН
 - 3.2 Раціональні умовні алгоритми пошуку несправностей
- Заключна частина.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.И. Биргер Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Тоценко В.Г. Алгоритмы технического диагностирования дискретных устройств. – М.: Радио и связь, 1985.
3. Техническая диагностика, т.9/Под общ. ред. В.В.Клюева, П.П. Пархоменко – Машиностроение, 1987.
4. А.И. Биргер Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978.
5. Тоценко В.Г. Алгоритмы технического диагностирования дискретных устройств. – М.: Радио и связь, 1985.

Наочні посібники

Схеми.

Завдання на самостійну роботу

1. Технічна діагностика комбінованих пристроїв.
2. Аналіз таблиць тестів для контролю працездатності.
3. Аналіз таблиць тестів для пошуку несправностей

Вступ

Минулої лекції було знайдено МТПН. Сьогодні для знайденого МТПН побудуємо раціональний умовний алгоритм пошуку несправностей (РУАПН), що є варіантом ручного тесту пошуку несправностей для об'єктів діагностування.

3.1 Пошук несправностей за допомогою АПН

Пошук несправностей в ОД може здійснюватись за допомогою безумовних або умовних АПН.

При використанні для пошуку несправностей *безумовних* АПН в певній послідовності виконуються всі перевірки ОД і аналіз результатів перевірок здійснюється після виконання всіх перевірок. Цей аналіз виконується порівнянням результатів перевірок з деякою еталонною інформацією, яка зазвичай називається *діагностичним словником*. Для прикладу, який розглядається, в якості діагностичного словника може використовуватись повна ТФН. Несправність може знаходитись наступним чином.

В певний момент часу, шляхом вимірювання сигналів в контрольних точках ОД визначаються результати усіх перевірок (рис. 3.1), тобто одержується набір з нулів та одиниць, який можна розглядати як слово, яке визначає технічний стан ОД.



Рисунок 3.1 – Визначення технічного стану ОД

Порівняння цього слова з стовпцями ТФН визначає справність ОД або його несправний елемент.

Таким же чином визначаються несправності ОД за допомогою МТПН, використовуючи в якості діагностичного словника усічену ТФН, яка містить лише рядки, відповідні перевіркам МТПН.

На відміну від безумовних умовні АПН не потребують виконання усіх перевірок, які входять в ТФН. При умовних АПН будь яка несправність ОД знаходиться в результаті виконання лише деякої частини перевірок АПН.

Найбільш зручною формою зображення умовних АПН є граф, вершини якого відповідають станам процесу пошуку несправностей, а дуги показують, в якій стан здійснюється перехід ОД на даному кроці пошуку несправностей в залежності від результату перевірки.

Розглянемо більш докладно цю форму зображення умовних АПН на прикладі $МТПН_1 = \{\pi_{1,2}, \pi_2, \pi_3, \pi_5\}$, одержаного в лекції 2.

Несправний ОД до початку процесу пошуку несправностей перебуває в одному з станів $S = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_e, s_3, s_5\}$. Кожна з перевірок π_j ТФН поділяє цю множину станів S на дві непересічні множини:

S_j^0 – множину станів, в яких знаходиться ОД при негативному результаті перевірки π_j ;

S_j^1 – множину станів, в якому знаходиться ОД при позитивному результаті перевірки π_j .

Наприклад, негативний результат перевірки $\pi_{1,1}$ означає, що ОД знаходиться в стані $S_{1,1}^0 = \{s_{1,1}\}$, тобто несправним є елемент 1₁. Позитивний результат цієї перевірки означає, що ОД перебуває в одному з станів множини $S_{1,1}^1 = \{s_{1,2}, s_e, s_3, s_5\}$ і потрібно продовжувати пошук несправностей, поділяючи множину $S_{1,1}^1$ на дві множини меншої потужності за допомогою інших перевірок ТПН.

При виконанні перевірки π_3 для множини станів S при її негативному результаті буде одержана множина $S_3^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$ тобто ОД перебуває в одному з станів $s_{1,1}, s_{1,2}$ або s_3 , а при позитивному результаті перевірки буде одержана множина $S_3^1 = \{s_e, s_5\}$, тобто ОД перебуває в одному з станів s_2, s_4 або s_5 . Якщо виконати перевірку π_5 одержимо пусту множину $S_5^1 = \{\emptyset\}$ і множину $S_5^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_e, s_3, s_5\}$, яка містить всі несправні стани ОД. Це означає, що ніякої додаткової інформації про стан ОД перевірка π_5 не дає.

