

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА АВТОМАТИКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ: «МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
172 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА
ОСВІТНЬОГО СТУПНЯ «МАГІСТР»

Покровськ
2019

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання та оптимізація систем та мереж телекомунікацій» (для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка освітнього ступеня «магістр») / уклад. В.В. Поцєпаєв, Д.О. Жуковська. – Покровськ : ДонНТУ, 2019. – 64 с.

Методичні вказівки складені відповідно до робочих програм, розроблених для навчальних планів підготовки інженера в галузі електроніки та телекомунікацій. Розглядаються сучасні математичні методи розв'язання задач за допомогою моделювання та оптимізація різних систем та чисельних методів і алгоритмів їх реалізації на ЕОМ, формування умінь виконувати постановку, алгоритмізацію та розв'язок основних типів задач оптимізації; формування умінь використовувати сучасні пакети прикладних програм (MATLAB, Pipe, OpNet) при виконанні практичних завдань; уміння застосовувати набуті знання у професійній діяльності. Методичні вказівки націлені на виконання навчально-дослідних робіт студентів під час лабораторного практикуму.

Укладачі: _____ Поцєпаєв В.В., к.т.н., доц., доц. каф. автоматики та
(підпис) телекомунікацій
_____ Жуковська Д.О., ст. викл. каф. автоматики та телекомунікацій
(підпис)

Рецензент: _____ Лактіонов І.С. к.т.н., доц. каф. електронної техніки
(підпис)

Відповідальний за випуск: _____ Поцєпаєв В.В., к.т.н., доц., завідувач
кафедри автоматики та телекомунікацій

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № 7 від 26.02.2019 р.

Розглянуто на засіданні кафедри автоматики та телекомунікацій,
протокол № 5 від 29.01.2019р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. Лабораторна робота № 1 Математичне моделювання складних систем	5
2. Лабораторна робота № 2 Моделювання динамічних систем	12
3. Лабораторна робота № 3 Моделювання паралельних процесів. Мережі Петрі	19
4. Лабораторна робота № 4 WAVELET – перетворення.....	22
5. Лабораторна робота № 5 Моделювання систем з використанням типових математичних схем та автоматизованих програм	39
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	56
ДОДАТОК А ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №3.....	57

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Моделювання та оптимізація систем та мереж телекомунікацій» вивчення сучасних математичних методів розв'язання задач за допомогою моделювання та оптимізація різних систем та чисельних методів і алгоритмів їх реалізації на ЕОМ.

Завдання: отримання знань щодо принципів побудови методів розв'язання основних типів задач оптимізації; формування умінь виконувати постановку, алгоритмізацію та розв'язок основних типів задач оптимізації; формування умінь використовувати сучасні пакети прикладних програм (MATLAB, Pipe, OpNet) при виконанні практичних завдань; виховання уміння застосовувати набуті знання у професійній діяльності.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: сучасний стан наукової дисципліни, формування задач оптимізації та методи їх розв'язування, методи дослідження динамічних систем з використанням цифрових моделей, загальні принципи роботи вейвлетів, моделі телекомунікаційних мереж, способи побудови мереж за заданими критеріями оптимізації, визначення наборів характеристик і параметрів проєктованих мереж, їх аналіз, оптимізація та налаштування;

вміти: застосовувати набуті знання для вирішення практичних завдань; виконувати постановку, алгоритмізацію та розв'язок основних типів задач моделювання, оптимізації та використовувати сучасні пакети прикладних програм при виконанні практичних завдань.

У процесі вивчення навчальної дисципліни «Моделювання та оптимізація систем та мереж телекомунікацій» студенти виконують лабораторні роботи. Звіт до лабораторних робіт студенти оформляють на окремих аркушах форматом А4 відповідно до змісту і він повинен містити такі розділи:

- титульна сторінка;
- тема та мета роботи;
- постановка завдання;
- опис усіх етапів виконання роботи;
- висновки за результатами роботи.

Кожна лабораторна робота, що виконана і захищена за графіком, встановленим робочою програмою курсу, оцінюється за критерієм оцінювання знань за 100-бальною шкалою.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Мета роботи: побудувати модель каналу зв'язку в середовищі Simulink; отримати навички побудови і використання моделей в пакеті Simulink для дослідження систем.

Устаткування, комплектуючі та програмне забезпечення персональний комп'ютер, MATLAB, Simulink.

Завдання:

1. В лабораторній роботі необхідно створити модель каналу зв'язку. На рис. 1.1 представлена загальна структурна схема каналу зв'язку. У загальному випадку повідомлення, передане від джерела (Д) одержувачу (О) проходить ряд послідовних перетворень: кодування і модуляцію на передавальній стороні, і демодуляцію і декодування на приймальній стороні, відповідно. При проходженні через лінію зв'язку сигнал спотворюється під впливом перешкод і фізичних особливостей поширення.

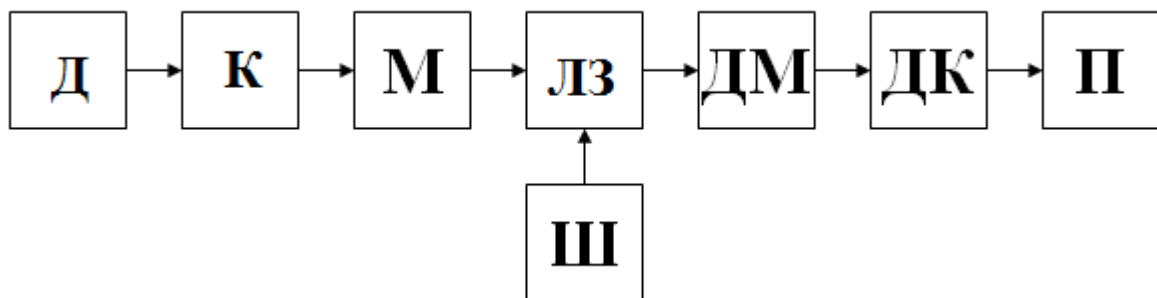


Рисунок 1.1 – Структурна схема каналу зв'язку (Д – джерело повідомлення, П – приймач повідомлення, К – кодер, ДК – декодер, М – модулятор, ДМ – демодулятор, ЛЗ – лінія зв'язку, Ш – адитивний білий Гаусів шум)

2. На рис. 1.2 представлена схема моделі каналу зв'язку, призначеного для передачі цифрових сигналів. Сигнал, що надходить від джерела, кодується кодом БЧХ (15, 5) і піддається модуляції КАМ-16. На вхід кодера подається вектор двійкових чисел, що складається з 5 елементів, з виходу знімається вектор розмірністю 15. Перед тим, як вступити на вхід модулятора розмірність вектора за допомогою буферів зменшується до 4, тим самим забезпечується вибір одного з 16 станів на виході модулятора. При цьому змінюється частота проходження відліків.

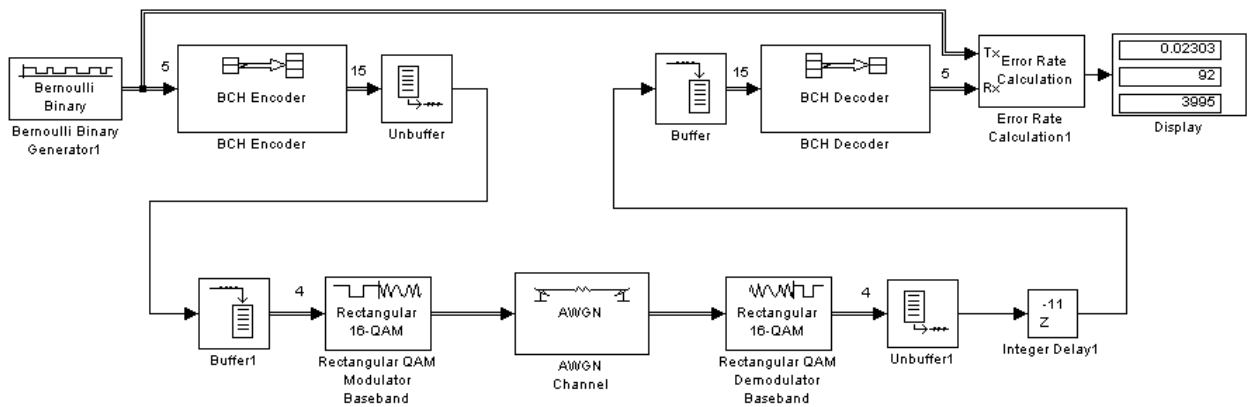


Рисунок 1.2 – Схема моделі каналу зв'язку

Приймач побудований аналогічним чином. Однак, слід врахувати, що демодулятор вносить затримку, рівну 4 відлікам, в результаті чого перші чотири біта послідовності, що надходить на вхід кодера в початковий момент часу, рівні 0. Тому необхідно затримати подачу сигналу з виходу демодулятора до початку наступного циклу роботи кодера, тобто на $15 - 4 = 11$ відліків. При цьому затримка в блоці порівняння з еталонним сигналом також збільшиться. Величина затримки може бути виміряна за допомогою блоків Align Signals або Find Delay, що знаходяться на вкладці Utility Blocks набору Communications Blockset.

3. Згідно з завданням (див. табл. 1.1) створіть модель телекомунікаційної системи. Отримайте залежності ймовірностей помилок на виході демодулятора і декодера від відношення сигнал-шум в лінії зв'язку. Отримайте діаграму множини символів в лінії зв'язку. Поясніть принцип роботи системи і зробіть висновки.

Таблиця 1.1 – Варіанти завдань до лабораторної роботи

№ п/п	Кодування	Модуляція
1	Код БЧХ. Кількість інформаційних біт $k = 45$; Кількість помилок, що виправляються $t = 3$.	KAM-256
2	Циклічний (7, 4)-код	BPSK
3	Код Хеммінга. Кількість інформаційних біт $k = 11$.	
4	Код БЧХ. Кількість інформаційних біт $k = 36$; Кількість помилок, що виправляються $t = 15$.	QPSK
5	Код Ріда-Соломона (7, 4)	M-FSK
6	Код Хеммінга. Кількість інформаційних біт $k = 4$.	KAM-64
7	Код БЧХ. Кількість інформаційних біт $k = 7$; Кількість помилок, що виправляються $t = 2$.	MSK
8	Згорткове кодування	BPSK
9	Циклічний (127, 90)-код	M-FSK

Продовження таблиці 1.1

№ п/п	Кодування	Модуляція
10	Код Ріда-Соломона (63, 57)	KAM-128
11	Код БЧХ. Кількість інформаційних біт $k = 29$; Кількість помилок, що виправляються $t = 21$.	QPSK
12	Циклічний (63,45)-код	MSK
13	Згорткове кодування	KAM-64
14	Код Хеммінга. Кількість інформаційних біт $k = 57$.	KAM-32
15	Код БЧХ. Кількість інформаційних біт $k = 11$; Кількість помилок, що виправляються $t = 4$.	M-FSK
16	Код Ріда-Соломона (31, 21)	KAM-256
17	Згорткове кодування	MSK
18	Циклічний (31, 20)-код	KAM-16
19	Код БЧХ. Кількість інформаційних біт $k = 43$; Кількість помилок, що виправляються $t = 14$.	QPSK
20	Циклічний (15, 12)-код	KAM-64
21	Код Хеммінга. Кількість інформаційних біт $k = 120$.	BPSK
22	Згорткове кодування	MSK
23	Код БЧХ. Кількість інформаційних біт $k = 15$; Кількість помилок, що виправляються $t = 27$.	M-FSK
24	Код Ріда-Соломона (15, 5)	QPSK
25	Циклічний (31, 13)-код	KAM-256

Теоретичні відомості. Середовище моделювання Simulink дозволяє створювати моделі широкого діапазону динамічних систем від фінансових процесів до систем управління літальними апаратами. Для цих цілей розроблені набори спеціалізованих блоків (Blocksets). Для вирішення завдань в області телекомунікацій найбільше значення мають наступні набори блоків:

- Communications Blockset – призначений для моделювання фізичного рівня широкого ряду телекомунікаційних систем. Включає до свого складу моделі блоків джерел / приймачів сигналів, модуляторів / демодуляторів, кодерів / декодерів, фільтрів, каналів зв'язку та ін.

- RF Blockset – призначений для моделювання роботи пристроїв радіочастотного тракту. Включає в себе моделі високочастотних фільтрів, ліній передачі, підсилювачів, змішувачів і ін.

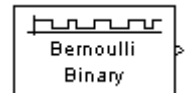
- Signal Processing Blockset – охоплює широкий набір засобів обробки сигналів, в т.ч. цифрові фільтри, засоби статистичної обробки сигналів, інтегральних перетворень, а також блоки для роботи з векторами і матрицями.

- Video and Image Processing Blockset – включає в себе спеціалізовані засоби обробки сигналів, призначені для роботи з зображеннями і відео.

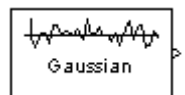
Розглянемо деякі часто використовувані блоки і класи блоків набору Communications Blockset.

1. Комунікаційні джерела (Communications Sources). За допомогою даних блоків моделюються джерела сигналів, що найчастіше зустрічаються в телекомунікаційних системах, в тому числі джерела випадкових дискретних сигналів, шумів і джерела послідовностей.

Випадкові дискретні сигнали. Джерело випадкового двійкового сигналу з законом розподілу Бернуллі (Bernoulli binary) дозволяє моделювати псевдовипадкові виконавчі послідовності. Джерело випадкових цілих чисел, розподілених за законом Пуассона (Poisson Integer Generator) зручний при моделюванні шумів в довільних каналах передачі.

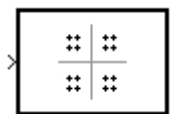


- Джерела безперервних шумів представлені чотирма блоками джерел випадкових сигналів з нормальним розподілом, а також з розподілами Гаусса, Релея і Райса. Дані блоки дозволяють моделювати шуми в безперервних каналах зв'язку.



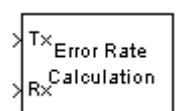
2. Комунікаційні аналізатори (Communications Sinks) служать засобами представлення та аналізу сигналів в каналах зв'язку. Найбільш важливими з них є:

- Діаграма розкиду (Discrete-Time Scatter Scope Sink). Головним чином використовується для відображення простору сигналів, що використовують складні види модуляції (КАМ).



- Глазкова діаграма (Discrete-Time Eye Shaping). Будується шляхом накладення декількох імпульсів. Дає можливість оцінити форму імпульсів, спотворення сигналу в каналі зв'язку, джиттер.

- Лічильник помилок (Error Rate Calculation). Дозволяє автоматично підраховувати ймовірність бітових і символічних помилок, порівнюючи сигнал, що надходить на вхід передавача з сигналом, що знімається з виходу приймача.



3. Кодеки джерела (Source Coding) служать для кодування і декодування сигналів, що надходять безпосередньо від джерел інформації. До даної групи належать компресори та експандери по μ -законам, кодер квантування (що ставить рівень вихідного сигналу у відповідність з рівнем вхідного згідно з таблицею квантування), диференціальний кодер (двійкове значення на виході якого визначається як логічна різниця між попереднім вихідним значенням і поточним значенням на вході), а також відповідні декодери.

4. Перешкодостійкі каналні кодеки (Error Detection and Correction). До цієї групи входять кодеки трьох видів:

- Блокові кодеки, в т.ч. виконавчі лінійний і циклічний блокові кодеки, БЧХ-кодек, кодеки Ріда-Соломона, Хемминга і ін. Параметрами

даних блоків, як правило, є число біт у вихідному і кодованому повідомленнях.

- кодер, а також декодер за методом апостеріорної імовірності і декодер Вітербо.

- Циклічні кодеки з надмірністю.

5. Модулятори / демодулятор (Modulation) представлені великим набором блоків, що реалізують різні види модуляції. Вхідним сигналом модуляторів, як правило, є сигнал, що модулює, вихідним - модульований (або навпаки для демодуляторів), параметри блоків налаштовують характеристики несучої і інші властивості.

- Амплітудна модуляція (Digital Baseband AM). Блок загальної КАМ (General QAM) дозволяє задавати довільне сигнальне сузір'я за допомогою параметра Signal constellation. Блок ортогональної КАМ (Rectangular QAM) модулює сигнал за допомогою M -арної множини, що використовує прямокутну решітку. Відстань між елементами множини може здаватися як безпосередньо, так і обчислюватися на підставі відомої середньої або максимальної потужності сигналу.

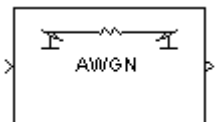
- Фазова модуляція (Digital Baseband PM). Фазова модуляція здійснюється за допомогою блоків BPSK Modulator / Demodulator Baseband. Диференціальна фазова модуляція (значення на виході модулятора залежить від попереднього і поточного значень на вході) здійснюється за допомогою блоків DBPSK Modulator / Demodulator Baseband. Квадратурна фазова модуляція реалізується за допомогою блоків QPSK Modulator / Demodulator Baseband, а квадратурна фазова модуляція із зсувом (Offset QPSK, OQPSK), що дозволяє більш ефективно використовувати смугу частот, - за допомогою блоків OQPSK Modulator / Demodulator Baseband.

- Види модуляції без розриву фази (CPFSK, MSK, GMSK і ін.) Представлені в групі Digital Baseband CPM.

- Аналогові види модуляції (Analog Passband Modulation). Дана група блоків дозволяє реалізувати двосторонню (DSB), односторонню (SSB), двосторонню з пригніченням несучої (DSBSC) амплітудну модуляцію, а також частотну і фазову модуляції аналогового сигналу.

6. Моделі каналів зв'язку (Channels). Дані блоки є поданням реальних каналів зв'язку.

- Канал з адитивним білим гауссовим шумом (AWGN Channel) моделює роботу аналогового каналу. Основним параметром даного блоку є ставлення сигнал-шум. Для моделювання бітових помилок в цифровому каналі використовується блок довічного симетричного каналу (Binary Symmetric Channel), в параметрах якого задається ймовірність виникнення помилки.



- Для моделювання загасання і інтерференції сигналів в радіоканалах використовуються блоки багатопроменевого поширення з моделями замирання Релея або Райса (Multipath Rayleigh (Rician) Fading

Channel). Дані блоки дозволяють задавати параметри доплерівського зсуву при переміщенні приймача щодо передавача і зручні при моделюванні каналів систем мобільного зв'язку.

Крім того в набір блоків для задач телекомунікацій входять моделі фільтрів, пристроїв інтерлівінгу, синхронізації, скремблювання / дескремблювання, МІМО і ін.).

Набір блоків для моделювання НВЧ-систем (RF blockset) складається з двох типів моделей - математичних (Mathematical) і фізичних (Physical).

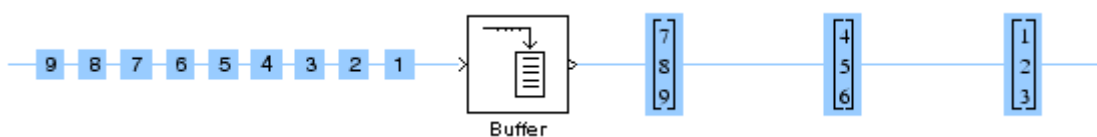
1. Блоки, що входять в групу Mathematical описують роботу пристроїв в загальному вигляді за допомогою рівнянь, без прив'язки до реальних технологій. У цій підгрупі представлені моделі фільтрів (ВЧ, НЧ і т.д.), підсилювачів і змішувачів. Параметри даних блоків дозволяють налаштовувати безпосередньо основні характеристики пристрою (коефіцієнт посилення, частоти зрізів і т.п.) не враховуючи його внутрішньої будови.

2. Блоки групи Physical моделюють роботу фізичних пристроїв і компонентів. Моделі фільтрів (Ladder Filters) в даному випадку представляються електричними схемами, які дозволяють налаштовувати параметри окремих елементів. Характеристики підсилювачів (Amplifiers) і змішувачів (Mixers) вводяться за допомогою параметрів розсіювання. Моделі ліній передачі (Transmission Lines) дозволяють налаштовувати параметри фізичного середовища передачі сигналів (коаксіальних, двопровідних, мікросмужкових ліній і ін.). Для того, щоб підключити дані блоки до системи використовуються вхідні (Input Port) і вихідні (Output Port) порти.

Набір блоків обробки сигналів (Signal Processing Blockset) є одним з найбільших в системі Simulink. Дані блоки можуть знайти застосування в будь-яких додатках, в тому числі і в завданнях телекомунікацій. Розглянемо найбільш важливі з них.

1. Швидке перетворення Фур'є. Блоки FFT і IFFT реалізують стандартне пряме і зворотне перетворення Фур'є для вхідної послідовності даних, кількість елементів якої має дорівнювати цілій степені числа 2.

2. Буфер (Buffer). Перерозподіляє вхідні дані, утворюючи на виході кадри іншого розміру. Фактично може виробляти перекодування з послідовного коду в паралельний і навпаки. При цьому слід зазначити, що частота проходження кадрів зменшується при збільшенні їх розрядності.



3. Група статистичних операцій (Statistics) надає можливості для оцінки статистичних параметрів сигналів (мінімальних, максимальних, середніх значень, СКО, обчислення кореляційних функцій і ін.).

4. Група блоків фільтрів (Filters) дозволяє реалізовувати безліч, як аналогових так і цифрових пристроїв, що задаються різними способами.

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Модель каналу зв'язку в пакеті моделювання Simulink.
3. Проведення експериментів та аналіз результатів моделювання.
4. Висновки за результатами досліджень лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Параметри і застосування складних систем.
2. Загальна схема математичної складної моделі.
3. Безперервно-детерміновані моделі (D-схеми).
4. Дискретно-детерміновані моделі (F-схеми).
5. Дискретно-стохастичні моделі (P-схеми).
6. Дискретно-безперервні моделі.
7. Безперервно-стохастичні моделі (Q-схеми).
8. Основні операції математичного моделювання.
9. Лінеаризація та ідентифікація.
10. Моделі в просторі станів.

ЛІТЕРАТУРА: [1], [4], [5].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Мета роботи: отримання навичок дослідження динамічних систем з використанням цифрових моделей

Устаткування, комплектуючі та програмне забезпечення персональний комп'ютер, MATLAB, Simulink.

Завдання:

1. Запустити середовище моделювання Simulink і створити нову модель. Для цього в меню Файл, пакету MATLAB вибрати пункт Нова модель (File -> New -> Model).

2. Ознайомитися з можливостями середовища моделювання та доступними блоками. Бібліотека блоків викликається натисканням кнопки Library Browser на панелі управління. Блоки в бібліотеці згруповані в набори (Blocksets). У даній лабораторній роботі в основному використовуються блоки, що знаходяться в наборі Simulink: математичні функції (Math Operations), джерела (Sources) і аналізатори (Sinks).

3. Розглянути приклад рішення диференціального рівняння в Simulink.

4. Ознайомитися з описом пропонованої динамічної системи і системою диференціальних рівнянь, що характеризують її стан.

5. Відповідно до завдання (див. табл. 2.1) створити модель для вирішення даної системи диференціальних рівнянь.

Таблиця 2.1 – Варіанти завдань на лабораторну роботу

№ п/п	$M_{\max}$, корис	N, корист.	α , 1/хв	β , 1/хв	γ , 1/хв	μ , 1/хв
1	10	5	0,06	0,05	0,005	0,1
2	15	4	0,05	0,05	0,005	0,05
3	20	3	0,001	0,005	0,001	0,05
4	25	3	0,001	0,05	0,009	0,03
5	30	4	0,1	0,03	0,001	0,04
6	35	5	0,01	0,025	0,002	0,06
7	40	6	0,005	0,009	0,003	0,2
8	45	8	0,025	0,01	0,004	0,15
9	50	10	0,02	0,08	0,005	0,12
10	45	8	0,03	0,06	0,006	0,08
11	40	8	0,09	0,04	0,007	0,05
12	35	6	0,15	0,2	0,008	0,05
13	30	4	0,05	0,15	0,009	0,16
14	25	8	0,05	0,04	0,008	0,02
15	20	6	0,1	0,001	0,007	0,01
16	15	2	0,06	0,04	0,006	0,07
17	10	3	0,04	0,05	0,005	0,19

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Mmax, корис	N, корист.	α , 1/хв	β , 1/хв	γ , 1/хв	μ , 1/хв
18	15	4	0,005	0,075	0,004	0,12
19	20	5	0,03	0,08	0,003	0,18
20	25	4	0,08	0,03	0,002	0,06
21	30	6	0,07	0,01	0,001	0,14
22	35	8	0,09	0,02	0,002	0,03
23	40	5	0,12	0,08	0,003	0,06
24	45	3	0,02	0,04	0,004	0,1
25	50	5	0,03	0,01	0,005	0,2

Час моделювання обрати самостійно.

6. Провести моделювання і отримати залежності досліджуваних параметрів від часу. Зробити висновки про характер отриманих залежностей.

7. Змінюючи вихідні дані (кількість користувачів, швидкість виходу користувачів з мережі, швидкість зміни кількості користувачів і т.д.) простежити зміну вихідних характеристик моделі. Зробити висновки про спостережувані зміни. Дослідження провести для 2-3 параметрів.

