

Волочій Богдан Юрійович

1

„НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ”

- Наукова робота спрямована на вирішення актуальної *науково-прикладної проблеми* підвищення ефективності аналізу структур та алгоритмів функціональної і надійнісної поведінки РЕК на підставі подальшого розвитку методології аналітичного моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем та методів розробки надійнісних моделей сіткових і ієрархічних структур інформаційних мереж регіональних РЕК, які дозволили розширити можливості засобів автоматизації системотехнічного проектування.

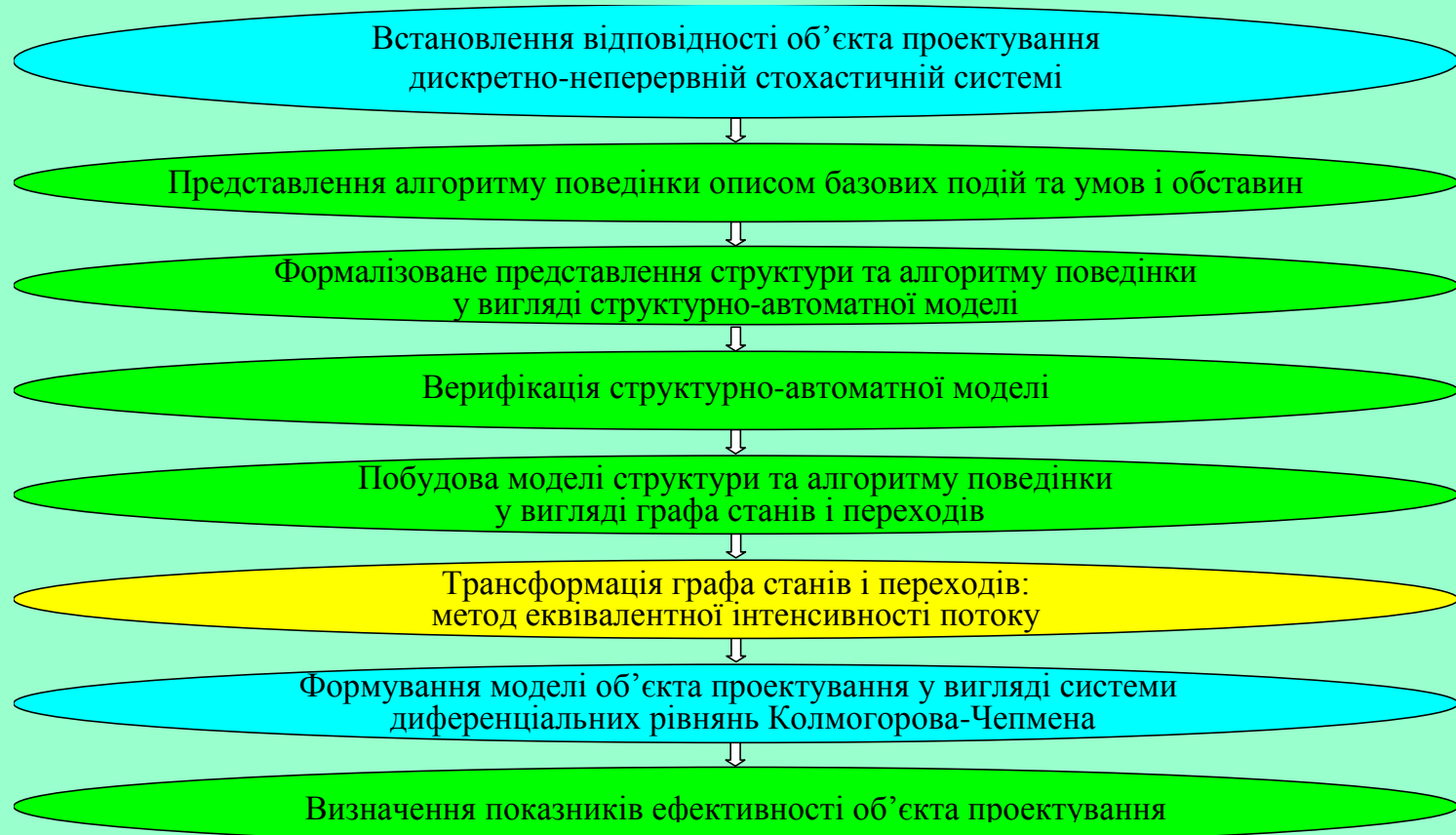
Значущість наукової проблеми. Вирішувана проблема має кілька аспектів.

По-перше, створення моделей високого ступеня адекватності з об'єктами проектування.

По-друге, методи та методики розробки та трансформації моделей мають бути формалізованими для переходу в подальшому до їх автоматизованого виконання.

По-третє, користувач технологій - радіоінженер-системотехнік має бути звільнений від необхідності вирішувати складні математичні задачі, а його увага має бути зосереджена на виявленні всіх характерних особливостей функціонування радіоелектронних комплексів і пошук варіантів технічних рішень для забезпечення ефективного їх функціонування.

КОНЦЕПЦІЯ МЕТОДОЛОГІЇ АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПОВЕДІНКИ ДИСКРЕТНО-НЕПЕРЕРВНИХ СТОХАСТИЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ БАЗОВИХ ПОДІЙ



МЕТОД РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ДИСКРЕТНО- НЕПЕРЕРВНИХ СТОХАСТИЧНИХ СИСТЕМ У ВИГЛЯДІ ГРАФА СТАНІВ ТА ПЕРЕХОДІВ

- **1. Формування вектора стану об'єкта проектування.** Кількість компонент в описі поточного стану повинна відповідати кількості параметрів, зміна яких визначає поведінку системи, на вибраному рівні деталізації представлення об'єкта проектування.
- **2. Вибір параметрів об'єкта проектування, які мають бути відображені в моделі, це:**
 - 1) константи, які визначають структуру об'єкта дослідження, але не входять у модель як початкові значення компонент вектора станів;
 - 2) граничні значення компонент вектора станів;
 - 3) порогові значення компонент вектора станів (значення, при досягненні яких відбуваються якісні зміни у поведінці системи);
 - 4) інтенсивності потоків первинних подій (відмов елементів, надходження повідомлень, відновлень і т. ін.).
- **3. Формалізований опис поведінки об'єкту проектування (структурно-автоматна модель):**
 - 1) визначення базових подій;
 - 2) опис ситуацій, в яких відбуваються базові події (умови і обставини);
 - 3) формування формул розрахунку інтенсивностей базових подій;
 - 4) формування формул розрахунку ймовірностей альтернативних переходів;
 - 5) встановлення правил модифікації компонент вектора станів.
- **4. Алгоритм побудови графа станів та переходів на основі структурно-автоматної моделі**

МЕТОДИКА ВЕРИФІКАЦІЇ СТРУКТУРНО-АВТОМАТНИХ МОДЕЛЕЙ

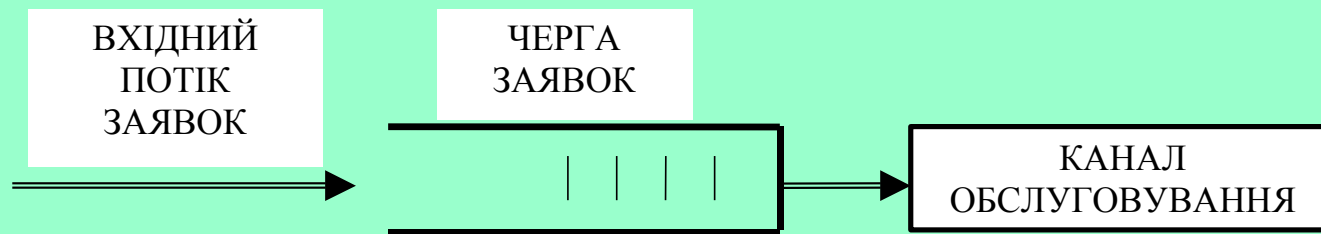
ФОРМУВАННЯ ПОВНОГО ПЕРЕЛІКУ СТАНІВ ТЕСТОВОЇ МОДЕЛІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