Перевірка π_j , яка поділяє множину станів ОД на дві непустих множини, називається *придатною перевіркою*. Якщо перевірка π_j поділяє множину станів на дві множини, одна з яких є пустою, вона називається *непридатною перевіркою*.

В прикладі для множини станів ОД $S = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_e, s_3, s_5\}$ придатними є всі перевірки елементів ОД, крім перевірки π_5 . Для пошуку несправності потрібно в АПН використовувати лише придатні перевірки.

Очевидно, що $S_j^0 \cup S_j^1 = S$ і $S_j^0 \cap S_j^1 = \emptyset$.

Розглянемо можливий граф умовного АПН, в якому використовуються перевірки ОД, які містить МТПН₁ (рис. 3.1).

Якщо першою виконується перевірка π_3 , символом якої позначається вершина графа АПН, тоді в залежності від результату цієї перевірки будуть одержані множини станів ОД $S_3^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$ і $S_3^1 = \{s_e, s_5\}$.

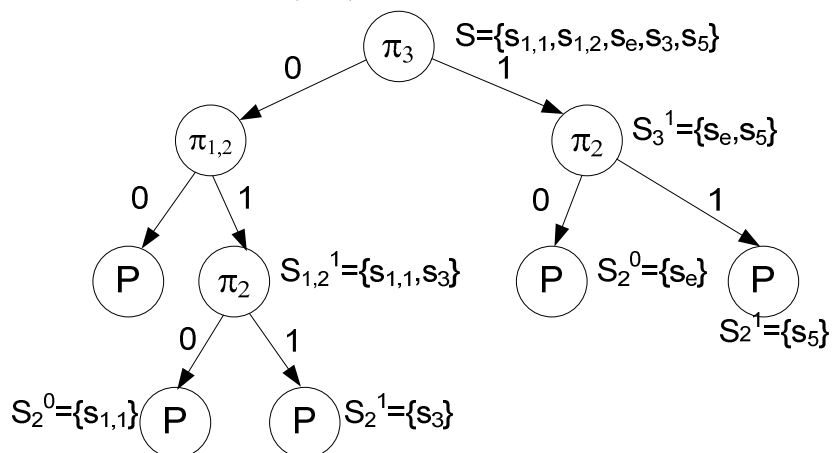


Рисунок 3.2 – Граф умовного АПН

Для множини S_3^0 придатними є перевірки $\pi_{1,2}$ і π_2 . Перевірка $\pi_{1,2}$ поділяє множини S_3^0 на множини $S_{1,2}^0 = \{s_{1,2}\}$ і $S_{1,2}^1 = \{s_{1,1}, s_3\}$. Одержання одноелементної множини є вказівкою на несправний стан ОД, який знайдено.

В прикладі негативний результат перевірки $\pi_{1,2}$ для множини станів $S_3^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$ означає, що об'єкт перебуває в стані $s_{1,2} \in S$, тобто несправним є елемент 1₁. позитивний результат цієї перевірки означає, що ОД перебуває в одному з станів множини $S_{1,2}^1 = \{s_{1,1}, s_3\}$. Виконання перевірки π_2 для цієї множини дозволяє визначити несправний стан ОД $s_{1,1}$ або s_3 . Перевірка π_2 для множини $S_3^1 = \{s_e, s_5\}$ дозволяє визначити несправні стани s_e і s_5 , в яких може перебувати ОД.

Таким чином, за допомогою перевірок $\pi_{1,2}, \pi_2, \pi_3$ МТПН₁ визначаються одноелементні множини станів ОД $\{s_{1,2}\}, \{s_{1,1}\}, \{s_3\}, \{s_e\}, \{s_5\}$, які однозначно визначають несправні елементи ОД. Вершини графа, яким відповідають одноелементні вершини графа умовного АПН, позначають символами P (ремонт).

Очевидно, що для одного ОД існують багато різних УАПН, серед яких існує один *оптимальний* УАПН, який забезпечує у середньому мінімальний час пошуку несправностей ОД.

