

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. ЛазарянаКафедра Електронні обчислювальні машини
(повна назва)

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

Жуковицький І. В.
(підпис) (ПІБ)

«___» _____ 20__ р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 12 Інформаційні технології
(шифр) (назва)Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
(код) (повна назва)Тема Маршрутизація трафіку в мережі MPLS на основі використання нейронної мережіTheme MPLS traffic routing based on neural network usage

Керівник дипломного проекту

(посада)_____
(підпис)Пахомова В.М.
(ПІБ)

Консультант розділу з БЖД

(посада)_____
(підпис)Горобець В.Л.
(ПІБ)

Нормоконтролер

(посада)_____
(підпис)Шаповалов В. О.
(ПІБ)

Студент групи

(підпис)Русінов А.С.
(ПІБ)

Student

Rusinov Andrii
(family name)Дніпро
2019

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Факультет Технічна кібернетика кафедра ЕОМ

Спеціальність Комп'ютерна інженерія

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

(підпис)

«__»_____20__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну магістерську роботу на здобуття ОКР «магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

студента групи КС1821 (963-М) Русінова Андрія Сергійовича

1 Тема дипломного проекту (роботи) Маршрутизація трафіку в мережі MPLS на основі використання нейронної мережі

затверджена наказом по університету від №793 / ст. від 02 листопада 2018 р.

2 Термін подання студентом закінченого проекту (роботи) 17 грудня 2019р.

3 Вихідні дані до дипломного проекту (роботи) загальна характеристика інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту; RFC 3031 MPLS Architecture

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) Вступ. Огляд імітаційних моделей маршрутизації трафіку в мережі MPLS. Постановка задачі. Розробка імітаційних моделей маршрутизації трафіку в мережі MPLS Придніпровської залізниці. Розробка нейронних моделей для маршрутизації трафіку. Охорона праці та безпеки життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях. Висновки

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) Огляд нейронних моделей маршрутизації трафіку в мережі MPLS.

Структура імітаційної моделі мережі MPLS в OPNET Modeller.

Структура нейронної мережі для маршрутизації трафіку в MPLS.

Організація досліджень на нейронних мережах.

6 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ ОП та БНС	д.т.н. Горобець В.Л.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділу	Термін виконання	Обсяг розділу, %
1	Вступ	24.12.2020	5
2	Огляд імітаційних та нейронних моделей маршрутизації трафіку в мережі MPLS	05.04.2020	20
3	Постановка задачі	10.06.2020	10
4	Розробка імітаційних моделей маршрутизації трафіку в мережі MPLS Придніпровської залізниці	05.11.2020	30
5	Розробка нейронних моделей для маршрутизації трафіку	05.12.2020	20
6	Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях	19.12.2020	10
7	Висновки	20.12.2020	5

Дата видачі завдання: «__» _____ 20__ р.

Керівник дипломного проекту (роботи) _____ (доцент Пахомова В.М.)
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ (Русинов А.С.)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Русінов А. С. Маршрутизація трафіку в мережі MPLS на основі використання нейромережної технології. Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дипломна магістерська робота. 66 с., 44 рис., 3 табл., 25 джерел, 4 додатків.

Виконаний огляд систем моделювання, що придатні для створення імітаційної моделі мережі MPLS, та нейронних мереж щодо організації маршрутизації в комп'ютерних мережах. Представлена загальна структура запропонованої системи маршрутизації в мережі MPLS, основу якої складають нейронні мережі (SOM, MLP) та імітаційна модель комп'ютерної мережі. У системі OPNET створені імітаційні моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці за технологіями Fast Ethernet та MPLS, на яких проведені відповідні дослідження мережових характеристик. Визначено, що час очікування пакета в черзі на маршрутизаторі за технологією Fast Ethernet у середньому на 7 % менший ніж за MPLS та на 5 % за MPLS-TE. Для організації маршрутизації трафіку в мережі MPLS створені в MatLAB наступні нейронні мережі: SOM для кластеризації та MLP для визначення тунелю. SOM конфігурації 4*4 дозволяє розподілити потоки трафіку за умови максимального часу передачі пакета відповідно до 16-ти кластерів. Для навчання SOM використана вибірка, яка генерується випадковим чином та містить 6400 прикладів, навчання проводилося на протязі 200 епох. На MLP конфігурації 10-1-X-4, на вхід якої передаються дані про потоки та тунелі, проведені дослідження середньоквадратичної помилки за кількістю прихованих нейронів. Визначено, що оптимальним варіантом є MLP конфігурації 10-1-30-4, яка навчається за алгоритмом Levenberg-Marquardt.

Ключові слова: MPLS-домен, тунель, трафік, QoS, імітаційна модель, SOM, MLP, конфігурація, MSE.

REPORT

Rusinov A.S. Traffic routing in the MPLS network based on the use of neural network technology. Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. MSc Dissertation. 66 pp., 44 figs., 3 tables, 25 sources, 4 enclosures.

An overview of modeling systems suitable for creating a simulation model of the MPLS network and neural networks for the organization of routing in computer networks was done. The general structure of the proposed routing system in the MPLS network, which is based on neural networks (SOM, MLP) and a simulation model of a computer network, is presented. Simulation models of the computer network of the Pridniprovsk Railway using Fast Ethernet and MPLS technologies were created in the OPNET system, on which the relevant studies of network characteristics have been conducted. It has been determined that the packet waiting line time on a Fast Ethernet router is on average 7% shorter than for MPLS and 5% shorter than MPLS-TE. The following neural networks have been created in MatLAB to organize traffic routing in the MPLS network: SOM for clustering and MLP for tunnel detection. SOM configuration 4 * 4 allows the distribution of traffic flows if a packet transmission time according to 16 clusters is maximum. A fetch was used for SOM training, which is a randomly generated sample of 6,400 examples. Training was conducted over 200 epochs. The study of the mean-square deviation of the number of hidden neurons was performed on MLP configuration 10-1-X-4, the input of which transmits data on flows and tunnels. It is determined that the best option is MLP configuration 10-1-30-4, which is trained according to the Levenberg-Marquardt algorithm.

Keywords: MPLS-domain, tunnel, traffic, QoS, simulation model, SOM, MLP, configuration, MSE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ОГЛЯД ІМІТАЦІЙНИХ ТА НЕЙРОННИХ МОДЕЛЕЙ ЩОДО МАРШРУТИЗАЦІЇ В МЕРЕЖІ MPLS.....	
1.1 Постановка проблеми.....	
1.2 Огляд систем імітаційного моделювання мережі MPLS.....	
1.2.1 OPNET Modeler.....	
1.2.2 CPN Tools.....	
1.2.3. Основні висновки.....	
1.3 Огляд нейронних мереж щодо організації маршрутизації в комп'ютерних мережах.....	
1.4 Основні висновки.....	
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	
2.1 Стисла характеристика ІТС залізничного транспорту.....	
2.2 Основні положення та фундаментальні принципи технології MPLS.....	
2.3 Необхідність використання технології MPLS в мережі ІТС залізничного транспорту	
2.4 Загальна структура запропонованої системи маршрутизації в мережі.....	
2.5 Основні висновки.....	
3 СТВОРЕННЯ В OPNET ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НА НИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1 Створення імітаційної моделі існуючої комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці.....	
3.2 Створення імітаційної моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці за технологією MPLS.....	
3.3 Організація досліджень на створених імітаційних моделях мережі.....	
3.4 Використання створеної імітаційної моделі мережі в навчальному процесі	
3.5 Основні висновки.....	

4 СТВОРЕННЯ В MATLAB НЕЙРОННИХ МОДЕЛЕЙ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НА НИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....

- 4.1 Створення самоорганізованої карти Кохонена для кластеризації трафіку
- 4.2 Створення багатошарового персептрону для визначення тунелю в MPLS
- 4.3 Дослідження середньоквадратичної помилки нейронної мережі за кількістю прихованих нейронів.....
- 4.4 Основні висновки.....

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....

- 5.1 Питання охорони праці при роботі в комп'ютерних мережах.....
- 5.2 Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях. Запобігання хакерським атакам
- 5.3 Основні висновки.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ДОДАТКИ.....

Додаток А. Структура існуючої комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці...

Додаток Б. Імітаційне моделювання в системі OPNET.....

Додаток В. Створення в MatLAB нейронних мереж.....

Додаток Г. Тези доповіді щодо науково-практичної конференції.....

ВСТУП

На сучасному етапі організація маршрутизації у комп'ютерних мережах вирішується за допомогою відомих протоколів RIP та OSPF, в основі яких використаний принцип пошуку найкоротшого шляху. Але такі протоколи маршрутизації не в стані працювати в умовах різкої зміни інтенсивності потоків трафіку, а також зміни конфігурації мережі та при урахуванні декількох метрик. У зв'язку з чим зв'яляється потреба у використанні інших підходів щодо маршрутизації в комп'ютерних мережах: використання нових технологій, зокрема технології MPLS (з одного боку) та використання нейромережної технології (з іншого боку), що підтверджує **актуальність теми** магістерської роботи.

Метою магістерської роботи є дослідження маршрутизації трафіку в мережі MPLS з використанням нейромережної технології. Відповідно до мети поставленні **наступні завдання**:

- 1) Виконати огляд систем імітаційного моделювання та нейронних моделей щодо організації маршрутизації в мережі MPLS.
- 2) Розробити в системі OPNET імітаційні моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці.
- 3) Вирішити задачу маршрутизації трафіку в мережі MPLS Придніпровської залізниці з використанням нейронних мереж.
- 4) Провести дослідження на створених імітаційних та нейронних моделях.

У загальні вивченням та дослідженням технології MPLS на основі розробки відповідних аналітичних та імітаційних моделей займаються наступні науковці: Гейера А., Гольдштейн А. Б., Зайченко О. Ю., Зайцев Д. А., Запорожець Д. Б., Кухарев В. А., Пахомова В. М. та інші. Питанням організації маршрутизації в комп'ютерних мережах з використанням нейромережної технології займаються наступні вчені: Баган В. Ю., Бриндас А. М., Карапетян А. Р., Колесніков К. В., Курка Р. Р., Кутиркін А. В., Павленко М. А., Пахомова В. М., Рожак П. І., Семинішин Н. О., Хопфілд Д. Д., Терехов В. А., Шулер В. Н. та інші. Але слід також зауважити, що знаходженням розв'язку задачі маршрутизації

в мережі MPLS з використанням нейромережної технології займається невелика кількість вчених і існує дуже обмежена кількість наукових джерел з відповідними дослідженнями.

Дипломна магістерська робота складається з п'яти розділів та висновків.

У першому розділі виконаний огляд систем імітаційного моделювання мережі MPLS та нейронних моделей щодо маршрутизації в комп'ютерних мережах, обґрунтований вибір системи імітаційного моделювання мережі MPLS та типу нейронної моделі для розв'язки поставленої задачі. У другому розділі подана стисла характеристика інформаційно-телекомунікаційної системи (ІТС) залізничного транспорту, наведені основні поняття та фундаментальні принципи технології MPLS. Представлена структура запропонованої системи маршрутизації в мережі MPLS Придніпровської залізниці, основу якої складає використання наступних НМ: SOM (Self Organizing Maps) для кластеризації потоків трафіку за умови максимального часу передачі пакета (параметра QoS) та MLP (Multi Layer Perceptron) для визначення тунелів в мережі відповідно до структури домену MPLS. У третьому розділі розроблені в системі OPNET моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці (існуючої структури та за технологією MPLS) та проведені дослідження наступних характеристик: навантаження сервера, часу обробки пакетів, часу очікування пакету в черзі, кількості втрат пакетів відповідно до зміни типу трафіку. У четвертому розділі для маршрутизації потоків трафіку в мережі MPLS на основі структури її домену створені в MatLAB нейронні мережі (SOM та MLP). На створеному MLP проведені дослідження середньоквадратичної помилки нейронної мережі за кількістю прихованих нейронів. П'ятий розділ присвячений питанню охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Результати дипломної магістерської роботи доповідались на XIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті», а також на Всеукраїнській конференції студентів та молодих вчених «Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті», що відбулись в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна в 2019 р. Тези доповідей опубліковані у відповідних збірниках до конференцій та представлені в додатку Г.

1 ОГЛЯД ІМІТАЦІЙНИХ ТА НЕЙРОННИХ МОДЕЛЕЙ ЩОДО МАРШРУТИЗАЦІЇ В МЕРЕЖІ MPLS

1.1 Постановка проблеми

У наш час проходить швидкий зріст в потребі обробки, аналізу та передачі даних. Причиною є те, що вплив інформаційних технологій на світ з кожним роком все більший. Разом із тим потоки трафіку у мережах досягли непомірних об'ємів, що приводить до того, що їх обробка стала в декілька десятків разів складнішою. У період стрімкого розвитку інформаційних технологій розробка нових інструментів для маршрутизації та управління трафіком стрімко зростає, що дає змогу запропонувати нові системи для роботи із комп'ютерними мережами.

Однією з основних принципів маршрутизації даних є оптимізація. Мета якої знаходження оптимального рішення маршрутизації трафіку у мережі, для досягання високого показника продуктивності при передачі даних. Для досягнення цієї мети потрібно аналізувати характеристики трафіка, топологію мережі, її завантаженість у реальному часі.

Прикладами таких алгоритмів є алгоритм Дейкстри, який зазвичай використовується у сучасних мережах, але він не дає змоги досягти потрібного рівня гучності в умовах високої завантаженості і мінливості структури мережі.

Для управління сучасними мережами потрібно використовувати сучасні технології, які б працювали із інструментами для передбачення умов у мережі. Для цього пропонується використовувати штучні нейронні мережі, які є найбільш потужним інструментом для маршрутизації в комп'ютерних мережах.

1.2 Огляд систем імітаційного моделювання

1.2.1 OPNET Modeler

Opnet Modeler призначений для моделювання мереж і окремих пристроїв з подальшим аналізом їх функціонування. При цьому інструментарій програми можна розділити на три великі групи.