№ поз	V1	V2	V3	V4	V5	стан і події	який стан повтор	№ поз	V1	V2	V3	V4	V5	стан і події	який стан повтор
1	2	1	0	0	2	поч.ст.		45	1	0	0	0	1	10П4``	
2	1	1	1	0	1	1П1`		46	1	0	1	1	3	10П5	к.в
3	1	1	1	0	2	1П1``	к.в	47	1	0	1	0	4	10П7	к.в
4	2	0	1	0	2	1П2		48	1	1	1	0	1	11П1	2
5	2	1	0	1	3	1П5		49	2	0	1	0	1	11П2	9
6	2	1	0	0	4	1П7		50	2	1	0	1	3	11П5	5

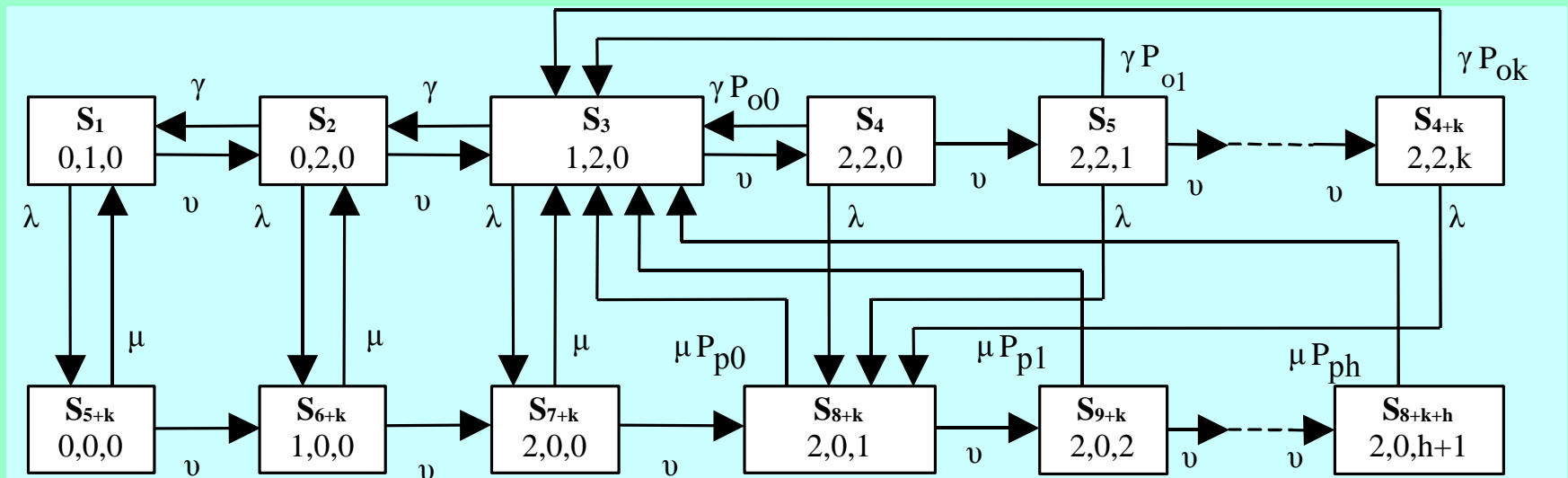
ФОРМУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ ПЕРЕХОДІВ ІЗ СТАНУ В СТАН І ВІДПОВІДНИХ ІНТЕНСИВНОСТЕЙ ПЕРЕХОДІВ

№ поз	Стан що розг.	В який стан перех	Подія, яка зумовлює перехід	Знач. інтенсивності події, яка зумовлює перехід	№ поз	Стан що розг.	В який стан перех	Подія, яка зумовлює перехід	Знач. інтенсивності події, яка зумовлює перехід
1	1	1		-0,0025	43	7	7		-0,7012
2	1	2	П1`	0,0002	44	7	10	П4`	0,2
3	1	4	П2	0,0001	45	7	12	П4``	0,2
4	1	20	П5	0,001	46	7	19	П5	0,3
5	1	25	П7	0,001	47	7	26	П7	0,001

ІЛЮСТРАЦІЇ ДО МЕТОДОЛОГІЇ АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКРЕТНО-НЕПЕРЕРВНИХ СТОХАСТИЧНИХ СИСТЕМ



Система масового обслуговування з обмеженою чергою та одноканальним, однофазним і ненадійним обслуговуванням



Граф станів і переходів, який відображає структуру і поведінку СМО з обмеженою чергою ($m = 2$) та одноканальним, однофазним і ненадійним обслуговуванням

СТРУКТУРНО-АВТОМАТНА МОДЕЛЬ ОДНОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З ОБМЕЖЕНОЮ ЧЕРГОЮ

БАЗОВІ ПОДІЇ	УМОВИ ТА ОБСТАВИНИ	ФРПП	ПМВС
1.0. ПРИХІД ЗАЯВКИ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ	1. $(V1=0) \text{ and } (V2=1) \text{ and } (V3=0)$ 2. $V1 < m \text{ and } ((V2=2) \text{ or } (V2=0)) \text{ and } (V3=0)$ 3. $(V1=m) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3 \leq k-1)$ 4. $(V1=m) \text{ and } (V2=0) \text{ and } (V3 \leq h)$	v v v v	$V2:=2$ $V1:=V1+1$ $V3:=V3+1$ $V3:=V3+1$
2.0. ЗАКІНЧЕННЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАЯВКИ	1. $(V1=0) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3=0)$	γ	$V2:=1$
	2. $((V1 > 0) \text{ and } (V1 < m)) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3=0)$	γ	$V1:=V1-1$
	3. $(V1=m) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3=0)$	γP_{o0}	$V1:=V1-1$
	4. $(V1=m) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3=1)$...	γP_{o1} ...	$V1:=m-1$ $V3:=0$
	4+(k-1). $(V1=m) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3=k)$	γP_{ok}	
3.0. ВТРАТА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КАНАЛУ ОБСЛУГ.	1. $(V1=0) \text{ and } (V2=1) \text{ and } (V3=0)$ 2. $(V1 < m) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3=0)$ 3. $(V1=m) \text{ and } (V2=2) \text{ and } (V3 \leq k)$	λ λ λ	$V2:=0$ $V1:=V1+1; V2:=0$ $V2:=0; V3:=1$
4.0. ЗАКІНЧЕННЯ РЕМОНТУ КАНАЛУ ОБСЛУГОВУВАННЯ	1. $(V1=0) \text{ and } (V2=0) \text{ and } (V3=0)$	μ	$V2:=1$
	2. $((V1 > 0) \text{ and } (V1 \leq m)) \text{ and } (V2=0) \text{ and } (V3=0)$	μ	$V1:=V1-1; V2:=2$
	3. $(V1=m) \text{ and } (V2=0) \text{ and } (V3=1)$...	μP_{p0} ...	$V1:=m-1; V2:=2;$ $V3:=0$
	3+h. $(V1=m) \text{ and } (V2=0) \text{ and } (V3=h+1)$	μP_{ph}	

МЕТОД ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОТОКУ ДЛЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГРАФА СТАНІВ І ПЕРЕХОДІВ З МЕТОЮ ФОРМУВАННЯ АДЕКВАТНИХ МОДЕЛЕЙ ДИСКРЕТНО-НЕПЕРЕРВНИХ СТОХАСТИЧНИХ СИСТЕМ НЕМАРКОВСЬКОГО ТИПУ

12

СУТНІСТЬ МЕТОДУ:

1) У деякий випадковий момент часу t_s відбувається зміна стану системи, яка ініціює початок деякого процесу A . Тривалість цього процесу τ_A має відомий, але неекспоненційний розподіл, який не залежить від t_s