Розглянемо більш прості методи побудови алгоритмів технічного діагностування, які близькі до оптимальних і які в подальшому будемо називати раціональними. Спрощення розрахунків досягається або за рахунок використання більш простих правил вибору чергових перевірок умовних АПН, або шляхом врахування особливостей структури ОД (наприклад, послідовна структура ОД) і особливостей способу пошуку несправностей (наприклад, поелементна послідовна перевірка працездатності ОД).

3.2 Раціональні умовні алгоритми пошуку несправностей (РУАПН)

3.2.1 Критерії вибору перевірок раціональних умовних алгоритмів пошуку несправностей

Спрощення процедури побудови раціональних умовних алгоритмів пошуку несправностей (РУАПН) досягається за рахунок використання деякого правила (критерію), яке дозволяє вибирати чергові перевірки. Ці критерії змінюються в залежності від того, яка інформація відома про ОД. В загальному випадку вважається, що при побудові РУАПН наявна наступна інформація про ОД:

- логічна модель або ТФН;
- множина $I = \{\pi_j\}$ перевірок елементів ОД, яка задає тест пошуку несправностей (не обов'язково мінімальний).

Множина P може містити всі перевірки ОД;

множина $T = \{\tau_j\}$ тривалостей кожної з перевірок, що входять в множину Π ;

множина $Q = \{q_i\}$ значень імовірностей несправних станів ОД $s_i \in S$.

Широке розповсюдження при побудові РУАПН здобув так званий інформаційний підхід, згідно з яким на черговому кроці побудови алгоритму здійснюється такий вибір перевірки, який забезпечує максимальний приріст інформації.

Відомо, що невизначеність стану ОД, який з імовірностями q_1, q_2, \dots, q_n , може перебувати в станах s_1, s_2, \dots, s_n , кількісно оцінюється величиною ентропії:

$$H = -\sum_{i=1}^n q_i \log q_i \quad (3.1)$$

Виконання перевірок зменшує ентропію ОД. Кількість інформації, яка одержується за результатами перевірок, чисельно дорівнює величині зменшеної ентропії. Якщо за результатами виконання деякої перевірки π_j встановлено, що

ОД перебуває в стані s_i , тоді імовірності станів $S_{k \neq i}$ дорівнюють $q_i = 1$ і $q_{k \neq i} = 0$. В цьому випадку реальний стан ОД стає відомим, ентропія ОД стає рівною нулю, а кількість одержаної при цьому інформації дорівнює величині знищеної ентропії H . Отже метою технічного діагностування є зменшення ентропії ОД до нуля. Для багатьох ОД умовою мінімуму середньої тривалості процесу діагностування є максимум швидкості одержання інформації про стан ОД на кожному кроці.

Кількість інформації, яка одержується при виконанні перевірки π_j на кожному черговому кроці діагностування дорівнює:

$$I_{\pi_j} = -Q(S_j^0) \log Q(S_j^0) - Q(S_j^1) \log Q(S_j^1), \quad (3.2)$$

де $Q(S_j^0)$ – імовірність перебування ОД в одному з станів множини S_j^0 ;

$Q(S_j^1)$ – імовірність перебування ОД в одному з станів множини S_j^1 ;

На черговому кроці діагностування потрібно вибирати таку оптимальну перевірку π_{opt} , яка забезпечує:

$$I_{\pi_{opt}} = \min_{\pi_j \in \Pi} I_{\pi_j}. \quad (3.3)$$

З теорії інформації відомо, що максимальна кількість інформації одержується перевіркою, якщо її результати рівноімовірні, тобто якщо:

$$Q(S_j^0) = Q(S_j^1) \quad (3.4)$$

Тому в якості критерію вибору оптимальної перевірки π_{opt} на черговому кроці діагностування можна вибирати величину $R_{\pi_i}(S) = |Q(S_i^0) - Q(S_i^1)|$.

Заснований на цьому співвідношенні критерій має вигляд:

$$R_{\pi_{opt}}(S) = \min_{\pi_i \in \Pi} R_{\pi_i}(S) = \min_{\pi_i \in \Pi} |Q(S_i^0) - Q(S_i^1)| \quad (3.5)$$

При використанні цього критерію пошук несправностей здійснюється в середньому за мінімальну кількість кроків (перевірок). Для того, щоб забезпечити мінімальний час пошуку несправностей використовується наступний критерій:

$$R\pi_{opt}(S) = \min_{\pi_i \in \Pi} [\tau_i |Q(S_i^0) - Q(S_i^1)|] \quad (3.6)$$

де τ_i – середня тривалість виконання перевірки π_i .