OPNET забезпечує наступні функціональні можливості:

1) Графічне ілюстративне моделювання. Створення багаторівневої (тобто має різні рівні деталізації) масштабною схеми розміщення вузлів і з'єднань мережі з використанням унікальних піктограм для різних об'єктів. Система містить безліч бібліотек компонентів, в тому числі конкретних мережевих пристроїв, типів з'єднань, протоколів і мережевих додатків. Існує можливість підключення нових бібліотек і створення власних компонентів мережі.

2) Перевірка коректності мережевої моделі. Після створення ілюстративної схеми існує можливість верифікації мережевих з'єднань. У цьому випадку перевіряється відповідність обраних типів зв'язку відповідних портів, підключеного до них обладнання, за технологічними можливостями, інтерфейсів і наявності вільних портів.

3) Моделювання процесу обробки і вартості використання обладнання передачі даних. Для імітаційного моделювання (теорія масового обслуговування) задаються такі параметри, як інтенсивність створення пакетного трафіку на генеруючих вузлах, характеристики обробки пакетів на процесорних вузлах і ряд інших параметрів. Для оцінки вартості додатково вказуються ціни пристроїв і/або сполук, визначається вартість обробки і передачі пакетів інформації.

4) Імпорт існуючої конфігурації мережі. Система надає можливість імпорту реальної існуючої мережі для моделювання пакетного трафіку, аналізу її роботи і продуктивності з метою подальшої оптимізації.

5) Імпорт трафіку реальної мережі для його використання у вихідних даних при моделюванні. Система надає можливість імпорту трафіку реальної мережі для використання його в якості бази при імітаційному моделюванні нових мереж. Після імпорту можна виконати імітаційне моделювання мережі і визначити такі характеристики, як затримка, пропускна здатність, коефіцієнт використання та ін.

6) Експорт топологічної моделі мережі. Створену в графічному редакторі системи OPNET модель мережі можна експортувати в формат HTML або в формат Visio2000 для Web-публікації або використання в інших системах.

7) Порівняння різних мережевих проектів. Система IT Decision Guru пропонує інструменти для аналізу, подання та публікації даних, отриманих при моделюванні і експериментальному дослідженні різних проектів мережевих рішень.

У своїй роботі [4] Jeong-Su Kim проаналізував, які можливості для моделювання мереж дає імітаційна система OPNET Modeler. Дослідник побудував мережу MPLS, яка враховує параметри QoS для мережі та дає можливість передбачити її роботу.

1.2.2 CPN Tools

CPN Tools - це система призначена для моделювання комп'ютерних мереж із використанням мови Петрі. Використовується у великій кількості реальних проектів.

Основними функціями системи є створення імітаційних моделей, аналіз їх роботи за допомогою імітації роботи мережі Петрі, специфікації і верифікації протоколів, оцінки пропускної здатності мереж і якості обслуговування, проектування телекомунікаційних пристроїв і мереж. Для створення моделей передбачений спеціальний графічний редактор розфарбованих мереж Петрі. Редактор дозволяє малювати мережі Петрі на екрані комп'ютера, вводити атрибути елементів мережі і додаткові описи на мовою CPN ML. Модель може складатися з декількох сторінок. ці сторінки пов'язані один з одним для створення ієрархічної структури.

У CPN Tools реалізований новий принцип графічного взаємодії, заснований на можливостях бібліотеки MS Open GL, що дозволяє швидко вводити і редагувати моделі, використовуючи інструменти на панелі управління в контекстно-залежних меню. Передбачена можливість роботи з двома маніпуляторами миша (двома руками). В цьому випадку ліва миша використовується для взаємодії з меню і для вибору інструментів з палітри, а права миша використовується для малювання і редагування мереж Петрі.

У роботі [5] Зайцев Д. А. побудовано в системі CPN Tools імітаційну модель мережі за технологією MPLS.

1.3 Огляд нейронних мереж щодо організації маршрутизації в комп'ютерних мережах

Зростання кількості користувачів комп'ютерних мереж зумовлює зростання складності структур мереж і взаємодії між ними. Відповідно ускладнюється і пошук оптимальних шляхів у мережі для швидкої доставки запитів, тобто ускладнюється завдання маршрутизації [8].

Для розв'язання задач маршрутизації використовуються класичні алгоритми, які оперують одним параметром оптимізації. Однак кожному гілку мережі характеризують кілька параметрів (пропускна здатність, затримка, швидкість передачі, навантаження, надійність). Таким чином, у сучасних мережах з'явилась необхідність розв'язання задачі про найкоротші шляхи з кількома критеріями оптимізації. Тому виникає актуальна необхідність формування нових підходів та алгоритмів розв'язання задач пошуку оптимальних шляхів з багатьма критеріями.

Через складність структур сучасних комп'ютерних мереж задача маршрутизації не вирішується повною мірою. У більшості випадків це пов'язано з маршрутизаторами, які не справляються з підтриманням таблиць маршрутизації і вибором оптимальних маршрутів для даного класу трафіку. Тому виникає завдання дослідження існуючих алгоритмів маршрутизації з метою поліпшення їх характеристик або створення нових алгоритмів маршрутизації.

Одним із підходів до вирішення задачі маршрутизації являється використання апарату штучних нейронних мереж (НМ) [21],

НМ являє собою математичну модель, реалізовану програмним або апаратним шляхом, побудовану за принципом організації та функціонування біологічних нейронних мереж (мереж нервових клітин живого організму). Головною особливістю такого роду мереж є їх здатність до навчання, яке виконується, як правило, одним з двох основних способів: за допомогою алгоритму зворотного поширення помилки або за допомогою рекурентного алгоритму методу найменших квадратів. Крім цього, важливим класом алгоритмів навчання вважаються еволюційні алгоритми, що містять у своїй основі генетичні методи.

Використання нейронних мереж для вирішення задач маршрутизації досліджували у своїх роботах М. А. Павленко [13], В. М. Пахомова [18], К. В. Колесніков, А. Р. Карапетян, В. Ю. Баган [8], Д. Д. Хопфілд [27], Н. С. Коїч [28], А. М. Бриндас, П. І. Рожак, Н. О. Семинишин, Р. Р. Курка [3], А. В. Кутиркін [9], Ф. Уоссерман [30], В. А. Терехов [20], В. Н. Шулер [29] та інші.

Так, наприклад, Хопфілд Д. Д. показав, що за допомогою штучних НМ можна забезпечити знаходження близького до оптимального вирішення задачі комівояжера та пошуку найкоротшого шляху на графі. Використання НМ дозволяє знаходити маршрути навіть для телекомунікаційних систем з більшою кількістю вузлів (> 100). Павленко М. А. досліджував багат шаровий персептрон, RBF-мережу та мережу Хопфілда і виявив, що мережа Хопфілда є найбільш перспективною для вирішення задачі маршрутизації в телекомунікаційних мережах. У роботі Бриндас А. М., Рожак П. І., Семинишин Н. О., Курки Р. Р. виявлено, що нейронна мережа Хопфілда знаходить задовільний маршрут, який відрізняється від оптимального в середньому на 7-8 % у випадку кількості вузлів більше 15, а зі збільшенням їх кількості мережа значно швидше знаходить оптимальний маршрут в порівнянні з методом повного перебору. Колесніков К. В. та Карапетян А. Р. дослідили можливість використання мережі Хопфілда в мережах з адаптивною маршрутизацією та проаналізували обчислювальну складність при використанні функції енергії для активації нейронної мережі. Пахомова В. М. дослідила можливість використання мережі Хопфілда для вирішення задачі комівояжера та пошуку найкоротшого шляху на графі маршрутів в комп'ютерній мережі залізничного транспорту. Кутиркін А. В. показав можливість вирішення задачі комівояжера за допомогою нейронної мережі Хопфілда та дослідив вплив параметрів мережі на функцію вирішення задачі комівояжера. Уоссерман Ф. за допомогою нейронної мережі Хопфілда показав вирішення задачі комівояжера з іншою функцією енергії з єдиним коефіцієнтом, значення якого легко визначити.

На сьогоднішній день розроблено декілька десятків моделей НМ: персептрон Розенблатта, мережа Джордана, мережа Кохонена, когнітрон, неокогнітрон, хаотична нейронна мережа, ймовірнісна мережа, мережа радіально-базисних функцій та багато

інших. Але не для всіх НМ проведена оцінка можливості їх використання для вирішення задач маршрутизації. Проведені дослідження науковців показують можливості використання багатошарового персептрону, мережі Хопфілда та RBF-мережі для рішення задачі маршрутизації в телекомунікаційних системах. У роботі [13] Павленко М. А. визначив, що названі НМ здатні розв'язати задачу маршрутизації в комп'ютерній мережі в реальному масштабі часу з заданою точністю, причому мережі прямого розповсюдження та особливо мережі Хопфілда мають високий ступінь стійкості роботи на відміну від мережі RBF.

До недавнього часу теоретичну базу для проектування і моделювання систем розподілу інформаційних потоків забезпечувала теорія телетрафіку, яка є однією з гілок теорії масового обслуговування, що отримала свій розвиток у роботах ряду авторів: Башарин Г. П., Вишневський В. М., Ерланг А. К., Клейнрок Л., Харкевич А. Д., та ін. Найбільш поширеною моделлю потоку викликів у теорії телетрафіку є стаціонарний пуассонівський потік, відповідний для мереж з комутацією каналів. У роботах зарубіжних дослідників (W. Leland, D. Wilson, I. Noros) стверджується, що трафік у мережах з комутацією пакетів має так звану властивість «самоподібності». У результаті теоретичні розрахунки характеристик сучасних систем розподілу інформації за класичними формулами дають некоректні результати щодо довжин черг і часу затримок пакетів.

У роботі [6] Болодуріна І. П. та Парфенов Д. І. приведено дослідження доцільності використання самоорганізаційної карти Кохонена для рішення задачі маршрутизації у мережі.

Досліджень роботи технології MPLS із нейромережами на даний час небагато. Однак, Шепеленко С. Г. у роботі «Керування трафіком у MPLS мережах за допомогою нейромережних технологій» [10] доводить, що використання НМ разом із технологією MPLS є доцільним, так як це суттєво зменшує навантаженість мережі та дає змогу розподілити трафік.

У роботі Нельсона Пієдра «Вивчення використання нейромереж у інженерії трафіку» показано, що використання нейромереж із технологією MPLS має сенс, і їх сумісна робота приводить до підвищення якості мережі.

У своїх роботах Пахомова В. М. представляє результати досліджень одночасного використання як технології MPLS, так і нейромережі в комп'ютерних мережах, що лежать в основі ІТС залізничного транспорту.

1.4 Основні висновки

1. Виконаний огляд існуючих імітаційних моделей мережі MPLS показав, що їх створення можливо за допомогою наступних систем: OPNET Modeler, CPN Tools та інші. Для подальшої роботи (створення імітаційної моделі комп'ютерної мережі залізничного транспорту з використанням технології MPLS та проведення відповідних досліджень) обрано систему Opnet Modeler, яка дозволяє провести ретельний та більш точний аналіз на відміну від інших систем.

2. Виконаний огляд НМ показав, що організація маршрутизації в комп'ютерних мережах виконується на основі наступних різновидів: мережі Хопфілда, багатошарового персептрону, RBF-мережі та нейронечіткої мережі. Для подальшої роботи (рішення задачі кластеризації потоків) обрано саморганізаційну карту Кохенена. Перевага такої моделі в наступному: ця НМ спроможна ідентифікувати нові кластери даних, що дасть змогу ідентифікувати потоки трафіку та заносити їх до нових класів.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

2.1 Стисла характеристика ІТС залізничного транспорту

Інформаційно-телекомунікаційна система (ІТС) – сукупність засобів обчислювальної техніки, приладів промислової автоматики, засобів зв'язку, програмного забезпечення, каналів зв'язку, а також користувачів, що працюють із ними (персоналу), призначених для ефективного вирішення задач автоматизації виробничої та господарчої діяльності підприємств залізничного транспорту.

До складу ІТС входять різні автоматизовані системи, які можуть мати спільні джерела надходження інформації та забезпечують комплексну обробку даних з метою ефективного вирішення певних галузевих задач автоматизації. Кожна з автоматизованих систем складається з засобів автоматизації окремих складових певного технологічного процесу – автоматизованих робочих місць (АРМ).

Найважливіші складові ІТС: мережа передачі даних (МПД); автоматизована система керування вантажними перевезеннями (АСКВП УЗ-Є); автоматизована система керування пасажирськими перевезеннями; автоматизована система бухгалтерського обліку; автоматизована система обліку та управління майновими і земельними ресурсами; автоматизована система автоматизації кадрового обліку; автоматизована система корпоративного електронного документообігу.

Спрощена структура комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту Придніпровської залізниці представлена у додатку А (рис. А.1). Протокол маршрутизації, який використовуються зараз – протокол OSPF.

2.2 Основні положення та фундаментальні принципи технології MPLS

MPLS (Multiprotocol Label Switching – багатопроTOCOLьна комутація за мітками) – механізм передачі даних, який емулює різні властивості мереж з комутацією каналів через мережі з комутацією пакетів.

MPLS працює на рівні, який можна було б розташувати між другим (канальним) і третім (мережним) рівнями моделі OSI, і тому його, зазвичай, називають протоколом другого з половиною рівня (2,5-рівень). Його розроблено з метою забезпечення

універсальної служби передавання даних як для клієнтів мереж з комутацією каналів, так і мереж із комутацією пакетів. За допомогою MPLS можна передавати трафік найрізноманітнішої природи, такий як IP-пакети, ATM, Frame Relay, SONET і кадри Ethernet.

У традиційній IP-мережі пакети передаються від одного маршрутизатора до іншого, й кожний маршрутизатор, зчитуючі заголовок пакета, приймає рішення про те, за яким маршрутом відправити пакет далі.

Основні поняття технології зведені до табл. 2.1 [2].