Позначимо функцію розподілу для часових інтервалів τ_A як $F_A(\tau_A)$, густину розподілу як $f_A(\tau_A)$. Відповідно інтенсивність потоку подій закінчення перебігу процесу A визначатиметься за формулою:

$$\lambda_A(\tau_A) = \frac{f_A(\tau_A)}{1 - F_A(\tau_A)} .$$

2) Під час аналізу стохастичної системи нас цікавить не тривалість процесу, а його перебіг (розпочався, перебігає, закінчився) у задані моменти часу. Для цих моментів відлік часу ведеться від початку функціонування стохастичної системи. Випадковий момент часу t_e закінчення процесу A є сумою двох незалежних випадкових складових: $t_e = t_s + \tau_A$. Отже, функція розподілу випадкової величини t_e

$$F_e(t_e) = \int_0^{t_e} F_A(t_e - t_s) dF_s, \text{ де } F_s(t_s) \text{ — функція розподілу випадкової величини } t_s.$$

3) Використовуючи $F_e(t_e)$, можна визначити густину розподілу $f_e(t_e)$ випадкової величини t_e та інтенсивність $\lambda_e(t_e)$:

$$f_e(t_e) = \frac{dF_e(t)}{dt_e} \qquad \lambda_e(t_e) = \frac{f_e(t_e)}{1 - F_e(t_e)} .$$

Сутність цього методу полягає в апроксимації заданого немарковського процесу неоднорідним марковським процесом, для якого параметр $\lambda_e(t_e)$ отримує зміст еквівалентної інтенсивності переходів, які відповідають закінченню процесу A .

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОТОКУ

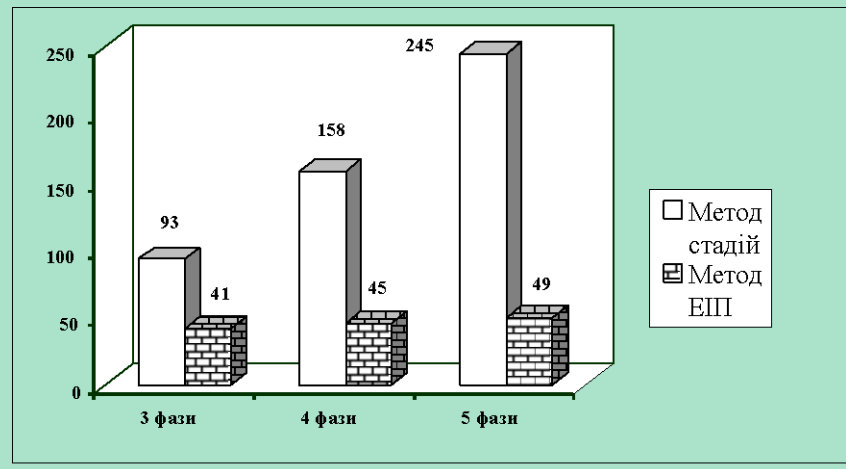
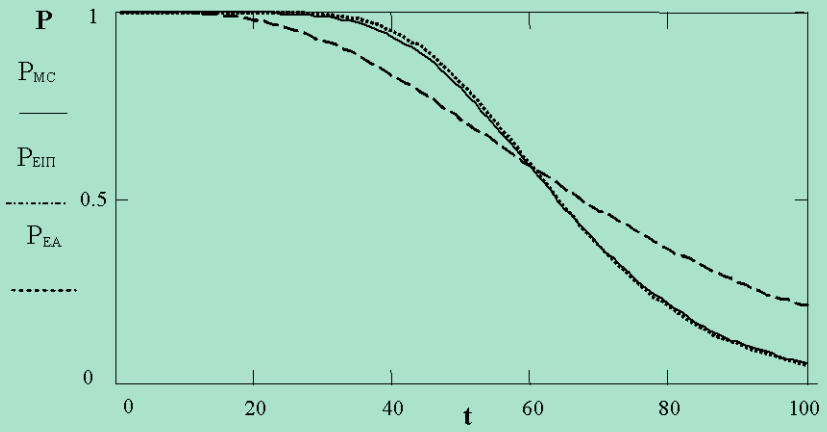


Рис. 1. Часова залежність ймовірності безвідмовної роботи відмовостійкої системи, розрахованої методами: ФЕ, ЕІП та ЕА

Рис. 2. Залежність порядку системи рівнянь від кількості фаз РН-розподілу

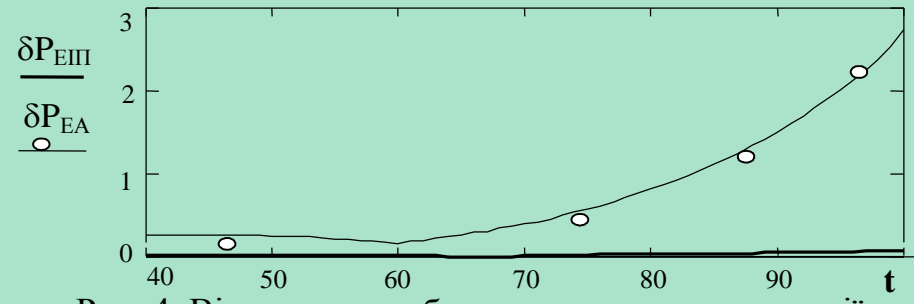
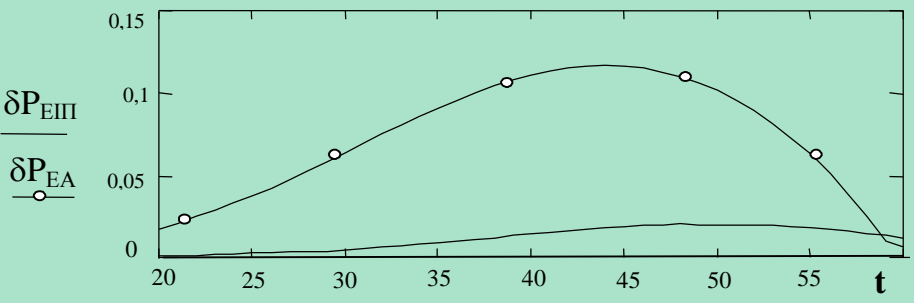


Рис. 3. Відносна похиб. мет. експон. апроксимації та еквівалентної інтенсивності потоку при $t < T_{сер}$

Рис. 4. Відносна похиб. мет. експон. апроксимації та еквівалентної інтенсивності потоку при $t > T_{сер}$

КОНЦЕПЦІЯ МЕТОДОЛОГІЇ АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПОВЕДІНКИ ДИСКРЕТНО-НЕПЕРЕРВНИХ СТОХАСТИЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ЇХ БЛОК-СХЕМ

14

Встановлення відповідності об'єкта проектування дискретно-неперервній стохастичній системі

Представлення алгоритму поведінки об'єкта проектування блок-схемою.
Формування еквівалентної блок-схеми алгоритму

Формалізоване представлення структури та алгоритму поведінки
об'єкта проектування у вигляді структурно-автоматної моделі

Верифікація структурно-автоматної моделі

Побудова моделі структури та алгоритму поведінки
у вигляді графа станів і переходів

Побудова логіко-ймовірнісної моделі структури та алгоритму
поведінки об'єкта проектування

Формування моделі об'єкта проектування у вигляді системи
диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена

Визначення показників ефективності
об'єкта проектування

Визначення показників ефективності об'єкта проект.

Порівняння результатів

МЕТОД РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ДИСКРЕТНО- 15 НЕПЕРЕРВНИХ СТОХАСТИЧНИХ СИСТЕМ У ВИГЛЯДІ ГРАФА СТАНІВ ТА ПЕРЕХОДІВ НА ОСНОВІ БЛОК-СХЕМ ЇХ АЛГОРИТМІВ ПОВЕДІНКИ

1. Формування вектора станів.