Теоретичні відомості. Однією з важливих наукових проблем є рішення задачі передбачення поведінки досліджуваного об'єкта в часі і просторі на основі певних знань про його початковий стан. Це завдання зводиться до знаходження деякого закону, який дозволяє за наявною інформацією про об'єкт в початковий момент часу t_0 в точці простору x_0 визначити його майбутнє в будь-який момент часу $t > t_0$. Залежно від ступеня складності самого об'єкту цей закон може бути детермінованим або імовірносним, може описувати еволюцію об'єкту тільки в часі, тільки в просторі, або просторово-часову еволюцію.

Під динамічною системою розуміють будь-який об'єкт або процес, для якого однозначно визначено поняття стану як сукупності деяких величин в даний момент часу і заданий закон, який описує зміну (еволюцію) початкового стану з плином часу. Цей закон дозволяє за початковим станом прогнозувати майбутній стан динамічної системи.

Таким чином, динамічна система - це математична абстракція, призначена для опису і вивчення систем, що еволюціонують з часом. Прикладами динамічних систем можуть служити механічні, фізичні, хімічні та біологічні об'єкти, обчислювальні процеси і процеси перетворення інформації, що здійснюються відповідно до конкретних алгоритмами та інші явища і процеси.

Описи динамічних систем для завдання закону еволюції також різноманітні: за допомогою диференціальних рівнянь, дискретних відображень, теорії графів, теорії Марковських ланцюгів і т.д. Вибір

конкретного способу опису задає вид математичної моделі відповідної динамічної системи.

Дослідження реальних систем зводиться до вивчення математичних моделей, вдосконалення і розвиток яких визначаються аналізом експериментальних і теоретичних результатів при їх зіставленні.

Як інструмент в даній лабораторній роботі використовується Simulink – середовище імітаційного моделювання, що є додатком до пакету MATLAB. Моделі в Simulink будуються за допомогою стандартних блоків, і в загальному випадку включають джерела сигналів, їх перетворювачі, а також засоби візуального представлення та аналізу даних. Важливою перевагою моделей Simulink є їх зв'язок з математичним ядром MATLAB і, отже, можливість тонких налаштувань параметрів блоків.

За рахунок своєї наочності і відносної простоти створення моделей, даний засіб знайшов застосування при вирішенні широкого кола завдань, в першу чергу пов'язаних з моделюванням систем і засобів обробки сигналів. У лабораторній роботі розглядається спосіб опису динамічної системи диференціальними рівняннями і їх рішення за допомогою Simulink. Основний принцип, який використовується при вирішенні систем диференціальних рівнянь, полягає в послідовному інтегруванні.

Як приклад розглянемо наступне диференціальне рівняння, щодо старшої похідної:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{dy}{dt} - y - t \cdot e^t + \cos(3 \cdot t) \quad (2.1)$$

На рис. 2.1 приведена модель, реалізована в пакеті Simulink для вирішення даного диференціального рівняння. У моделі використані блоки математичних функцій і інтеграторів. Основу моделі складає суматор, на вхід якого подаються сигнали, відповідні шуканої функції, її першої похідної, а також додатковою складовою (права частина рівняння). З виходу суматора знімається сигнал, що відповідає другій похідній (ліва частина рівняння). Змінна t , яка лінійно змінюється з плином часу задається за допомогою блоку Clock (Годинник). Початкові умови $y(0)$ і $y'(0)$ задаються в блоках інтеграторів.

На рис. 2.2 наведено результат рішення даного диференціального рівняння – графік функції $y(t)$, що знімається з блоку Scope.

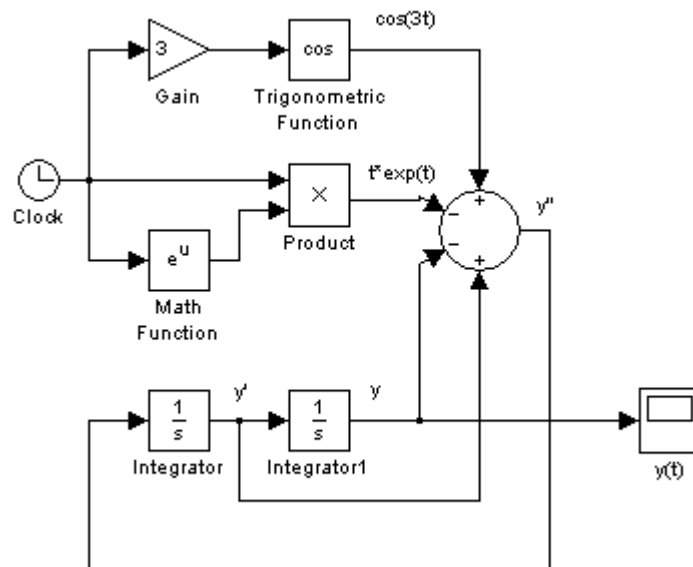


Рисунок 2.1 – Модель в пакеті Simulink для вирішення диференціального рівняння

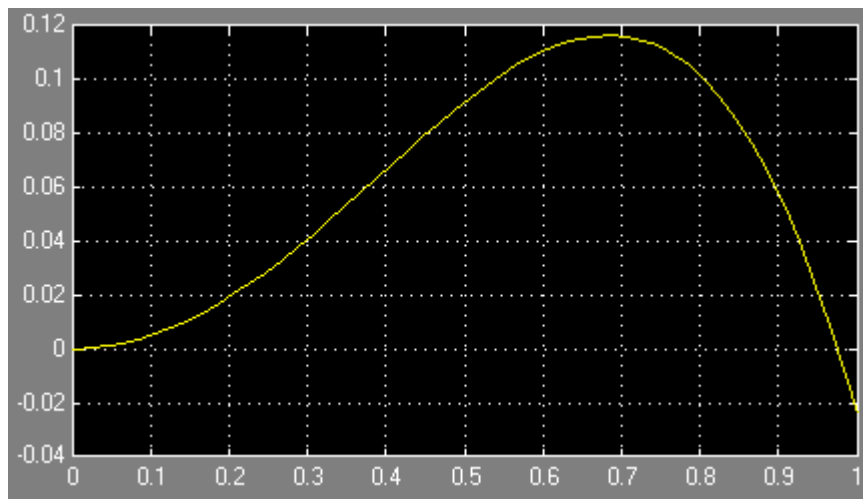


Рисунок 2.2 – Результат рішення диференціального рівняння

Таким чином, даний підхід дозволяє отримати чисельний розв'язок складних диференціальних рівнянь, аналітичне рішення яких важке або неможливе.

Розглянемо файлову мережу, що має топологію точка-точка і складається з M вузлів (див. рис. 2.3). Кожен з користувачів мережі бажає отримати копію поширюваного файлу. Крім того, в мережі діють N зловмисників, які під виглядом корисної інформації поширюють пошкоджені (заражені вірусами або черв'яками) версії файлів. Зовні (ім'я, тип, розмір файлу) вони не відрізняються від корисних, і визначити це можна тільки скачавши файл.

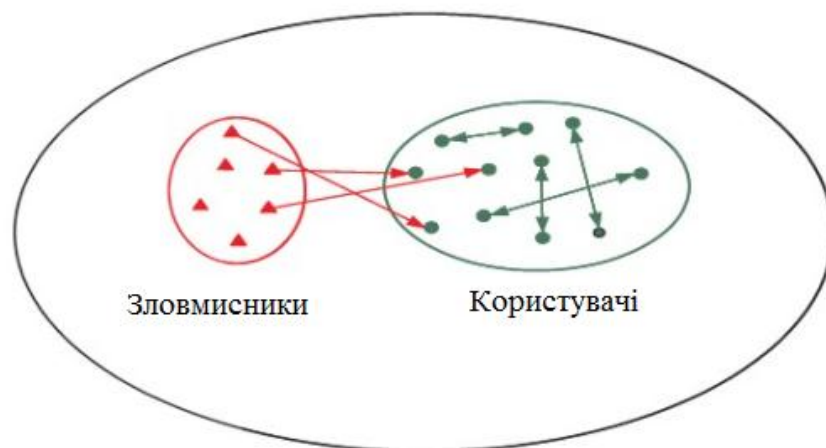


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд файлової мережі.

Передача інформації починається після того, як один з користувачів робить доступною для інших свою версію файлу. Одночасно (або заздалегідь), зловмисник викладає зіпсовану версію. Таким чином, нові користувачі можуть вибрати зі списку запропонованих файлів зіпсований – з ймовірністю p , або корисний – з ймовірністю $(1 - p)$ файл (див. рис. 2.4).

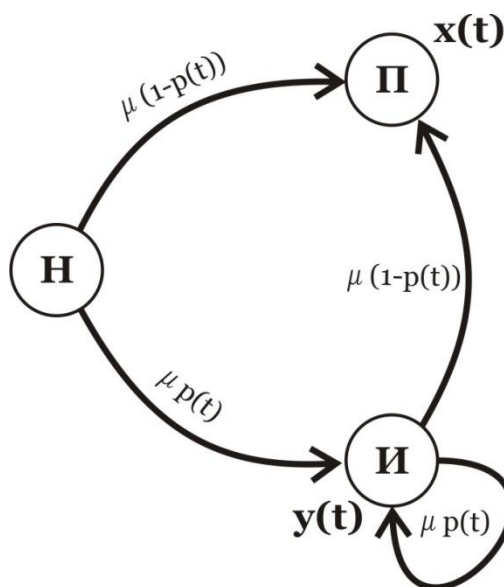


Рисунок 2.4 – Граф станів системи

Завантаживши новий файл, користувачі перевіряють його не відразу, а через деякий час $1/\mu$. У разі, якщо файл пошкоджений, він видаляється і пошук починається заново. До тих пір, він залишається доступним для скачування іншими користувачами. Припустимо, що час передачі дуже малий в порівнянні з інтервалами між перевітками. Таке припущення можливо в сучасних мережах з широкопasmовим доступом при передачі невеликих файлів (наприклад, музики в форматі MP3), або при передачі великих обсягів інформації з розбивкою на частини.

Таким чином, кожен з M користувачів мережі в будь-який момент часу, може бути віднесений до однієї з наступних категорій:

- користувачі, які мають корисну версію файлу (K), позначимо їх кількість $x(t)$;
- користувачі, які мають зіпсовану версію файлу (З), кількістю $y(t)$;
- нові користувачі, що не мають ніякої версії (Н), кількістю $(M - x(t) - y(t))$.

Будемо розглядати функції $x(t)$ і $y(t)$, як безперервні. Імовірність скачування користувачем зіпсованої версії файлу в будь-який момент часу визначається виразом:

$$p(t) = \frac{y(t) + N}{y(t) + x(t) + N} \quad (2.2)$$

Кількість копій корисного файлу $x(t)$ збільшується, коли користувач, який не має файлу, завантажує корисну версію, що відбувається зі швидкістю:

$$[M - x(t) - y(t)] \cdot \mu(1 - p(t)), \quad (2.3)$$

або коли корисну версію завантажує користувач, що завантажив до цього зіпсований файл, що відбувається зі швидкістю:

$$y(t) \cdot \mu(1 - p(t)) \quad (2.4)$$

Аналогічно, кількість зіпсованих копій збільшується, коли нові користувачі скачують зіпсований файл зі швидкістю:

$$[M - x(t) - y(t)] \cdot \mu \cdot p(t) \quad (2.5)$$

Однак, вона зменшується при скачуванні корисного файлу, користувачем, що скачав до цього зіпсовану версію:

$$y(t) \cdot \mu(1 - p(t)) \quad (2.6)$$

З огляду на це, поведінка динамічної системи, яку представляє собою мережу, може бути описана за допомогою системи нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\frac{d}{dt} x(t) = [M - x(t) - y(t)] \cdot \mu(1 - p(t)) + y(t) \cdot \mu(1 - p(t)) \quad (2.7)$$

$$\frac{d}{dt} y(t) = [M - x(t) - y(t)] \cdot \mu \cdot p(t) - y(t) \cdot \mu(1 - p(t))$$

Після перетворень отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} x(t) &= [M - x(t)] \cdot \mu \cdot (1 - p(t)); \\ \frac{d}{dt} y(t) &= [M - x(t)] \cdot \mu \cdot p(t) - \mu \cdot y(t). \end{aligned} \quad (2.8)$$

Припустимо, що загальна кількість користувачів в мережі змінюється за деяким законом $M(t)$. Нехай, також, користувачі, які мають корисну версію файлу, припиняють роздачу (залишають мережу) зі швидкістю α , а користувачі, що завантажили зіпсовану версію файлу – зі швидкістю β . З огляду на це, система рівнянь прийме вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} x(t) &= [M(t) - x(t)] \cdot \mu \cdot (1 - p(t)) - \alpha \cdot x(t); \\ \frac{d}{dt} y(t) &= [M(t) - x(t)] \cdot \mu \cdot p(t) - \mu \cdot y(t) - \beta \cdot y(t). \end{aligned} \quad (2.9)$$

Нехай кількість користувачів змінюється за законом:

$$M(t) = M_{\max} \cdot (1 - e^{-t}) + \gamma \cdot t. \quad (2.10)$$

Вирішивши отриману систему рівнянь можна визначити стан мережі в будь-який момент часу t .

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Модель динамічної системи в пакеті моделювання Simulink.
3. Проведення експериментів та аналіз результатів моделювання.
4. Висновки за результатами досліджень лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Моделювання динамічних систем.
2. Визначення та приклади динамічної систем.
3. Дослідження динамічних систем з використанням цифрових моделей.

ЛІТЕРАТУРА: [1], [2], [3], [4], [12].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ. МЕРЕЖІ ПЕТРІ

Мета роботи: отримати навички дослідження асинхронних паралельних процесів, використовуючи аналітичні та цифрові моделі.

Устаткування, комплектуючі та програмне забезпечення персональний комп'ютер, PIPE, Java SE (Oracle Technology Network).

Завдання:

1. Освоїти математичний апарат мереж Петрі.
2. Побудувати діаграму досяжності мережі відповідно до варіанту (див. Додаток А) аналітично і оцінити параметри мережі.
3. Розробити і дослідити цифрову модель мережі Петрі в пакеті PIPE. Побудувати діаграму досяжності і проаналізувати мережу.
4. Порівняти результати аналітичного та комп'ютерного моделювання. Виправити помилки.
5. Розробити та дослідити модель мережі Петрі, яка описує роботу телекомунікаційної системи.
6. Зробити висновки.

Теоретичні відомості.

Приклад 1. Побудова діаграми досяжності мережі аналітично. Модель мережі представлена на рис. 3.1.

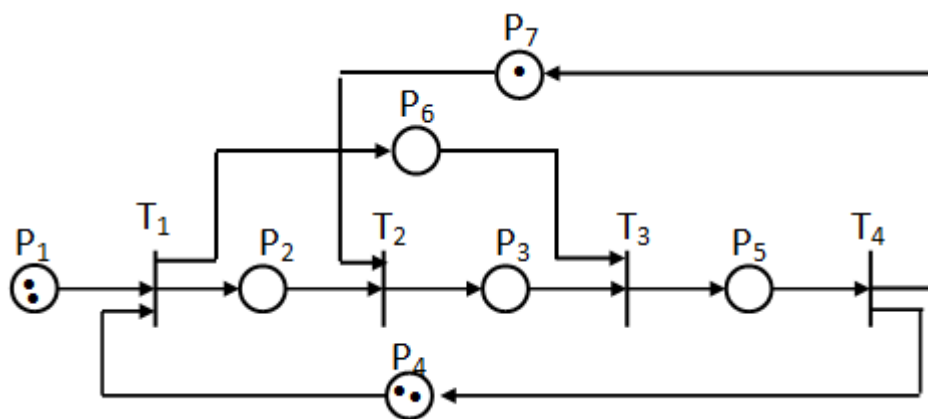


Рисунок 3.1 – Модель мережі Петрі

Діаграма досяжності для даної мережі Петрі, побудована аналітично, має вигляд (рис. 3.2).

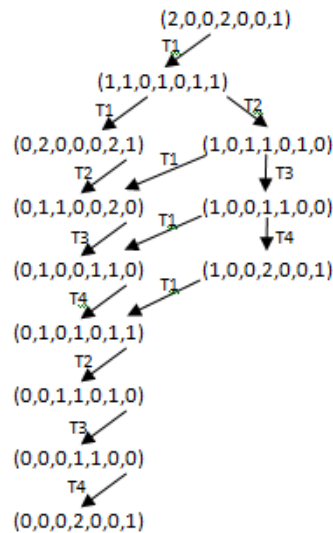


Рисунок 3.2 – Діаграма досяжності мережі

Приклад 2. Модель мережі Петрі, яка описує роботу одного з протоколів передачі даних по симетричному каналу зв'язку з підтвердженням.

Принцип роботи моделі:

1. З джерела P0 відправляється повідомлення одержувачу P1 через канал зв'язку.
2. Одержувач може отримати повідомлення якщо він вільний (подія P8), інакше повідомлення залишається в буфері P4.
3. Після отримання повідомлення виконується відправка підтвердження про отримання повідомлення P10.
4. Після отримання підтвердження про отримання P6, відправник змінює свій статус на «вільний» (P7).
5. Процес виконується з кроку 1 в зворотному напрямку.

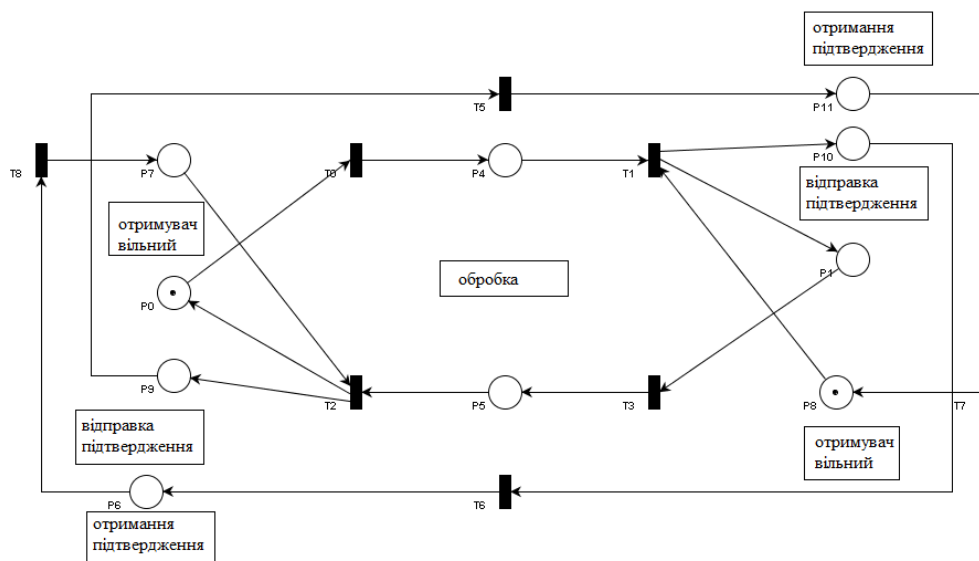


Рисунок 3.3 – Модель мережі Петрі симетричного каналу з підтвердженням

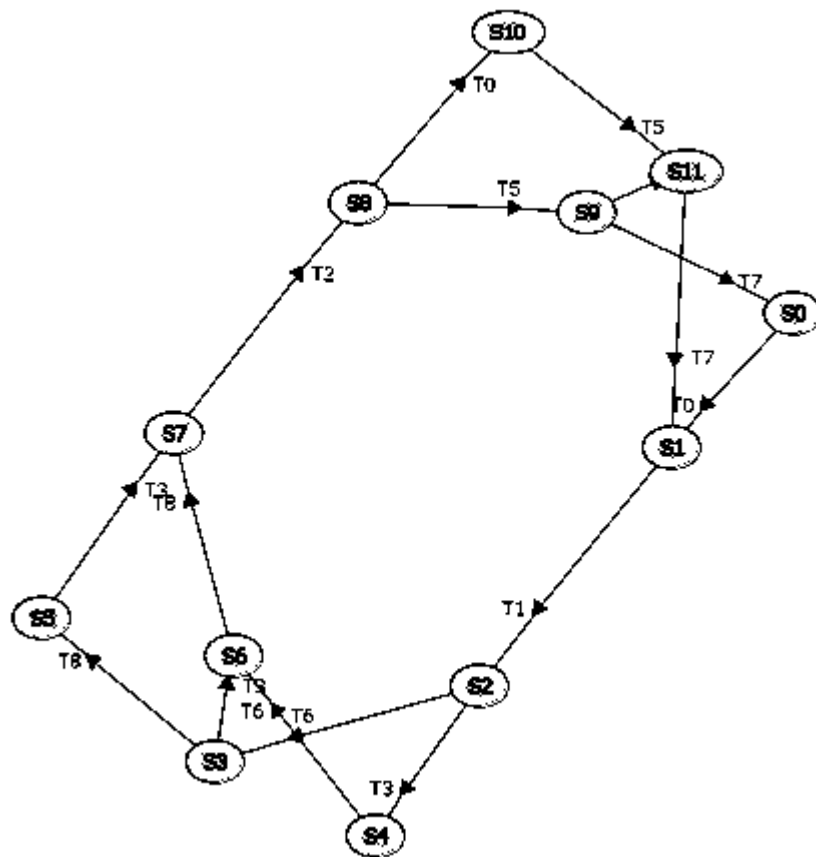


Рисунок 3.4 – Діаграма досяжності мережі

Мережа є: обмеженою, безпечною, не безвихідною.

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Розробка рішення поставленого завдання. Аналітична побудова дерева досяжності.
3. Код та результат виконання цифрової моделі в програмі PIPE.
4. Скріншоти перевірки працездатності програми.
5. Висновки за результатами досліджень лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Структура мережі Петрі.
2. Аналітичний опис мережі Петрі.
3. Правила спрацьовування переходів.
4. Моделювання за допомогою мереж Петрі.
5. Пошук оптимального дерева досяжності.

ЛІТЕРАТУРА: [1], [2], [3], [4], [5].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 WAVELET – ПЕРЕТВОРЕННЯ

Мета роботи: ознайомитися з особливостями вейвлет- методу для обробки сигналів.

Устаткування, комплектуючі та програмне забезпечення персональний комп'ютер, MATLAB, Wavelet Toolbox.

Завдання:

1. Завантажити тестовий сигнал, відповідно до заданого варіанту, в пакет Wavelet Toolbox.

Таблиця 4.1 – Таблиця варіантів

№ варіанту	Найменування файлу	Опис файлу
1	vonkoch	Фрактальна крива Коха
2	wcantor	Функція кантора
3	sinfract	Фрактал з синусоїдальною обвідною
4	leleccum	Демонстраційний сигнал з шумом
5	noisdopp	Доплерівська крива з шумом
6	noisbloc	Зашумлені прямокутні імпульси
7	wnoislop	Демонстраційний сигнал з шумом
8	wntrsin	Суперпозиція зашумленої трикутної функції і синусоїди
9	freqbrk	Частотно-часовий розподіл двох гармонік
10	qdchirp	Осцилюючий сигнал
11	sumlichr	Комбінація лінійно - розгорнутих синусоїд
12	sumsin	Сума двох синусів
13	nelec	Нерівномірно зашумлений електричний сигнал
14	nbump3	Сильнозашумлений демонстраційний сигнал

2. Для запропонованого сигналу у вікні Wavelet 1D знайти вейвлет-функції, щоб забезпечити найкращі статистичні характеристики параметрів стиснення або видалення шуму.

3. Ті ж дослідження редагувати у вікні Wavelet Packet 1D.

4. Оформити звіт, що містить основні моменти дослідження і підтверджують висновки графіки.

Теоретичні відомості. Вейвлет – це математична функція, що дозволяє аналізувати різні частотні компоненти даних. Графік функції виглядає як хвилеподібні коливання з амплітудою, що зменшується до нуля далеко від початку координат (приклади вейвлет функцій наведено на рис. 4.1).

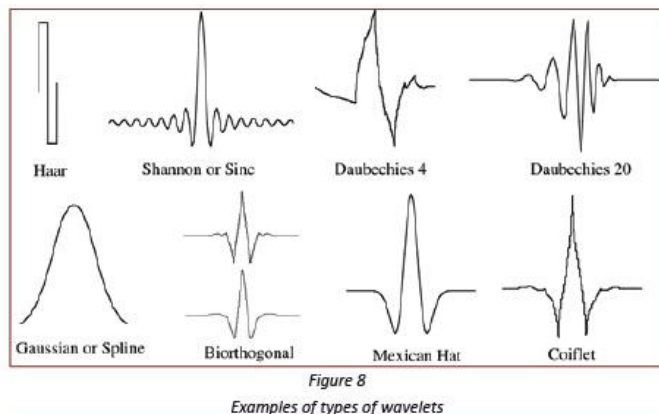


Рисунок 4.1 – Типи Вейвлет-функцій

- а) вейвлет Хаара; б, в) вейвлети Добеши; г) вейвлети Гаусса;
д) вейвлет; е) вейвлет MHat («Мексиканський капелюх»);
ж) вейвлети Р. Койфмана – койфлети.