Таблиця 2.1 – Основні поняття MPLS

Поняття	Пояснення
FEC (Forwarding Equivalence Class) – клас еквівалентності	Пакети, що пересилаються однаково
Label – мітка	Ідентифікатор фіксованої довжини
Label swapping – заміна міток	Заміна мітки прийнятого вузлом мережі MPLS пакета новою міткою
LER (MPLS edge router – граничний вузел мережі MPLS)	Граничний вузол, що з'єднує домен MPLS з вузлом, який знаходиться не в цьому домені
Loop detection – виявлення закольцованих маршрутів	Визначення, що пакет пройшов через вузол більше ніж один раз
LSP (Label Switched Path) – комутований по міткам тракт	Встановлюються провайдерами для вирішення різних завдань.
LDP – протокол розподілу міток	Протокол, для розподілу міток між LSR
LSR (Label Switching Router) – комутуючий мітки маршрутизатор	Маршрутизатори, виконують маршрутизацію даних за мітками

У протоколі MPLS ніякого подальшого аналізу заголовків у маршрутизаторах на шляху проходження не проводиться, а переадресація керується виключно на основі міток. Це має багато переваг над традиційною маршрутизацією на мережному рівні. Особливості мережі MPLS:

1. Наявність різних типів класів сервіса CoS (Class of Service) до 8 класів, які обслуговуються в маршрутизаторах LSR з відносними пріоритетами.

2. Введення показників якості обслуговування QoS (Quality of Service). Наприклад, яка середня затримка у доставці пакетів $T_{сер}(k)$ для різних класів й для пакетів PLR (Packet Loss Ratio).

Алгоритм роботи мережі MPLS:

При потраплянні MPLS пакета до мережі, він приписується до визначеного класу FEC. Цьому класу FEC призначається мітка, яка буде передаватися разом з пакетом, коли він посилається на інший маршрутизатор. Мітка, яка встановлена граничним маршрутизатором при вході пакета в MPLS-мережу, використовується як вказівник входу таблиці, яка визначає черговий маршрутизатор для передачі до нього пакету, а також нову мітку для FEC, до якого відноситься пакет. FEC - це форма представлення групи пакетів з однаковими вимогами до напрямку їх передачі. Кожен маршрутизатор мережі MPLS створює таблицю, яка визначає, яким чином має оброблятися пакет. Ця таблиця має використану множину міток і для кожної - зв'язок «FEC мітка». Мітки діляться на наступні категорії:

- на платформеній основі (мітки унікальні по всьому тракту LSP; мітки обираються із загального пулу міток, та ніякі дві мітки, що йдуть по різних інтерфейсам, не мають однакових значень);

- на інтерфейсній основі (значення міток зв'язані із інтерфейсами):
для кожного інтерфейса виділяється окремий пул міток, із якого для цього інтерфейса і обираються мітки).

Шлях пакету в мережі MPLS визначається тим FEC, який встановлений для цього потоку у входному LSR. Такий шлях називається комутуючим по міткам тракту LSP (Label-Switched Path) та ідентифікуються послідовністю міток в LSR.

LSP організуються або перед передачею даних, або при знаходженні визначеного потоку даних.

Мітки назначаються за допомогою протоколу розподілення міток LDP (Label Distribution Protocol).

Специфікація протоколу LDP визначає правила, за якими встановлюється відповідність між вхідним пакетом і його LSP. Для розподілу міток можуть використовуватися різні методи [12]:

- метод на основі топології (topology-based method) використовує стандартну обробку протоколів маршрутизації;
- метод на основі запитів (request-based method) використовує обробку керуючого протоколу на основі запитів;
- метод на основі трафіку (traffic-based method) запускає процедуру присвоєння і розподілу міток при отриманні пакету.

2.3 Необхідність використання технології MPLS в мережі ІТС залізничного транспорту

Характерна особливість розвитку сучасних телекомунікаційних мереж полягає в упровадженні концептуально нової транспортної мережі на основі технології MPLS [16], яка дозволяє забезпечити передавання пакетного трафіку з підтриманням належної якості обслуговування QoS, а також на базі концепції інжинірингу трафіку TE (Traffic Engineering) забезпечити при цьому ефективне використання доступних ресурсів мережі.

Збалансоване завантаження ресурсів мережі MPLS-TE досягається, насамперед, вибором оптимального маршруту проходження трафіку з використанням процедур резервування та розподілення навантаження мережі, збалансування трафіку й застосуванням механізмів запобігання перевантаженням і забезпечення відмовостійкості мережі. Функціонування мережі MPLS-TE спирається на використанні маршрутів передавання трафіку за допомогою односпрямованих тунелів TE-tunnel, що об'єднують послідовність маршрутизаторів LSR, вибраних з урахуванням максимальної завантаженості ресурсів мережі та виконанням вимог QoS. Для маршрутизації в мережі MPLS-TE використовується швидка перемаршрутизація пакетів FRR (Fast Re Route), яка в разі відмови маршруту дозволяє спрямувати трафік за запасним, попередньо сконфігурованим TE-tunnel маршрутом, вибраним згідно з критерієм мінімального часу затримки пакетів. Розв'язування задач маршрутизації трафіку в мережі MPLS-TE має на

меті вибір оптимального маршруту проходження трафіку за умов раціонального завантаження мережних ресурсів. Що ж до ефективності їх розв'язання, то вона оцінюється підтримкою нормативних значень характеристик якості QoS.

Одне із вирішень, яке дозволяє забезпечити збалансоване завантаження ресурсів мережі та її відмовостійкість, полягає в організації додаткових (обхідних) напрямів маршрутизації трафіку. Саме під час експлуатації мережі часто постає необхідність розвантаження окремих маршрутів, завантаженість яких достатньо висока. Тоді можна задіяти додатковий, попередньо сконфігурований маршрут для збалансування трафіку з підтриманням необхідного рівня якості обслуговування QoS. Отже, завдання маршрутизації в мережі MPLS-TE з додатковими напрямками передавання трафіку слід розглядати як беззаперечно актуальне.

2.4 Загальна структура запропонованої системи маршрутизації в мережі

Загальна структура запропонованої системи маршрутизації в мережі MPLS Придніпровської залізниці представлена на рис. 2.1, основу якої складає використання наступних НМ: SOM (самоорганізуючої карти Кохонена) для кластеризації потоків трафіку та MLP (багатошарового персептрону) визначення тунелів в MPLS. На підготовчому етапі передбачається використання імітаційних моделей комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці, що створені в системі OPNET.

Класи обслуговування потоків трафіку призначено відповідно до параметру QoS, а саме максимального часу передачі пакета (Maximum Packet Transfer Delay, maxPTD) від 50 до 100 мс.

Домен MPLS Придніпровської залізниці, що розглядається, показаний на рис. 2.2. Наявність тунелів від одного LER до іншого подана у вигляді табл. 2.2, умовні позначення до якої наступні: «—» — не має зв'язку; «1» — наявність фізичного з'єднання; «0» — наявність зв'язку тільки через тунель.

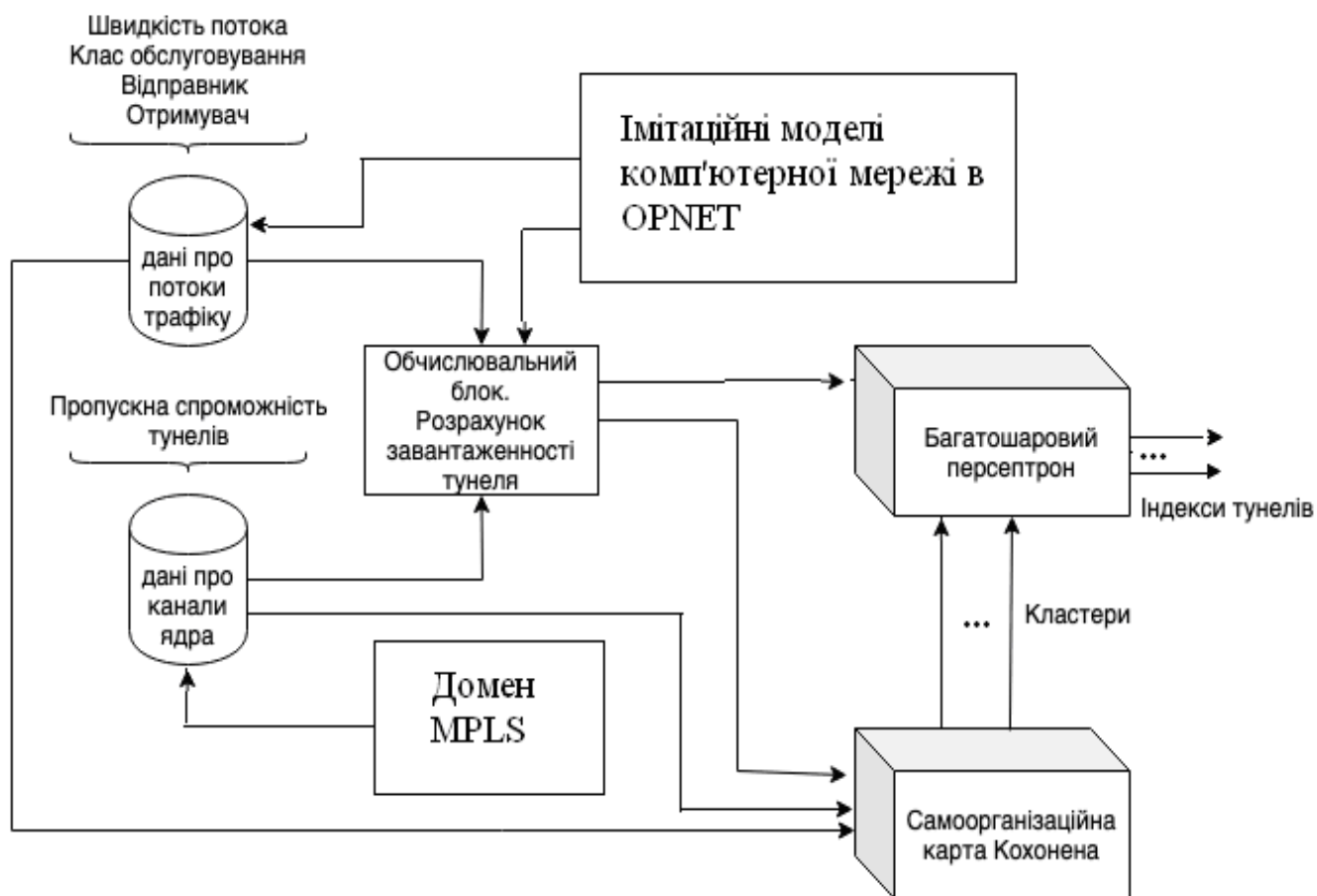


Рисунок 2.1 – Загальна структура системи маршрутизації в мережі MPLS

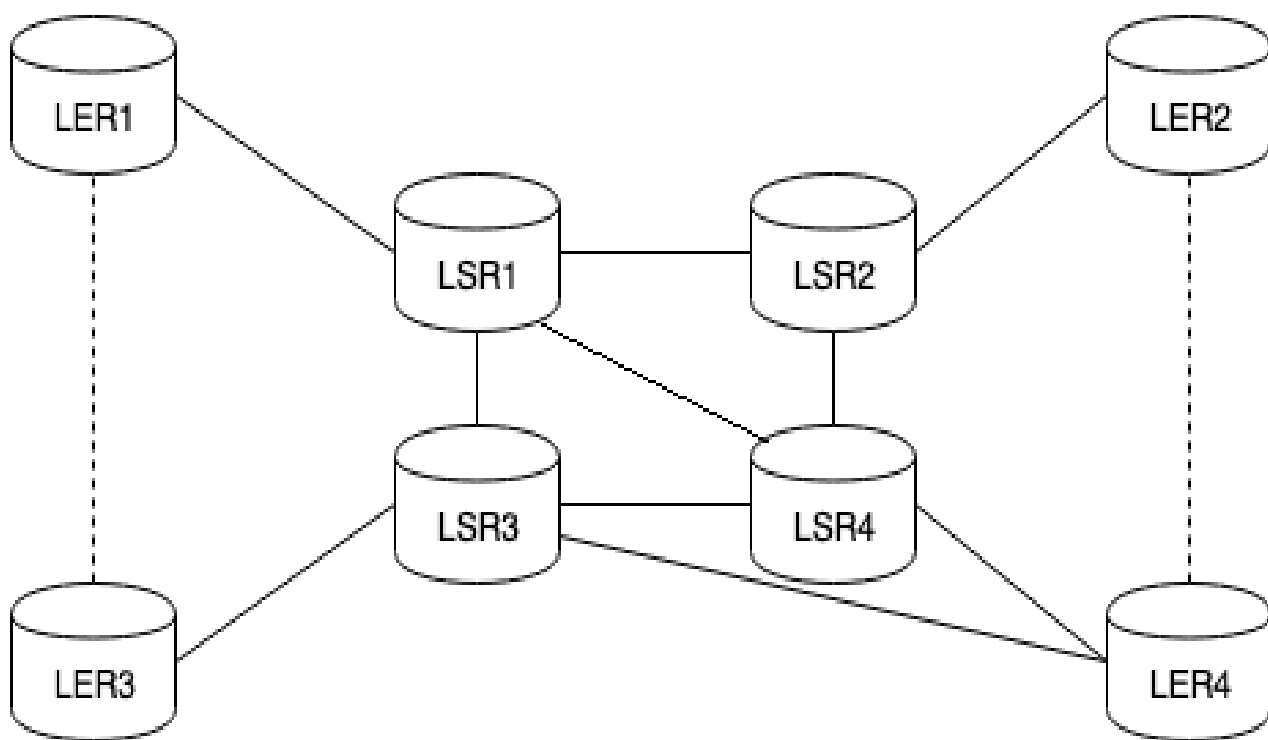


Рисунок 2.2 – Домен MPLS Придніпровської залізниці, що розглядається

Таблиця 2.2 – Наявність тунелів домену MPLS Придніпровської залізниці

LER/LER	1	2	3	4
1	–	0	1	1
2	1	–	0	1
3	1	0	–	0
4	0	1	0	–

Розглянемо прямі тунелі домену MPLS (див. рис. 2.1) наступні:

1) LER1 → LER2:

LSR1 – LSR2; LSR1 – LSR3 – LSR4 – LSR2; LSR1 – LSR4 – LSR2.

2) LER1 → LER4:

LSR1 – LSR2 – LSR4; LSR1 – LSR3 – LSR4; LSR1 – LSR3; LSR1 – LSR4.

3) LER2 → LER3:

LSR2 – LSR4 – LSR1 – LSR3; LSR2 – LSR4 – LSR3; LSR2 – LSR1 – LSR3.