В тому випадку, коли імовірності станів $s_i \in S$ приблизно однакові, використовується критерій:

$$R\pi_{opt}(S) = \min_{\pi_i \in \Pi} |n(S_i^0) - n(S_i^1)| \quad (3.7)$$

або

$$R\pi_{opt}(S) = \min_{\pi_i \in \Pi} [\tau_i |n(S_i^0) - n(S_i^1)|] \quad (3.8)$$

де $n(S_i^0)$ і $n(S_i^1)$ – відповідно потужності множин S_i^0 та S_i^1 .

Потужність – це число вхідних в множину станів елементів.

Потужності множин S_i^0 та S_i^1 визначаються за повною ТФН ОД і дорівнюють відповідно кількості нулів або одиниць в рядку перевірки π_i .

Методи пошуку несправностей, в основі яких лежать ці критерії, часто називають методами половинного (дихотомічного) ділення тому, що перевірка, яка вибирається за критеріями (3.5)...(3.8), поділяє ОД на дві частини. Імовірності відмов цих частин ОД однакові (критерії (3.5) і (3.6)), або однаковий середній час пошуку несправностей (критерії (3.7) і (3.8)). Кращим є критерій, який використовує всю інформацію про ОД.

Розглянемо приклад побудови РУАПН для ОД, логічна модель якого була розглянута на лекції 2.

Алгоритм А1 (формула 3.6)

РУАПН слід будувати в такій послідовності:

1. Побудувати УТФН для множини перевірок, що являють тест пошуку несправностей (не обов'язково МТПН). В якості такого тесту виберемо $МТПН_1 = \{\pi_{1,2}, \pi_2, \pi_3, \pi_5\}$, для якого УТФН має наступний вигляд:

Таблиця 3.1 – УТФН для МТПН

Перевірки ОД	Стани ОД. Результати перевірок				
	$s_{1,1}$	$s_{1,2}$	s_e	s_3	s_5
$\pi_{1,2}$	1	0	1	1	1
π_2	0	1	0	1	1
π_3	0	0	1	0	1
π_5	0	0	0	0	0

2. Побудувати таблицю побудови РУАПН (таблиця 3.2), в стовпець 1 якої записати множину S усіх несправних станів ОД.

Таблиця 3.2 – Алгоритм РУАПН

Множини станів ОД	Прид. перевірки	Виділяємо підмножини		$R_{\pi_i}(S)$	π_{opt}
		S_i^0	S_i^1		
1	2	3	4	5	6
$\{s_{1,1}, s_{1,2}, s_e, s_3, s_5\}$	$\pi_{1,2}$	$S_{1,2}^0 = \{s_{1,2}\}$	$S_{1,2}^1 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3, s_5\}$	12	
	π_2	$S_2^0 = \{s_{1,1}, s_e\}$	$S_2^1 = \{s_{1,2}, s_3, s_5\}$	3	
	π_3	$S_3^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$	$S_3^1 = \{s_e, s_5\}$	0	π_3

3. Використовуючи УТФН, визначити множину Π придатних до множини S перевірок. Ці перевірки записати в стовпець 2 таблиці 3.2, а в стовпці 3 і 4 для кожної з придатних перевірок записати відповідно виділяємо підмножини S_i^0 і S_i^1 .

Для множини станів ОД $S = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_e, s_3, s_5\}$ придатними є перевірки $\pi_{1,2}, \pi_2, \pi_3$, а перевірка π_5 є непридатною.

Перевірка $\pi_{1,2}$ поділяє множину S на підмножини $S_{1,2}^0 = \{s_{1,2}\}$ і $S_{1,2}^1 = \{s_{1,1}, s_e, s_3, s_5\}$, перевірка π_2 – на підмножини $S_2^0 = \{s_{1,1}, s_e\}$ і $S_2^1 = \{s_{1,2}, s_3, s_5\}$ і перевірка π_3 – на підмножини $S_3^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$ і $S_3^1 = \{s_e, s_5\}$. Ці підмножини записані в стовпцях 3 і 4 таблиці 3.2.