Однак це окремий випадок – у загальному випадку аналіз сигналів проводиться в площині вейвлет-коефіцієнтів (масштаб – час – рівень) (*Scale-Time-Amplitude*). Вейвлет-коефіцієнти визначаються, інтегральним перетворенням сигналу. Отримані вейвлет-спектрограми принципово відрізняються від звичайних спектрів Фур'є тим, що дають чітку прив'язку спектра до часу.

Безперервне вейвлет-перетворення – перетворення, схоже на перетворення Фур'є (або більше на віконне перетворення Фур'є) із зовсім іншою оціночною функцією. Основна відмінність в наступному: перетворення Фур'є розкладає сигнал на складові у вигляді синусів і косинусів, тобто функцій, локалізованих в Фур'є-просторі; вейвлет-перетворення використовує функції, локалізовані як в реальному, так і в Фур'є-просторі. Загалом, вейвлет-перетворення може бути виражено наступним рівнянням:

$$F(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \psi_{(a,b)}^*(x) dx \quad (4.1)$$

Де * символ комплексної пов'язаності і функція ψ – деяка функція. Функція може бути обрана довільно, але вона повинна задовольняти певним правилам.

Як видно, вейвлет-перетворення на справді є нескінченною множиною різних перетворень в залежності від оціночної функції, використаної для його розрахунку. Це є основною причиною, чому

термін «вейвлет-перетворення» використовується в дуже різних ситуаціях і застосуваннях. Також існує багато типів класифікації варіантів вейвлет-перетворення. Можна використовувати ортогональні вейвлети для розробки дискретного вейвлет-перетворення і не ортогональні вейвлети для безперервного. Для одновимірних даних отримуємо зображення на площині час-частота. Можна легко простежити зміну частот сигналу протягом тривалості сигналу і порівнювати цей спектр зі спектрами інших сигналів. Оскільки тут використовується неортогональний набір вейвлетів, дані високо корельовані і мають велику надмірність. Це допомагає отримати результат для людського сприйняття.

ДВП (DWT) – повертає вектор даних тієї ж довжини, що і вхідний. Зазвичай, навіть в цьому векторі багато даних майже дорівнюють нулю. Це відповідає факту, що він розкладається на набір вейвлетів (функцій), які ортогональні до їх паралельного переносу і масштабування. Отже, ми розкладаємо подібний сигнал на те ж саме чи менше число коефіцієнтів вейвлет-спектра, що і кількість точок даних сигналу. Подібний вейвлет-спектр підходить для обробки і стиснення сигналів, оскільки ми не отримуємо надлишкової інформації.

До ДВП відносяться вейвлети представлені дискретними сигналами (вибірками):

а) Вейвлет-перетворення Хаара – вважається першим вейвлет-перетворенням, просте ДВП ілюструє загальні корисні властивості вейвлетів. По-перше, перетворення можна виконати за n -операцій. По-друге, воно не тільки розкладає сигнал на деяку подобу частотних смуг (шляхом аналізу його в різних масштабах), але і представляє часову область, тобто моменти виникнення тих чи інших частот в сигналі. Разом ці властивості характеризують швидке вейвлет-перетворення – можливу альтернативу звичайному швидкому перетворенню Фур'є.

б) Вейвлет-перетворення Інгріда Добеши – даний набір функцій вважається найпоширенішим. Він заснований на використанні рекурентних співвідношень для обчислення більш точних вибірок неявно заданої функції материнського вейвлета з подвоєнням дозволу при переході до наступного рівня (масштабу). У своїй основній роботі Добеши виводить сімейство вейвлетів, перший з яких є вейвлетом Хаара. З тих пір цікавість до цієї області швидко зросла, що призвело до створення численних нащадків вихідного сімейства вейвлетів Добеши.

Розглянемо найпростіший приклад.

ДВП сигналу x отримують із застосуванням набору фільтрів. Спочатку сигнал пропускається через низькочастотний (*low-pass*) фільтр з імпульсним відгуком g , і виходить згортка:

$$y[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] * g[n - k] \quad (4.2)$$

Одночасно сигнал розкладається за допомогою високочастотного (*high - pass*) фільтра h . В результаті отримуємо деталізуючі коефіцієнти (після ВЧ-фільтра) і коефіцієнти апроксимації (після НЧ-фільтра). Ці два фільтри пов'язані між собою і називаються квадратурними дзеркальними фільтрами (QMF).



Рисунок 4.2 – Схема розкладання ДВП

Так як половина частотного діапазону сигналу була відфільтрована, то, відповідно до теореми Котельникова, відліки сигналів можна прорідити в 2 рази:

$$y_{low}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] * g[2n - k] \quad (4.3)$$

$$y_{high}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] * h[2n - k] \quad (4.4)$$

Таке розкладання вдвічі зменшило дозвіл за часом в силу проріджування сигналу. Однак кожен з отриманих сигналів являє половину частотної смуги вихідного сигналу, так що частотне розширення подвоїлось.

За допомогою оператора проріджування:

$$(y \downarrow k)[n] = y[kn] \quad (4.5)$$

Вищезазначені суми виразів (4.2) і (4.3) можна записати коротше:

$$y_{low}[n] = (x * g) \downarrow 2 \quad (4.6)$$

$$y_{high}[n] = (x * h) \downarrow 2 \quad (4.7)$$

Обчислення повної згортки $x * g$ з подальшим проріджуванням – це зайва трата обчислювальних ресурсів. Тому була розроблена схема ліфтингу, яка є оптимізацією, заснована на чергуванні цих двох обчислень.

Алгоритм Малла. Існує кілька видів реалізації алгоритму дискретного вейвлет-перетворення. Найстаріший і найбільш відомий – алгоритм Малла (пірамідальний). У цьому алгоритмі два фільтри – згладжувальний і незгладжувальний, що складаються з коефіцієнтів вейвлета і ці фільтри рекуррентно застосовуються для отримання даних

для всіх доступних масштабів. Якщо використовується повний набір даних $D = 2^N$ і довжина сигналу дорівнює L , спочатку розраховується

дані $D/2$ для масштабу $\frac{L^{N-1}}{2}$, потім дані $\frac{D}{2}$ для масштабу $\frac{L^{N-2}}{2}$, ... поки в кінці не вийде два елементи даних в масштабі $L/2$. Результатом роботи цього алгоритму буде масив тієї ж довжини, що і вхідний, де дані зазвичай упорядковано від найбільш великих масштабів до найбільш дрібних. Схема розкладання сигналу по алгоритму Малла приведена на рис.4.3.

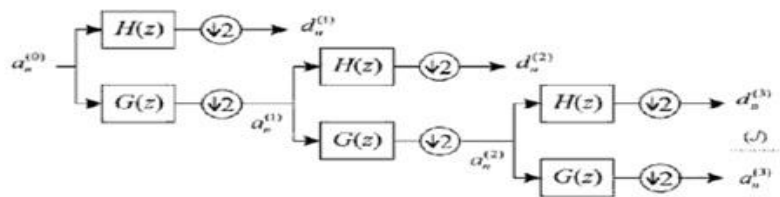


Рисунок 4.3 – Послідовність отримання вейвлет-коефіцієнтів третьої октави; $H(z)$ і $G(z)$, відповідно, високочастотні та низькочастотні аналізуючі фільтри у z -уявленні

Єдина відмінність фільтрації в алгоритмі Малла від класичного

КІХ-фільтра, що задається рівнянням
$$y(k) = \sum_{i=0}^m b_i x(k-i)$$
, полягає в тому, що значення фільтруючого ряду вибираються через один індекс $2n-k$ в $a_{2n-k}^{(i-1)}$. Це і є децимація – виключення з обробки кожного другого елемента.

Застосування. Вейвлет-перетворення широко використовується для аналізу сигналів. Крім цього, воно знаходить велике застосування в області стиснення даних. У дискретному вейвлет-перетворенні найбільш значима інформація в сигналі міститься при високих амплітудах, а менш корисна – при низьких. Стиснення даних може бути отримано за рахунок відкидання низьких амплітуд. Вейвлет-перетворення дозволяє отримати високе співвідношення стиснення в поєднанні з якістю відновленого сигналу. Вейвлет-перетворення було вибрано для стандартів стиснення зображень JPEG2000 і ICER. Однак, при малому стисненню, вейвлет-перетворення поступається за якістю в порівнянні з віконним Фур'є-перетворенням, яке лежить в основі стандарту JPEG.

Вибір конкретного виду і типу вейвлету залежить від аналізованих сигналів і завдань аналізу. Для отримання оптимальних алгоритмів перетворення розроблені певні критерії, але їх ще не можна вважати остаточними, тому що вони є внутрішніми по відношенню до самих алгоритмів перетворення і, як правило, не враховують зовнішні критерії, пов'язані з сигналами і цілями їх перетворень. Звідси випливає, що при

практичному використанні вейвлетів необхідно приділяти достатню увагу перевірці їх працездатності та ефективності для поставлених цілей в порівнянні з відомими методами обробки і аналізу.

Переваги:

- Вейвлет-перетворення володіє всіма перевагами перетворень Фур'є.

- Вейвлетні базиси можуть бути локалізованими як по частоті, так і за часом. При виділенні в сигналах локалізованих різномасштабних процесів можна розглядати тільки ті масштабні рівні розкладання, які представляють інтерес.

- Базисні вейвлети можуть реалізуватися функціями різної гладкості.

Недоліки:

- Можна виділити один недолік, це відносна складність перетворення.

Огляд. Чи не найважливішою при аналізі і синтезі сигналів є ідея представлення сигналу у вигляді зваженої суми деяких функцій. Якщо ці функції володіють спеціальними властивостями, вони називаються базисами. Найбільш поширені в цифровій обробці сигналів, базис одиничних імпульсів в часовій області і базис, що складається з експонент частотної області. Wavelet-перетворення дозволяє розкласти сигнал по компактним, локалізованим за часом базисним функціям (табл. 4.2), що дозволяє, на відміну від перетворення Фур'є, описувати нестационарні сигнали. При цьому важливо, що таке розкладання досить економне в обчислювальному відношенні.

Таблиця 4.2 – Wavelet-перетворення та його характеристики

Мнемонічне позначення	Назва wavelet	Характеристика відповідного фільтра
Meyr	Wavelet Мейера	Фільтр з нескінченної гладкістю
Morl	Wavelet Марлет	Фільтр з нескінченним носієм
Mexh	Wavelet «Мексиканський капелюх»	Ортогональний фільтр з кінцевою маскою з
Haar	Wavelet Хаара	
DbN	Wavelet Добеши	
SymN	«Сімлети»	
CoifN	«Койфлети»	
BiorNr, Nd	Біортогональний wavelet	Біортогональні фільтри з кінцевою маскою з

Тулбокс Wavelet складається з набору підпрограм, які дозволяють:

- ознайомитися і дослідити характеристики індивідуальних wavelet і wavelet-пакетів;

- обчислювати безперервне wavelet-перетворення одновимірних сигналів;
- проводити аналіз і синтез дискретних одновимірних і двовимірних сигналів на основі дискретного wavelet-перетворення;
- розкласти одно- і двовимірні сигнали;
- досліджувати статистичні характеристики сигналів;
- проводити стиснення і очищення від шуму одновимірних і двовимірних сигналів.

Wavemenu запускається з командного рядка MATLAB, командою "**wavemenu**". При виклику цієї функції з'являється головне меню **GUI Wavemenu** (рис. 4.4). Wavemenu складається з семи незалежних розділів:

- **Wavelet 1 D** дає можливість аналізу і синтезу одновимірного сигналу з використанням дискретного wavelet - перетворення, стиснення сигналу і очищення його від шуму;
- **Wavelet 2 D** аналогічно для двовимірних сигналів (наприклад, зображень);
- **Wavelet Display** дає можливість подивитися графіки материнського wavelet і масштабованої функції, відповідні їм коефіцієнти KIX-фільтрів, а також отримати коротку довідку для кожного з використовуваних wavelet -сімейств;
- **Wavelet Packet 1 D** дає можливість аналізу і синтезу одновимірного сигналу з використанням розкладання на wavelet - пакети, стиснення сигналу і очищення його від шуму;
- **Wavelet Packet 2 D** аналогічно для двовимірних сигналів;
- **Wavelet Packet Display** дає можливість подивитися графіки материнського wavelet і масштабованої функції wavelet -пакету, а також отримати коротку довідку по кожному з використовуваних wavelet - сімейств;
- **Continuous Wavelet 1 D** дає можливість аналізу одновимірного сигналу з використанням безперервного wavelet - перетворення.

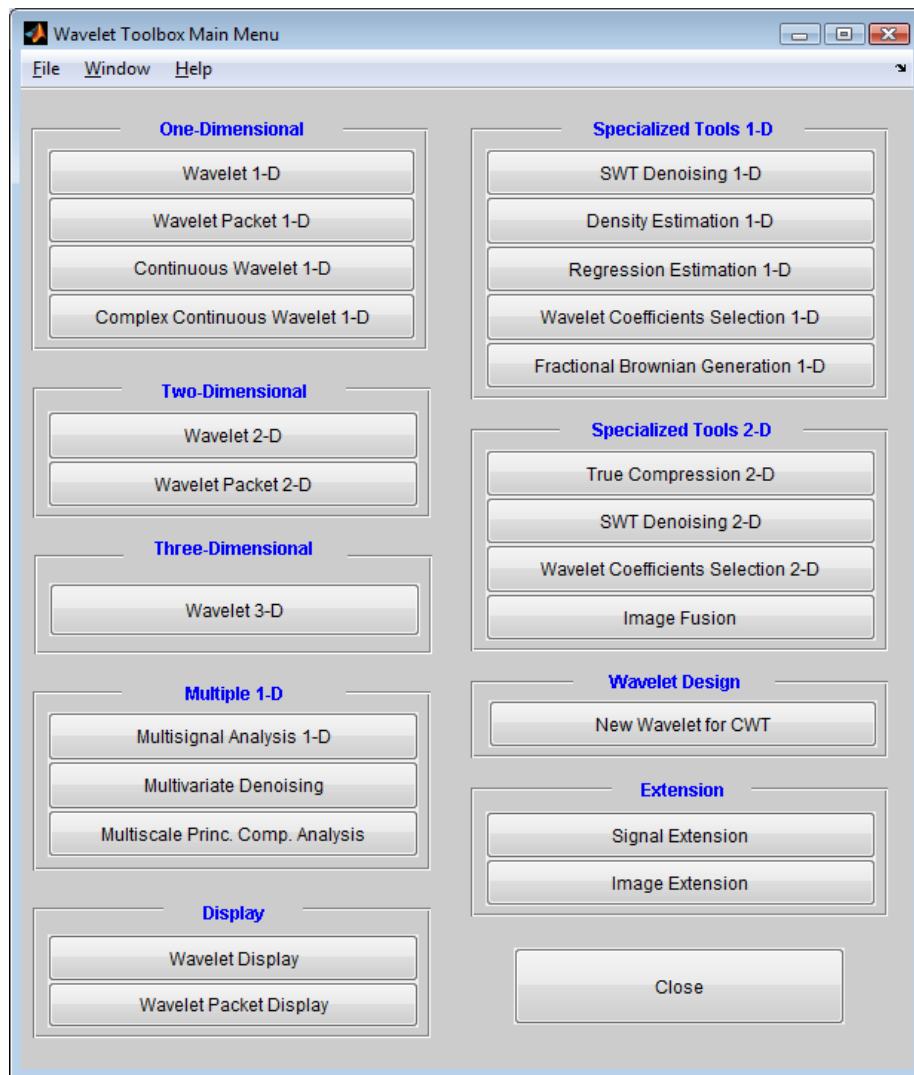


Рисунок 4.4 – GUI Wavemenu

В рамках даної лабораторної роботи ми розглянемо тільки Wavelet Display, Wavelet 1 D. Також варто відзначити, що графічний інтерфейс дозволяє імпортувати інформацію на диск і експортувати інформацію з жорсткого диска. Є можливість збереження синтезованих сигналів, обчислених wavelet-коефіцієнтів і декомпозицій на диску для подальшого використання в інших додатках або безпосередньо в системі MATLAB.

Які дані при завантаженні можуть використовуватися:

- тестові сигнали, що містяться в каталозі MATLAB toolbox / wavelet / wavedemo;
- сигнали, згенеровані будь-якою програмою, але обов'язково в форматі MAT-файлу;
- сигнали, введені ззовні у вигляді файлу або за допомогою звукової карти і також представлені в форматі MAT-файлу.

Для завантаження даних в графічний інтерфейс використовуються пункти меню "File-> Load Signal", "File-> Load Coefficients" або "File-> Load Decompositions", відповідно.

Wavelet Display. Розділ Wavelet Display призначений для знайомства і отримання інформації про вейвлети, що використовуються в MATLAB. Для запуску Wavelet Display потрібно викликати головне меню командою `wavemenu` і натиснути кнопку Wavelet Display. Відкривається вікно, яке містить звичайне Windows-меню вгорі, а також спеціальні кнопки меню праворуч і внизу.

Праве меню.

Вгорі праворуч (Wavelet) є можливість вибрати ім'я або тип вейвлета і його порядок. Далі можна встановити рівень дозволу *Refinement* – це число N , таке, що значення вейвлетів обчислюються з кроком $\frac{1}{2} N$. За замовчуванням $N = 8$. Потім натиснути кнопку Display, тоді в графічному вікні з'являться графіки вейвлет-функцій $\varphi(x)$. Нижче зображуються значення фільтрів розкладання і реконструкції. Потрібно звернути увагу на те, що фільтри $\{h_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ і $\{g_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ вейвлетів $\varphi(x)$ і $\psi(x)$ – це коефіцієнт масштабуючих рівнянь $\varphi(x) = \sqrt{2} \sum_n h_n \varphi(2x - n)$ і $\psi(x) = \sqrt{2} \sum_n g_n \varphi(2x - n)$, де $g_n = (-1)^n \bar{h}_{N-n}$. Фільтр $\{h_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ називається низькочастотним, а фільтр $\{g_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ – високочастотним. При цьому для відновлення використовуються фільтри $\{h_n\}$ і $\{g_n\}$ вейвлетів $\varphi(x)$ і $\psi(x)$. Все це добре видно при зображенні фільтрів в графічному вікні.

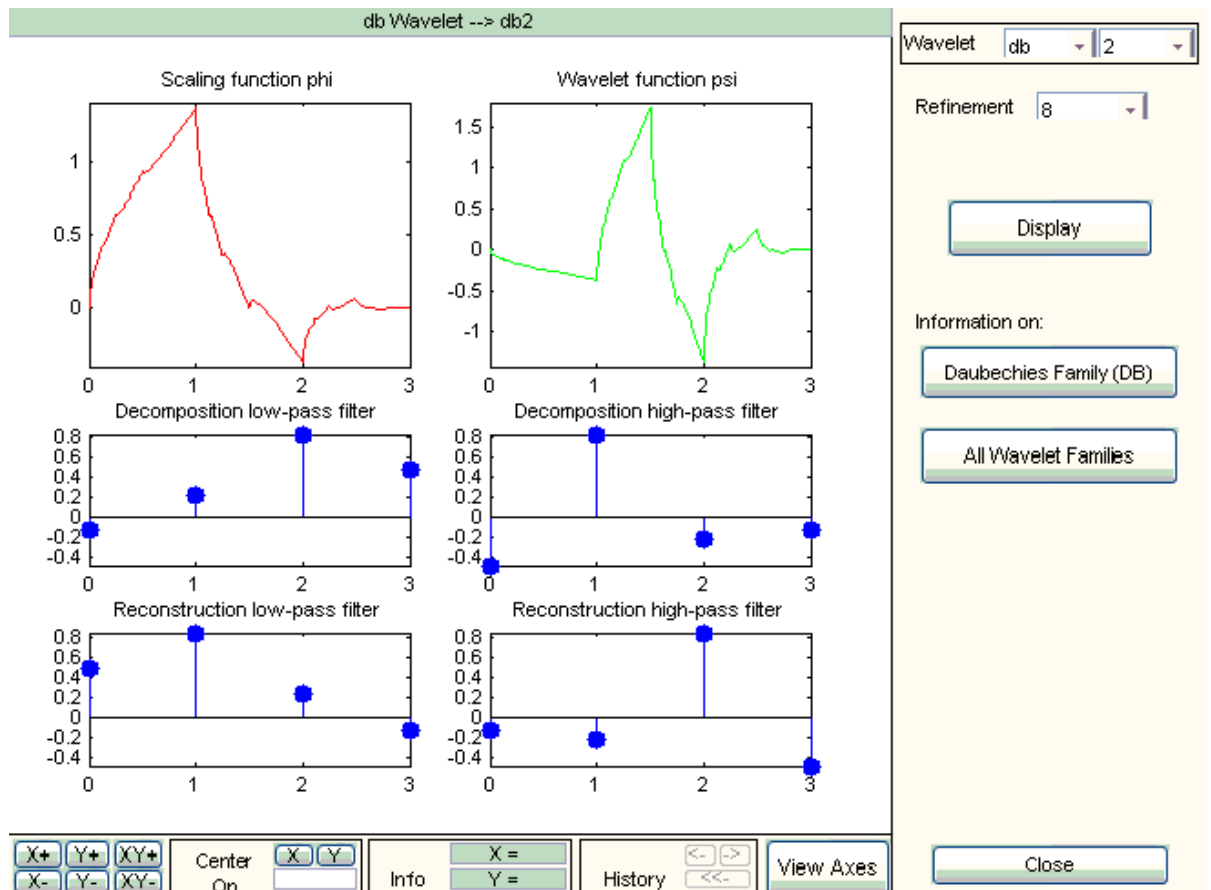


Рисунок 4.5 – Основне вікно розділу Wavelet Display

У наведеному вище прикладі маємо в лівому нижньому вікні фільтр $\{h_n\} \varphi(x)$ – функції Добеши db 2. Внизу справа – фільтр $g_n = (-1)^n h_{3-n}$ вейвлета Добеши $\psi(x)$.

Фільтри розкладання є транспонованими до вказаних $\{h_n\}$ і $\{g_n\}$.

Справа є ще дві кнопки, при натисканні на які відкривається додаткове вікно з інформацією про обраний вейвлет або про всі вейвлети MATLAB (*AllWavelet Families*).

Нижнє меню призначене для більш детального розгляду графіків. По-перше, кнопка *Wiev Axes* запускає додаткове вікно, кнопки якого дозволяють відкрити відповідний графік «в усі вікна». Повернутися до вихідного вікна (рис.4.5) можна, «віджавши» кнопку на панелі *Wiev Axes* або, вимкнувши її повністю.

Лівою кнопкою миші можна вибрати фрагмент графіка і кнопками X+, X-, Y+, Y-, XY+, XY- збільшити або зменшити його масштаб по координатним осях. Кнопка *History* дозволяє повернутися назад в процесі змін масштабів. При натисканні правою кнопкою миші на точку графіка в полі *Info* вказуються координати обраної точки. Кнопка *Center On* дозволяє центрувати графік, якщо задати координати центру. Відзначимо, що кнопки нижнього меню працюють як в режимі основного вікна, так і в режимі *Wiev Axes*.

Одновимірний дискретний вейвлет-аналіз (Wavelet 1 D). Розділ *Wavelet 1 D* головного меню призначений для вейвлет-розкладання і аналізу дискретного сигналу. Для запуску *Wavelet 1 D* потрібно викликати головне меню командою *wavemenu* і натиснути кнопку *Wavelet 1 D*. Запускається графічне середовище, зручне для роботи з великим комплексом команд з аналізу сигналів. Вікно графічного інтерфейсу містить звичайне меню вгорі, спеціальні кнопки меню праворуч і внизу, а також основне поле для візуалізації результатів аналізу.

Верхнє меню містить можливості, звичайні для Windows-додатків. Використовуючи меню *File*, можна завантажити дані, які передбачаються до аналізу. Значна зручність полягає в тому, що можна використовувати демонстраційні сигнали. Їх можна знайти в меню *File / Demo Analysis*. Хоча в цих прикладах вже проведено вейвлет-аналіз, обраний демонстраційний сигнал можна проаналізувати заново. Після обробки можна зберегти коефіцієнти, синтезований сигнал і розкладання.

Кнопки нижнього меню працюють точно так же, як і в розглянутому вище *Wavelet Display*. Вони призначені для більш детального розгляду графіків.

Праве меню активізується після того, як буде завантажений сигнал. Меню призначене для завдання вейвлету, за допомогою якого буде аналізуватися сигнал, рівня розкладання, завдання видів

відображення на екрані вейвлет-коефіцієнтів і вказівки цілей аналізу: отримання статистичних характеристик, гістограм, стиснення сигналу або видалення шуму.