4) LER3 → LER4:

LSR3; LSR3 – LSR4; LSR3 – LSR1 – LSR4; LSR3 – LSR1 – LSR2 – LSR4.

На основі структури домену MPLS маємо 4 основних напрямків передачі даних, до кожного із яких надходить не більше 4-х тунелів.

2.5 Основні висновки

1. Подано стислу характеристику ІТС залізничного транспорту, структуру існуючої комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці та сформульована необхідність проведення досліджень використання технології MPLS.

2. Представлена загальна структура запропонованої системи маршрутизації в мережі MPLS Придніпровської залізниці, основу якої складає використання наступних НМ: SOM – для кластеризації потоків трафіку за умови максимального часу передачі пакета та MLP – для визначення тунелів в мережі. На основі структури домену MPLS має 4 основних напрямків передачі даних, до кожного із якого надходить не більше 4-х тунелів.

3 СТВОРЕННЯ В OPNET ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НА НИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Створення імітаційної моделі існуючої комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці

У дипломній магістерській роботі для побудови імітаційних моделей використана моделююча система OPNET Modeller. Для проведення експериментів створені наступні імітаційні моделі: за технологією Fast Ethernet (існуюча комп'ютерна мережа) та за технологією MPLS. У якості протоколу маршрутизації використаний протокол OSPF.

Для створення нового проекту виконати наступні кроки:

1. У головному вікні Opnet Modeler обрано File → New, в діалоговому вікні – «Project».
2. Введено назву проекту та сценарію.
3. Обрано Create empty scenario → World, в рядку «Select Technologies» необхідні технології, як показано на рис. 3.1.

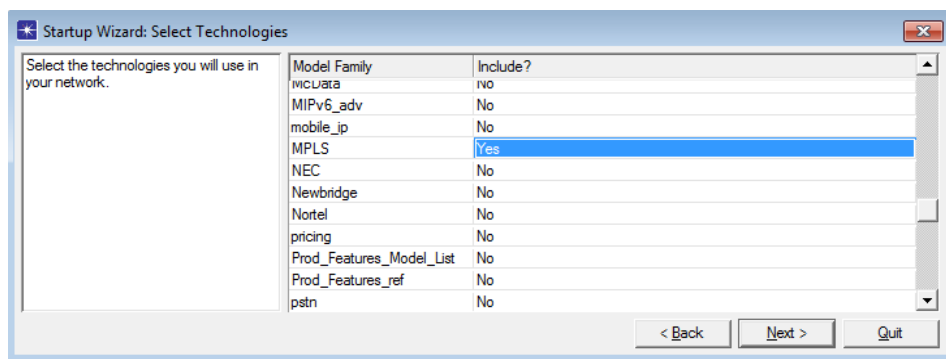


Рисунок 3.1 – Вікно вибору технологій

За допомогою вкладки File обрано New, після чого призначено ім'я проекту у вікні, що з'явилося. У вікні з назвою Enter Name програма дозволяє призначити ім'я створеному проекту та сценарію. Обрано масштаб мережі; пропонувалося обрати один з декількох можливих варіантів: World; Enterprise; Campus; Office; Logical; Choose from maps, обираємо варіант Logical. Обираємо необхідні технології (MPLS та IP), шляхом перемикавання на вкладці Include.

За допомогою палітри компонентів (рис. 3.2) задано структуру імітаційної моделі Fast Ethernet відповідно до структури існуючої мережі (див. рис. А.1).

Кожна підмережа включає в себе сервер (ethernet_server_adv), дві робочі станції (ethernet_wkstn_adv), комутатор (ethernet16_switch), який з'єднує робочі станції та сервер, і маршрутизатор Cisco (CS_12008).

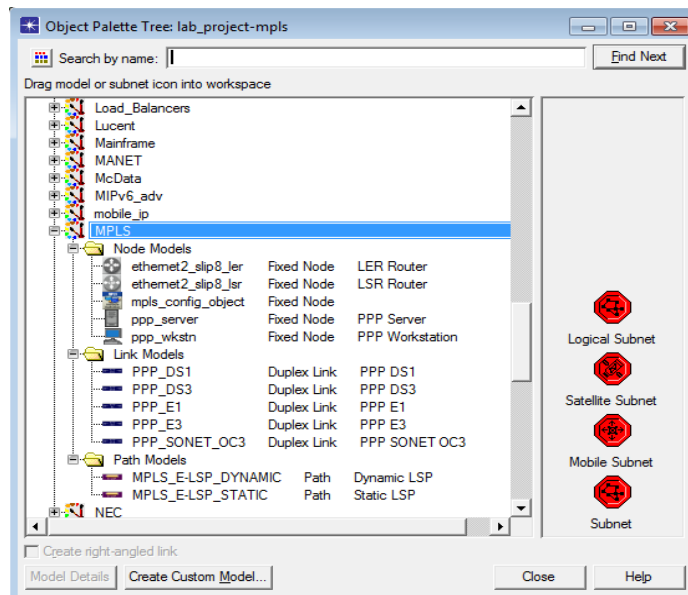


Рисунок 3.2 – Палітра компонентів

Усі елементи імітаційної моделі комп'ютерної мережі з'єднані між собою за допомогою кабелю 100BaseT.

За допомогою об'єкта Application Demands задано параметри трафіку мережі, як показано на рисунку 3.3.

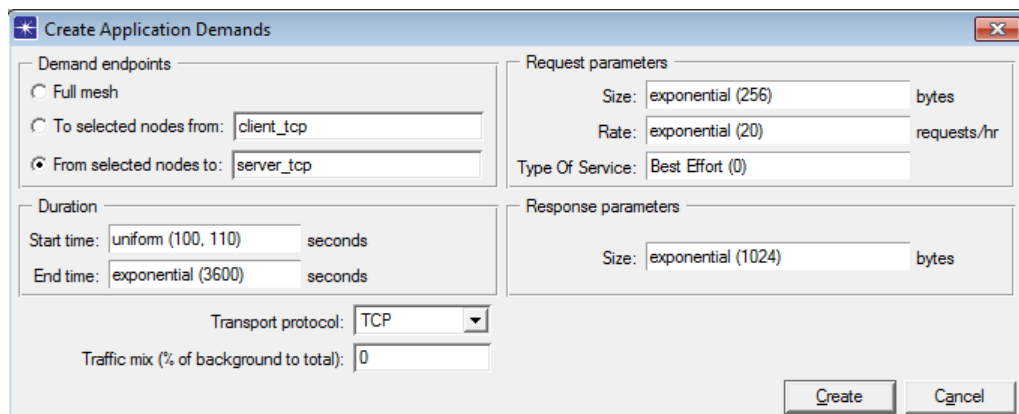


Рисунок 3.3 - Задання параметрів трафіку

Кожна робоча станція мережі передає однакову кількість трафіку. Параметри Application Demands показано на рис. 3.4.

model	application_demand
Duration	(...)
Start Time (seconds)	constant (1)
End Time (seconds)	constant (630)
Request Parameters	(...)
Size (bytes)	constant (1024)
Rate (requests per hour)	constant (1200000)
Type of Service	Best Effort (0)
Response Parameters	(...)
Traffic Mix (%)	All Discrete
Transport Protocol	TCP

Рисунок 3.4 - Параметри трафіку

3.2 Створення імітаційної моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці за технологією MPLS

З палітри об'єктів обрано маршрутизатори (LER та LSR), що будуть використані на станціях. Протокол маршрутизації (RIP або OSPF) можуть бути використані автоматично, для цього створені таблиці маршрутизації і обрані маршрути адаптивним способом. Розміщені маршрутизатори (LER та LSR) на робочій області. За допомогою «Set Name» призначено маршрутизатору назву станції або порядковий номер для LSR (рис. 3.5).

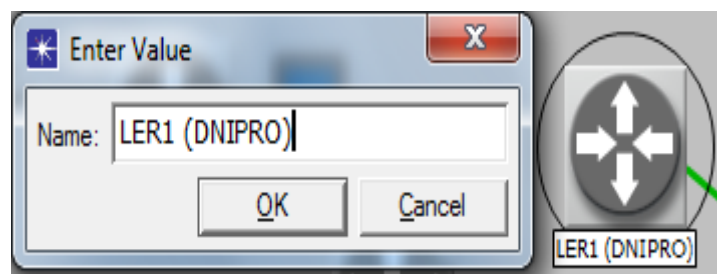


Рисунок 3.5 – Призначення ім'я маршрутизатору

З'єднання маршрутизаторів за технологією MPLS відбувалося між LER-маршрутизаторами через LSR-маршрутизатори (рис. 3.6).

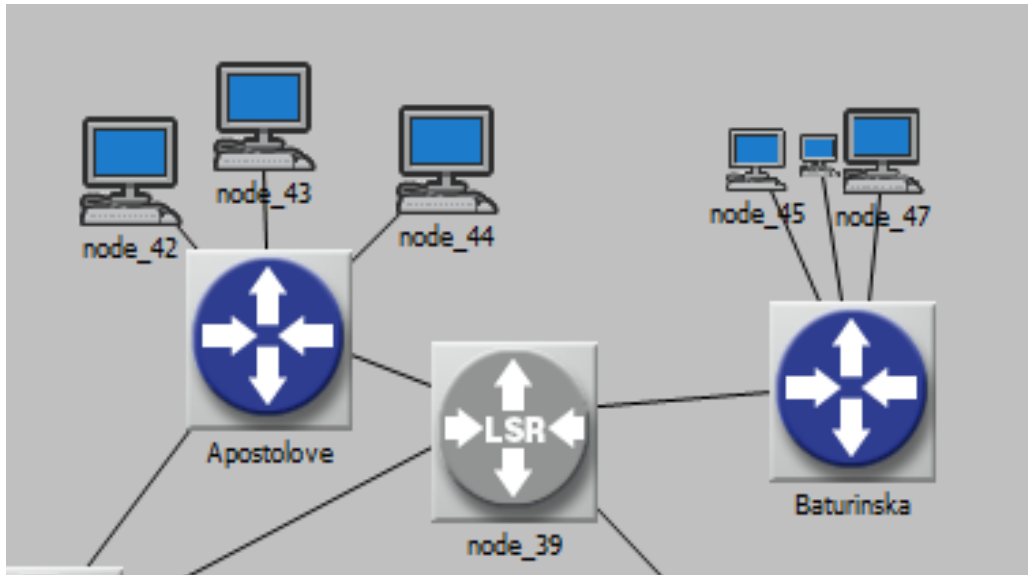


Рисунок 3.6 – З'єднання маршрутизаторів за технологією MPLS

Після розміщення всіх необхідних об'єктів відбувалося створення між ними зв'язку за допомогою панелі об'єктів (рис. 3.7). Обрано оптичний кабель: Link Models Duplex Link Models By Name PPP_SONET_OC та з'єднані ним маршрутизатори (рис. 3.8).

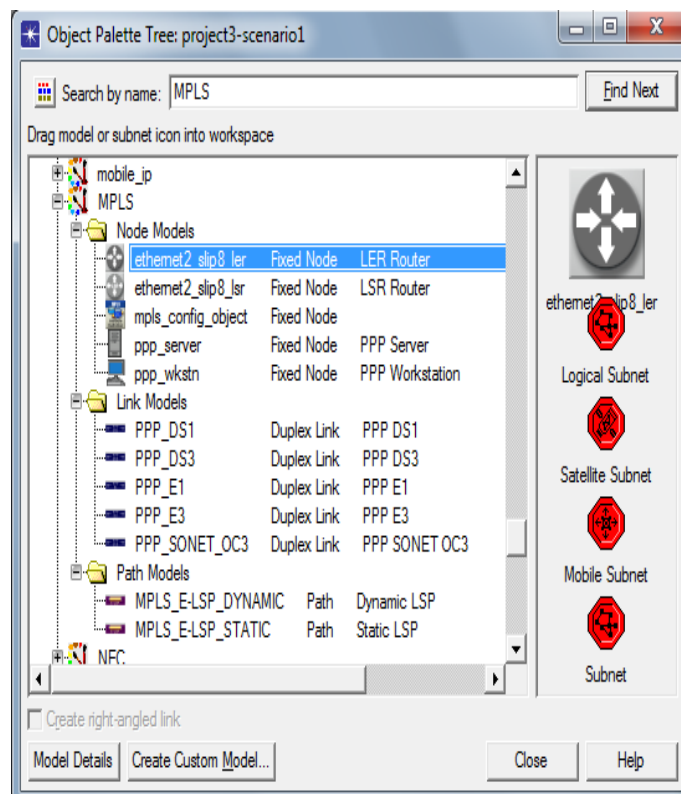


Рисунок 3.7 – Вибір роутерів LSR та LER

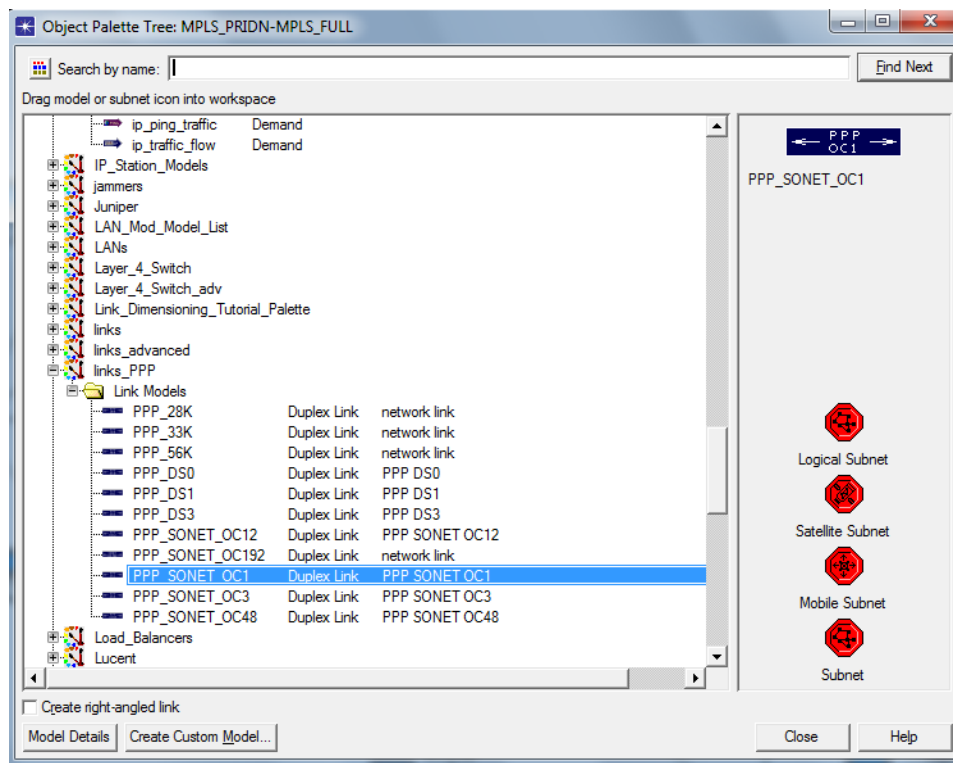


Рисунок 3.8 – Вибір оптичного кабелю на панелі об'єктів

На наступному кроці відбувалася побудова лінійного рівня мережі шляхом додавання і підключення робочих станцій до маршрутизаторів.