Ілюстрація опису компонент вектора станів стохастичної системи

№ ком-поненти	Зміст компоненти ВС	Умовне позначення	Тип компоненти
1	Номер операційного блока еквівалентного алгоритму поведінки	N	Змінна цілого типу
2	Система, яка є джерелом інформації в конкретній ситуації	AD	Те саме
3	Кількість повторних циклів звернення до зовнішнього джерела інформації	AKP	Матриця-рядок з 4-х елементів, кожен з яких є змінною цілого

2. Формування множини формальних параметрів.

3. Формування множини базових подій: Множина базових подій містить лише одну базову подію — “закінчення виконання операційного блока” еквівалентного алгоритму поведінки.

4. Формування множини умов та обставин: доцільно зображувати: номер операційного блока еквівалентного алгоритму поведінки, який виконується, і за потребою (залежно від умов застосування стохастичної системи) поєднані з ним операцією логічного множення значення відповідної компоненти (або кількох компонент) вектора станів, що відображають параметри окремих систем, які при виконанні цього блока приймають граничні значення.

МЕТОД ПОБУДОВИ ЛОГІКО-ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ АЛГОРИТМУ ПОВЕДІНКИ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСУ ПРЕДСТАВЛЕНОГО ЙОГО БЛОК-СХЕМОЮ

Побудова логіко-ймовірнісної моделі, як і марковської моделі, здійснюється на основі розробленої структурно-автоматної моделі за наступними правилами:

1. Логіко-ймовірнісна модель будується у вигляді послідовності процедур. Кількість процедур повинна відповідати кількості умов та обставин в структурно-автоматній моделі. Кожному рядку УМОВА-ФРІП-ФРІАП-ПМВС відповідає одна процедура логіко-ймовірнісної моделі. Процедура складається з перевірок і власне процедури.

2. На початку кожної процедури здійснюється дві обов'язкові перевірки.

а) Перевіряється чи довжина шляху не перевищила максимальну: $L < L_{\max}$.

Якщо результат позитивний, то здійснюється наступна перевірка, якщо - ні, то перехід до наступної процедури.

б) Перевіряється чи величина ймовірності проходження шляху не стала меншою мінімальної ймовірності існування шляху: $P(L) > P_{\text{Tr_min}}$.

Якщо результат перевірки позитивний, то здійснюється виконання чергової процедури. Якщо - негативний, то виконання процедур закінчується.

3. У випадку, коли між двома операційними блоками немає блоку порівняння (в САМ відсутній альтернативний перехід) і модифікації параметрів РЕС не відбувається, а змінюється тільки номер операційного блоку, то процедура формується з виразів i та номера блоку куди здійснюється перехід у вигляді:

$$T(L+1)=T(L+1)+T(BN) \qquad DT(L+1)=DT(L+1)+DT(BN) \qquad P(L+1)=P(L)*1$$

перейти на блок М,

де $P(L+1)$, $T(L+1)$, $DT(L+1)$ - поточні значення накопичених за виразами i ймовірності існування, середнього значення та дисперсії часу проходження даного шляху в алгоритмі поведінки;

$T(BN)$ - середній час виконання N -го операційного блоку алгоритму поведінки;

M - номер операційного блоку до якого здійснюється перехід.

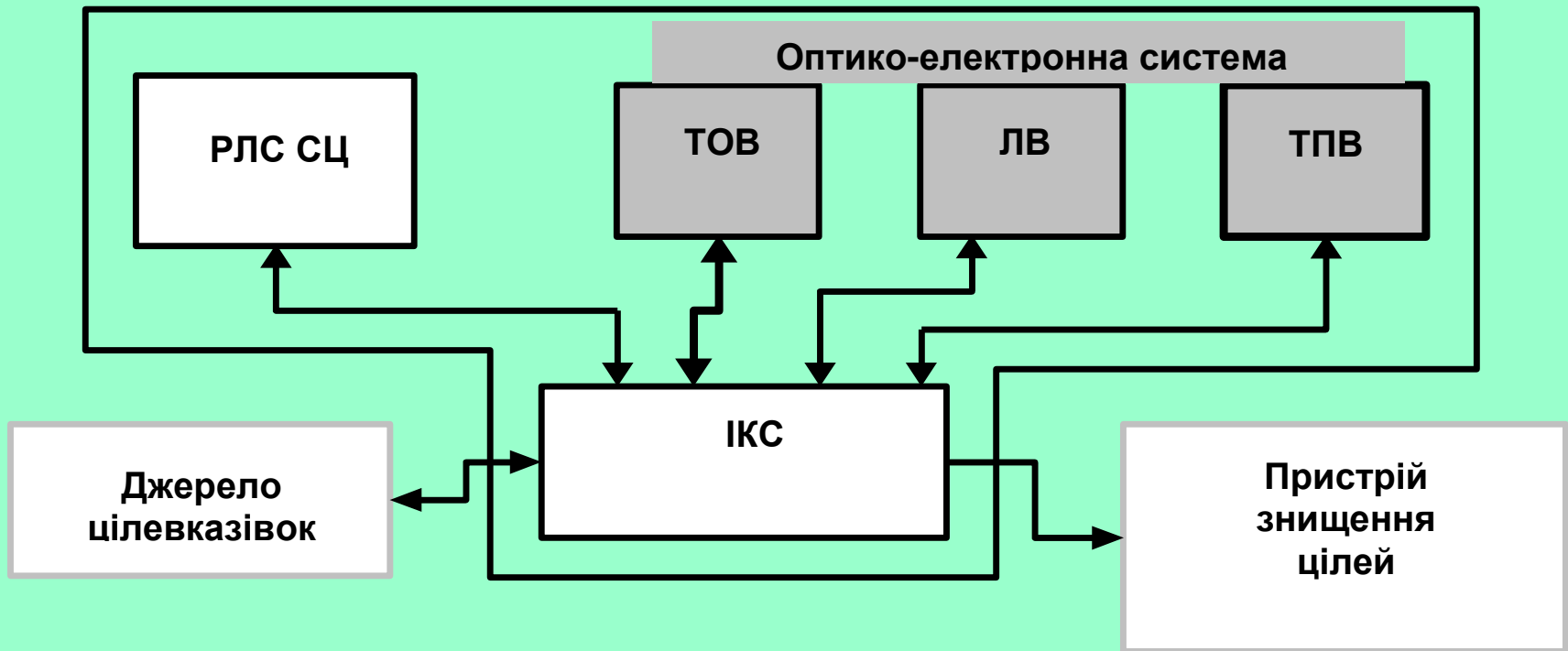
4. Якщо між операційними блоками є блок порівняння, то вираз $P(L+1)=P(L)*1$ приймає вигляд: $P(L+1)=P(L)*P_{n,m}$, де $P_{n,m}$ - ймовірність альтернативного переходу з блоку m в блок n .

5. Якщо після виконання операційного блоку необхідно здійснити вибір однієї з радіоелектронних систем для виконання завдання у відповідності до конкретних умов застосування радіоелектронного комплексу (див. підрозділ 3.2), вираз $P(L+1)=P(L)*1$ приймає вигляд: $P(L+1)=P(L)*P_{n,d}$.