Розглянемо роботу даного комплексу на прикладі вейвлет-розкладання. Завантажимо сигнал. З'явиться графік сигналу, і справа в верхньому полі буде вказана довжина вибірки. Далі вибираємо вейвлет (Wavelet), його порядок і рівень (Level) вейвлет-розкладання (за замовчуванням 5). Після цього потрібно натиснути на кнопку Analyse, для того щоб зробити вейвлет-розкладання. Результати розкладання будуть зображені на основному полі графічного вікна.

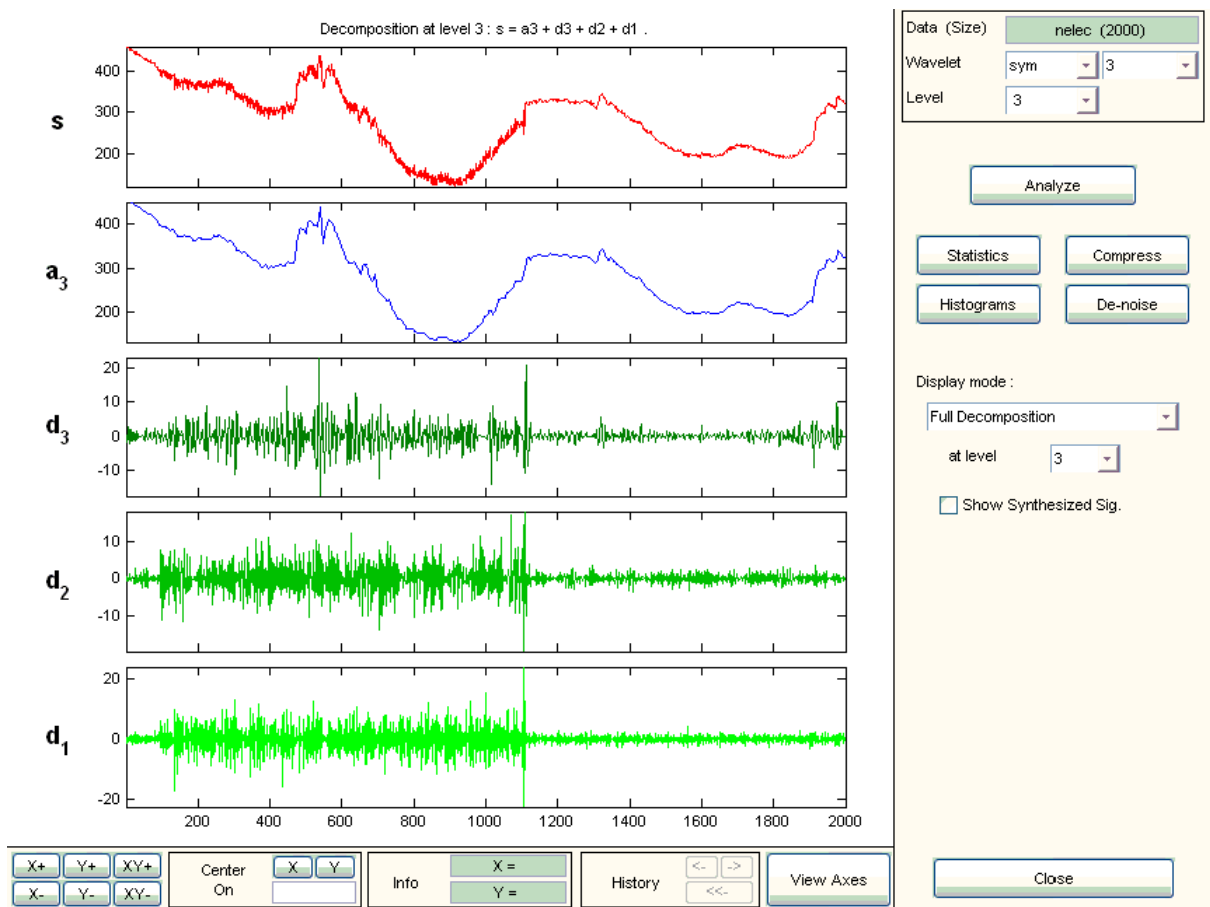


Рисунок 4.6 – Дискретне вейвлет-розкладання до 3-го рівня

На рис. 4.6 наведено результати розкладання з використанням вейвлету *sym3* до третього рівня. Наведено графік вихідного сигналу *s* і графіки компонент сигналу, відновлених апроксимуючими коефіцієнтами *a3* і деталізуючими коефіцієнтами *d1*, *d2*, *d3*.

Вибір різних видів розкладання (Display mode). В даному меню (праворуч у центрі) є можливість вибору наступних видів вейвлет-розкладання:

- «Full Decomposition Mode» – режим за замовчуванням, показує графіки апроксимації самого верхнього рівня розкладання і деталізує компоненти сигналу (рис. 4.7);

– «Separate Mode» показує деталі і всі апроксимації в окремих стовпцях;

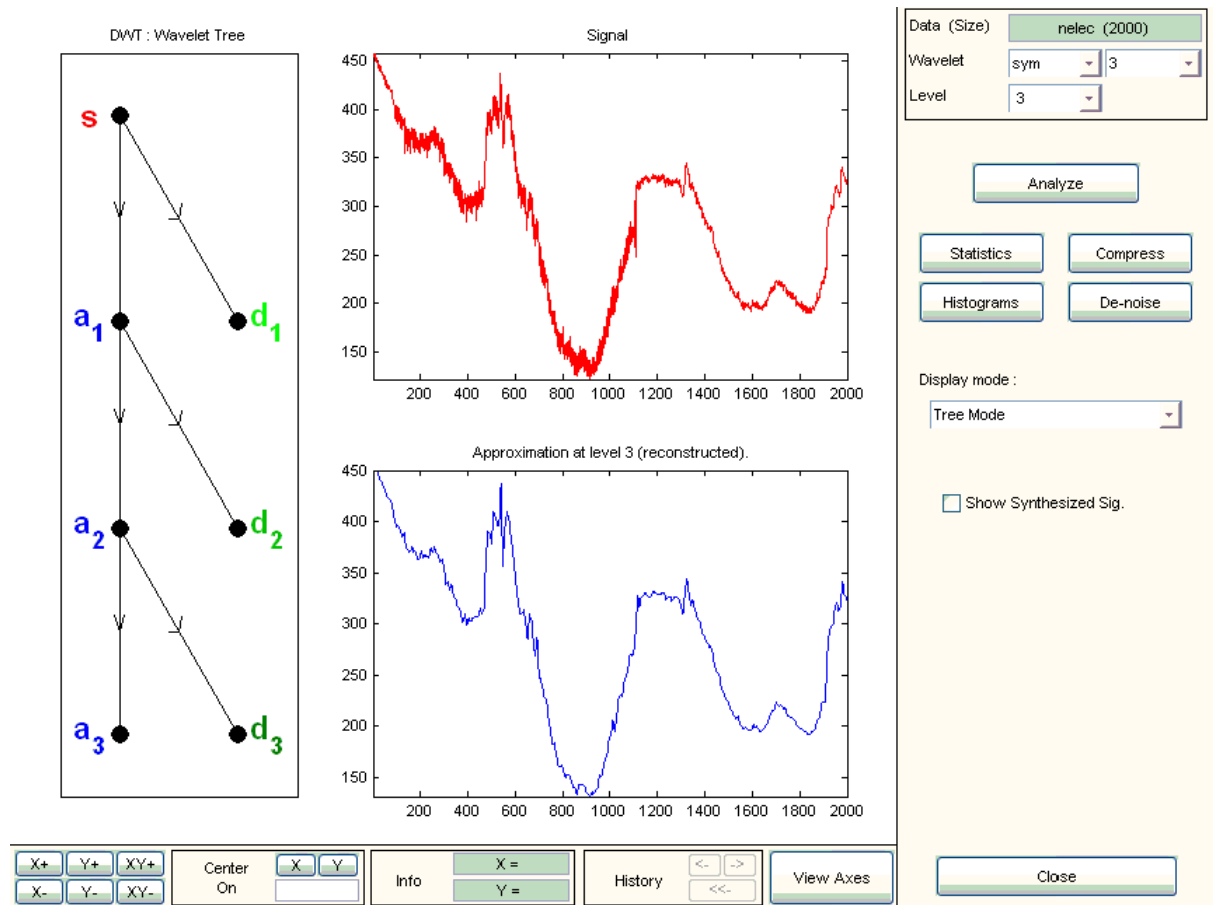


Рисунок 4.7 – Дерево дискретного вейвлет-розкладання

– «Superimpose Mode» показує сигнал і апроксимації в одному вікні різними кольорами, детальні графіки в одному вікні різними кольорами і спектрограму деталізуючих коефіцієнтів. Є можливість завдання додаткових опцій в меню *More Display Option*;

– «Tree Mode» показує дерево вейвлет-розкладання сигналу, графік вихідного сигналу і графік сигналу, відновленого по одному обраному набору коефіцієнтів. Вибрати компоненту сигналу можна мишкою, клацнувши по позначенню вузла на дереві (рис. 4.7);

– «Show and Scroll Mode» відображає три вікна. Перше показує початковий сигнал. Друге вікно – вибрані деталі. Третє – є спектрограма деталізуючих вейвлет-коефіцієнтів;

– «Show and Scroll Mode (Stem Cfs)» аналогічний «Show and Scroll Mode», за винятком того, що в третьому вікні вейвлет-коефіцієнти зображені у вигляді стебел, а не у вигляді забарвлених блоків спектрограми.

Статистичні характеристики коефіцієнтів розкладання. У комплексі програм Wavelet 1 D передбачена можливість обчислення статистичних характеристик компонент розкладання. Для цього

необхідно натиснути кнопку Statistic справа. З'явиться нове вікно Wavelet 1 D Statistics, що відображає статистичні дані про вихідний сигнал.

При статистичній обробці вейвлет-коефіцієнтів вважається, що набір коефіцієнтів розкладання представляє кінцеву вибірку значень випадкової величини. Вид гістограми відображає щільність розподілу, а вид кумулятивної гістограми відображає вид функції розподілу.

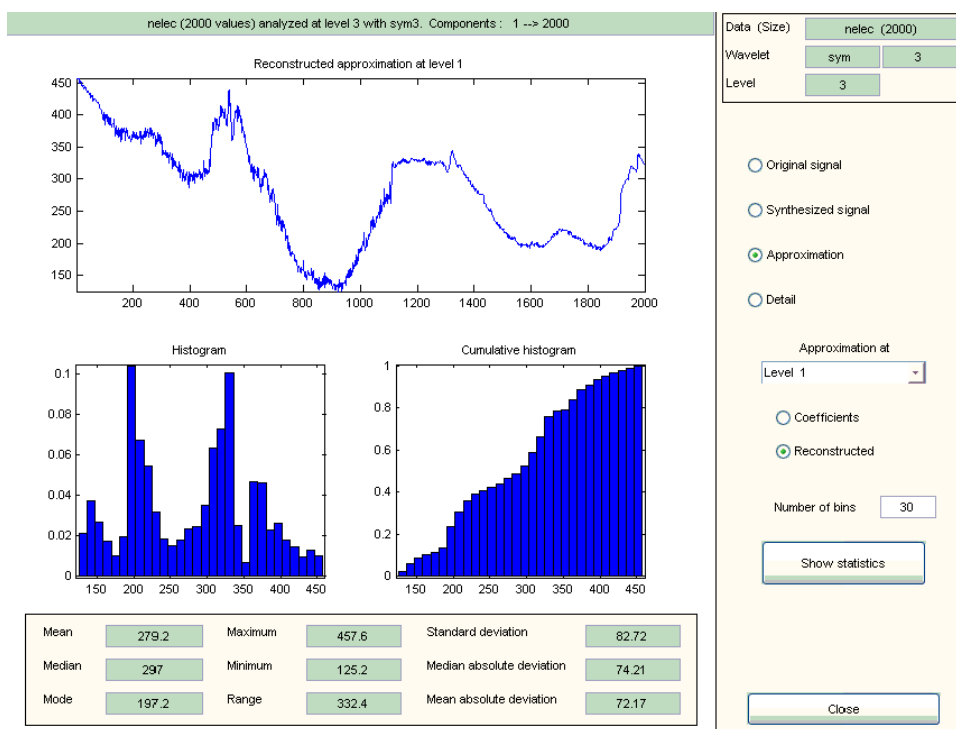


Рисунок 4.8 – Статистичні характеристики компонент сигналу

Число проміжків розбиття можна задати самостійно в полі Number of Bins.

Гістограми (Histogram). Ця кнопка дозволяє побудувати гістограми всіх компонент в сукупності, що буває зручно для їх порівняльної оцінки (рис.4.9).

Стиснення сигналу. Для цього необхідно натиснути кнопку Compression, справа. З'явиться нове вікно Wavelet 1 D Compression, праве меню якого містить ряд можливостей для завдання параметрів стиснення.

Ми бачимо (рис. 4.10), що при виборі вейвлета sym3 і розкладання до 3-го рівня сигнал стискається більш, ніж в 5 разів із збереженням 99,9% енергії. На цьому значенні порога, видалено 80,6% вейвлет-коефіцієнтів

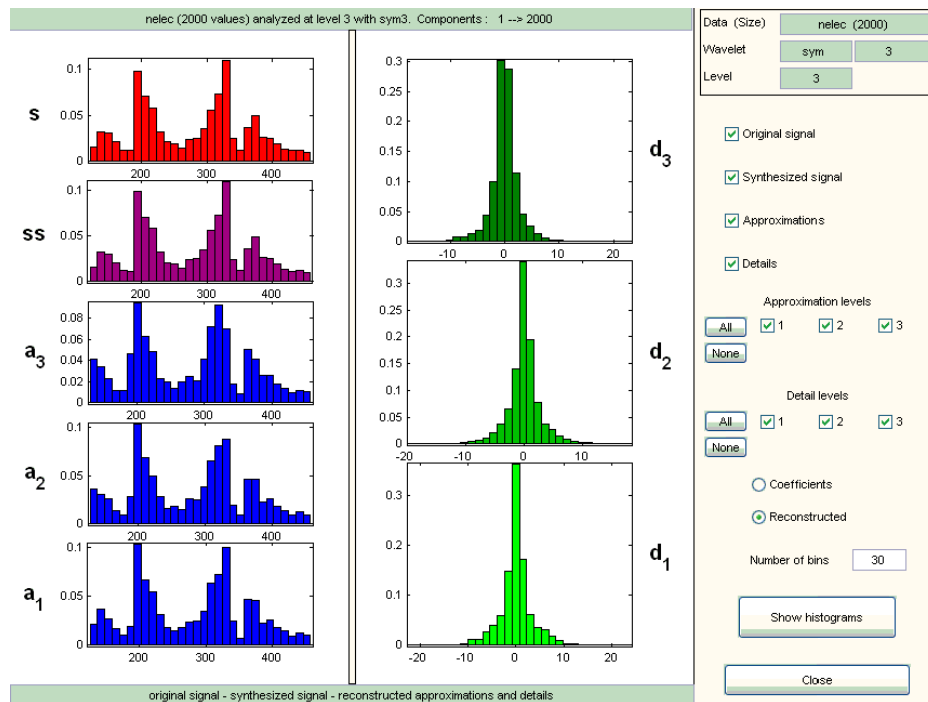


Рисунок 4.9 – Гістограми

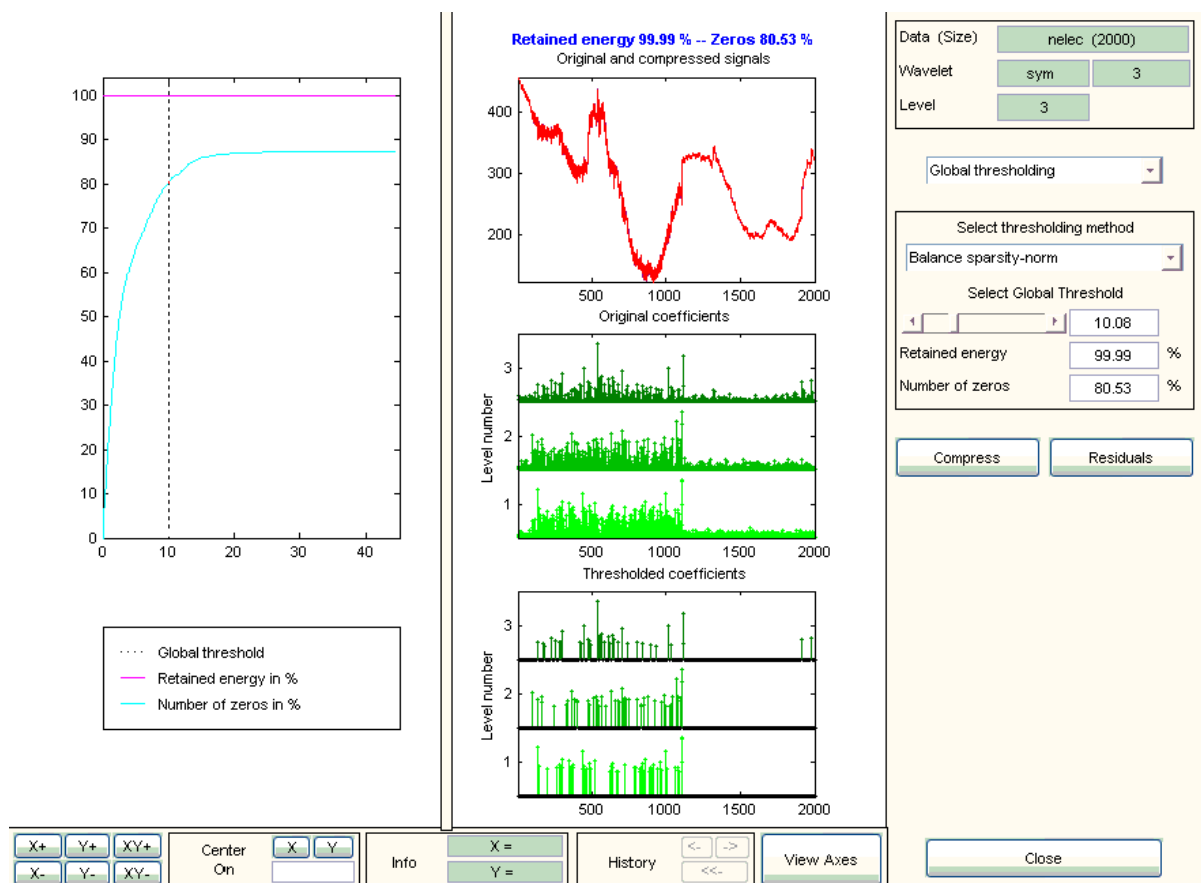


Рисунок 4.10 – Глобальна порогова обробка

Кнопка Residuals дає можливість оцінити характеристики різниці між вихідним та стиснутим сигналами: графік різниці, гістограма, автокореляційна функція, частотний спектр швидкого перетворення

Фур'є і числові статистичні характеристики, такі як середнє, мода, медіана, середньоквадратичне відхилення.

Більш гнучким методом є порогова обробка в залежності від рівнів (By Level Thresholding). При виборі цього методу з'являється вікно, що утримує графіки вихідного сигналу і деталізуючих коефіцієнтів d_1 , d_2 , d_3 .

Є кілька автоматичних методів вибору порога в меню Select Thresholding. У той же час це значення можна вибрати вручну окремо для кожного рівня, використовуючи слайдери, розташовані праворуч (Select, Sparsity), або вручну лівою кнопкою миші використовуючи горизонтальні жовті штриховані лінії в лівих вікнах із зображенням вейвлет-коефіцієнтів. Кожне з цих вікон може бути збільшено натисканням кнопки View Axes. Кнопка Interval Depend Threshold Setting, що знаходиться нижче процентних даних, відкриває додаткове вікно для установки різних порогів на різних частинах одного сигналу.

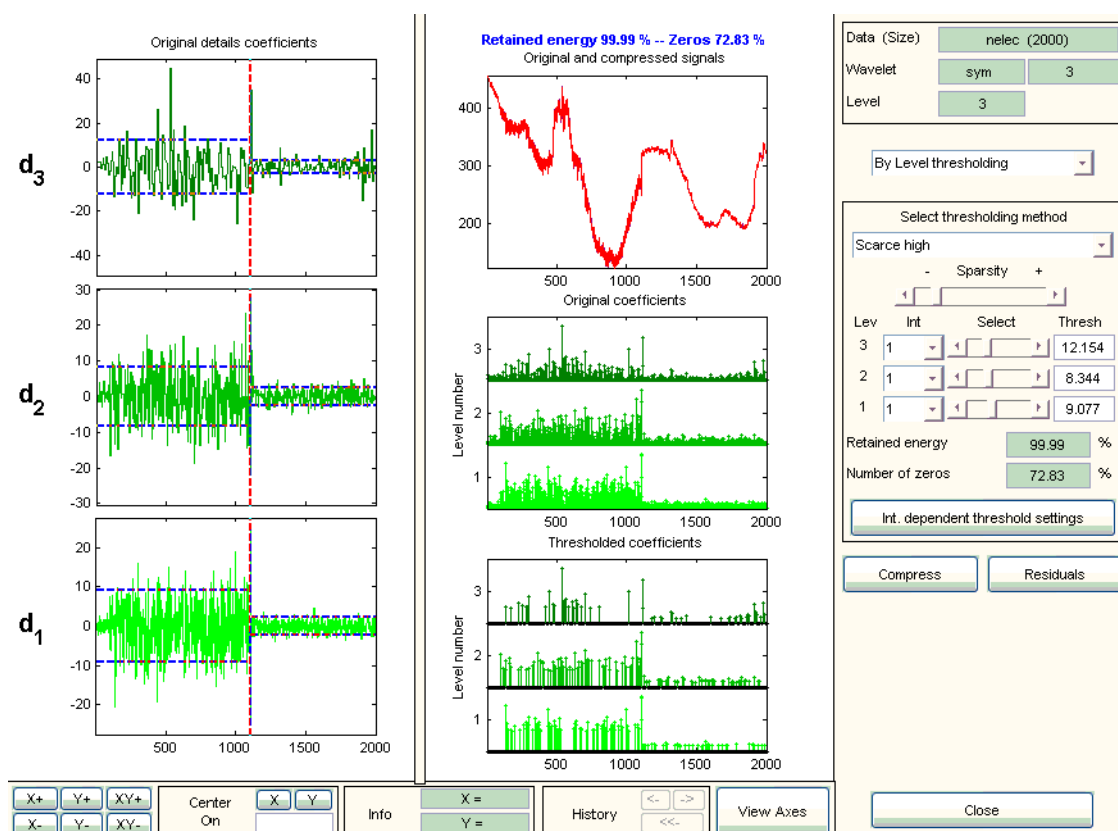


Рисунок 4.11 – Порогова обробка від рівня до рівня

Встановивши для вибраного тону розкладання до рівня 3 і вибравши вручну порогові значення як на рис. 4.11, ми бачимо, що стиснення видаляє більшу частину шуму, зберігає майже 100% енергії сигналу і кількість, що залишилися вейвлет-коефіцієнтів складає близько 15% від обсягу вихідного сигналу. Стисла діаграма зберегла всі властивості, які використовуються для аналізу сигналу. Відсоток стиснення показує переваги того чи іншого вейвлет-методу в обробці і зберіганні інформації.

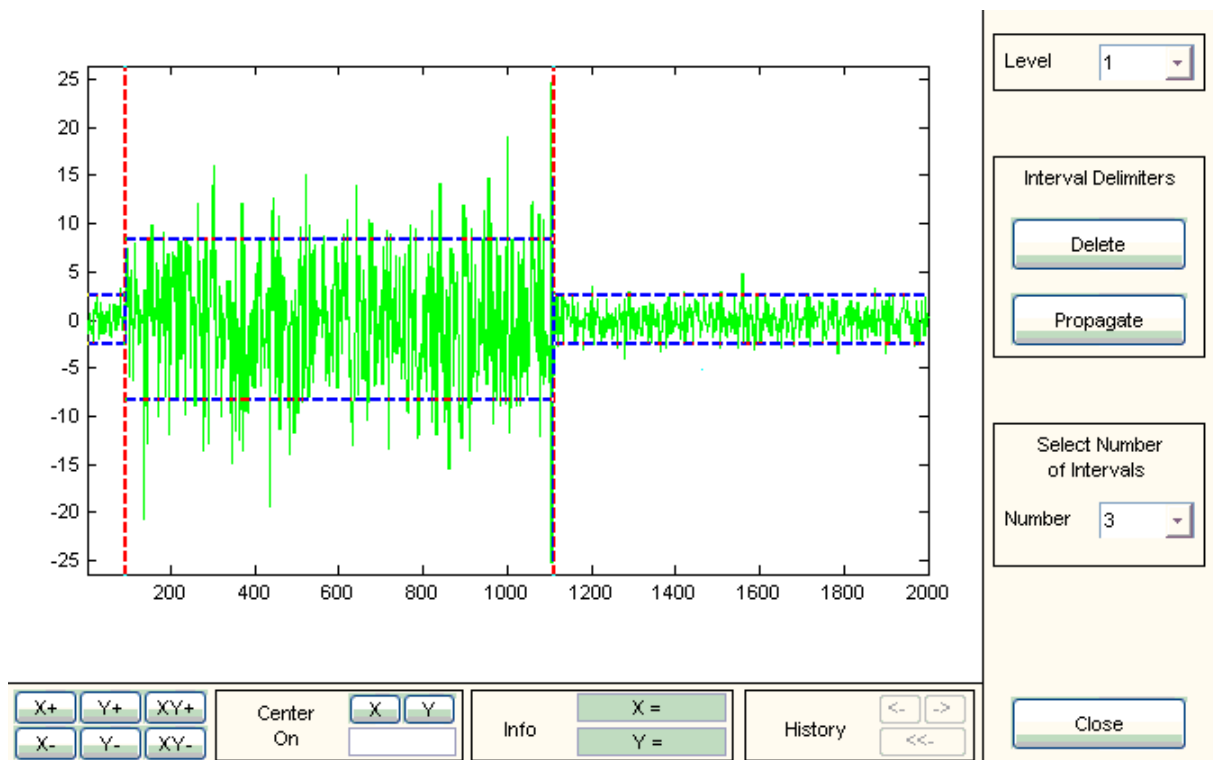


Рисунок 4.12 – Установка інтервальних порогів

Кнопка Residuals дає можливість оцінити характеристики різниці між вихідним та стиснутим сигналами.