Структура імітаційної моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці за технологією MPLS представлена на рис. Б.1 (у додатку Б).

Після побудови імітаційної моделі мережі та підключенням обладнання, відбувається призначення IP-адрес для кожної робочої станції. Достатньо скористуватись автоматичним призначенням IP-адрес: Protocols IP Addressing Auto-Assign IP-Addresses (рис. 3.9).

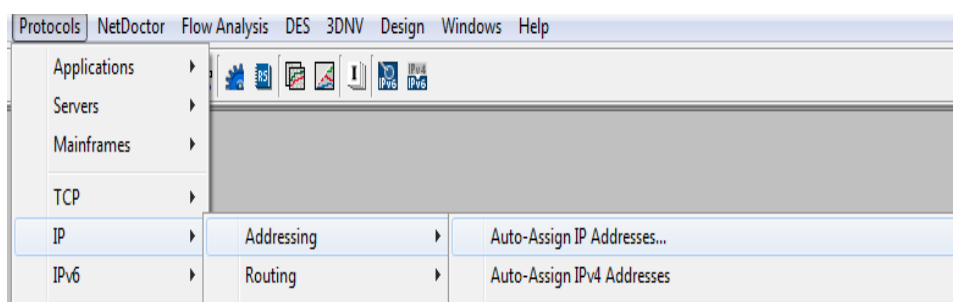


Рисунок 3.9 – Призначення IP-адрес робочим станціям мережі

Перевірити призначення IP-адреси можна за допомогою контекстного меню на робочій станції: Edit Attributes (рис. 3.10).

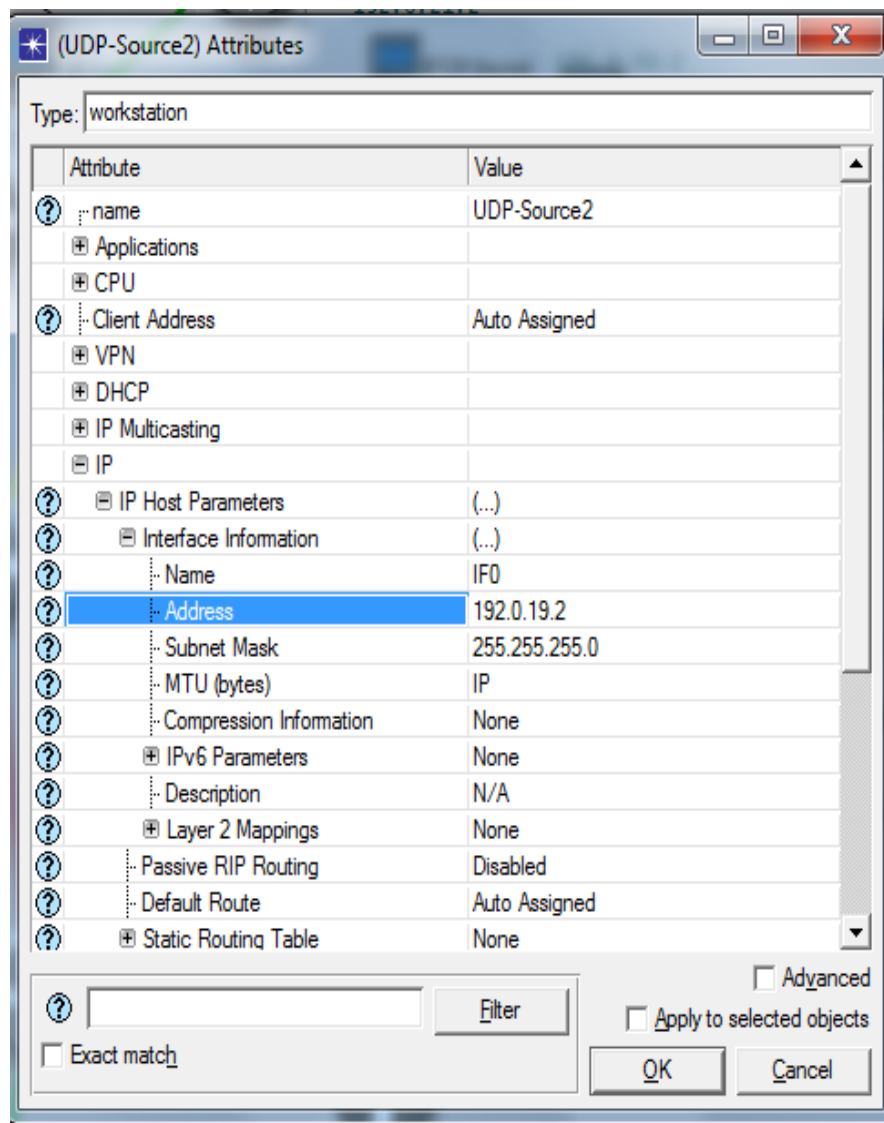


Рисунок 3.10 – Перевірка призначення IP-адреси

Глобальні атрибути MPLS, які використовуються для налаштування параметрів мережі, згруповані в об'єкті настройки MPLS. Атрибути, що специфічні для маршрутизатора, групуються в атрибуті MPLS Parameters.

З палітри інструментів додано компонент налаштування MPLS: MPLS – mpls_config_object; в контекстному меню цього додатку: Edit Attributes, який визначає параметри класу переадресації (FEC), що використовуються в мережі. FEC класифікують і групують пакети таким чином, щоб всі пакети в групі були переадресовані однаково. FEC базуються на будь-якому з полів заголовка IP: ToS; Protocol; Source Address Range; Destination Address Range; Source Port; Destination Port та можуть бути використані для визначення FEC (рис. 3.11).

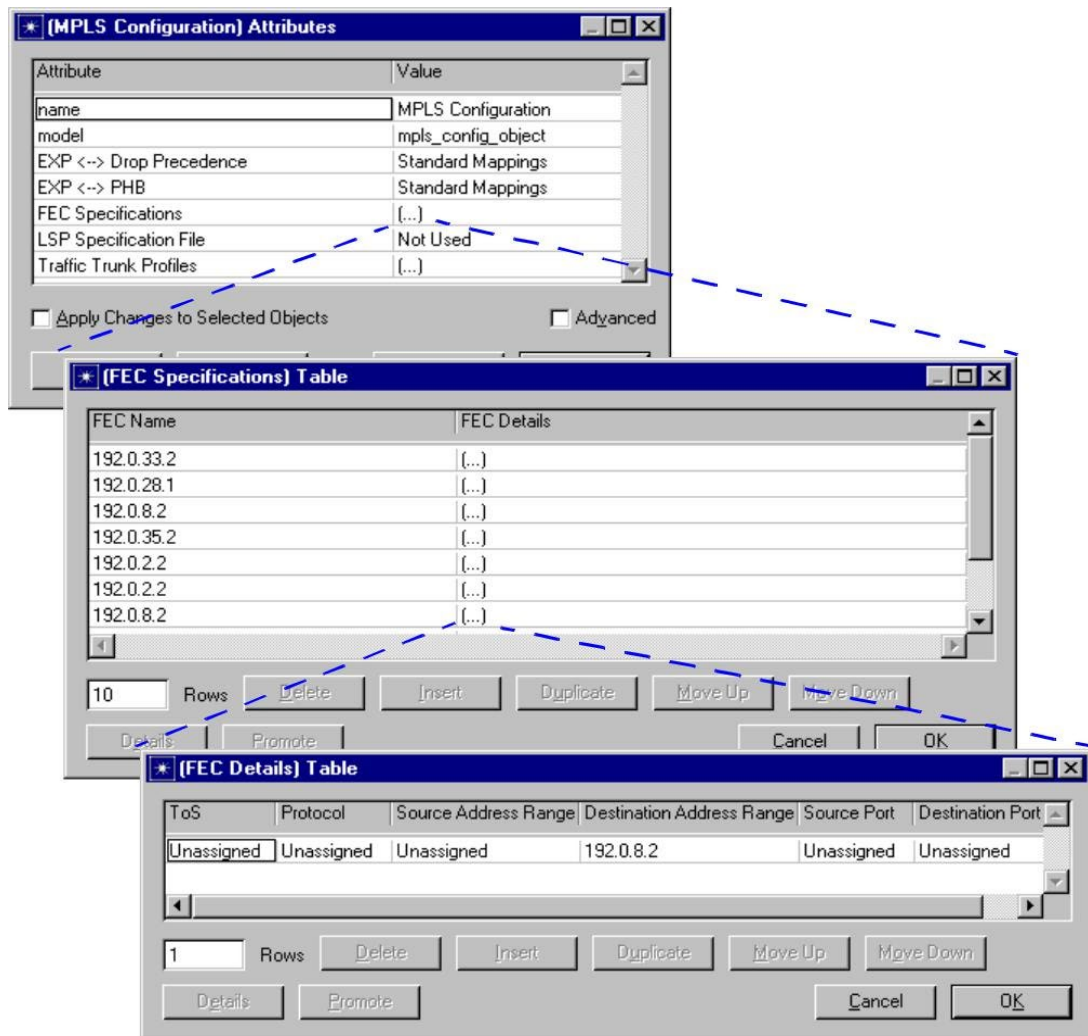


Рисунок 3.11 – Призначення FEC

Таблиця деталей визначає FEC за допомогою набору правил відповідності, які представляють собою комбінації полів заголовків TCP, UDP та IP. Для пакета, що підходить для конкретного FEC, поля заголовка IP повинні задовольняти кожної умови, по меншій мірі, однієї строки певного FEC (рис. 3.12).

* (FEC Details) Table						
	ToS	Protocol	Source Address Range	Destination Address Range	Source Port	Destination Port
0	Unassigned	TCP	192.0.19.1	Unassigned	Unassigned	Ftp Server
1	Unassigned	UDP	192.0.18.1	Unassigned	Unassigned	Video Conferencin...

Рисунок 3.12 – Таблиця деталей FEC

Далі, призначено гарантовані параметри для TE-тунелів: Traffic Trunk Profiles Row Trunk Name Trunk Details Traffic Profile та визначено параметри тунелю. У пункті Traffic Class призначено клас трафіку, що має просуватись цим тунелем.

Для того, щоб зв'язати створений профіль трафіку та маршрутизатор, потрібно на маршрутизаторі LER обрати контекстне меню: MPLS/MPLS Parameters Traffic/Mapping Configuration/Number of Rows/Traffic Trunk та обрано ім'я, раніше створеного профілю (рис. 3.13).

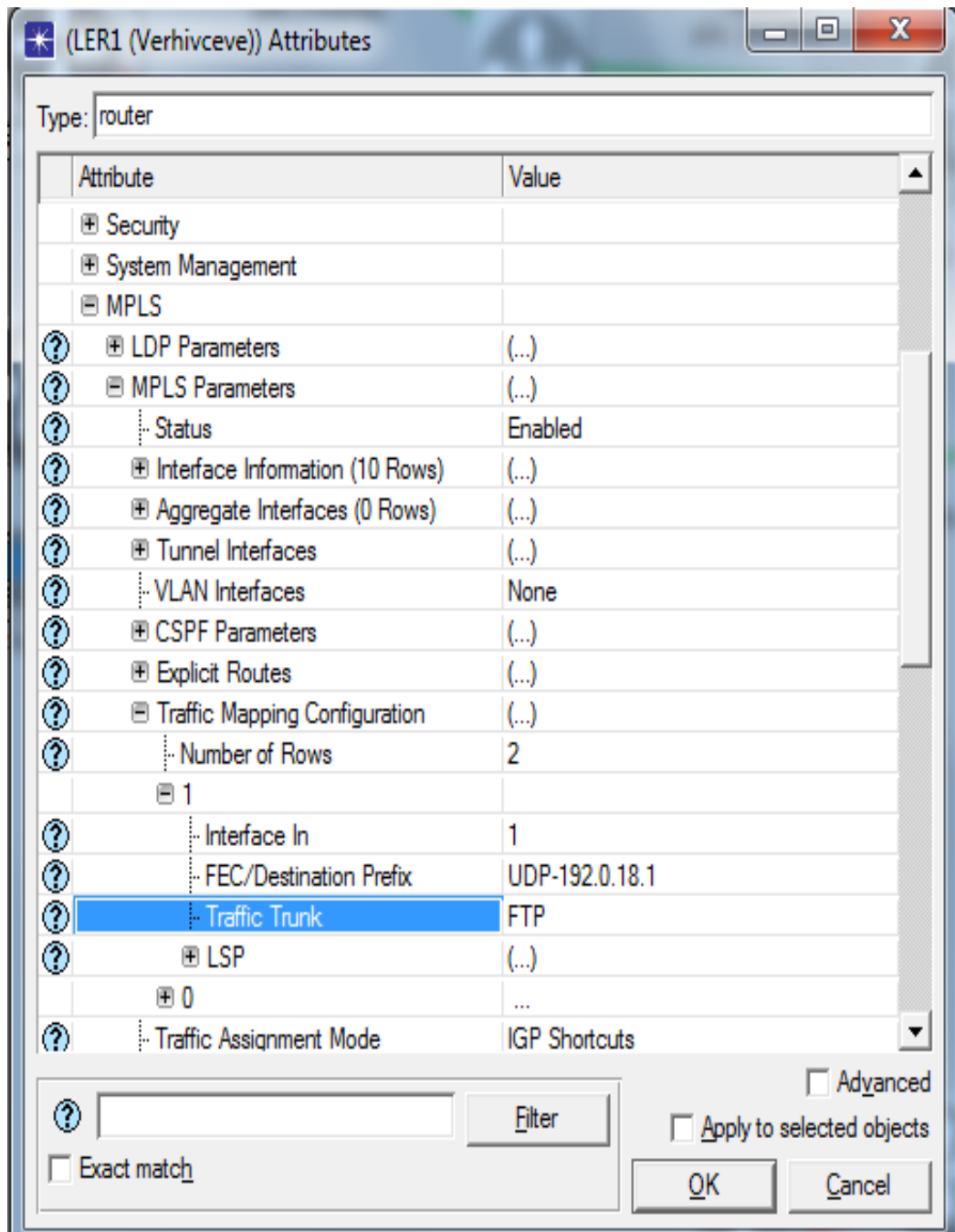


Рисунок 3.13 – Зв'язування профіля трафіку та маршрутизатора

Для встановлення LSP на палітрі об'єктів обрано компонент MPLS, а саме E-LSP (Static або Dynamic), рис. 3.14.