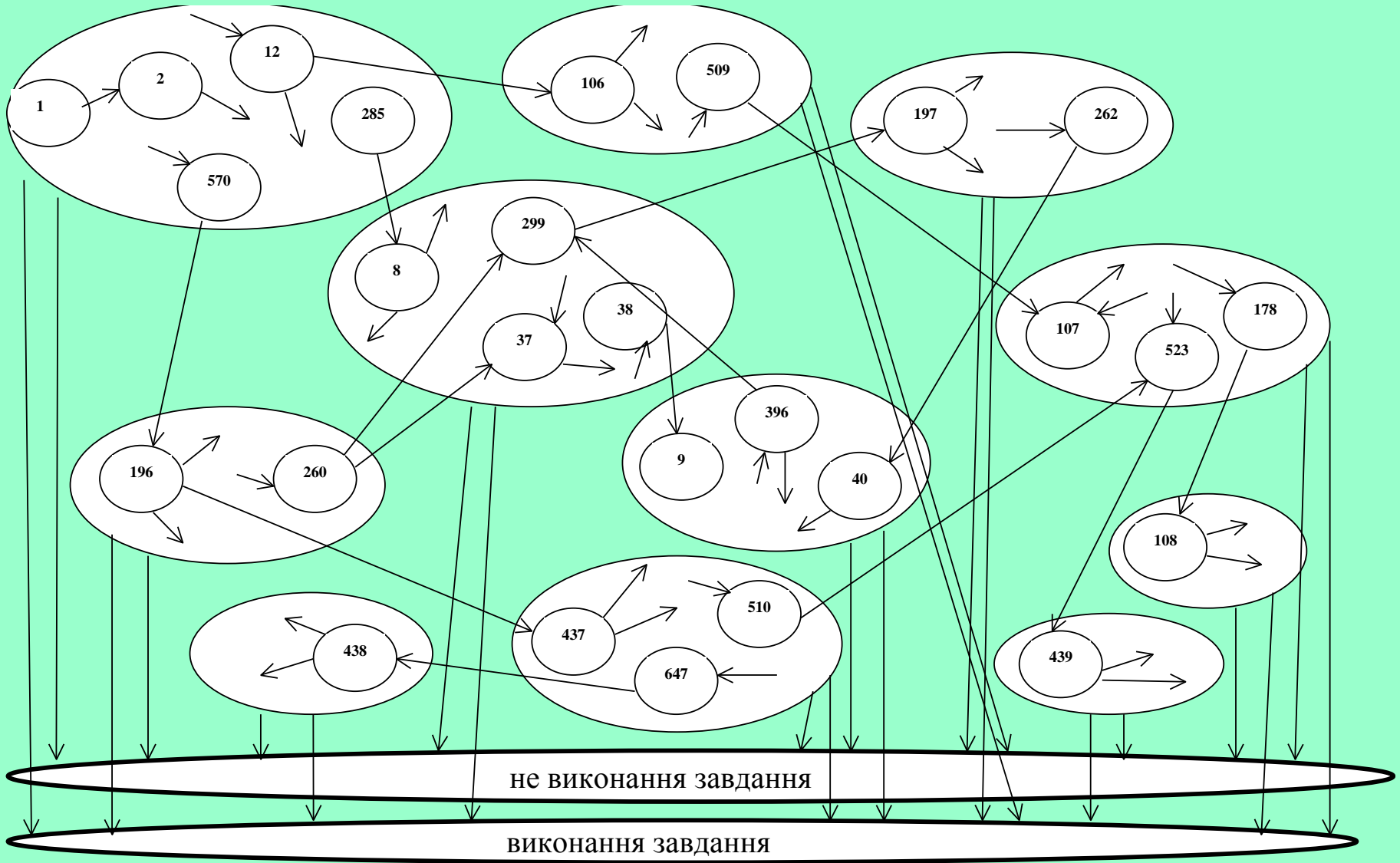
6. Для проходження всіх шляхів необхідно запам'ятати місця розгалужень алгоритму поведінки і значення $P(L)$ в місцях розгалужень.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ 18 ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЦІЛЬНОГО РАДІОЕЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСУ ІЗ ЗАДАНИМ АЛГОРИТМОМ ПОШУКУ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ З ВРАХУВАННЯМ НЕНАДІЙНОСТІ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ

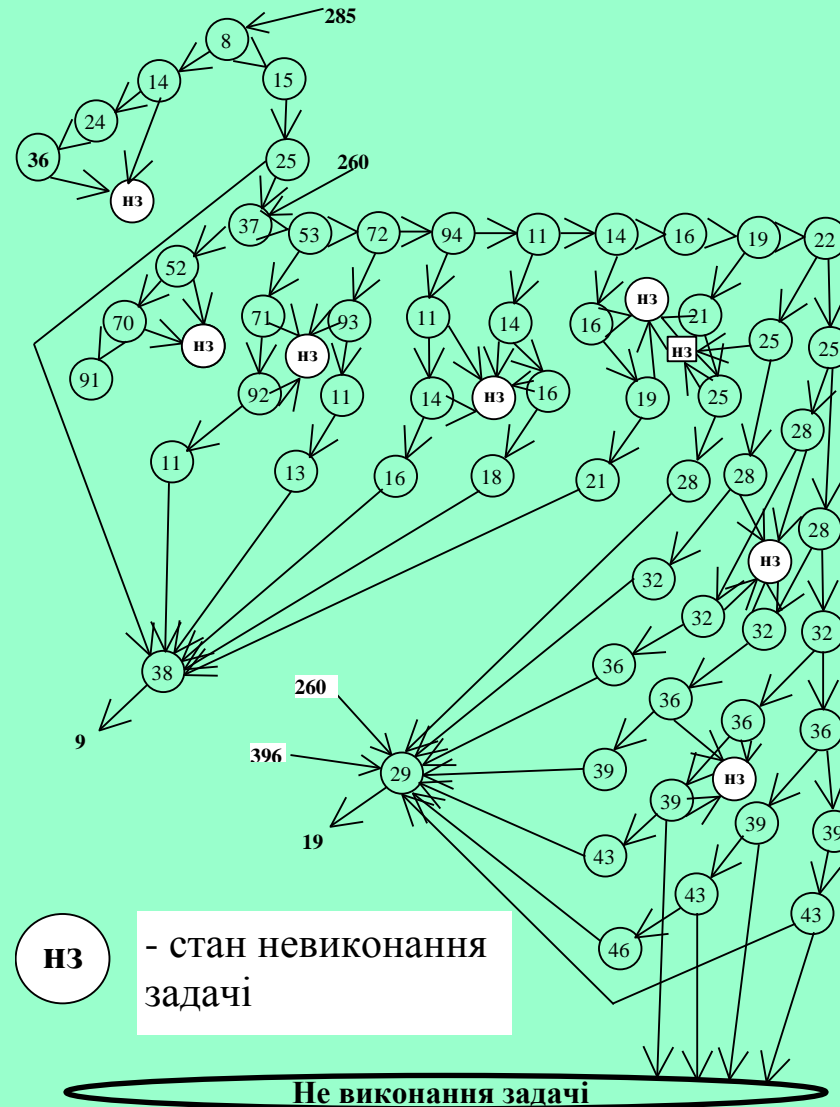
Структурна схема прицільного радіоелектронного комплексу



Модель прицільного РЕК "Афаліна" у вигляді укрупненого графа станів і переходів



Модель прицільного РЕК: деталізований фрагмент укрупненого графа станів і переходів



ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЦІЛЬНОГО РАДІОЕЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСУ ТА ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНОЇ МОДЕЛІ

Параметри радіоелектронних систем прицільного РЕК

РЕС	Кількість порогів виявлення	Кількість точок захоплення цілі	Кількість циклів повторного звернення до ЦВ	Кількість зон виявлення
РЛС СЦ	7	6	2	2
ТОВ	7	6	1	1
ТПВ	5	6	1	1

Задача дослідження № 1:

Варіанти досліджень ефективності прицільного РЕК з врахуванням кваліфікації оператора

№ варіанта	Кількість захоплюваних цілей для РЛС СЦ, ТОВ, ТПВ	Час захоплення оператором заданої кількості цілей для РЛС СЦ, ТОВ, ТПВ, в секундах	Позначення характеристик на рис. 1 і 2
1	3; 3; 3	4; 4; 4 (кваліфікація висока)	p_1, P_1
2	3; 3; 3	8; 8; 8 (кваліфікація низька)	p_2, P_2
3	4; 4; 4	4; 4; 4 (кваліфікація висока)	p_3, P_3
4	4; 4; 4	8; 8; 8 (кваліфікація низька)	p_4, P_4
5	5; 5; 5	4; 4; 4 (кваліфікація висока)	p_5, P_5
6	5; 5; 5	8; 8; 8 (кваліфікація низька)	p_6, P_6