Видалення шуму. Для цього необхідно натиснути кнопку De-noise справа на основному вікні Wavelet 1D. З'явиться нове вікно Wavelet 1D De-noise, праве меню якого містить ряд можливостей для завдання параметрів видалення шуму. По-перше, потрібно вибрати стратегію порогової обробки в меню праворуч Select Thresholding Method. Потім необхідно зазначити тип порогової обробки: м'який чи жорсткий. Далі потрібно вибрати тип шуму. В цьому випадку порогові значення будуть визначені автоматично. Натискаємо кнопку De-noise і отримуємо сигнал, очищений від шуму. Він зображується в одному вікні разом з вихідним. Видалення шуму можна провести вручну окремо для кожного рівня, використовуючи слайдери, що знаходяться справа, або вручну лівою кнопкою миші, використовуючи горизонтальні сині штрих-лінії в лівих вікнах із зображенням вейвлет-коефіцієнтів.

Відзначимо дуже корисну особливість. Можна лівою кнопкою миші видокремити фрагмент сигналу у правому верхньому вікні. Потім, якщо його збільшити кнопкою XY+ нижнього меню, то ми отримаємо вейвлет-розкладання цього фрагмента і можна провести видалення шуму цього фрагмента.

Кнопка Int.dependent threshold settings (установка інтервальних порогів) виводить додаткове вікно, в якому зображуються компоненти сигналу. Кнопка Level дозволяє вибрати рівень коефіцієнтів. На основному полі є дві горизонтальні лінії (пороги), які можна змінювати правою кнопкою миші. В меню Select Number of Intervals можна

вибрати кількість інтервалів, на кожному з яких буде вибиратися своє значення порога. Положення кордонів інтервалів (штрих-лінія червоного кольору) можна встановити, утримуючи їх правою кнопкою миші. Повна візуалізація процедур стиснення і видалення шуму дозволяє якісно обробити сигнал. Результати можуть бути збережені з використанням можливостей звичайного Windows-меню.

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Розробка рішення поставленого завдання.
3. Покрокова обробка заданого сигналу за допомогою вейвлет-перетворень.
4. Скріншоти з детальним описом отриманих результатів.
5. Висновки за результатами досліджень лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Безперервне Wavelet -перетворення.
2. DWT.
3. Алгоритм Малла: застосування, переваги, недоліки.

ЛІТЕРАТУРА: [4], [5].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ТИПОВИХ МАТЕМАТИЧНИХ СХЕМ ТА АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРОГРАМ

Мета роботи: отримання практичних навичок проектування мереж масштабу підприємства; навчитися обирати технології і компоненти і вміти обґрунтовувати свій вибір; освоїти найпростіші методи імітаційного моделювання обчислювальних мереж, оцінити отримані результати.

Устаткування, комплектуючі та програмне забезпечення персональний комп'ютер, OpNet IT Guru Academic Edition.

Завдання:

1. Створити модель корпоративної мережі. У теоретичній частині роботи необхідно описати підприємство, сферу діяльності, організаційну структуру, пояснити необхідність взаємодії між відділами та з зовнішніми організаціями, обґрунтувати вибір обладнання, додатків, алгоритмів маршрутизації, програмного забезпечення.

2. Змоделювати мережу в OpNet IT Guru Academic Edition.

3. Дати аналіз результатами моделювання, оцінивши такі параметри:

навантаження на КЗ;

кількість втрачених пакетів в мережних елементах;

затримка в мережі;

як себе поводить той чи інший графік.

4. Дати рекомендації по модернізації мережі.

5. Зробити висновки по роботі.

Теоретичні відомості.

Використання високорівневого моделювання дозволяє гарантувати повноту та правильність виконання інформаційної системи функцій, визначених замовником. У лабораторній роботі моделювання здійснюється за допомогою пакета OpNet IT Guru Academic Edition.

Програма OpNet являє собою комплекс засобів для створення, моделювання та вивчення мереж зв'язку. Дозволяє аналізувати вплив додатків типу клієнт-сервер і нових технологій на роботу мережі; моделювати ієрархічні мережі, багатопрокольні локальні і глобальні мережі з урахуванням алгоритмів маршрутизації; здійснювати оцінку та аналіз продуктивності змодельованих мереж. Також за допомогою пакету можна здійснити перевірку протоколу зв'язку, аналіз взаємодій протоколу, оптимізацію і планування мережі.

Програма OpNet містить вичерпну бібліотеку протоколів і об'єктів. Є кілька середовищ редактора - по одній для кожного типу об'єкта. Організація об'єктів – ієрархічна, мережні об'єкти (моделі)

пов'язані набором вузлів і об'єктів зв'язку, в той час як об'єкти вузла пов'язані набором об'єктів, типу модулів черговості, модулів процесора, передавачів і приймачів.

Наведений нижче приклад складається з 2 блоків, кожен поділений на 4 частини. У першому блоці проводиться моделювання корпоративної мережі, в другому – глобальної.

У частині 1 кожного блоку необхідно створити легенду для розроблюваної мережі і обґрунтувати вибір обладнання, технологій.

У частині 2 переходимо до конструювання мережі в програмному продукті OpNet.

Частина 3 полягає в налагодженні обладнання.

Частина 4 – симуляція роботи мережі, аналіз отриманих характеристик мережі.

Моделювання корпоративної мережі.

Оснoву інформаційної системи корпоративної мережі становить обчислювальна система, що включає такі компоненти, як кабельна мережа і активне мережне обладнання, комп'ютерне та периферійне устаткування, обладнання зберігання даних (бібліотеки), системне програмне забезпечення (операційні системи, системи управління базами даних), спеціальне програмне забезпечення (системи моніторингу та управління мережами) і в деяких випадках прикладне ПЗ. Як правило, в корпоративній мережі використовується централізована система управління мережею.

Ядро мережі являє собою маршрутизатор і сервери різного призначення. На маршрутизаторі зберігається і розраховується таблиця маршрутизації. За принципами формування таблиці маршрутизації бувають – статичні і динамічні.

При моделюванні корпоративної мережі рекомендується використовувати статичні таблиці маршрутизації, так як кількість маршрутизаторів в середньому не перевищує три, при побудові більших мереж зі складною конфігурацією обладнання доцільно використовувати динамічну маршрутизацію. Доступ користувачів до ядра мережі здійснюється через комутатори, які організовують локальні мережі. Основною технологією для побудови корпоративної мережі в даний час є Ethernet.

При створенні моделі мережі спочатку необхідно дати назви проекту і сценарію в ньому: File-New – назва проекту (рис.5.1).

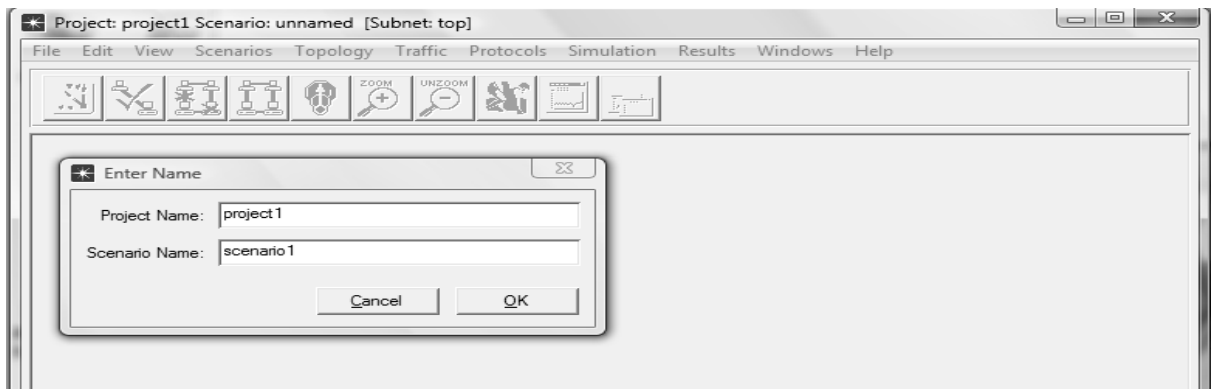


Рисунок 5.1 – Назва проекту

Далі обраємо розмір мережі (в першій частині роботи будуємо корпоративну мережу, вибираємо campus або office), виділяємо необхідний і натискаємо кнопку Next (рис. 5.2).

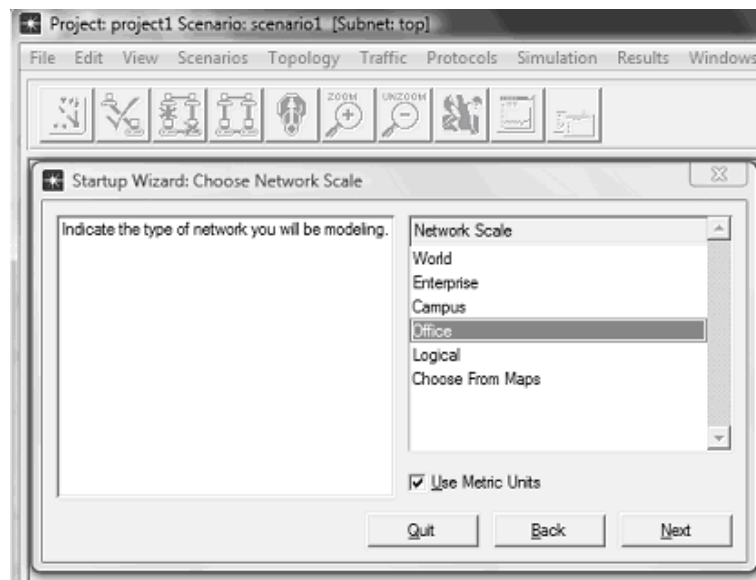


Рисунок 5.2 – Вибір розміру мережі

На наступному етапі необхідно вибрати конкретні розміри місцевості (м), на якій буде розташовуватися мережа (механізм вибору розмірів місцевості аналогічний вибору розміру мережі). Далі необхідно визначитися з вибором устаткування і технологій, які будуть представлені в проекті. Для цього в списку виділяємо необхідний елемент, при цьому в поле Include з'явиться напис Yes – що означає, що цей пакет включено до проекту (рис. 5.3).

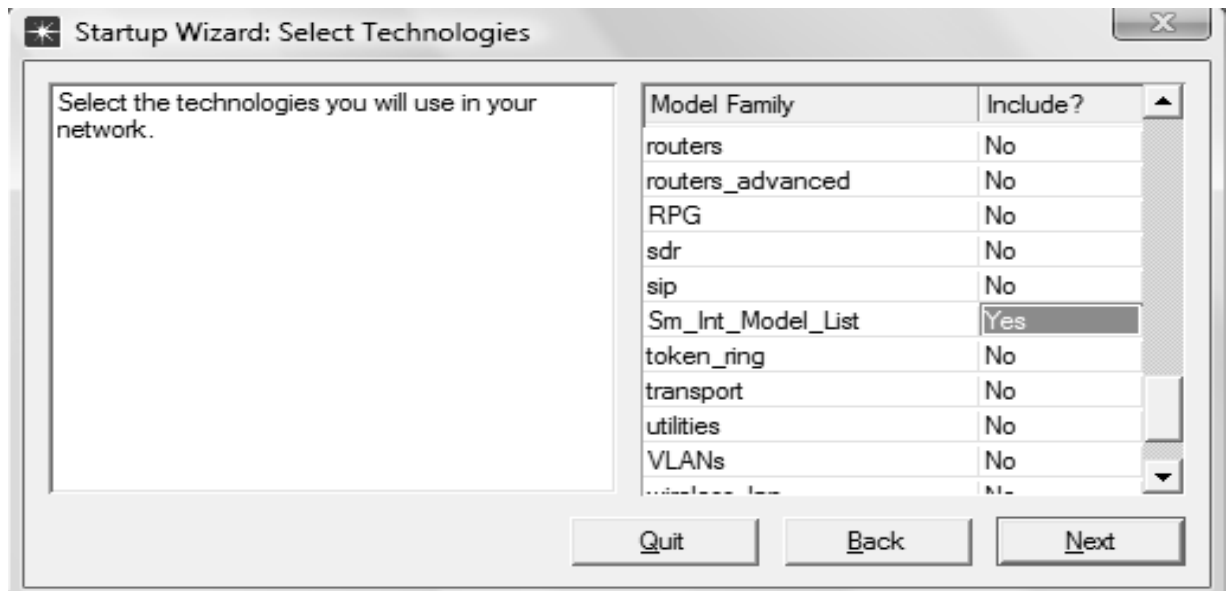


Рисунок 5.3 – Вибір обладнання та технологій

Після натискання клавіші *Next*, програма пропонує переконаватися в правильності введених даних. Після перевірки параметрів створюваного проекту і натискання клавіші *Ok* з'являється робоча область, де буде створюватися мережа, і палітра, де відображуються елементи, які можна використовувати в проекті (рис. 5.4).

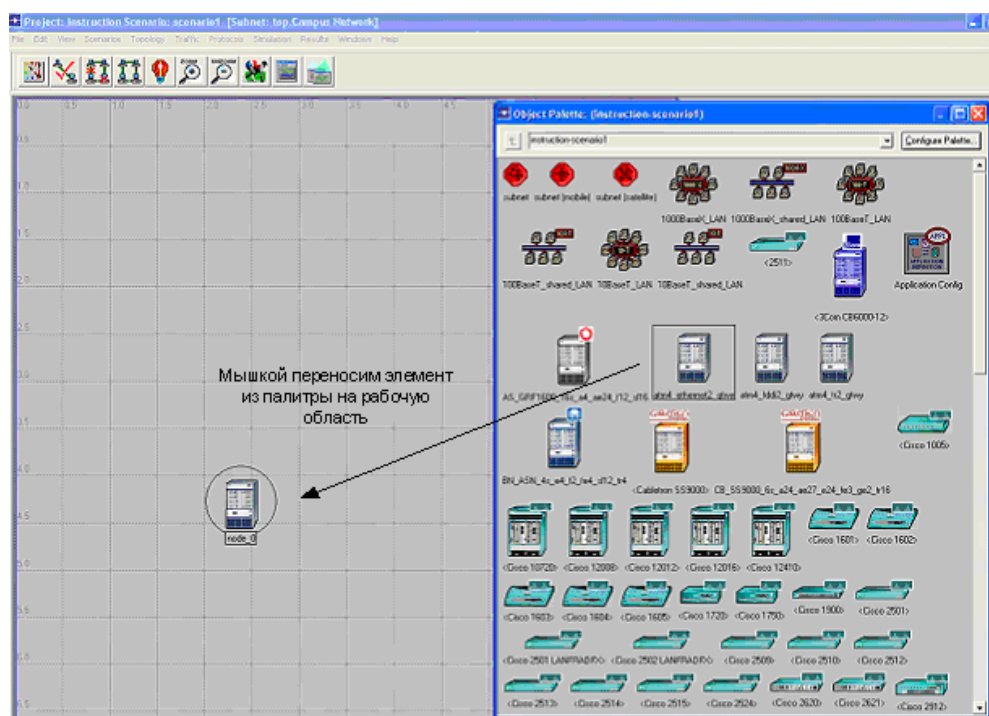


Рисунок 5.4 – Палітра проекту і робоча область

Набір елементів можна змінити шляхом натискання клавіші *Configure Palette*. Елементи на робочу область можна переносити з палітри. Для цього виділяємо елемент в палітрі клацанням лівої кнопки

миші, другим аналогічним клацанням, але вже в робочій області, додаємо елемент в робочу область.

Крім того, в програмі є можливість створення комбінованих елементів з шаблонів. Для цього вибираємо на панелі інструментів *Topology* -> *Rapid Configuration* і, слідуючи пунктам, конфігуруємо шаблон. Приклад побудови офісної мережі представлений на рис. 5.5.

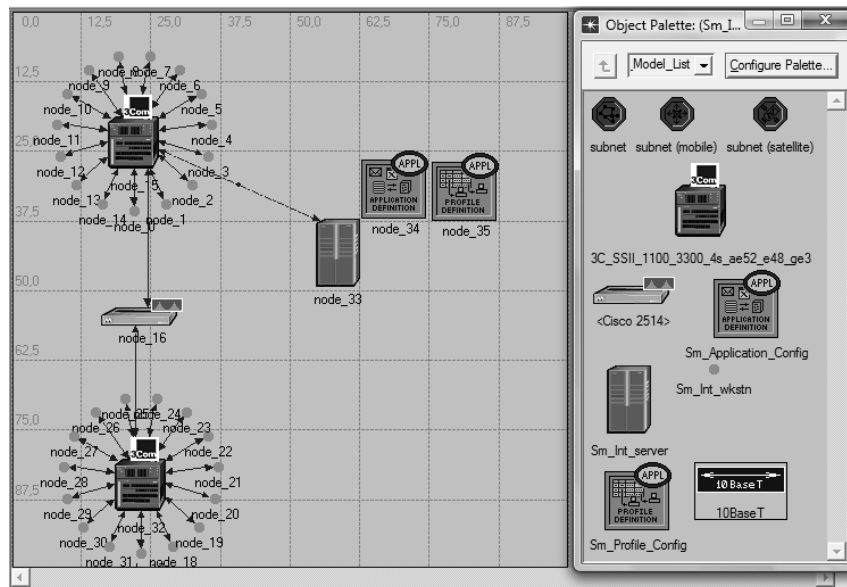


Рисунок 5.5 – Приклад побудови мережі

Мережа розташована на двох поверхах, на кожному поверсі користувачі підключені до комутаторів, які в свою чергу об'єднані маршрутизатором. Один комутатор з'єднаний з сервером. Поруч з сервером додані елементи, які визначають тип трафіку в мережі, і рід програм, які потребують цієї мережі.

Після побудови моделі мережі її необхідно верифікувати, тобто перевірити топологію мережі. Для цього на панелі інструментів натискаємо кнопку з червоною галочкою. Якщо мережа побудована неправильно, OpNet червоними хрестиками позначить некоректні з'єднання, які необхідно виправити. У разі правильної побудови в робочій області не буде ніяких змін.

1. Поставити профілі трафіку, налаштувати обладнання, обрати тип статистики, що збирається.

Для налаштування обладнання необхідно натиснути правою кнопкою миші на цьому обладнанні і вибрати в меню пункт *Edit Attributes* (рис. 5.6). Залежно від вибраного обладнання в робочій області з'явиться вікно з різним набором параметрів, що настраюються.

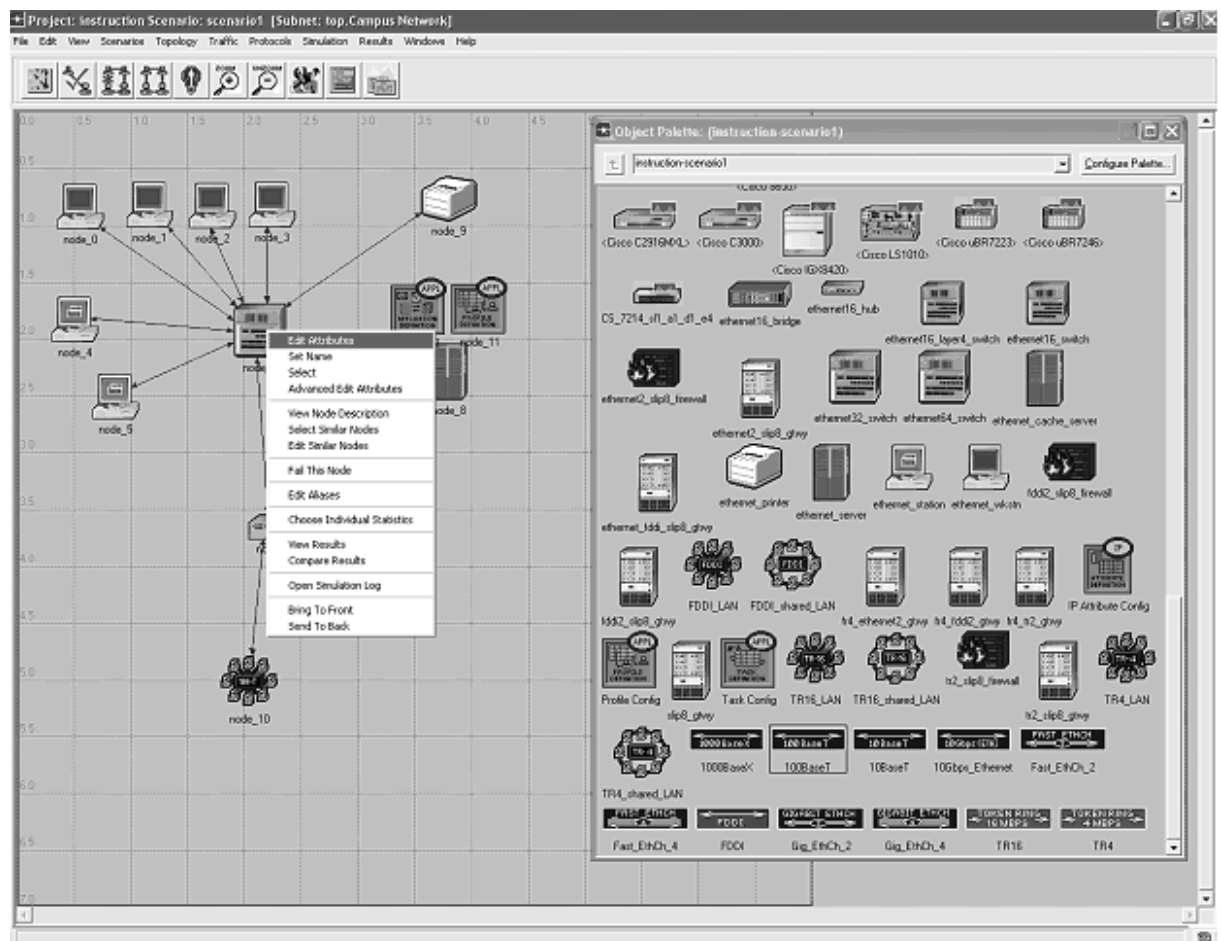


Рисунок 5.6 – Пункт Edit Attributes

Оскільки моделюється невелика корпоративна мережа, що містить не більше трьох маршрутизаторів, в якій рідко відбуваються зміни (підключення нового вузла, додавання нового маршруту і т.п.), доцільно будувати статичну таблицю маршрутизації.

При побудові великої мережі, що містить 3 і більше маршрутизатори, використовується динамічна таблиця маршрутизації. Для налаштування параметрів маршрутизатора потрібно натиснути правою кнопкою миші на його назву і вибрати графу *Edit Attributes* (рис. 5.7).

Для побудови статичної таблиці маршрутизації необхідно вручну прописати IP-адреси і маски, для цього в полі *Attribute* вибираємо пункт *IP Routing Parameters - Static Routing Table*.

У рядку *rows* вказуємо кількість активних інтерфейсів маршрутизатора. Для кожного інтерфейсу (рядки *row*) прописуємо IP-адреса і маску.

Щоб задати параметри інтерфейсів, в полі *Attribute* вибираємо пункт *Interface Information*, в якому номер рядку (row) відповідає номеру інтерфейсу. Для кожного інтерфейсу, відповідного одному або декільком активним портам, задаємо IP-адресу і маску підключеного обладнання. Аналогічно налаштовуємо *Loopback Interface*.