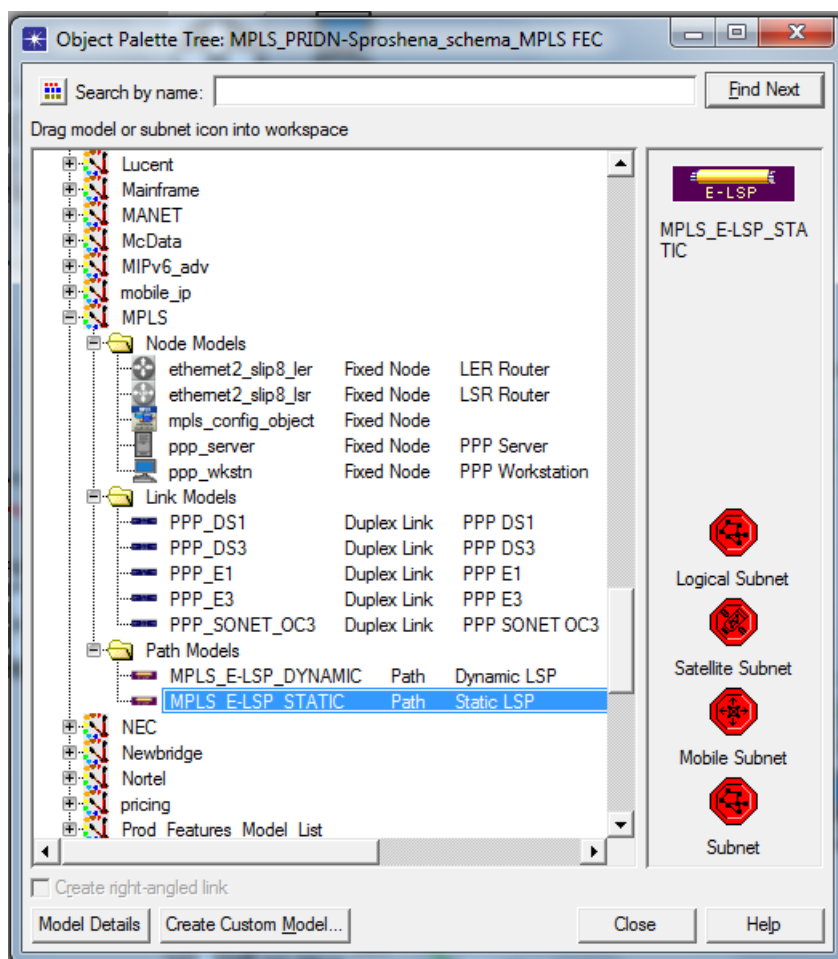


Рисунок 3.14 – Вибір компоненту LSP

Компонент представляє собою шлях, що можна провести по вказаних маршрутизаторах. Після встановлення LSP необхідно його ініціалізувати на моделі, для цього: Protocols/MPLS/Update LSP Details (рис. 3.15).

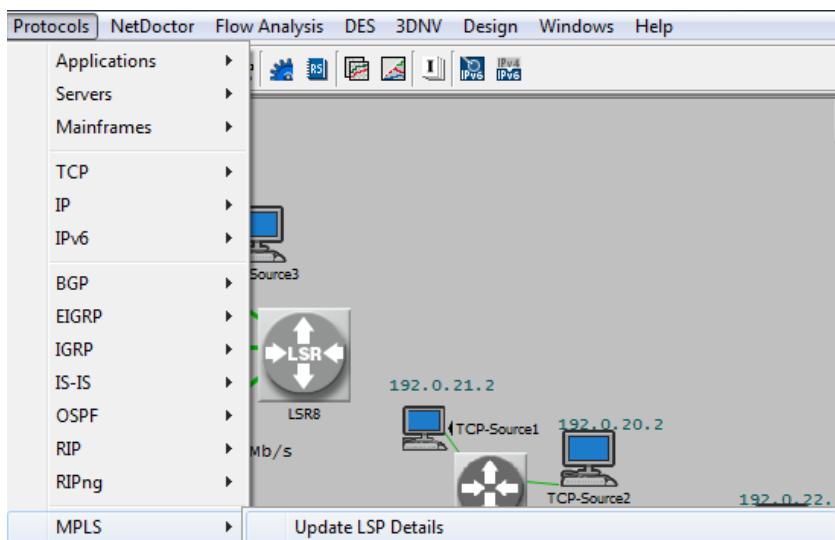


Рисунок 3.15 – Ініціалізація LSP на моделі

Контекстне меню шляху LSP дає можливість побачити, як він сконфігурований (рис. 3.16).

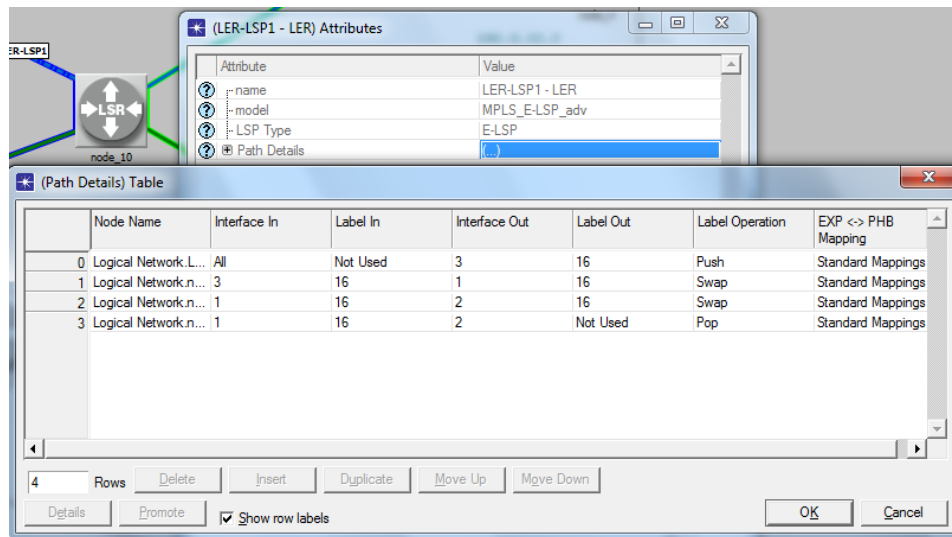


Рисунок 3.16 – Таблиця шляху LSP

Після визначення всіх LSP треба зв'язати їх з маршрутизаторами LER (для того, щоб граничний LER мав можливість побудувати весь шлях). Атрибут Traffic Mapping Configuration (конфігурація відображення трафіку) у контекстному меню маршрутизатора LER визначає прив'язки між FEC і LSP. Кожен рядок таблиці конфігурації встановлення трафіку визначає конкретну прив'язку трафіку TE, яка вказує FEC, трафік і LSP, що застосовується до мітки у вхідних пакетах. У списках атрибутів, що розкриваються, відображаються тільки раніше визначені значення. Якщо в списках атрибутів, які розкриваються, немає значень, треба переконатися, що визначені FEC і сполучні лінії трафіку в об'єкті конфігурації MPLS, а також що LSP відображається в браузері мережного шляху.

Коли немічений пакет надходить на вхід LER щоб визначити правильну мітку для пакета виконується наступна послідовність: зв'язування TE вибирається на основі пакету FEC і входить до інтерфейсу; пакет перевіряється, щоб переконатися, що його характеристики трафіку відповідають параметрам, зазначеним для трафіку прив'язки TE; пакет позначений і відправлений через основний LSP, який вказаний для прив'язки TE. У меню Primary LSP Table можна балансувати навантаження на шляхи LSP у відсотковому відношенні, змінюючи вагу кожного шляху (рис. 3.17).

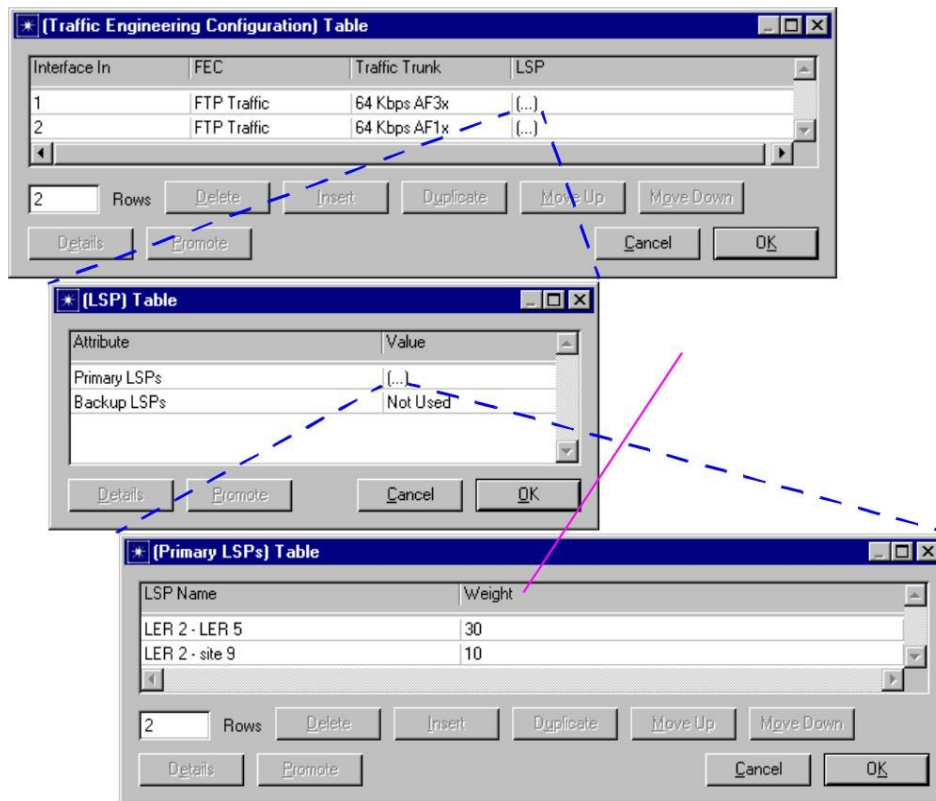


Рисунок 3.17 – Конфігурація відображення трафіку

У системі OPNET Modeler трафік призначається за допомогою об'єктів з палітри, а саме: Profile Definition та Application Definition. Налаштування відбувається шляхом призначення: Application Definition/Edit Attributes/Application Definitions/Number of Rows – 1. Наступним кроком проведено налаштування компоненту Profile Defenition; для цього у Profile Configuration/Number of Rows – 1 Profile Name призначено ім'я Applications Video (обрано із запропонованих профілей, що створювались у Profile Definition).

Далі призначено тип трафіку, що генерується робочими станціями мережі; для цього скористалися контекстним меню робочої станції, попередньо виділивши станції, яким необхідно призначити трафік, за допомогою Select Similar Nodes. При використанні Edit Attributes/Applications/Application:Supported Profiles обрано раніше створений у Profile Configuration профіль. Після цього кожна з робочих станцій, що була налаштована, має генерувати вказаний тип трафіку.

Крім того, додано сервер до мережі та налаштовано збір статистики. Для додавання сервера треба на палітрі об'єктів обрано Servers і фірму виробника. Обраний сервер кабелем з'єднуємо з маршрутизатором на станції Kyiv. Далі йде етап налаштування вибору

статистики, яка знімалася на сервері в процесі роботи імітаційної моделі. У контекстному меню сервера обираємо Choose Individual DES Statistics та необхідні пункти, згідно яким відбувався збір статистики (рис. 3.18).

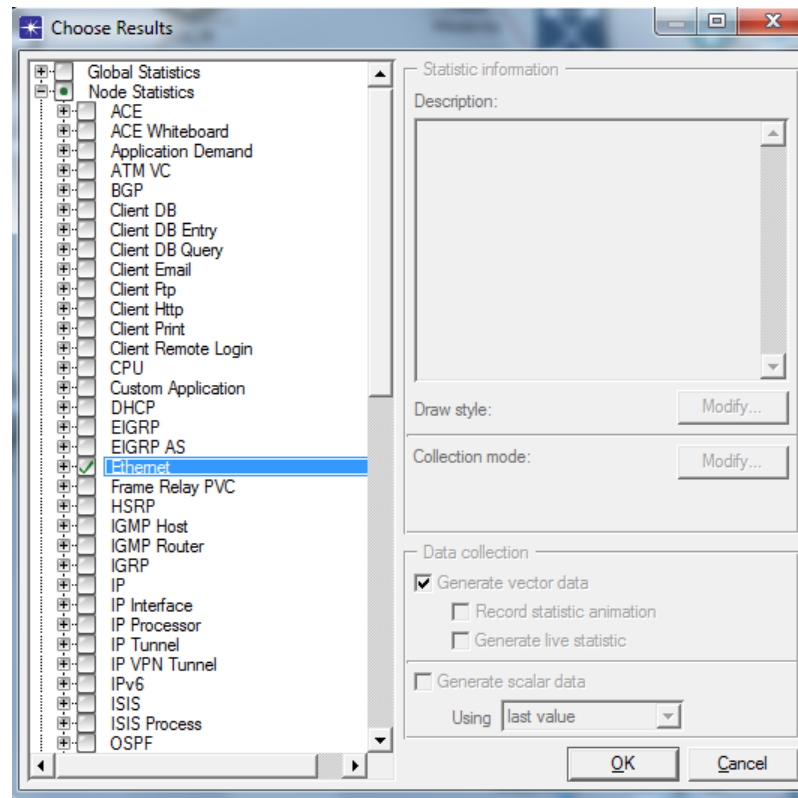


Рисунок 3.18 – Налаштування збору статистики на сервері

За допомогою «RUN» на панелі інструментів перейдено до вікна конфігурування параметрів симуляції, обрано необхідне налаштування. Для порівняння роботи мережі обрані характеристики: затримка tcp трафіку на сервері (Дніпровська підмережа, server_tcp), середня затримка сегменту, середній час знаходження пакету у черзі, середня кількість ретрансляцій, середнє навантаження на маршрутизатор (Дніпровська підмережа, dnerp_ler). Тривалість симуляції для кожного сценарію – 10 хвилин.