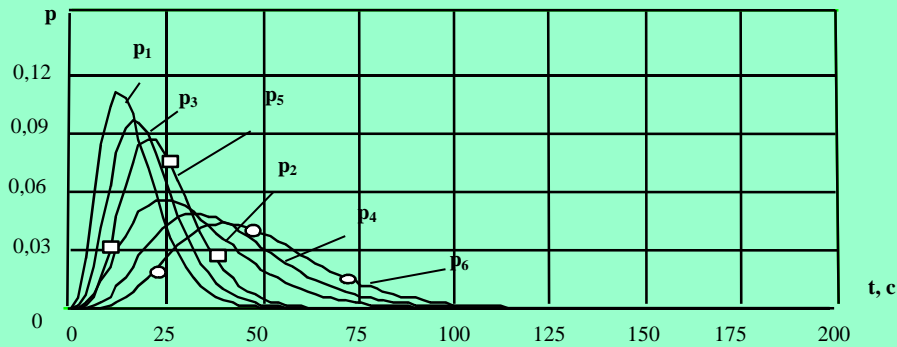


Рис. 1. Диференціальні (p_i) характеристики закону розподілу для часу виконання завдання прицільним РЕК

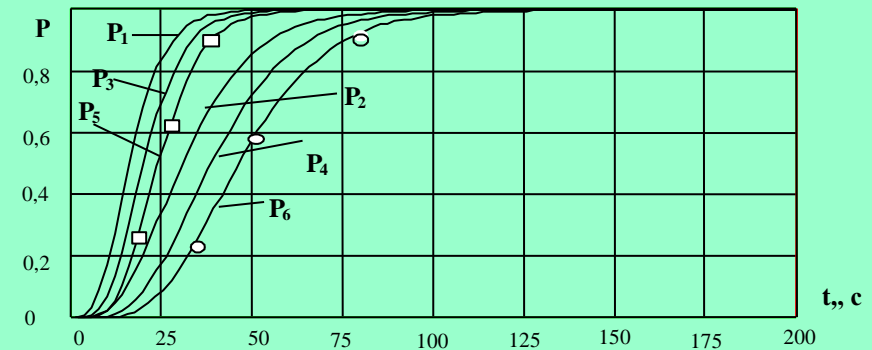


Рис. 2. Інтегральні (P_i) характеристики закону розподілу для часу виконання завдання прицільним РЕК

Ймовірності та середні значення часу виконання завдання

№ варіанта	1	2	3	4	5	6
P_{B3}	0,994014	0,994014	0,99302	0,99302	0,992025	0,992027
T_{B3}, c	18,397207	34,397196	22,397204	42,397151	26,397204	50,396939

Задача дослідження № 2:

Дослідження залежності ймовірності і часу виконання завдання від ймовірності того, що похибка подання цілевказівки більша $1,5^0$

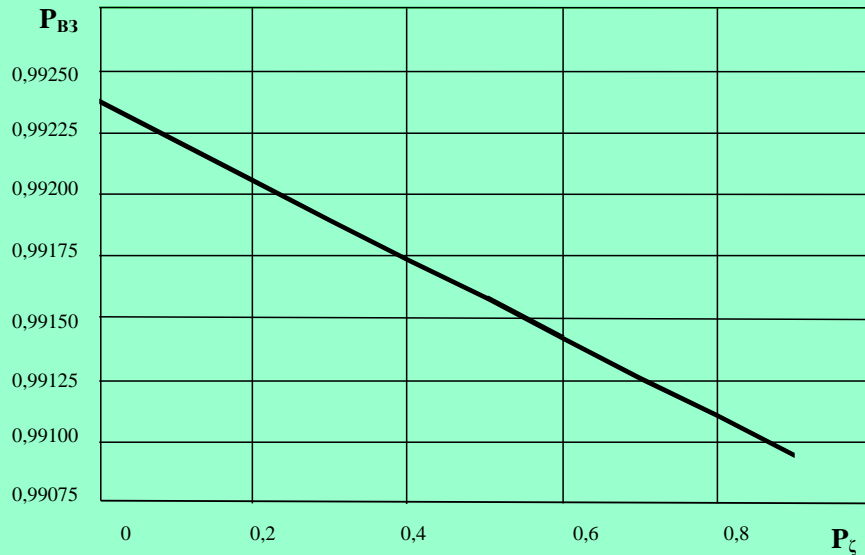


Рис. 3. Залежність ймовірності виконання завдання прицільним РЕК від ймовірності того, що похибка подання ЦВ $\xi > 1,5\epsilon$

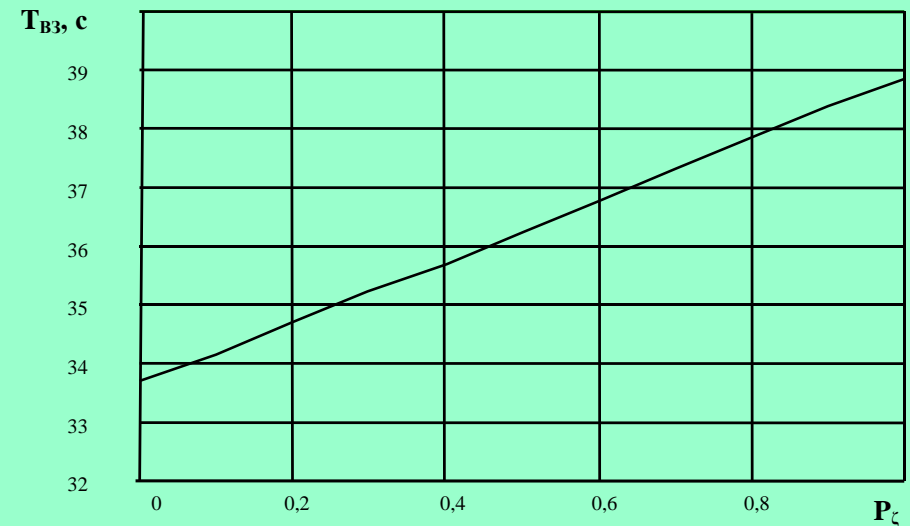


Рис. 4. Залежність часу виконання завдання прицільним РЕК від ймовірності того, що похибка подання ЦВ $\xi > 1,5\epsilon$

Задача дослідження № 3:

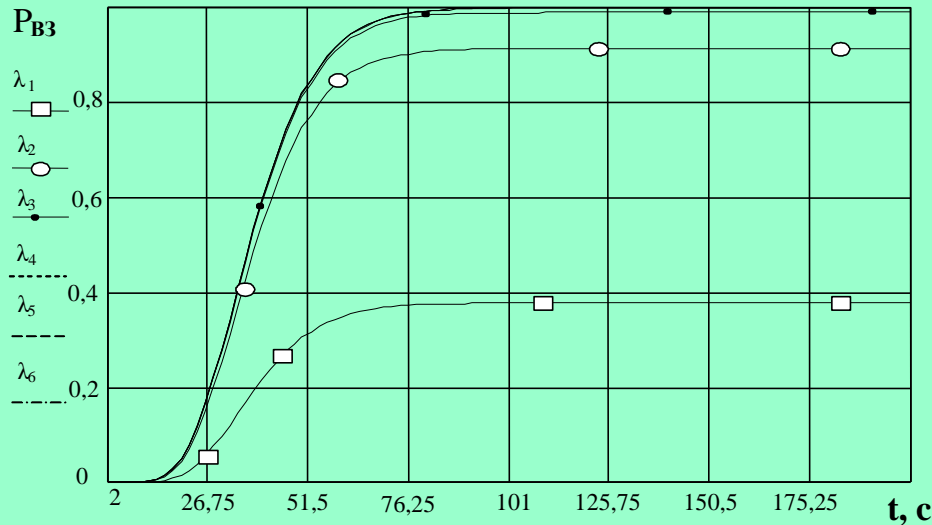


Рис. 5. Залежність ймовірності виконання завдання прицільним РЕК за час t при різних значеннях апаратної надійності РЕС