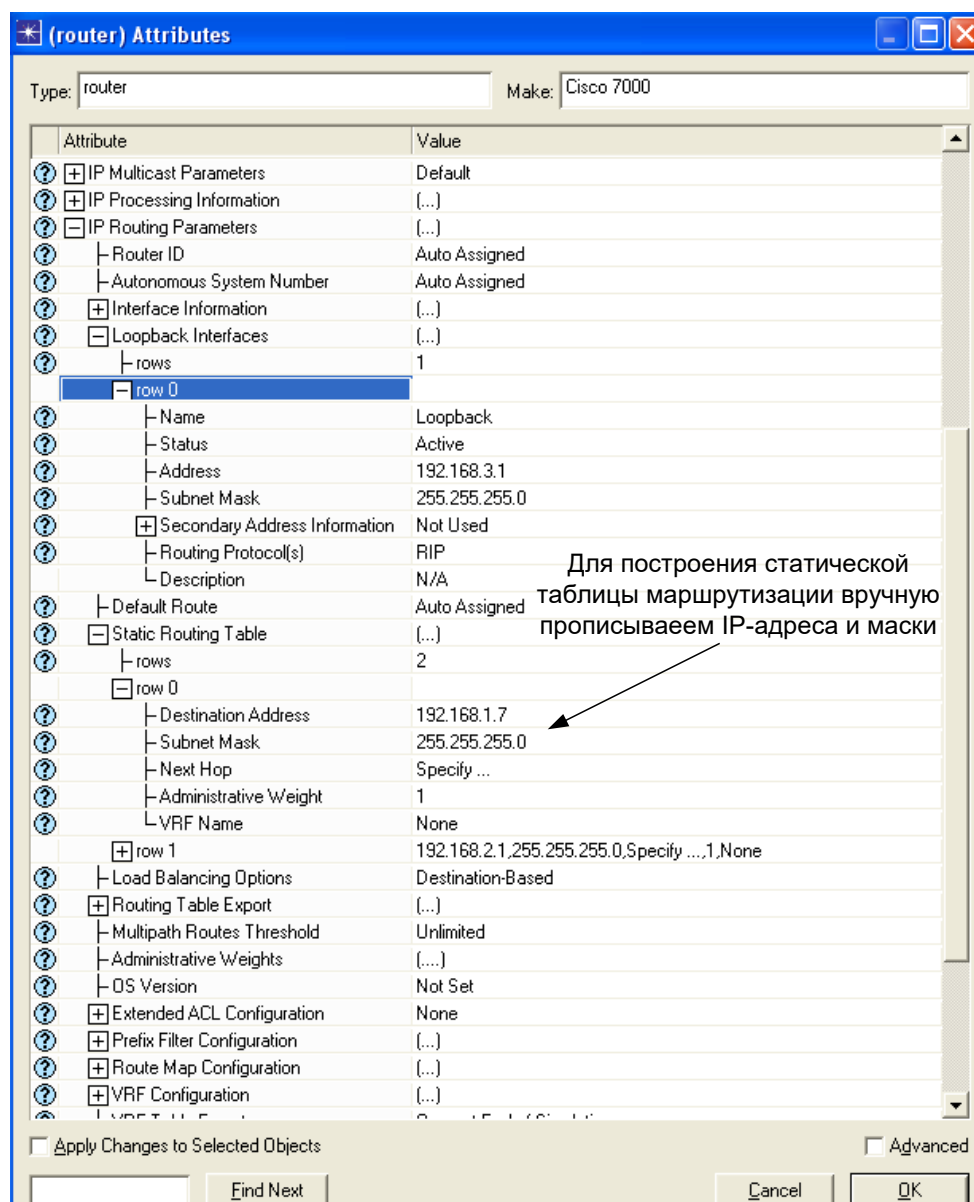


Рисунок 5.7 – Приклад налаштування маршрутизатора

Loopback Interface – це IP-інтерфейс з адресою в мережі 127.0.0.1 використовується для адресації вузлом самого себе (*loopback*, інтерфейс зворотнього зв'язку). Звернення за адресою *Loopback Interface* означає зв'язок з самим собою (без виходу пакетів даних на рівень доступу до мережі); для протоколів на транспортному рівні і вище таке з'єднання не відрізняються від сполуки, що проходить через мережу, що зручно використовувати, наприклад, для тестування мережного програмного забезпечення.

Для того щоб після процесу симуляції можна було подивитися таблицю маршрутизації, необхідно в полі Attribute вибрати пункт *Routing Table Export* і привласнити полю *Status* значення *Enabled*.

Після того як налаштування обладнання завершено, необхідно вказати тип інформації, що збирається для статистики. Для цього на досліджуваному обладнанні або сполучній лінії натиснути правою кнопкою миші і вибрати графу *Choose Individual Statistics*. Далі для

кожного мережного елемента пропонуються на вибір варіанту збору результатів моделювання (рис. 5.8).

Для маршрутизатора обов'язково зібрати наступні статистичні показники: завантаження процесора, обсяг трафіку переданого, отриманого, відкинутого по протоколу IP.

Налаштування комутатора. Як правило, додаткове налаштування комутатора не потрібне, якщо немає необхідності реконфігурації портів або налаштування VLAN. Для комутатора можна вказати тип інформації, що збирається для статистики - натиснути правою кнопкою миші на об'єкт і вибрати графу *Choose Individual Statistic*. Далі галочками вибрати потрібні параметри. Для комутатора обов'язково зібрати наступні статистичні показники: обсяг трафіку переданого, отриманого, відкинутого.

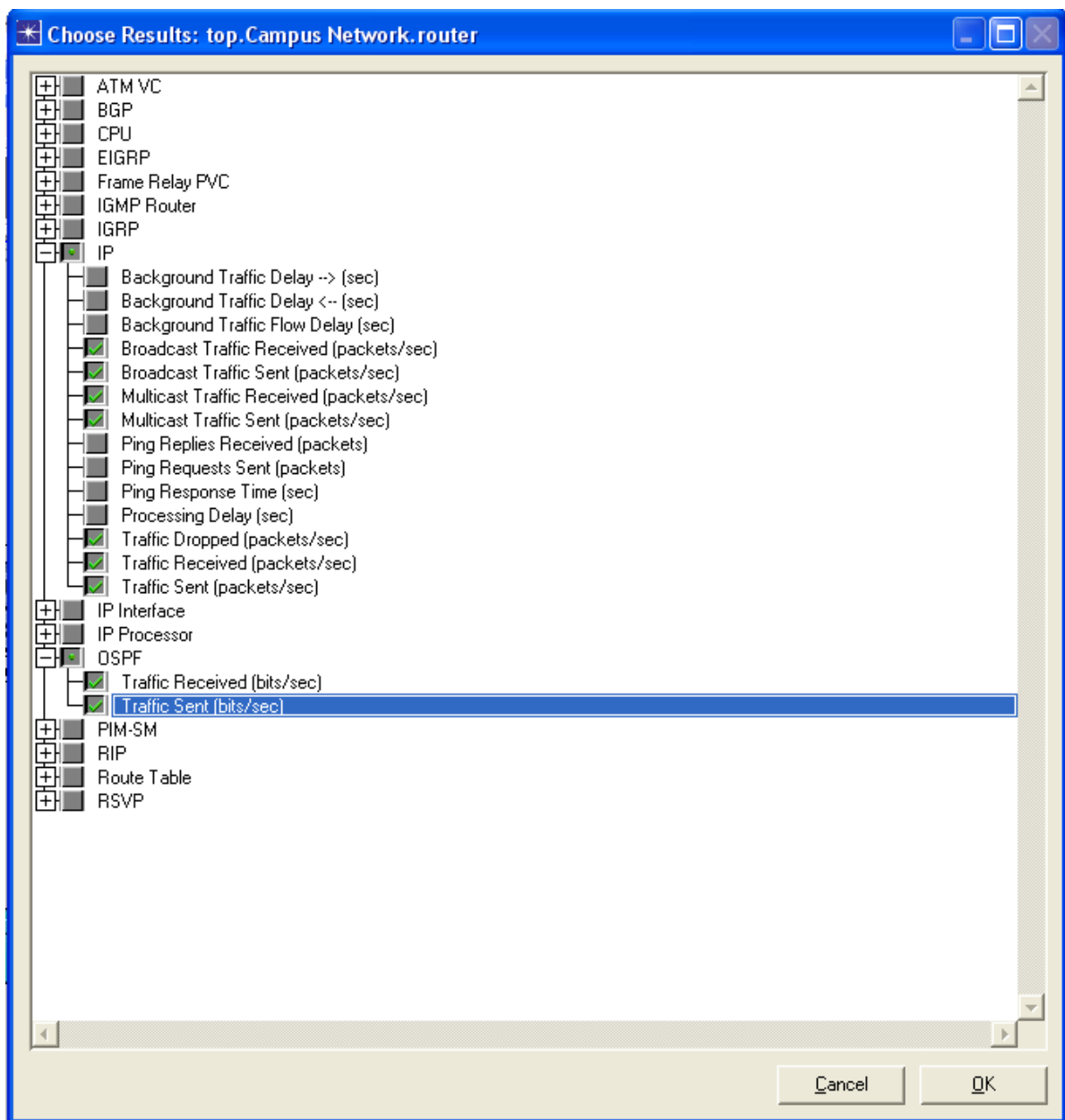


Рисунок 5.8 – Вибір типу статистики для маршрутизатора

Під час налаштування сервера потрібно прописати тип трафіку, що генерується користувачами. Самі поширені типи трафіку: дані, мова, відео. Кожен з них пред'являє різні вимоги до передачі, забезпечення необхідної якості обслуговування, виділення достатньої пропускної спроможності. Залежно від напрямку діяльності підприємства / фірми по мережі буде передаватися трафік різного роду. Відповідно при проектуванні важливо правильно розрахувати завантаження каналів і обладнання. Перевірити розрахунки дозволяє моделювання планованого навантаження. Так, наприклад, мова - це трафік, чутливий до затримок, але не вимагає великої пропускної здатності каналу, тому особливу увагу при проектуванні мережі варто приділити забезпеченню необхідної якості обслуговування при передачі мови, зокрема, можна налаштувати протокол RSVP або вибрати низькошвидкісний канал.

Трафік VoD чутливий і до затримок, і до втрат, і вимагає високої пропускної здатності і налаштування протоколу PIM і IGMP.

Тип трафіку задається за допомогою елемента палітри *Application Definition*. Елемент *Application Definition* необхідно перенести з палітри в робочу область і розмістити поруч з сервером.

Application Definition містить характеристики додатків, створених у вигляді потоків і мають власні параметри трафіку. Для створення потоків на *Application Definition* потрібно натиснути правою кнопкою миші і вибрати графу *Edit Attributes* (рис. 5.9), де створено 16 стандартних потоків для таких випадків. Сюди входить доступ до баз даних, обробка електронної пошти, передача файлів, робота в Інтернеті і т.д.

Після створення потоків додатків необхідно сконфігурувати профілі користувачів, які працюють в спроектованій мережі. Цю функцію виконує елемент палітри *Profile Definition* (рис. 5.10).

Кожному профілю дається назва і описується ряд користувацьких характеристик: час початку роботи, тривалість, закінчення, інтенсивність його перебування і роботи в мережі і якими із запропонованих (створених) додатків він користується. Зазначені параметри задаються аналогічно *Application Definition* через пункт меню *Edit Attributes*.

Тип статистики вказується також через пункт меню *Choose Individual Statistics*. Для сервера необхідно зібрати типи статистики: завантаження процесора, звернення до додатків сервера - отриманий і відправлений трафік (*Application Demand - Traffic Sent, Traffic Received*), завантаження сервера FTP, HTTP, E-mail, DB, в розділі *Requesting Server Custom Application* вибрати *Application Response, Total Request / Response Size, Traffic Received / Sent, Application / Group Response Time*, відзначити завантаження в *Responding Server Custom Application*.

Під час налаштування обладнання для кінцевих користувачів потрібно задати IP-адреси і маски, вказати назву і тип користувача. Крайовий користувач може бути представлений двома способами:

елементом LAN, який емітує якусь мережу абонентів, або робочою станцією.

Type: Utilities

Attribute	Value
? -name	node_3
? -model	Sm_Application_Config
? [+ ACE Tier Information	None
? [- Application Definitions	(...)
? -rows	17
[+] row 0	Database Access (Heavy),(...)
[+] row 1	Database Access (Light),(...)
[+] row 2	Email (Heavy),(...)
[+] row 3	Email (Light),(...)
[+] row 4	File Transfer (Heavy),(...)
[+] row 5	File Transfer (Light),(...)
[+] row 6	File Print (Heavy),(...)
[+] row 7	File Print (Light),(...)
[+] row 8	Telnet Session (Heavy),(...)
[+] row 9	Telnet Session (Light),(...)
[+] row 10	Video Conferencing (Heavy),(...)
[+] row 11	Video Conferencing (Light),(...)
[+] row 12	Voice over IP Call (PCM Quality),(...)
[+] row 13	Voice over IP Call (GSM Quality),(...)
[+] row 14	Web Browsing (Heavy HTTP1.1),(...)
[+] row 15	Web Browsing (Light HTTP1.1),(...)
[-] row 16	
? - Name	TVod
? [- Description	(...)
? - Custom	(...)
? - Database	Off
? - Email	Off
? - Ptp	Off
? - Http	Off
? - Print	Off
? - Remote Login	Off
? - Video Conferencing	Off
? - Voice	Off
? [+ Voice Encoder Schemes	All Schemes

☐ Apply Changes to Selected Objects ☐ Advanced

Find Next Cancel OK

Рисунок 5.9 – Налаштування додатків на сервері

У разі, коли елемент LAN підключений до маршрутизатора, тобто є групою кінцевих користувачів, налаштування параметрів даного елемента відбувається наступним чином. Вибираємо пункт меню *Edit Attributes*. Заносимо число користувачів в графу *Number of Workstations*. Виходячи з цього параметра, заповнюється графа *Application - Supported Profiles*, яка вказує, скільки і якого роду користувачів будуть присутні в

цій підмережі. Тут аналогічно серверу створюються потоки, що враховують користувачів мережі, на основі профілів, створених в елементі робочої області *Profile Definition* (рис. 5.11).

Attribute	Value
? name	node_23
? model	Sm_Profile_Config
? Profile Configuration	(...)
? rows	2
[-] row 0	
? Profile Name	Internet User
? [+ Applications	(...)
? Operation Mode	Serial (Ordered)
? Start Time (seconds)	uniform (100,110)
? Duration (seconds)	End of Simulation
? [+ Repeatability	Once at Start Time
[-] row 1	
? Profile Name	Workman's
? [+ Applications	(...)
? Operation Mode	Serial (Ordered)
? Start Time (seconds)	uniform (100,110)
? Duration (seconds)	End of Simulation
? [+ Repeatability	Once at Start Time

☐ Apply Changes to Selected Objects ☐ Advanced

Рисунок 5.10 – Налаштування профілів користувачів

Необхідно вказати кількість профілів користувачів в графі *Rows*. Профілі користувачів утворюють потоки трафіку певного типу. Далі для кожного створеного таким чином потоку вказується назва профілю і число користувачів.

Число користувачів всіх типів в результаті має дорівнювати числу користувачів всієї підмережі. Під час налаштування LAN можна прописати статичну таблицю маршрутизації так само як на маршрутизаторі.

У разі, коли кінцевим користувачем є робоча станція, налаштування параметрів принципово не змінюється. Тільки кількість користувачів завжди буде 1. Тип статистики вказується через пункт меню *Choose Individual Statistics*.

Для кінцевих користувачів зняти наступну статистику:

- затримку, варіацію затримки, обсяг трафіку отриманого, відправленого для типів додатків: *Video Called Party*, *Video Calling Party*, *Video Conferencing*, *Voice Application*;

- завантаження процесора;
- кількість завантажених об'єктів / сторінок (*Downloaded Objects / Pages*) для Client http;
- розміри завантажених файлів (*Downloaded File Size*) і *Downloaded Response Time* для Client Ftp;
- обсяги отриманого / переданого трафіку (*Traffic Received / Sent*) для Client E-mail і Client DB;
- завантаження, затримку, обсяг отриманого / переданого трафіку (*Traffic Received / Sent*) в розділі Ethernet;
- *Utilization* в розділі EtherChannel.

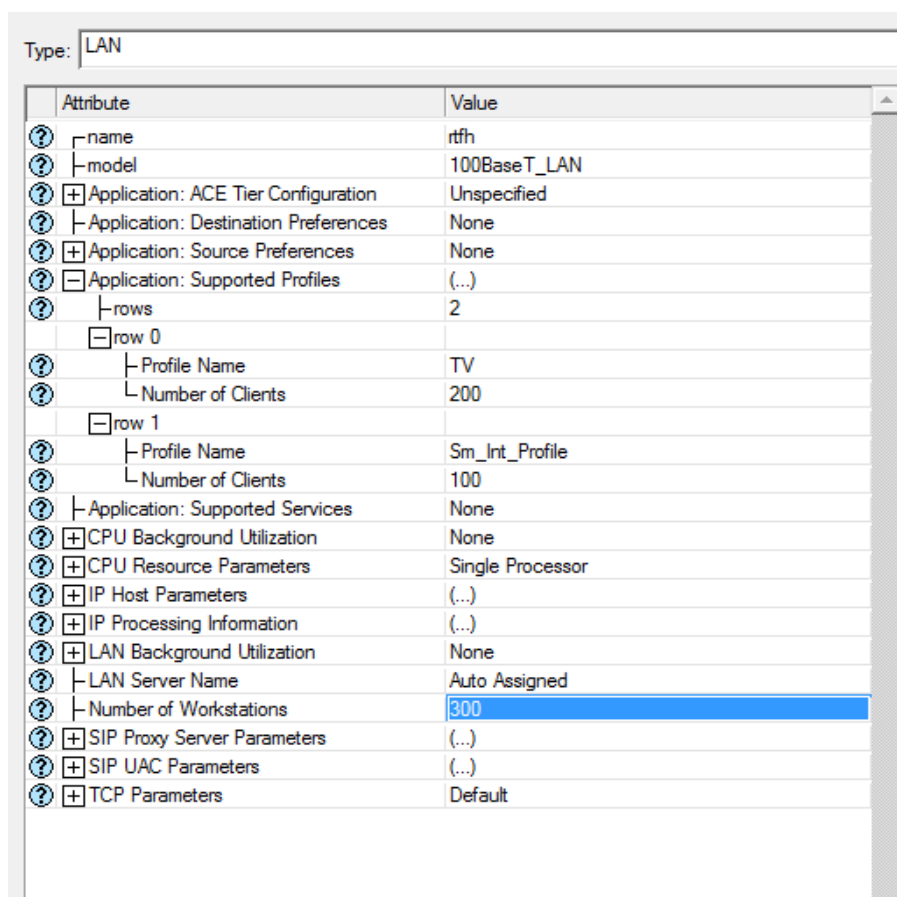


Рисунок 5.11 – Налаштування LAN

Тепер можна приступати до симуляції, попередньо зберігши проект, натиснувши в меню проекту кнопку *Save*. Проект буде збережений в *C: \ Documents and Settings \ Guest \ op_models*. При повторному запуску програми OpNET для відкриття існуючого проекту необхідно в меню *File* вибрати *Open* і назву свого проекту.

2. Провести симуляцію. Оцінити отримані результати.

Перед початком процесу симуляції необхідно налаштувати деякі параметри симуляції. Для цього на панелі інструментів потрібно натиснути кнопку *configure / run simulation* і увійти в режим симуляції (рис. 5.12).

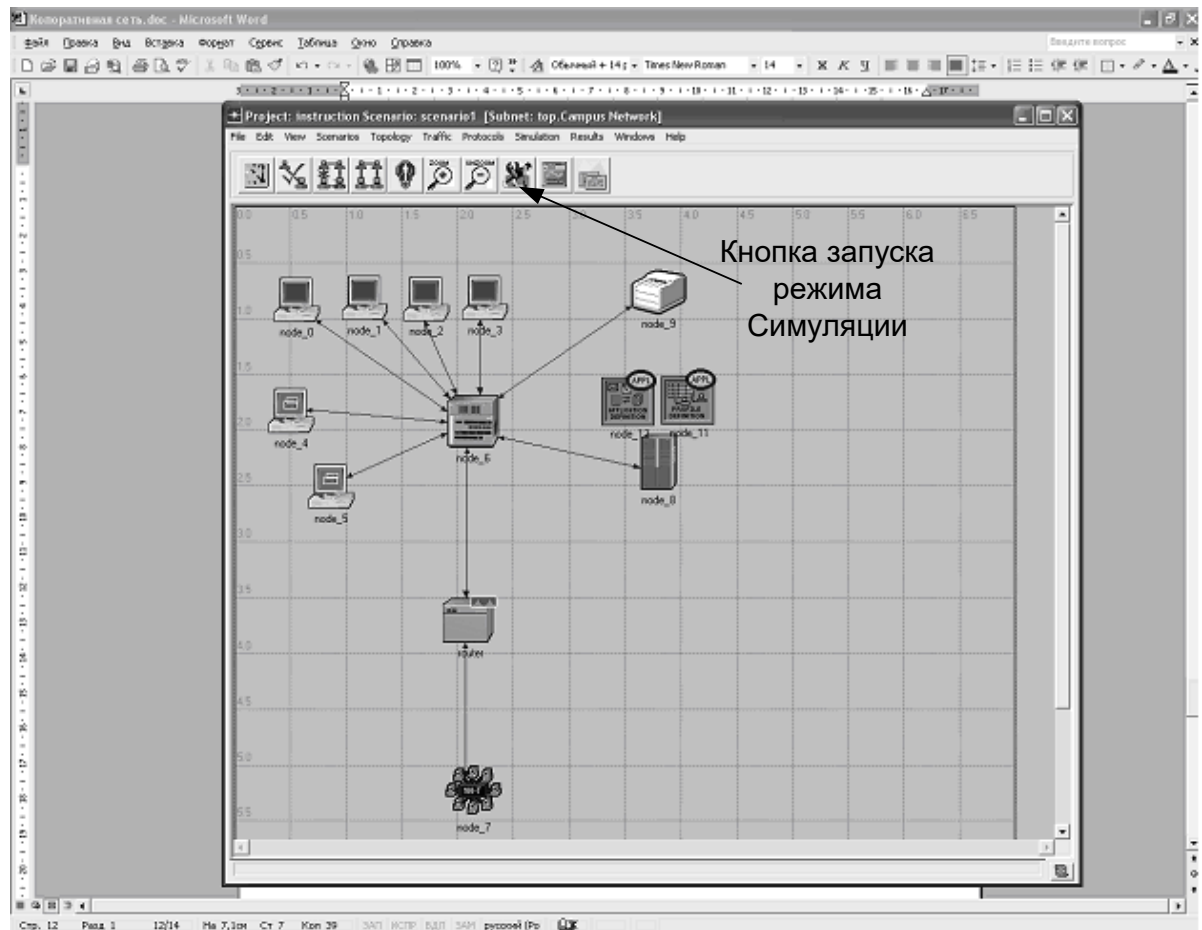


Рисунок 5.12 – Кнопка запуска режиму симуляції

Пакет OpNet IT Guru пропонує вказати тривалість роботи мережі (в даному випадку – 2 години). У наступних закладках є можливість налаштування глобальних параметрів мережі, параметрів моделювання для кожного елемента, виведення звітів, анімації під час моделювання та ін. Для перегляду таблиці маршрутизації необхідно перейти на закладку *Global Attributes*, в полі *Attribute* вибрати *IP Routing Table Export / Import* і поставити його в значення *Import*. Для даної мережі таблиця маршрутизації прописувалась вручну (статична маршрутизація), тому необхідно вимкнути протоколи динамічної маршрутизації RIP, OSPF, BGP. Для цього в полі *Attributes* вибираємо *RIP Sim Efficiency* і ставимо його в значення *Disabled* (для OSPF і BGP зробити аналогічні операції). Тепер можна запускати процес моделювання. Щоб запустити симуляцію потрібно натиснути кнопку *Run* (рис. 5.13).