4. Для кожної з перевірок $\pi_i \in \Pi$ розрахувати значення критерію відповідно з любым співвідношенням (3.5), (3.6), (3.7) або (3.8).

Визначимо значення критерію за формулою (3.6). Для розрахунку критерію за цією формулою задамо наступні значення імовірностей несправних станів ОД: $q_1 = 0,4$, $q_2 = 0,15$, $q_3 = 0,1$, $q_4 = 0,2$ і $q_5 = 0,15$, а також наступні значення тривалостей перевірок в деяких умовних одиницях часу: $\tau_1 = 20$, $\tau_2 = 30$, $\tau_3 = 40$, $\tau_4 = 50$ і $\tau_5 = 60$.

Вважаючи, що $q_{1,1} = q_{1,2} = \frac{q_1}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2$ і $q_e = q_2 + q_4 = 0,15 + 0,2 = 0,35$, визначимо значення $R\pi_i(S)$ для перевірок $\pi_{1,2}, \pi_2$ і π_3 .

Для перевірки $\pi_{1,2}$ маємо:

$$Q(S) = q_{1,1} + q_{1,2} + q_e + q_3 + q_5 = 0,2 + 0,2 + 0,35 + 0,1 + 0,15 = 1;$$

$$Q(S_{1,2}^0) = \frac{q_{1,2}}{Q(S)} = \frac{0,2}{1} = 0,2;$$

$$Q(S_{1,2}^1) = \frac{q_{1,1} + q_e + q_3 + q_5}{Q(S)} = \frac{0,2 + 0,35 + 0,1 + 0,15}{1} = 0,8;$$

$$R\pi_{1,2}(S) = \tau_1 |Q(S_{1,2}^0) - Q(S_{1,2}^1)| = 20|0,2 - 0,8| = 12.$$

Для перевірки π_2 маємо:

$$Q(S_2^0) = \frac{q_{1,1} + q_e}{Q(S)} = \frac{0,2 + 0,35}{1} = 0,55;$$

$$Q(S_2^1) = \frac{q_{1,2} + q_3 + q_5}{Q(S)} = \frac{0,2 + 0,1 + 0,15}{1} = 0,45;$$

$$R\pi_2(S) = \tau_2 |Q(S_2^0) - Q(S_2^1)| = 30|0,55 - 0,45| = 3;$$

Для перевірки π_3 одержимо:

$$Q(S_3^0) = \frac{q_{1,1} + q_{1,2} + q_3}{Q(S)} = \frac{0,2 + 0,2 + 0,1}{1} = 0,5;$$

$$Q(S_3^1) = \frac{q_e + q_5}{Q(S)} = \frac{0,35 + 0,15}{1} = 0,5;$$

$$R\pi_3(S) = \tau_3 |Q(S_3^0) - Q(S_3^1)| = 40|0,5 - 0,5| = 0.$$

Одержані значення критерію записати в стовпець 5.

В якості оптимальної (раціональної) перевірки π_{opt} вибрати перевірку, для якої значення критерію $R\pi_i(S)$ є мінімальним. В даному випадку це буде перевірка π_3 .

Якщо для множини S існує лише одна придатна перевірка, значення критерію не розраховується і ця єдина перевірка приймається за оптимальну. Ця перевірка записується в стовпці 6 таблиці.

5. Підмножини $S_{\pi_{opt}}^0$ і $S_{\pi_{opt}}^1$, які одержані завдяки перевірці π_{opt} і містять два або більше станів ОД прийняти в якості множин S ОД і для кожної з цих множин виконати п.п. 3...5 алгоритму. Якщо такі множини відсутні, перехід до п.6 алгоритму.

6. Кінець.

Перевірка π_3 , яка згідно п.3 алгоритму вибирається в якості оптимальної, поділяє множину $S = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_e, s_3, s_5\}$ на підмножини $S_3^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$ і $S_3^1 = \{s_e, s_5\}$. Ці множини приймаються в якості вихідних множин S . Для цих множин і множин, які будуть одержані в подальшому, повторюється процес пошуку оптимальних перевірок. Цей процес розглядається нижче і відображається в продовженні таблиці 3.2.