Задача дослідження № 4:

24

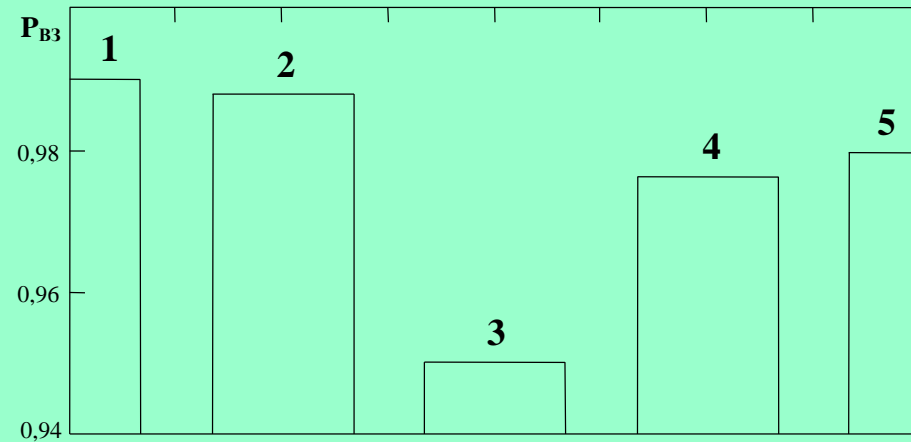


Рис. 6. Залежність ймовірності виконання завдання прицільним РЕК від вибору типу РЕС в якості основного джерела інформації

Результати досліджень за допомогою логіко-ймовірнісної моделі

Показники ефективності РЕК	P_{B3}	T_{B3} , с
Задача дослідження № 1		
3 варіант в таблиці 3.6	0.993020	21,631
Задача дослідження № 3		
Ймовірності появи несправностей в системах комплексу зменшені в 2 рази	0.996505	19,422
Ймовірності появи несправностей в системах комплексу збільшені в 2 рази	0.986079	22,837

РОЗРОБКА МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ 25 ЗАДАЧ НАДІЙНІСНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ КОМПЛЕКСІВ

МЕТОД ЛОГІКО-ЙМОВІРНІСНОГО ТРАЄКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ НАДІЙНІСНОГО АНАЛІЗУ СІТКОВИХ СТРУКТУР

В основу методу логіко-ймовірнісного траєкторного моделювання покладено відому теорему математичної логіки про розклад функції логіки по будь-якому аргументу [5-19, с.20]. Стосовно до задач надійнісного аналізу цю теорему можна сформулювати наступним чином [5-18, с.99]: ймовірність того, що система перебуває в працездатному стані визначається за таким виразом

$$h(p) = p_i \cdot M\Phi(X_i, x_i = 1) + q_i \cdot M\Phi(X_i, x_i = 0), \quad (5.11)$$

де $M\Phi(X_i, x_i = 1)$ - ймовірність того, що система перебуває в працездатному стані при умові, що i -й елемент є в працездатному стані;

$M\Phi(X_i, x_i = 0)$ - ймовірність того, що система перебуває в працездатному стані при умові, що i -й елемент є непрацездатним;

$X_i = (x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n)$ – вектор, що має $(n-1)$ компоненту, у якого відсутня i -а компонента; характеризує стан системи;

$\Phi(X)$ – структурна функція системи ($\Phi(X) = 1$, якщо в стані X система є працездатною і $\Phi(X) = 0$, якщо в стані X система є непрацездатною); ймовірність того, що система перебуває в працездатному стані визначається як математичне очікування структурної функції, тобто $h = M\Phi(X)$;

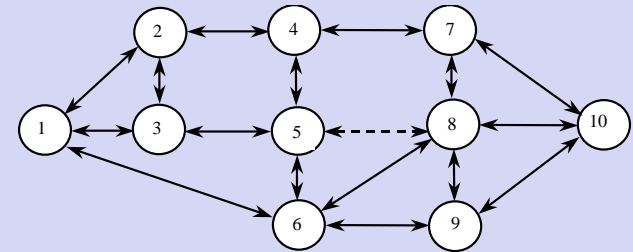
p_i – ймовірність того, що i -й елемент перебуває в працездатному стані;

q_i - ймовірність того, що i -й елемент є непрацездатним.

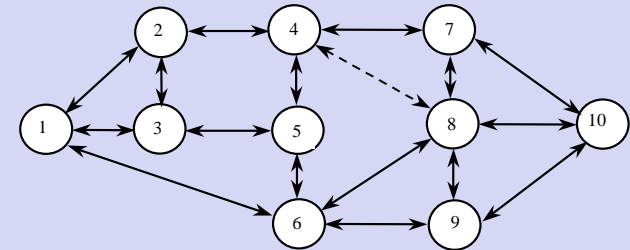
ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ ЛОГІКО-ЙМОВІРНІСНОГО ТРАЄКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ НАДІЙНІСНОГО АНАЛІЗУ СІТКОВИХ СТРУКТУР

Порівняльна оцінка ефективності методу логіко ймовірнісного траєкторного моделювання проведена з використанням доцільних з практичної точки зору сіткових структур з різними параметрами (кількість гілок, кількість вузлів, коефіцієнт зв'язності). Порівняння проводилося з кращими методами, виявленими в доступних інформаційних джерелах, а саме метод розкладу відносно ключового елемента [1-38] та кореляційний метод [1-62]. Кожний метод був реалізований програмно, тобто процес розрахунку було автоматизовано. Для кожної досліджуваної сіткової структури програми фіксували кількість гілок родового дерева, максимальну кількість ймовірнісних пакетів, залежність часу роботи ЕОМ від кількості шляхів (маршрутів), залежність кількості операцій додавання, віднімання, множення, перевірки, присвоєння від кількості шляхів.

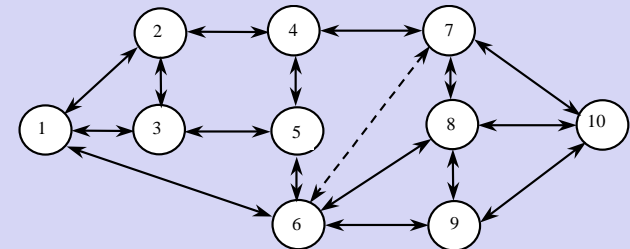
Модель структури
інформаційної мережі
ІМ02-1 (між 1 і 10
вузлами 77 маршрутів)



Модель структури
інформаційної мережі
ІМ02-2



Модель структури
інформаційної мережі
ІМ02-3



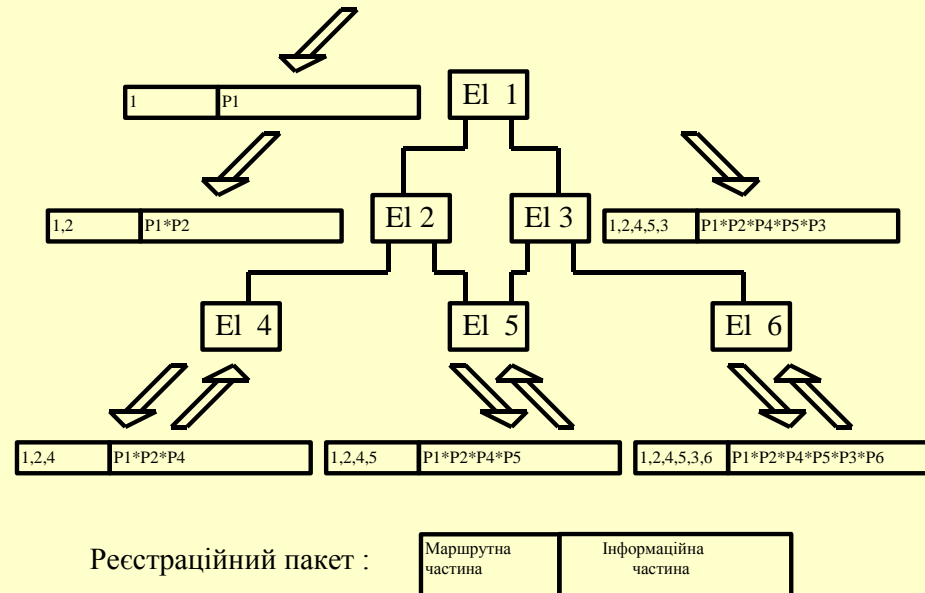
Параметри методів при розрахунку ймовірності парної зв'язності для інформаційної мережі ІМ02