За допомогою контекстного меню перейдено до вікна «View Results» та зняти отримані результати після моделювання.

3.3. Організація досліджень на створених імітаційних моделях мережі

На імітаційних моделях комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці досліджено наступні характеристики: навантаження сервера, час обробки пакетів, час

очікування пакету в черзі, втрати пакетів відповідно до зміни типу трафіку. Протокол маршрутизації – OSPF, час проведення експерименту – 12 хвилин, трафік задавався з усіх робочих станцій на центральний сервер, що розташований в Дніпрі. Результати моделювання зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Дослідження мережних характеристик

Мережні характеристики			Навантаження сервера, кб/с	Час обробки пакетів, мкс	Час очікування пакету в черзі, мкс	Втрати пакетів, пакет
від 3 до 12 хв.	IP	FTP	50.921	0.04	60.49	7.08
		Database	1753.63	0.05	118.47	150.68
		HTTP	79,174	0,04	61,12	13,42
	MPLS	FTP	45.14	22.85	64.61	6.23
		Database	1636.89	20.13	118.54	140.55
		HTTP	80,84	20,84	61,96	13,51
	MPLS-TE	FTP	41.06	21.47	63.47	6.24
		Database	1757.44	20.11	118.45	151.02
		HTTP	81,673	20,83	61,88	13,68

На рис. 3.19 – 3.24 представлені результати досліджень, що отримані в системі OPNET (умовні позначення: Fast Ethernet – зелений колір, MPLS – синій колір, MPLS-TE – червоний колір). На рис. 3.19 – 3.20 показано навантаження сервера мережі за технологіями Fast Ethernet, MPLS і MPLS-TE, що отриманий на відповідних імітаційних моделях. Навантаження сервера з використанням технології Fast Ethernet у середньому на 11 % більше ніж за технологією MPLS та на 19 % за MPLS-TE.

На рис. 3.21 – 3.22 показано втрати пакетів на маршрутизаторі (Дніпро) комп'ютерних мережі Придніпровської залізниці з використанням технологій Fast Ethernet, MPLS і MPLS-TE, що отримані на відповідних імітаційних моделях. Втрати

пакетів з використанням технології Fast Ethernet у середньому на 12 % більші ніж за MPLS та MPLS-TE.