Продовження таблиці 3.2 – Алгоритм РУАПН

Множини станів ОД	Придатні перевірки	Виділяемі підмножини		$R\pi_i(S)$	π_{opt}
		S_i^0	S_i^1		
$S = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$	$\pi_{1,2}$	$S_{1,2}^0 = \{s_{1,2}\}$	$S_{1,2}^1 = \{s_{1,1}, s_3\}$	4	$\pi_{1,2}$
	π_2	$S_{2=1,1}^0 = \{s_{1,1}\}$	$S_{2=1,2,3}^1 = \{s_{1,2}, s_3\}$	6	
$S = \{s_e, s_5\}$	π_2	$S_{2=e}^0 = \{s_e\}$	$S_{2=5}^1 = \{s_5\}$	–	π_2
$S = \{s_{1,1}, s_3\}$	π_2	$S_{2=1,1}^0 = \{s_{1,1}\}$	$S_{2=3}^1 = \{s_3\}$	–	π_2

Для підмножини $S = S_3^0 = \{s_{1,1}, s_{1,2}, s_3\}$ придатними є перевірки $\pi_{1,2}$ і π_2 .
Визначимо відповідні цим перевіркам значення критерію:

$$Q(S) = q_{1,1} + q_{1,2} + q_3 = 0,2 + 0,2 + 0,1;$$

$$Q(S_{1,2}^0) = \frac{q_{1,2}}{Q(S)} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4;$$

$$Q(S_{1,2}^1) = \frac{q_{1,1} + q_3}{Q(S)} = \frac{0,2 + 0,1}{0,5} = 0,6;$$

$$R\pi_{1,2}(S) = \tau_1 |Q(S_{1,2}^0) - Q(S_{1,2}^1)| = 20|0,4 - 0,6| = 4$$

Для перевірки π_2 маємо:

$$Q(S_2^0) = \frac{q_{1,1}}{Q(S)} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4;$$

$$Q(S_2^1) = \frac{q_{1,2} + q_3}{Q(S)} = \frac{0,2 + 0,1}{0,5} = 0,6;$$

$$R\pi_2(S) = \tau_2 |Q(S_2^0) - Q(S_2^1)| = 30|0,4 - 0,6| = 6.$$

Оптимальною буде перевірка $\pi_{1,2}$ тому, що $R\pi_{1,2}(S) < R\pi_2(S)$.

Для множин станів $S = S_3^1 = \{s_e, s_5\}$ і $S = S_{1,2}^1 = \{s_{1,1}, s_3\}$ придатною буде лише перевірка π_2 . Тому значення критерію не визначається і ця перевірка буде оптимальною (див. продовж. табл. 3.2).

Побудуємо граф одержаного РУАПН, який має наступний вигляд:

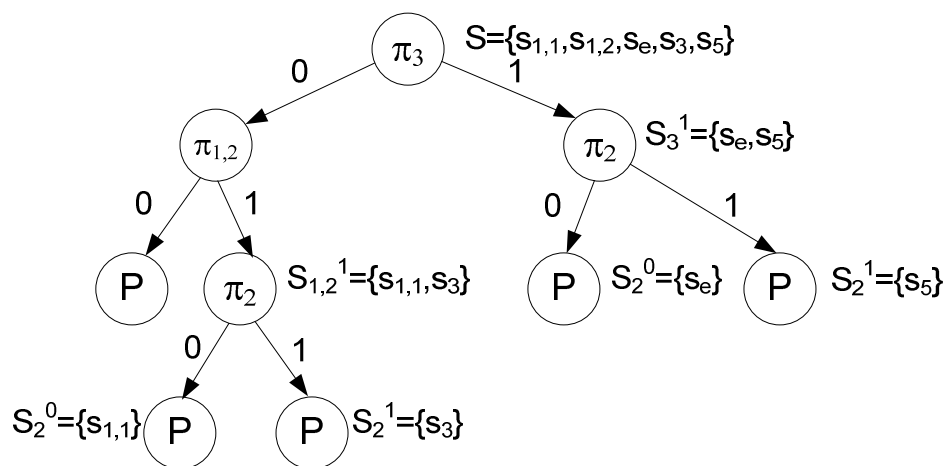


Рисунок 3.3 – Граф РУАПН

Доц. каф. КС

К.П.Сторчак