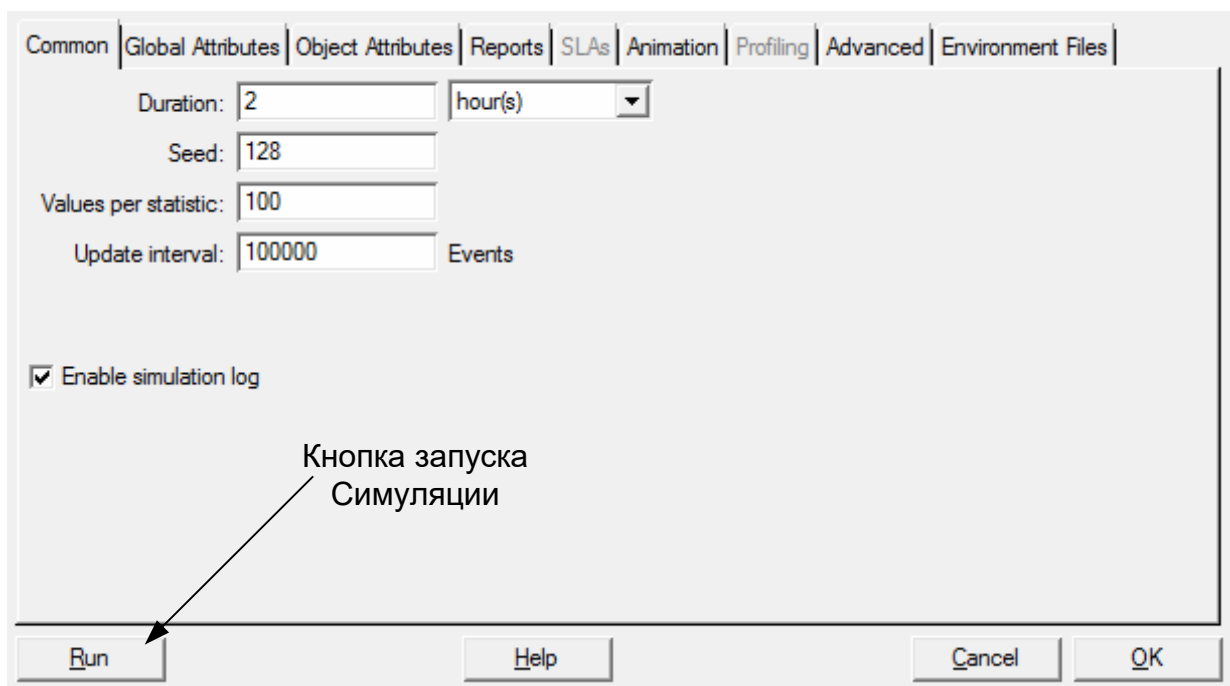


Рисунок 5.13 – Налаштування параметрів моделювання

Після завершення процесу симуляції навантаження на мережу можна побачити, перейшовши на закладку *Simulation Speed* (рис. 5.14).

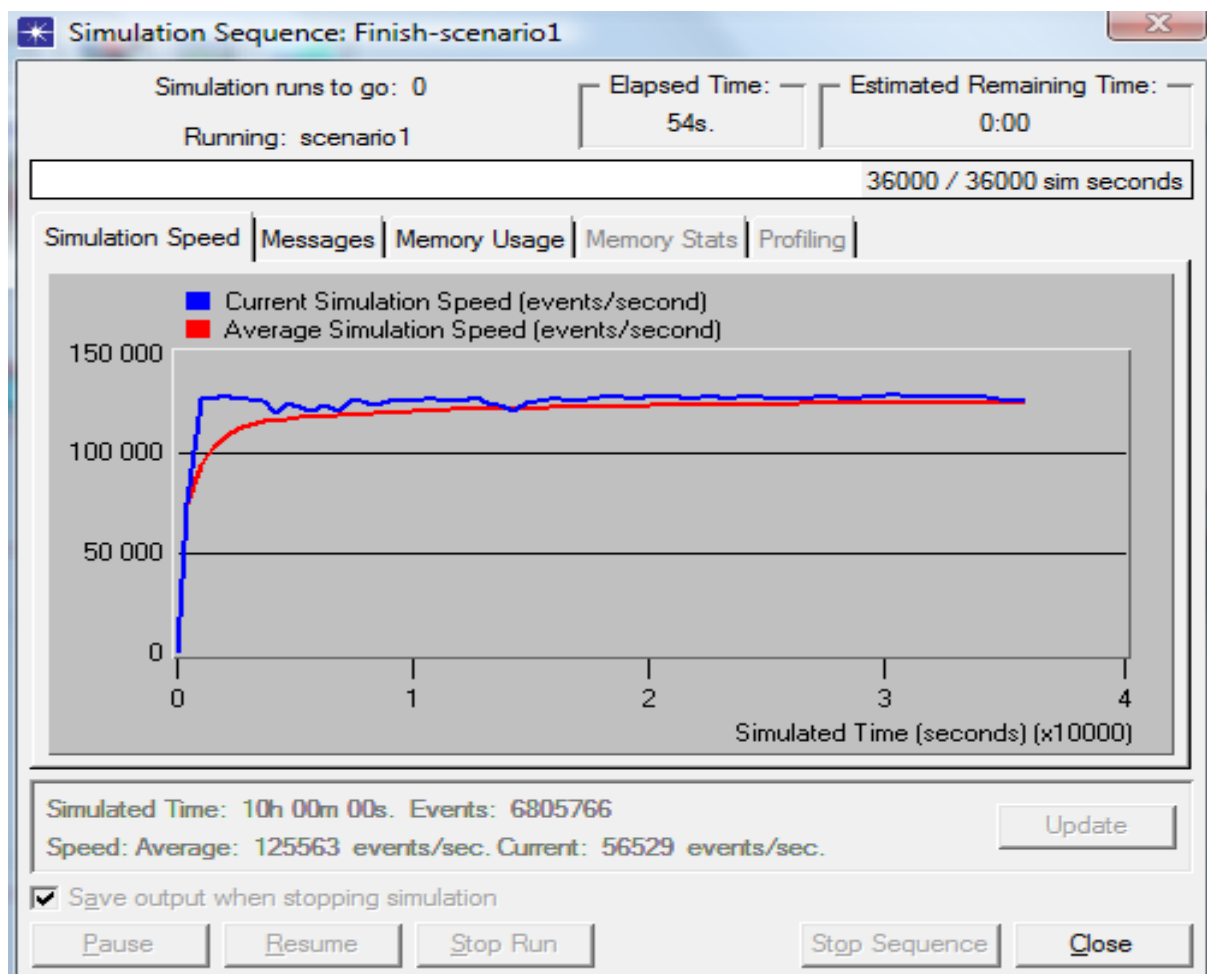


Рисунок 5.14 – Результати моделювання

Під час моделювання процесів, що відбуваються в побудованій мережі, в реальному часі на екрані будується графік активності, що складається з двох кривих: синя відображає ситуацію в кожен момент часу, (час відкладається по осі абсцис), червона показує середнє значення.

Для перегляду результатів моделювання роботи мережі «під навантаженням» вибираємо пункт *View Result*, для цього на робочій області необхідно натиснути правою кнопкою миші і в меню вибрати

відповідний пункт або натиснути на панелі інструментів кнопку .

У вікні *View Result* зеленими галочками можна вибрати тип статистики на різному устаткуванні, наприклад на рис. 4.15 показаний графік кількості відкинутих на маршрутизаторі пакетів за одиницю часу (*Traffic dropped*).

На рис. 5.16 представлений графік навантаження на канал, по якому можна оцінити пропускну здатність каналу, тобто видно, що за 2 год роботи мережі по каналу передавалося в середньому 65-70 кбіт / с.

Для перегляду таблиці маршрутизації потрібно натиснути правою кнопкою миші на маршрутизатор і вибрати графу *Open Simulation Log*, у вікні, натиснути *Common Route Table* (рис. 5.17), після чого відкриється таблиця маршрутизації (рис. 5.18).

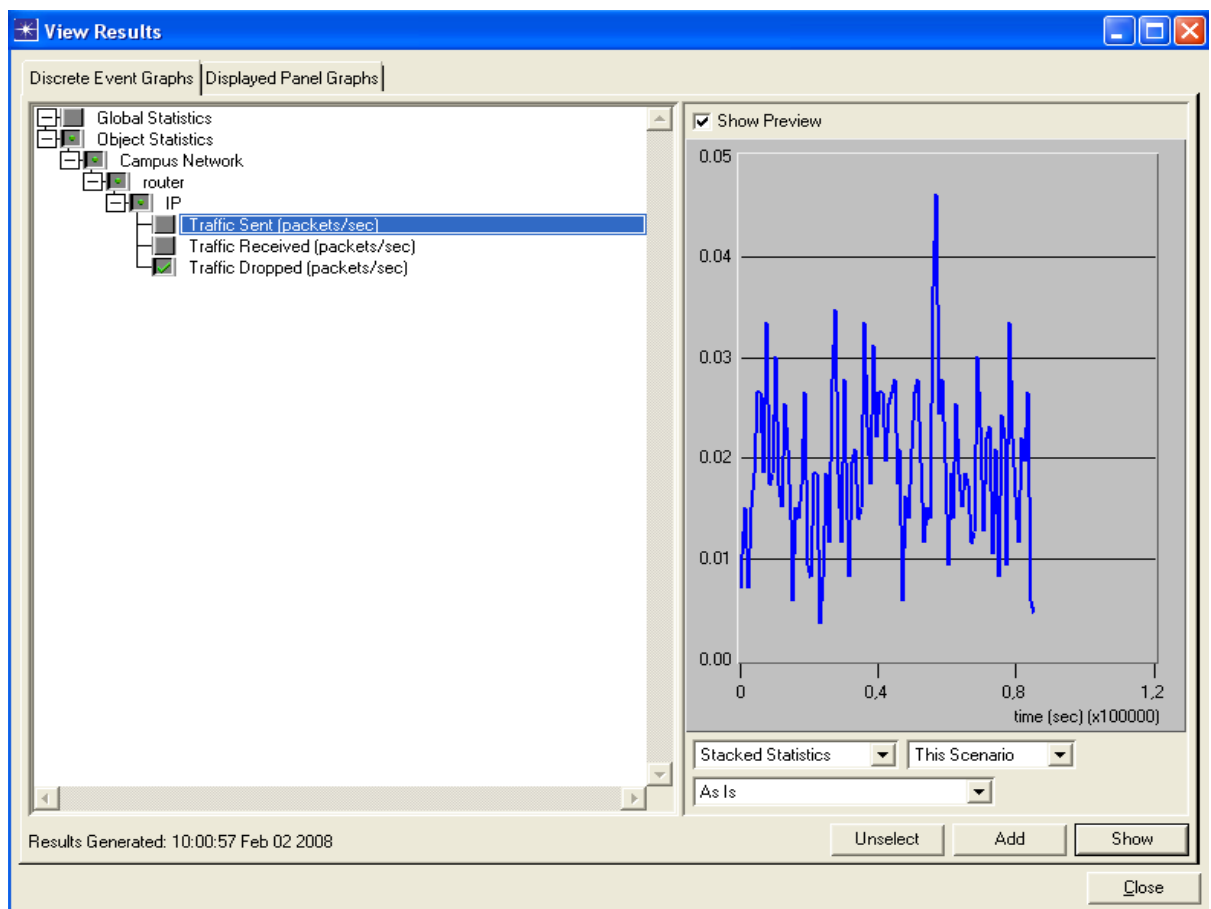


Рисунок 5.15 – Кількість відкинутих пакетів за одиницю часу,
pack / s

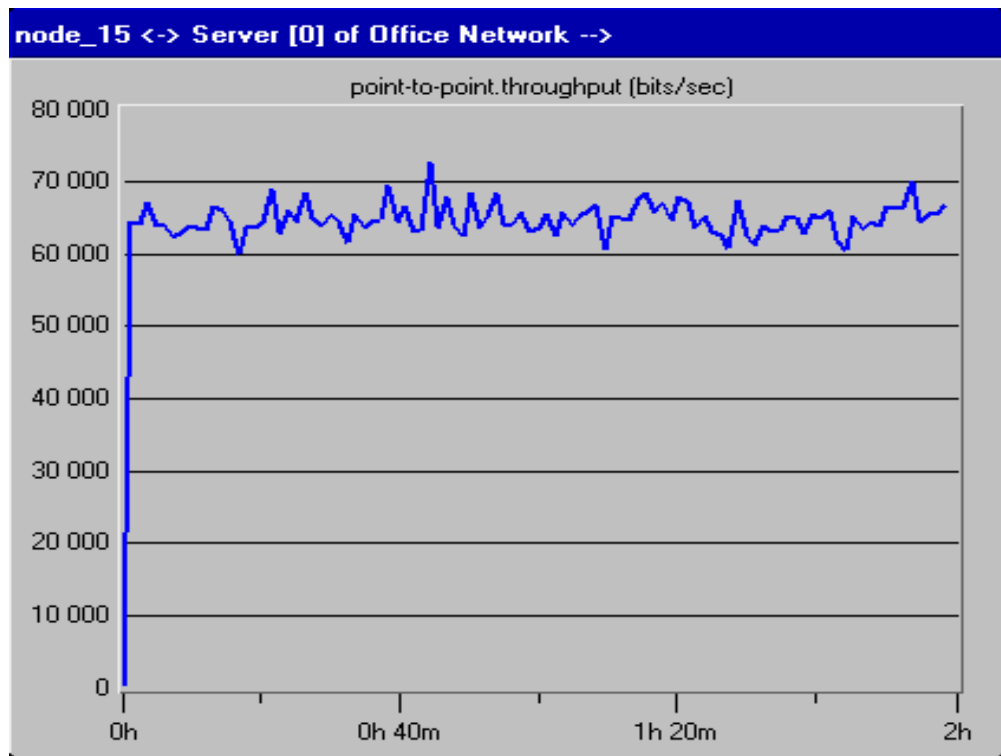


Рисунок 5.16 – Графік навантаження на канал

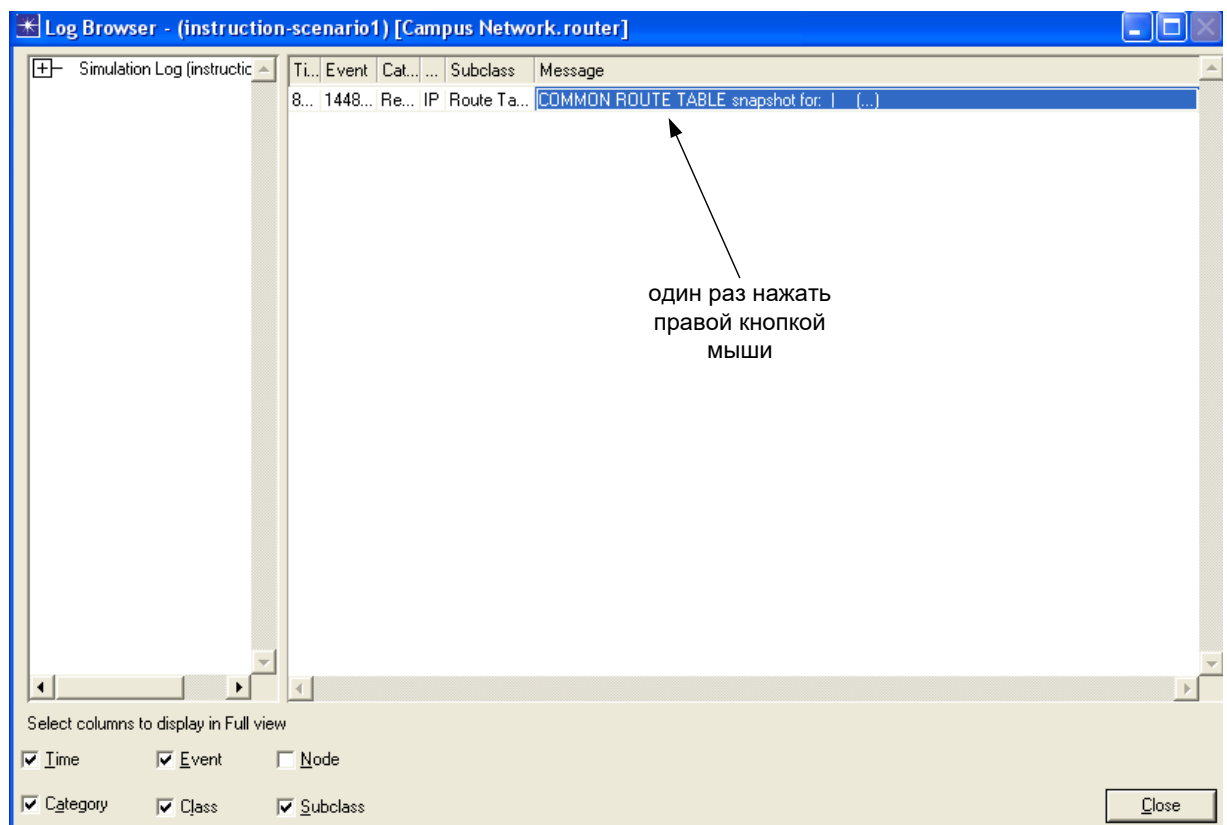


Рисунок 5.17 – Open Simulation Log

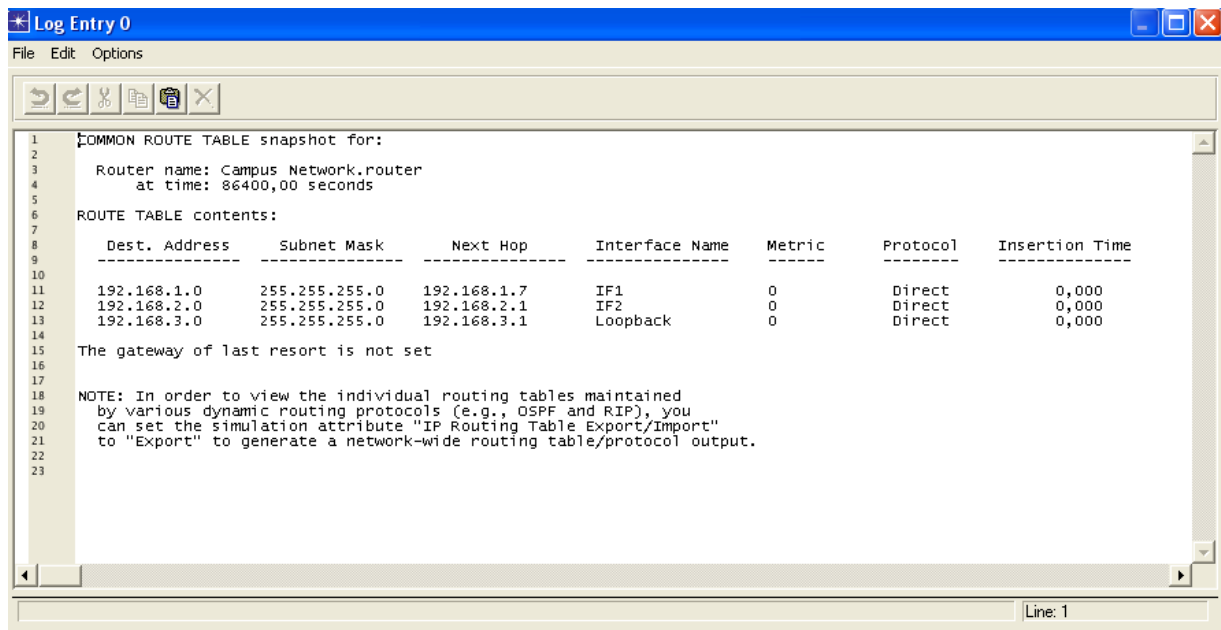


Рисунок 5.18 – Таблица маршрутизації

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Розробка рішення поставленого завдання.
3. Скріншоти налаштування мережі.
4. Скріншоти перевірки працездатності програми.
5. Висновки за результатами досліджень лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Блокові ієрархічні моделі процесів функціонування систем.
2. Особливості реалізації процесів з використанням Q-схем.
3. Застосування автоматизованих систем імітаційного моделювання.
4. Найбільш популярні системи моделювання імітаційного моделювання.

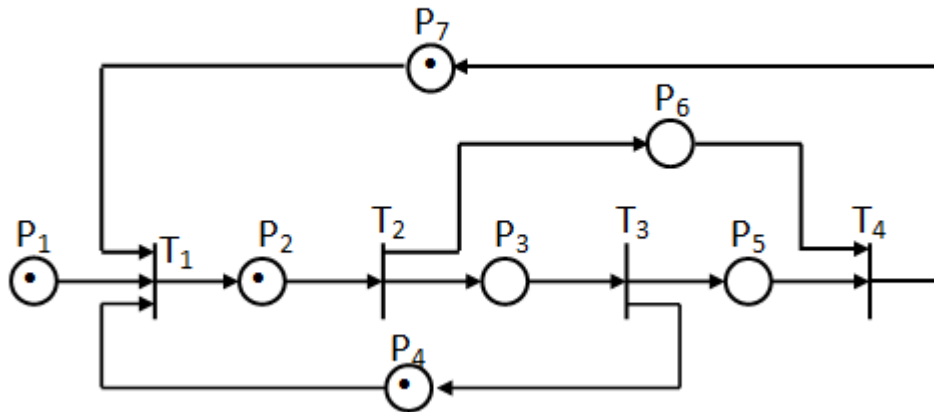
ЛІТЕРАТУРА: [4], [5], [13].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

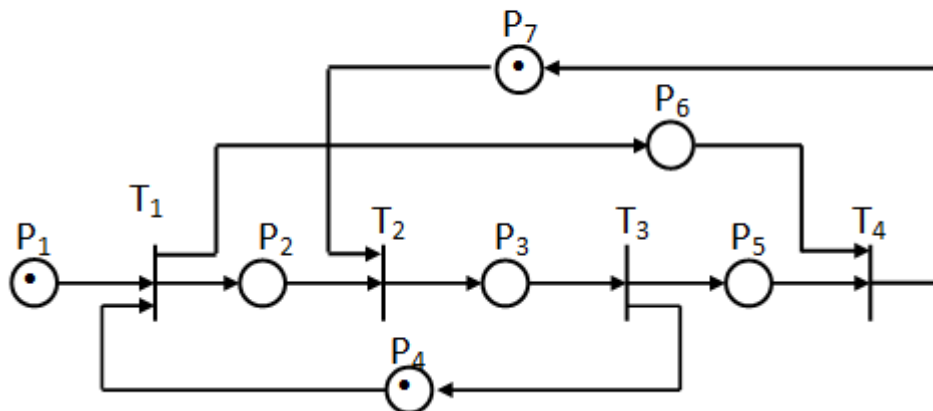
1. Бейко, І.В. Задачі, методи та алгоритми оптимізації : навч. посіб. / І.В. Бейко, П.М. Зінко, О.Г. Наконечний. – 2-ге вид., перероб. – К. : ВПЦ “Київський університет”, 2012. – 800 с.
2. Самсонов, В.В. Алгоритми розв'язання задач оптимізації : навч. посіб. / В.В. Самсонов. – К. : НУХТ, 2014. – 300 с.
3. Забуранна, Л.В. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / Л.В. Забуранна, Н.В. Попрозман, Н.А. Клименко та ін. – К. : НУХТ, 2014. – 372 с.
4. Карагодова, О.О. Дослідження операцій : навч. посіб. / О.О. Карагодова, В.Р. Кігель, В.Д. Рожок. – К. : ЦУЛ, 2007. – 256 с.
5. Математичні методи оптимізації та інтелектуальні комп'ютерні технології моделювання складних процесів і систем з урахуванням просторових форм об'єктів / В.В. Грицик, А.І. Шевченко, П.І. Стецюк. – Донецьк : Наука і освіта, 2011. – 480 с.
6. Черноруцкий, И.Г. Ч-49 Методы оптимизации. Компьютерные технологии / И.Г.Черноруцкий. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 384 с.: ил.
7. Гордеев, А.В. Операционные системы / А.В. Гордеев. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2009. – 345 с.
8. Лесин, В.В. Основы методов оптимизации : учеб. пособ. / В. В. Лесин, Ю.П. Лисовец. – СПб. : Лань, 2011. – 352 с.
9. Соболев, Б.В. Методы оптимизации : практикум / Б.В. Соболев, Б.Ч. Месхи, Г.И. Каныгин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. – 380 с.
10. Габасов, Р. Методы оптимизации : учеб. пособ. / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова. – Минск : Четыре четверти, 2011. – 472 с.
11. CulOnline [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.culonline.com.ua/index.php>.
12. Методы оптимизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.theweman.info/topics/t3.html>.
13. Лекції, таблиці, формули, приклади розв'язків з математичного аналізу та диференціальних рівнянь [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.math24.ru/index.html>.
14. OpNet is now part of riverbed steelcentral [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.riverbed.com/gb/products/steelcentral/opnet.html?redirect=opnet>.
15. Методы оптимизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.intuit.ru/search>.