Структура	Метод	Додавання (тис.оп.)	Віднімання (тис.оп.)	Множення (тис.оп.)	Перевірка (тис.оп.)	Присвоєння (тис.оп.)	Час (с)
ІМ02-1	ЛІТМ	20	74	14	676	445	0.28
	РВКЕ	1578	422	159	6321	664	3.73
	К	8208	66347	91	18796	4671	11.4
ІМ02-2	ЛІТМ	20	74	14	676	445	0.28
	РВКЕ	1802	474	183	7221	736	3.36
	К	9718	69	94	22456	5533	7.31
ІМ02-3	ЛІТМ	19	63	12	576	383	0.22
	РВКЕ	2009	524	198	8089	808	3.68
	КМ	14679	78	106	33606	8613	11.4

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЛОГІКО-ЙМОВІРНІСНОГО ТРАЄКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ НАДІЙНІСНОГО АНАЛІЗУ НЕСИМЕТРИЧНИХ ІЄРАРХІЧНИХ СТРУКТУР СКЛАДНОГО ПІДПОРЯДКУВАННЯ

Основною характеристикою ефективності РЕК з ієрархічною структурою вважається розподіл ймовірностей доступності з вершинного елемента ієрархічної структури певної кількості елементів найнижчого рівня. Для розрахунку цієї характеристики в кожний момент часу формується математична модель, яка являє собою множину реєстраційних пакетів. Реєстраційний пакет - це гіпотетичний інформаційний об'єкт, який "рухається" по структурі за певними правилами, збираючи ймовірнісну інформацію про стан всіх елементів структури, що зустрічаються на його шляху (рис. 5.22). В кожному пройденому елементі пакет утворює стільки собі подібних пакетів, у скількох станах може перебувати даний елемент. Реєстраційний пакет складається з маршрутної і інформаційної частин.

Ілюстрація процедури аналізу ієрархічної структури методом логіко-ймовірнісного траєкторного моделювання: приклад проходження першого реєстраційного пакета



МЕТОД НАДІЙНІСНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРИ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

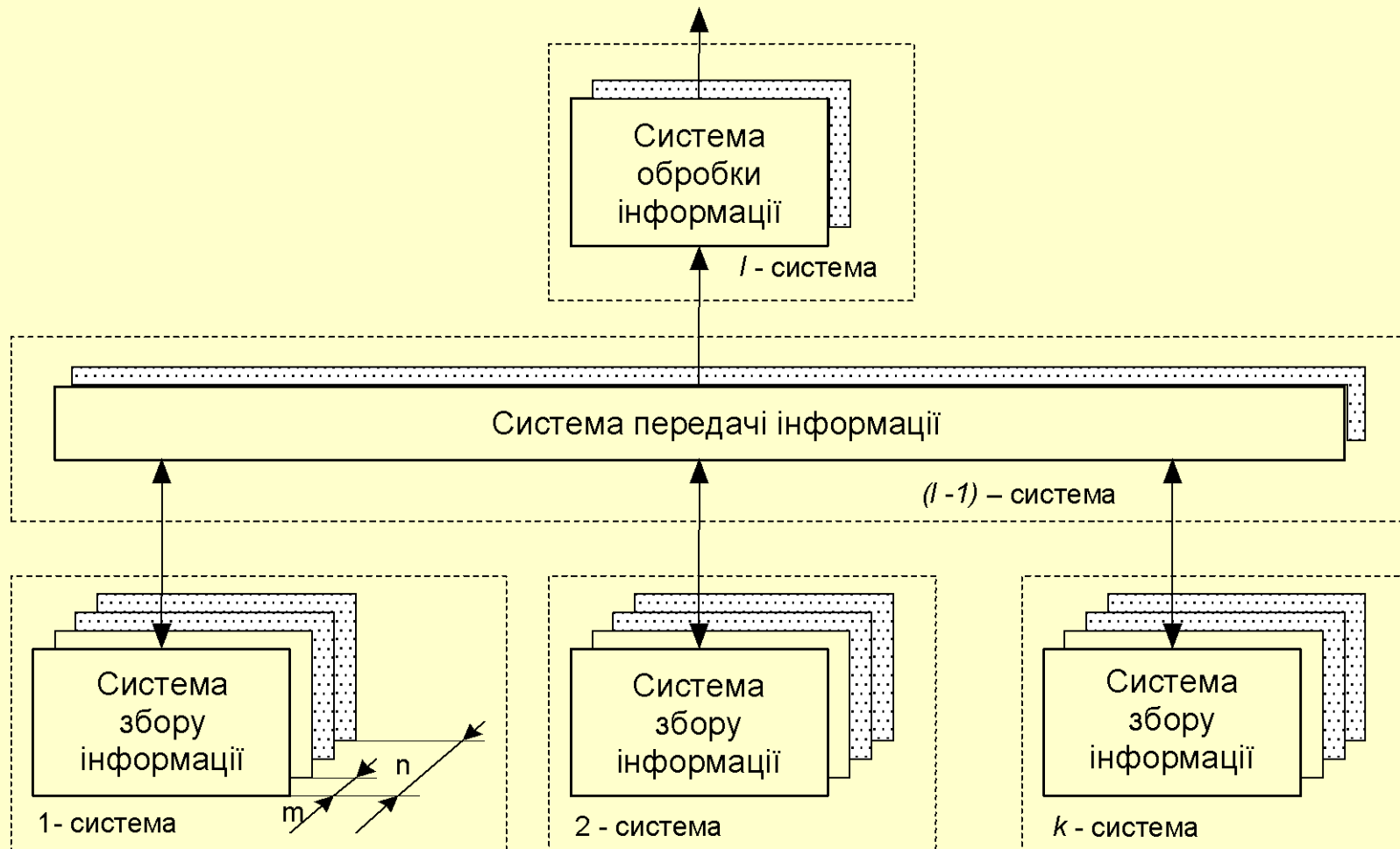


Рис. 5.23. Структурна схема комплексу збору, обробки та передавання інформації з апаратною надлишковістю

НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Наш метод розробки моделі об'єкта проектування (дослідження) у вигляді дискретно-неперервних стохастичних систем дозволив вирішувати задачі підвищення ступеня адекватності в порівнянні з існуючими моделями. Тим самим підняти точність одержуваних показників ефективності та надійності і розширити можливості розв'язання задач аналізу, синтезу та оптимізації.

Розробка моделей відмовостійких джерел безперебійного електроживлення.

Розробка моделей стратегій технічного обслуговування і аварійного відновлення радіоелектронних систем регіональних радіоелектронних комплексів.

Розробка моделей відмовостійких систем з складними мажоритарними структурами.

Розробка моделей відмовостійких програмно-апаратних систем.

НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Запропоноване формалізоване представлення об'єкта проектування (дослідження) (структурно-автоматна модель) дозволило:

- 1) Поставити і вирішити задачу автоматизованої трансформації графа станів та переходів для використання закону розподілу Ерланга в дискретно-неперервних стохастичних системах.
- 2) Поставити задачу автоматизованої побудови дерева відмов.

Продовжуються роботи по:

- 1) Удосконаленню методу розробки моделі об'єкта проектування на основі блок-схеми алгоритму його поведінки у вигляді дискретно-неперервної стохастичної системи.
- 2) Удосконаленню методу розробки логіко-ймовірнісної моделі об'єкта проектування на основі блок-схеми алгоритму його поведінки.