ДОДАТОК А
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ
РОБОТИ №3

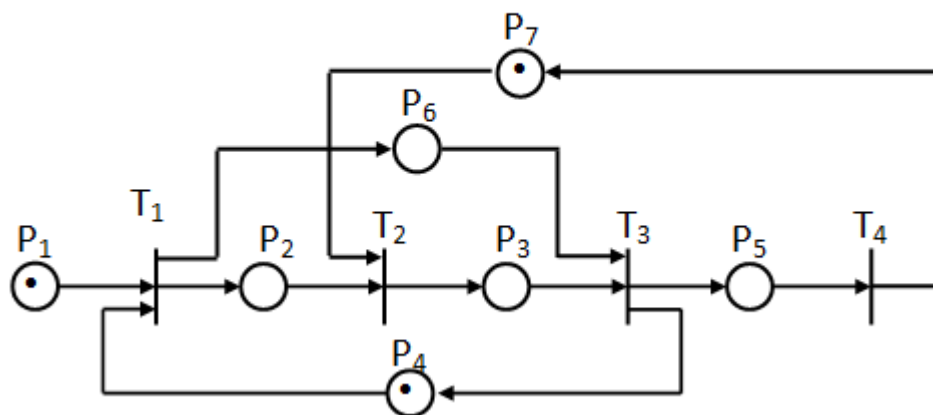
Варіант 1



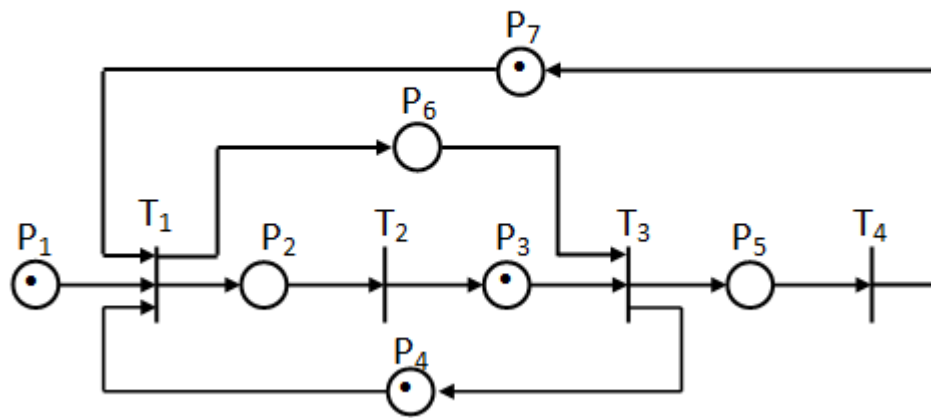
Варіант 2



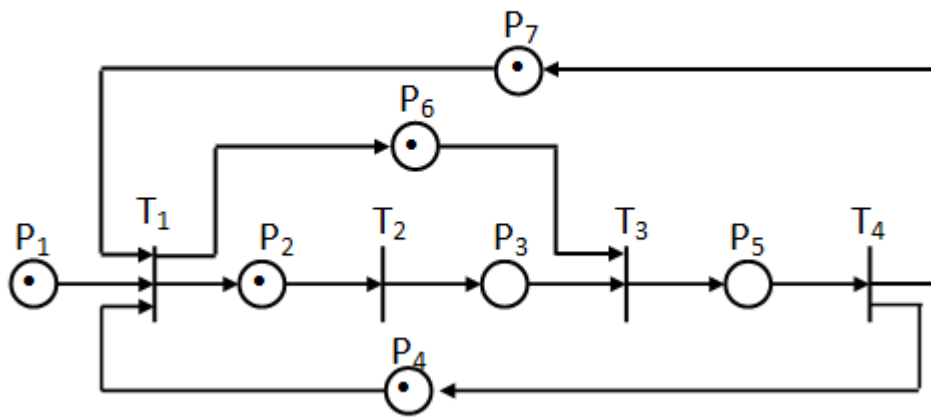
Варіант 3



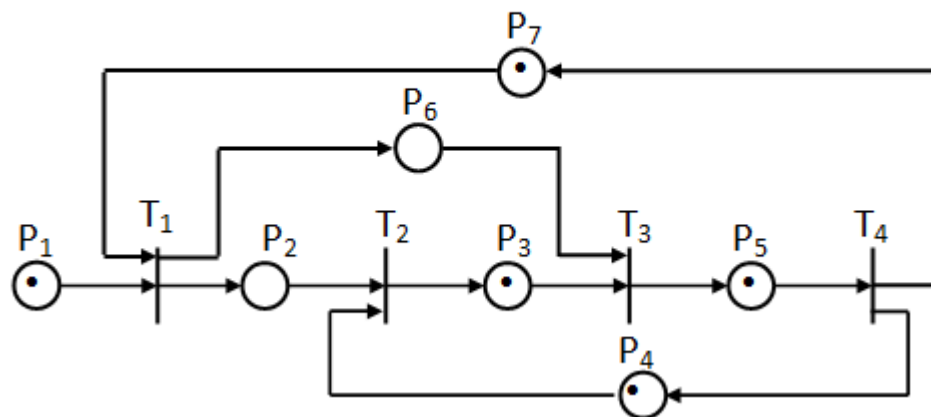
Варіант 4



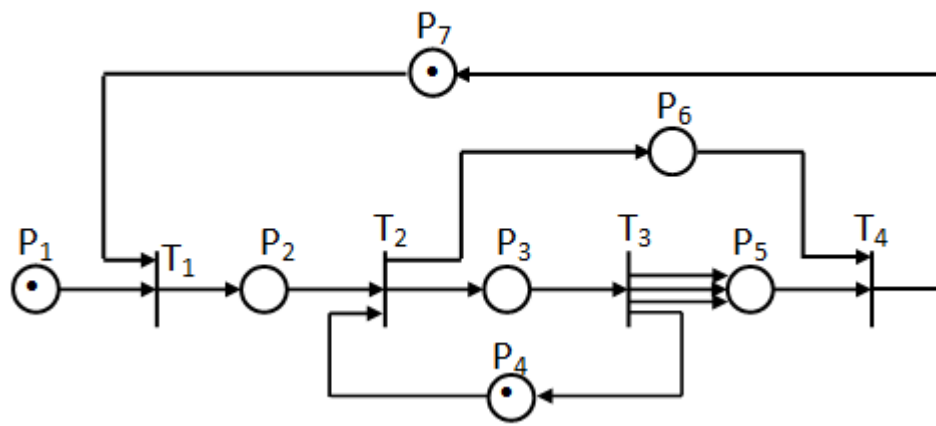
Варіант 5



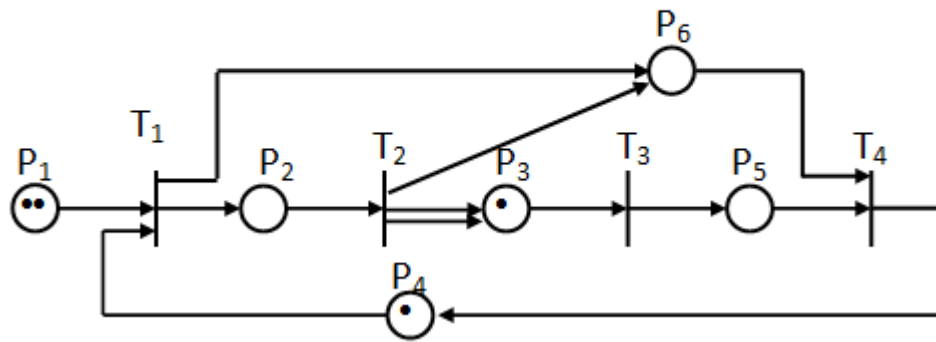
Варіант 6



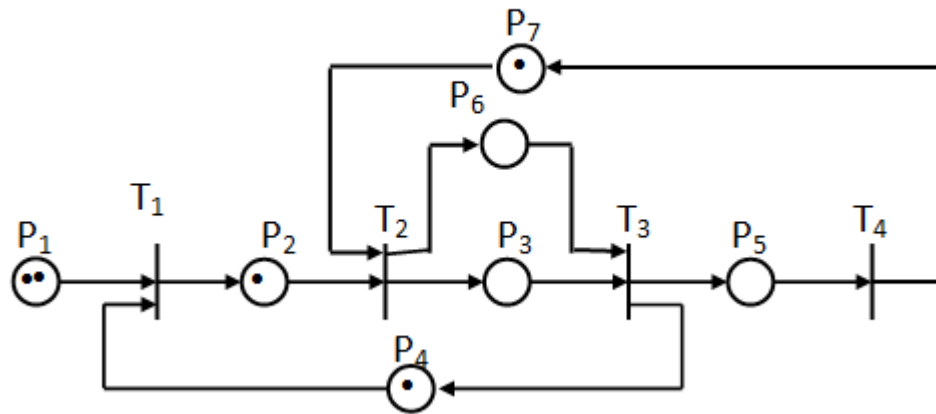
Варіант 7



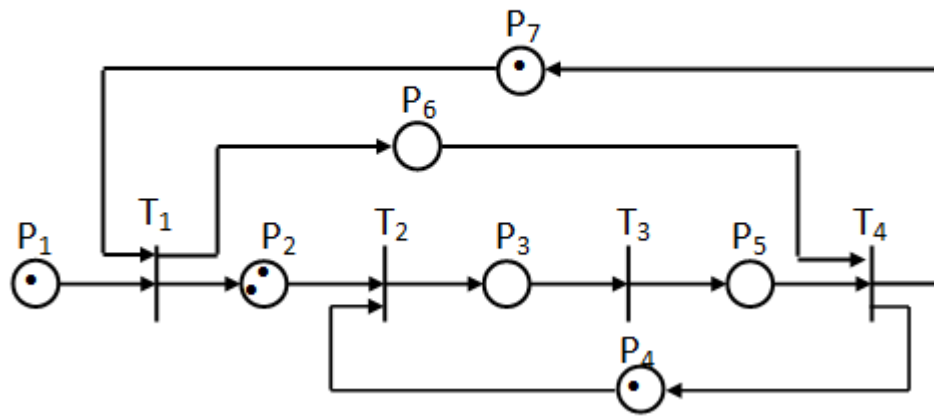
Варіант 8



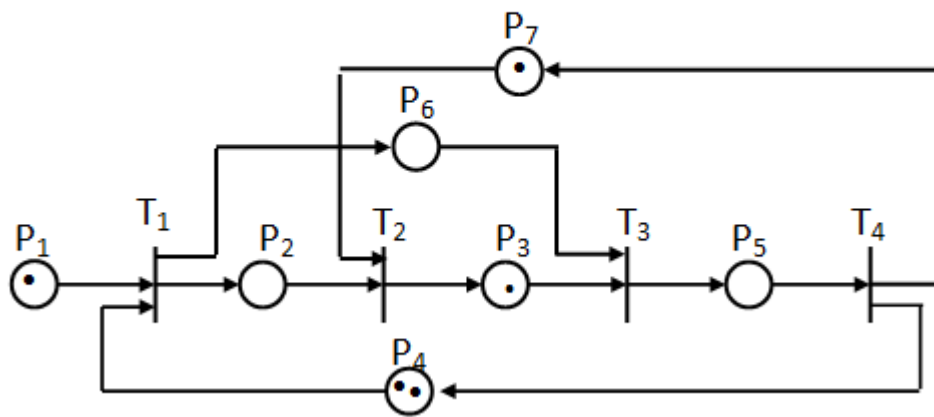
Варіант 9



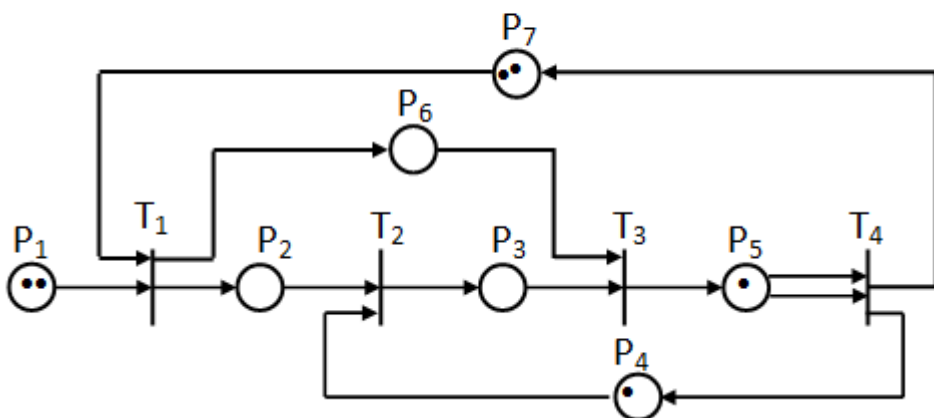
Варіант 10



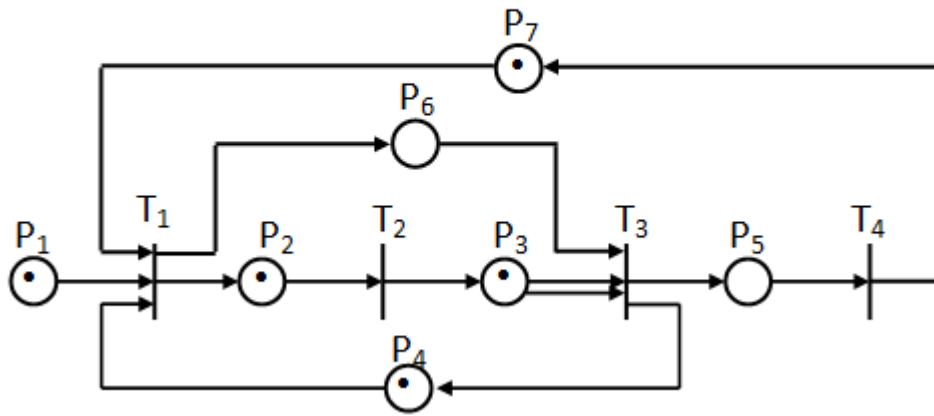
Варіант 11



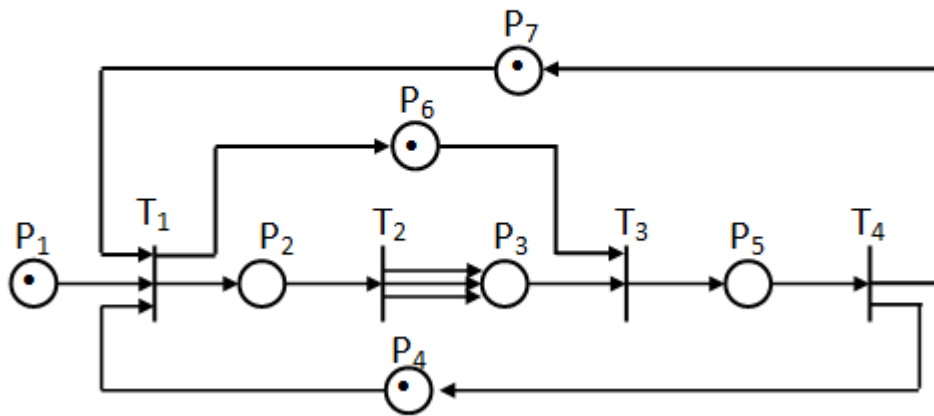
Варіант 12



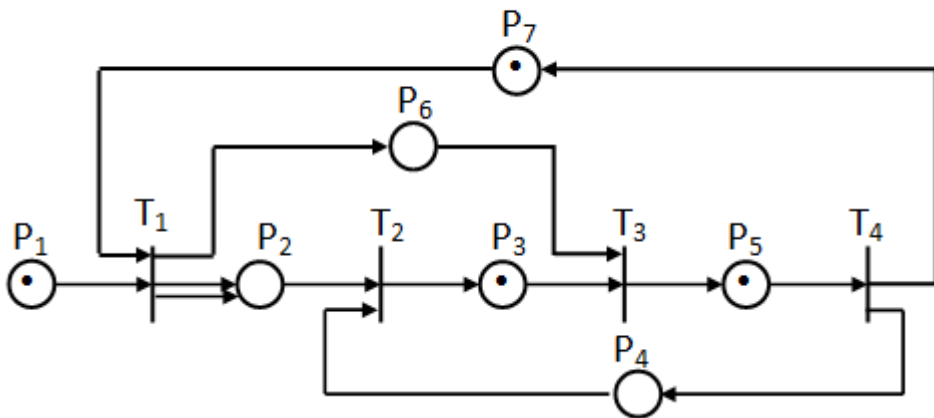
Варіант 13



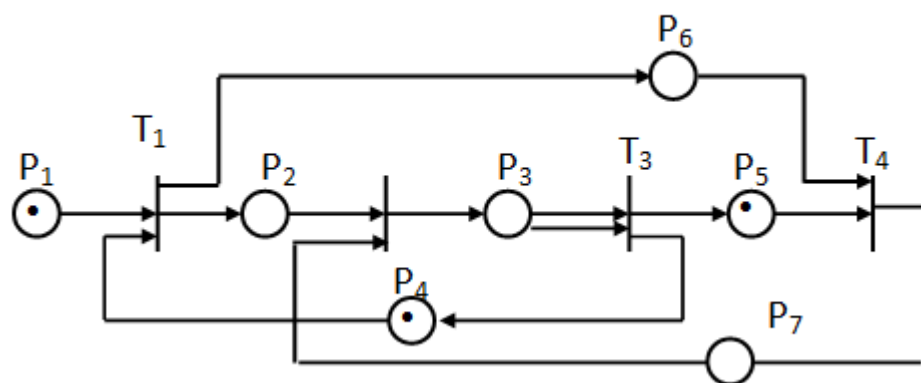
Варіант 14



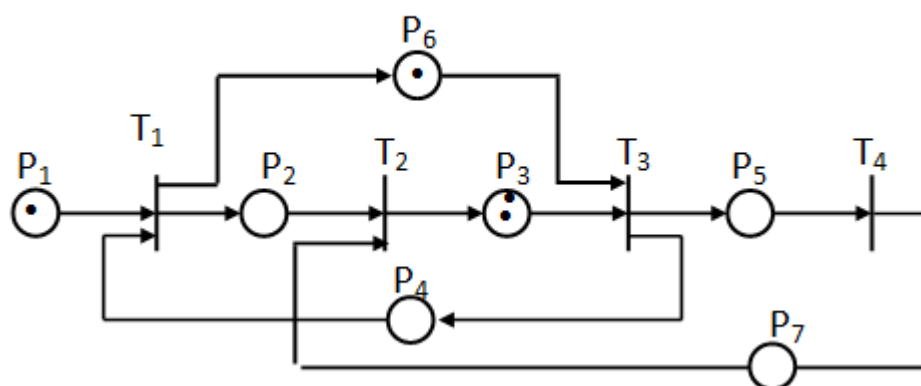
Варіант 15



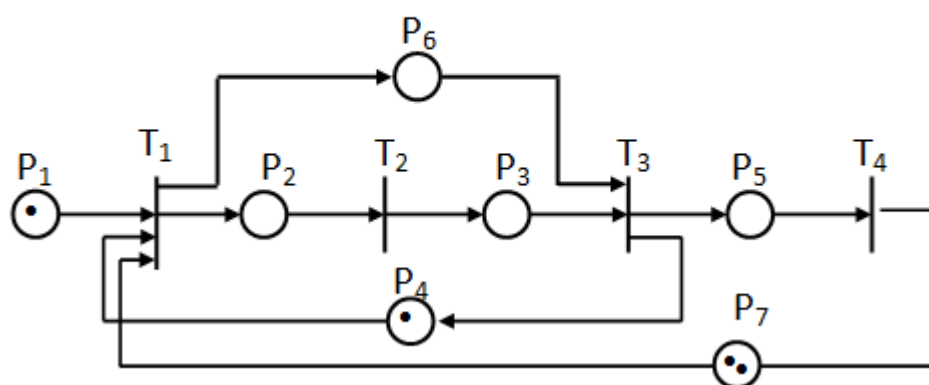
Варіант 16



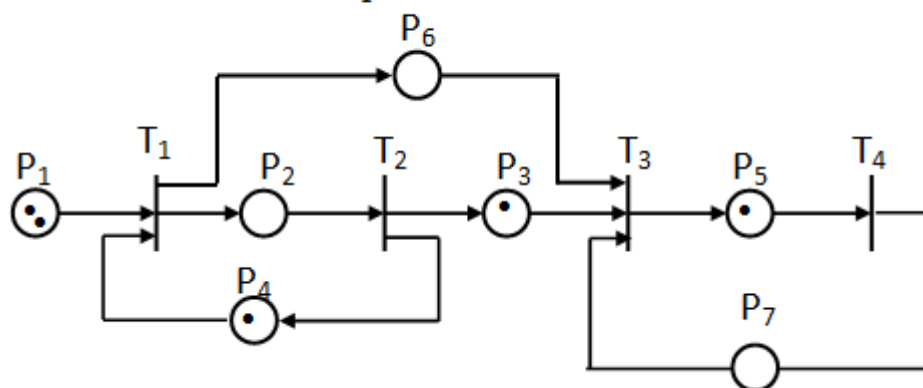
Варіант 17



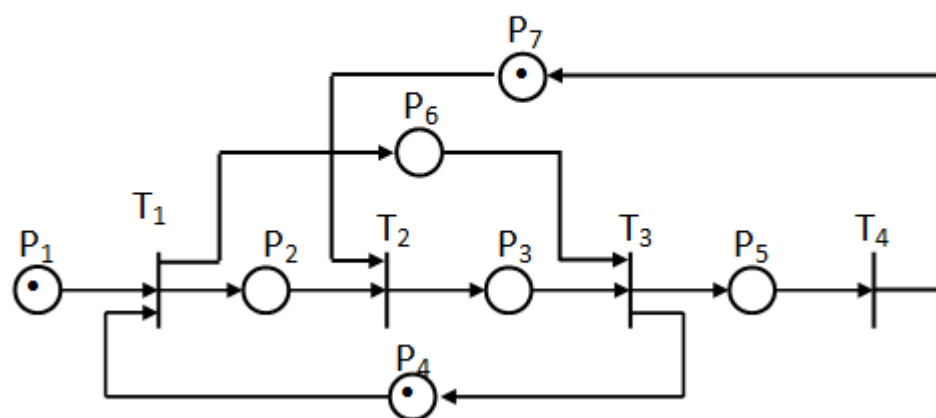
Варіант 18



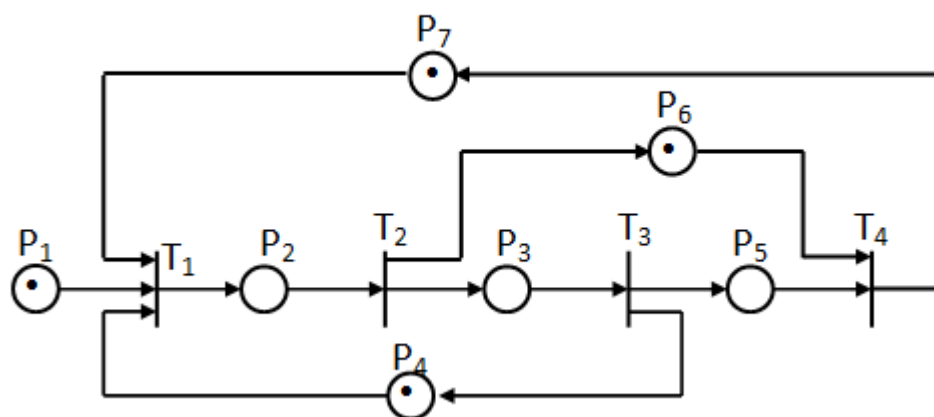
Варіант 19



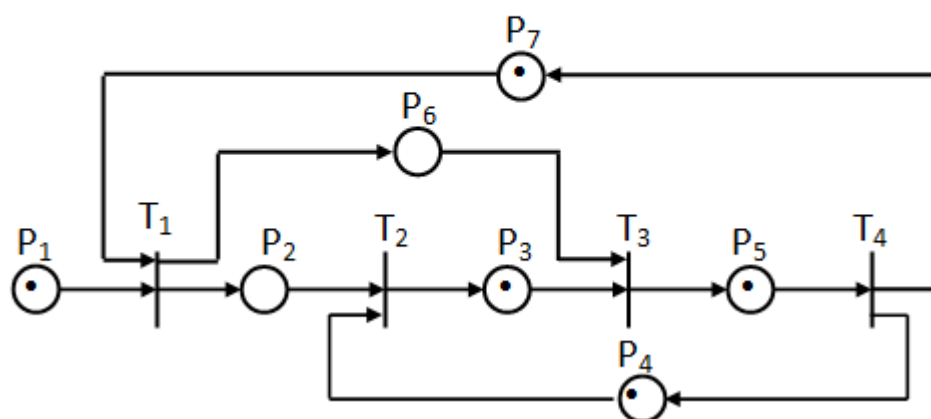
Варіант 20



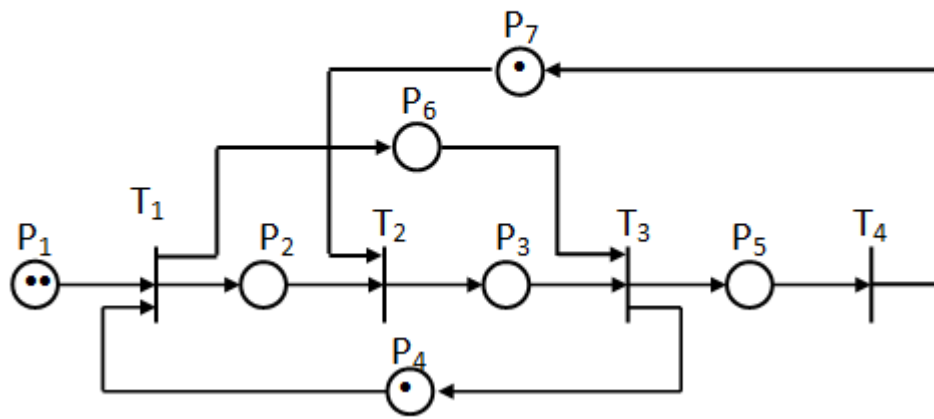
Варіант 21



Варіант 22



В а р і а н т 23



В а р і а н т 24