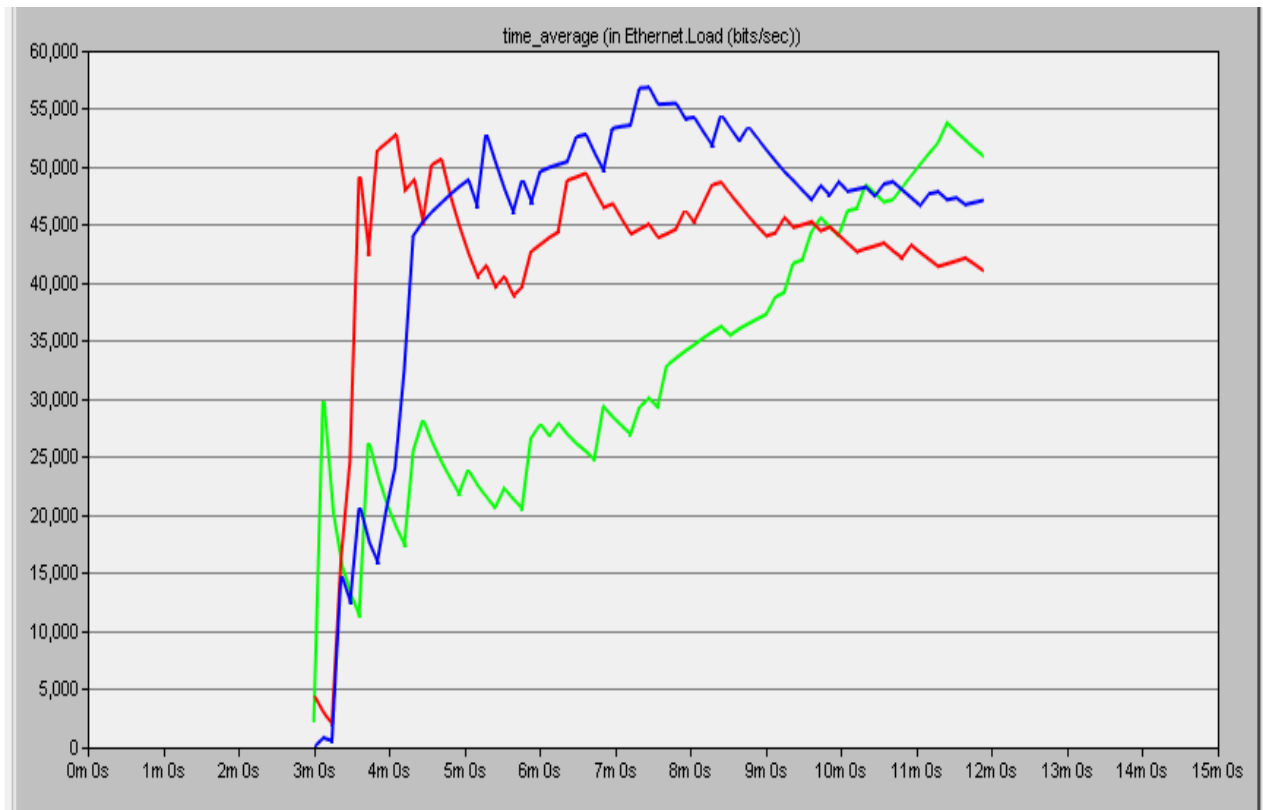


Рисунок 3.19 – Навантаження сервера при FTP-трафіку

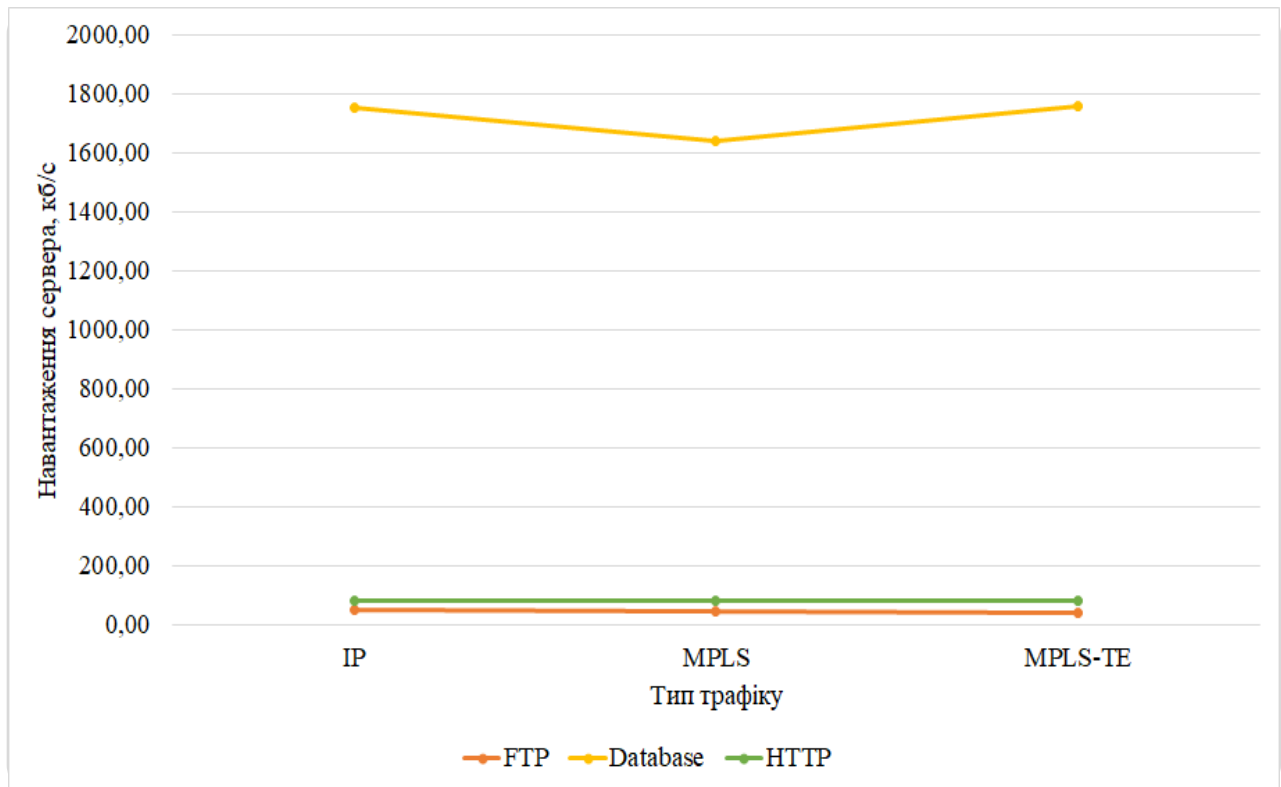


Рисунок 3.20 – Навантаження сервера відповідно до технології маршрутизації

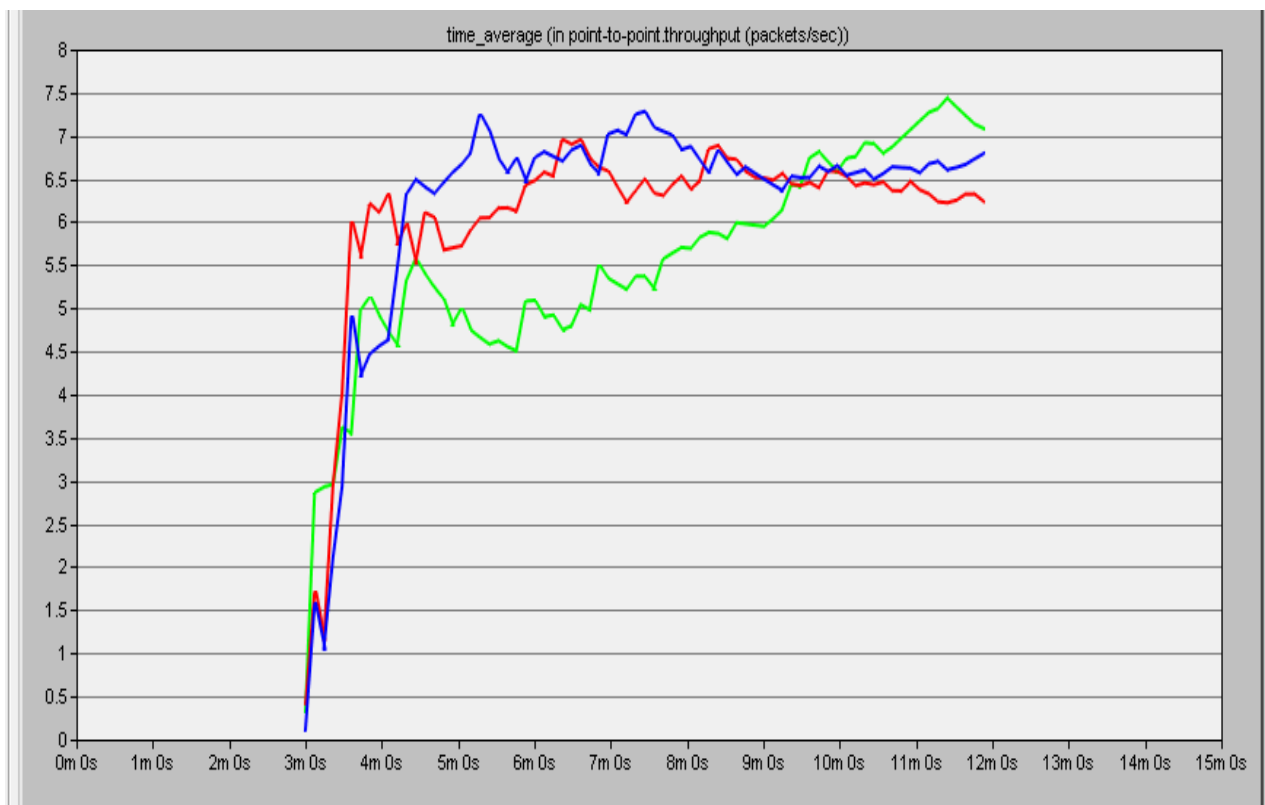


Рисунок 3.21 – Втрати пакетів на маршрутизаторі в Дніпрі

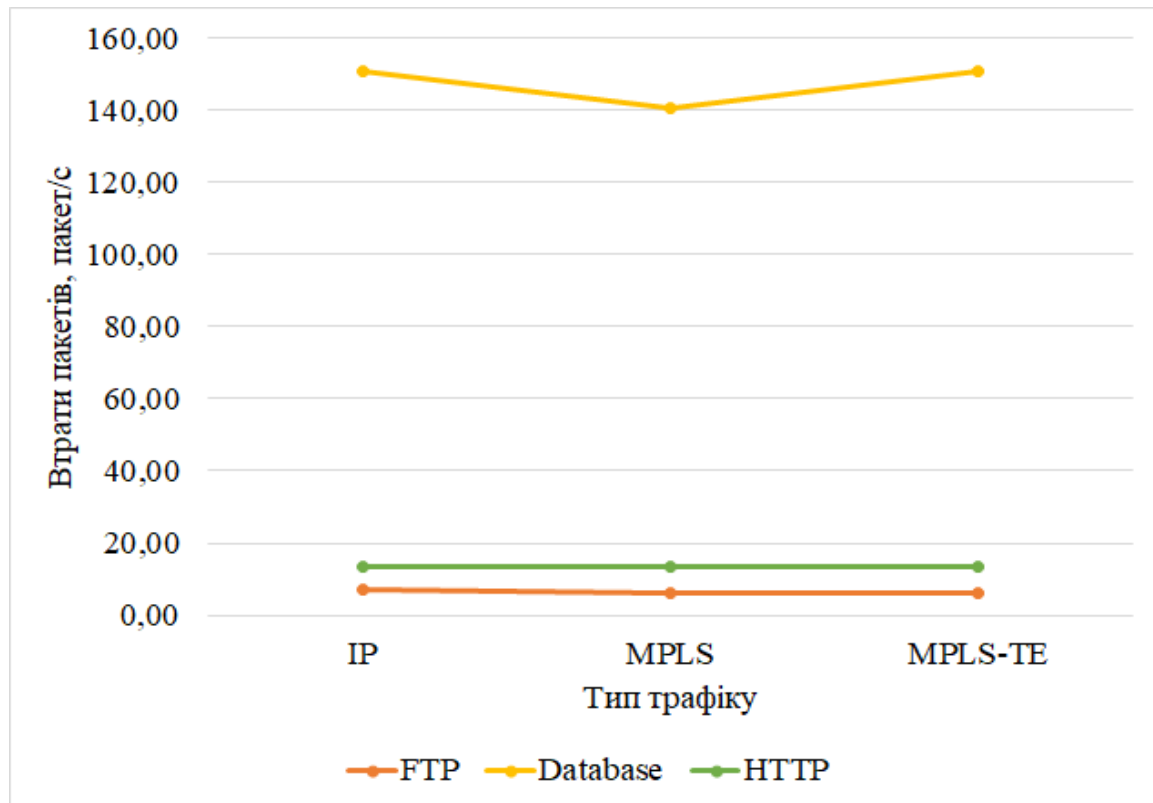


Рисунок 3.22 – Втрати пакетів на маршрутизаторі за технологіями маршрутизації

На рис. 3.23 – 3.24 показано час очікування пакета в черзі на маршрутизаторі, що розташований в Дніпрі, за технологіями Fast Ethernet, MPLS і MPLS-TE, які отримані на відповідних імітаційних моделях. Час очікування пакету в черзі за технологією Fast Ethernet у середньому на 7 % менший ніж за MPLS та на 5 % за MPLS-TE.

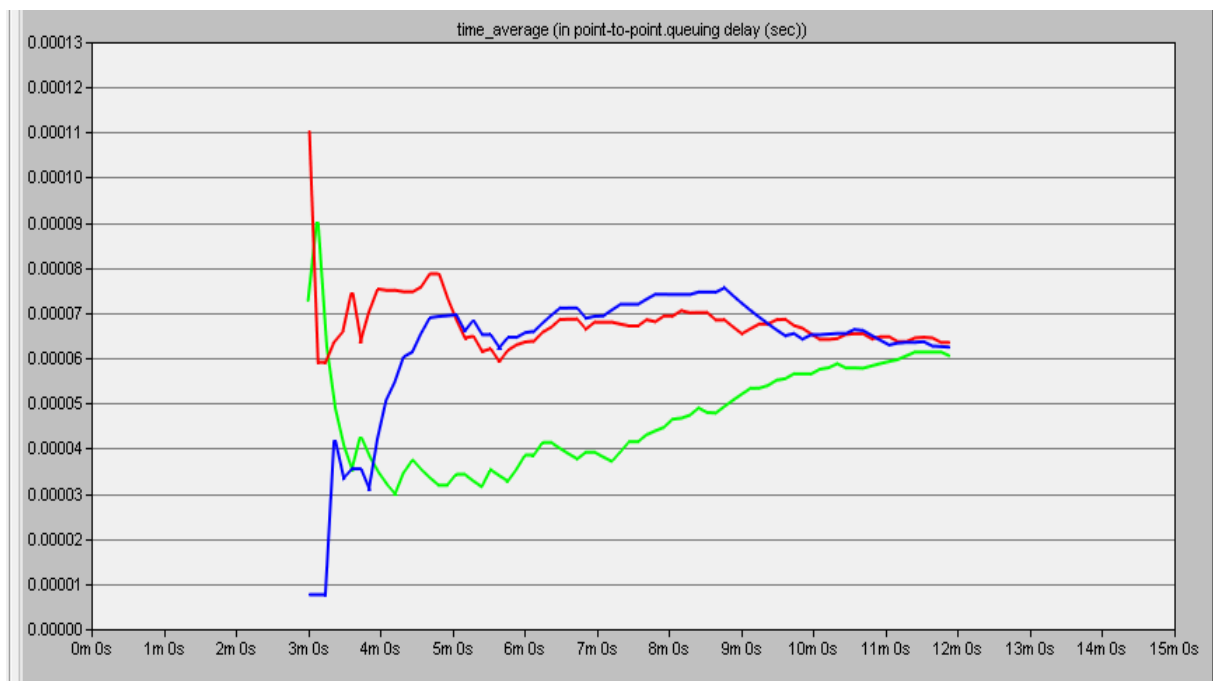


Рисунок 3.23 – Час очікування пакету в черзі на маршрутизаторі в Дніпрі

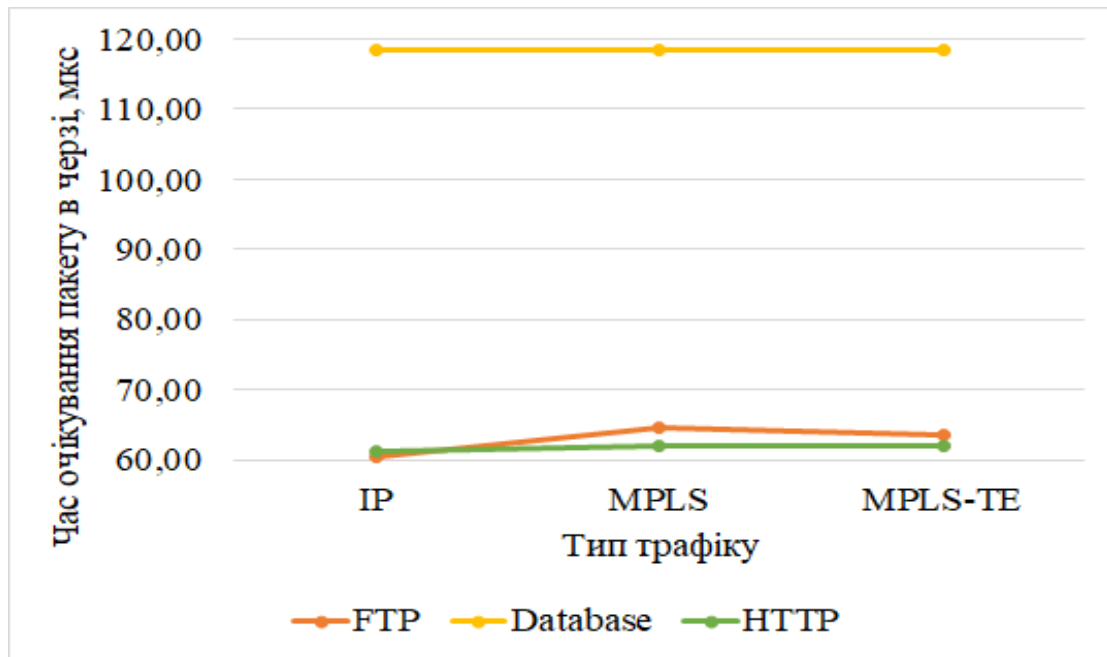


Рисунок 3.24 – Час очікування пакету в черзі за технологією маршрутизації

3.4 Використання створеної імітаційної моделі мережі в навчальному процесі

По створенню в системі OPNET імітаційної моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці за технологією MPLS записаний відеоролик та закладений в систему «Лідер» для використання в навчальному процесі з дисципліни «Теорія проектування комп'ютерних мереж» (ТПКМ), що викладається для здобувачів ступеню «магістр» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека».

3.5 Основні висновки

1. У системі OPNET створені імітаційні моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці за технологіями Fast Ethernet та MPLS, на яких проведено дослідження наступних характеристик: навантаження сервера, часу обробки пакетів, часу очікування пакету в черзі, кількості втрат пакетів відповідно до зміни типу трафіку (FTP, Database та HTTP). Так, наприклад, втрати пакетів на маршрутизаторі за технологією Fast Ethernet у середньому на 12 % більші ніж за MPLS та MPLS-TE, а час очікування пакета в

черзі на маршрутизаторі за технологією Fast Ethernet у середньому на 7 % менший ніж за MPLS та на 5 % за MPLS-TE.

2. По створенню в системі OPNET імітаційної моделі комп'ютерної мережі за технологією MPLS записаний відеоролик та закладений в систему «Лідер» для використання в навчальному процесі з дисципліни «Теорія проектування комп'ютерних мереж», що викладається для здобувачів ступеню «магістр» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека».

4 СТВОРЕННЯ В МАТЛАВ НЕЙРОННИХ МОДЕЛЕЙ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НА НИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Створення самоорганізованої карти Кохонена для кластеризації трафіку

Самоорганізаційна карта Кохонена працює на принципі навчання без вчителя, що робить її використання значно потужнішим, тому що не потребує формування вибірки результатів. Структура самоорганізаційної карти Кохонена представлена на рис. 4.1.

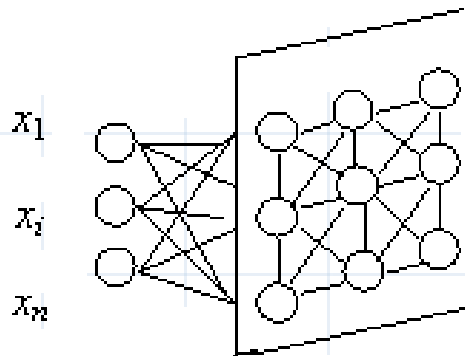


Рисунок 4.1 – Структура самоорганізаційної карти Кохонена

З рисунку видно, що структура самоорганізаційної карти Кохонена складається з двох шарів. Перший шар приймає на вхід x_n елементів, де $n = 10$. Структура вектору \bar{X} наступна: x_1 – клас обслуговування (CoS0, CoS1, CoS2) відповідно до параметру QoS; x_2 – станція-відправник (станція i); x_3 – станція-отримувач (станція j); x_4, x_5, x_6, x_7 – початкові значення завантаженості l -го тунелю, де $l = \overline{0,3}$; x_8, x_9, x_{10} – середні значення швидкостей потоків (Мбіт/с). У якості параметру QoS взятий максимальний час передачі пакета (Maximum Packet Transfer Delay, maxPTD) від 50 до 100 мс.

Загальну кількість нейронів у карті Кохонена можливо розрахувати за формулою:

$$M = a \times b$$

де a – висота карти Кохонена, b – ширина карти Кохонена.

Кількість нейронів карти Кохонена дорівнює

$$M = 4 \times 4 = 16$$

Центр вихідного кластера визначається за формулою:

$$d_{pk} = \sum_{i=0}^n (x_{pi} - x_{ki})^2,$$

де d_{pk} – квадрат довжини між сусідніми точками на карті, x_{pi} – перша точка на карті, x_{ki} – центральна точка на карті.

Розрахунок ваги зв'язків виконується за наступною формулою:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta(t) \times (x_i - w_{ij}(t))$$

На виході карти отримуємо вектори приналежності характеристик потоків до певного кластеру.

Для навчання SOM використана вибірка, що генерується випадковим чином та містить у собі 6400 прикладів відповідно до структури MPLS-домену (див. рис. 2.2 в розділі 2). Фрагмент навчальної вибірки представлено на рис. В.1 (у додатку В). Для навчання карти Кохонена дані зведені до таблиці у числовому форматі (рис. 4.1).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	2	0.1600	0.0400	0.0700	10.2500	11.7800	8.3200	10.1300
0	1	2	0.1300	0.0900	0.0900	8.1200	9.9000	8.1200	9.6800
0	1	2	0.1900	0.1400	0.0600	10.3300	8.9500	9.4700	9.4200
0	1	2	0.1500	0.0600	0.0900	10.8300	9.4200	9.2000	8.9300
0	1	2	0.0600	0.1100	0.0700	10.0200	8.6800	11.6600	10.6700
0	1	2	0.1300	0.1400	0.1500	10.5400	9.7100	10.2600	9.8100
0	1	2	0.0500	0.1500	0.1400	10.8300	9.2600	9.9900	11.1600
0	1	2	0.1100	0.1400	0.0600	8.1800	11.5500	8.4200	11.7300
0	1	2	0.1700	0.0500	0.1800	8.3000	9.8000	10.4300	11.5900

Рисунок 4.1 – Фрагмент навчальної вибірки

Після формування вибірки переходимо до створення SOM в системі MatLAB. Навчальну вибірку представлено у вигляді масиву даних та імпортовано до системи Matlab (рис. 4.2). Для візуалізації розподілення трафіків по кластерам даних користуємося утилітою Neural Network Toolbox. Переходимо до утиліти, як зображено на рис. 4.3.

Name	Value
dataset3	6400x10 double
net	1x1 network
net1	1x1 network
results	1x1 struct

Рисунок 4.2 – Дані вибірки у робочому пространстві MatLAB

Рисунок 4.3 – Вигляд утиліти Neural Clustering

Завантажуємо вибірку прикладів до утиліти та переходимо до завдання параметрів самоорганізованої карти Кохонена (рис. 4.4).

Рисунок 4.4 – Завдання параметрів SOM

Задаємо розмір – 4. Це виконується для більш простої інтерпретації результатів, але дає менш точний розподіл. У випадку використання SOM у реальних умовах пропонується обирати розмір мережі 10 та більше.

Наступним етапом потрібно почати навчання SOM та розподіл прикладів за кластерами (рис. 4.5).

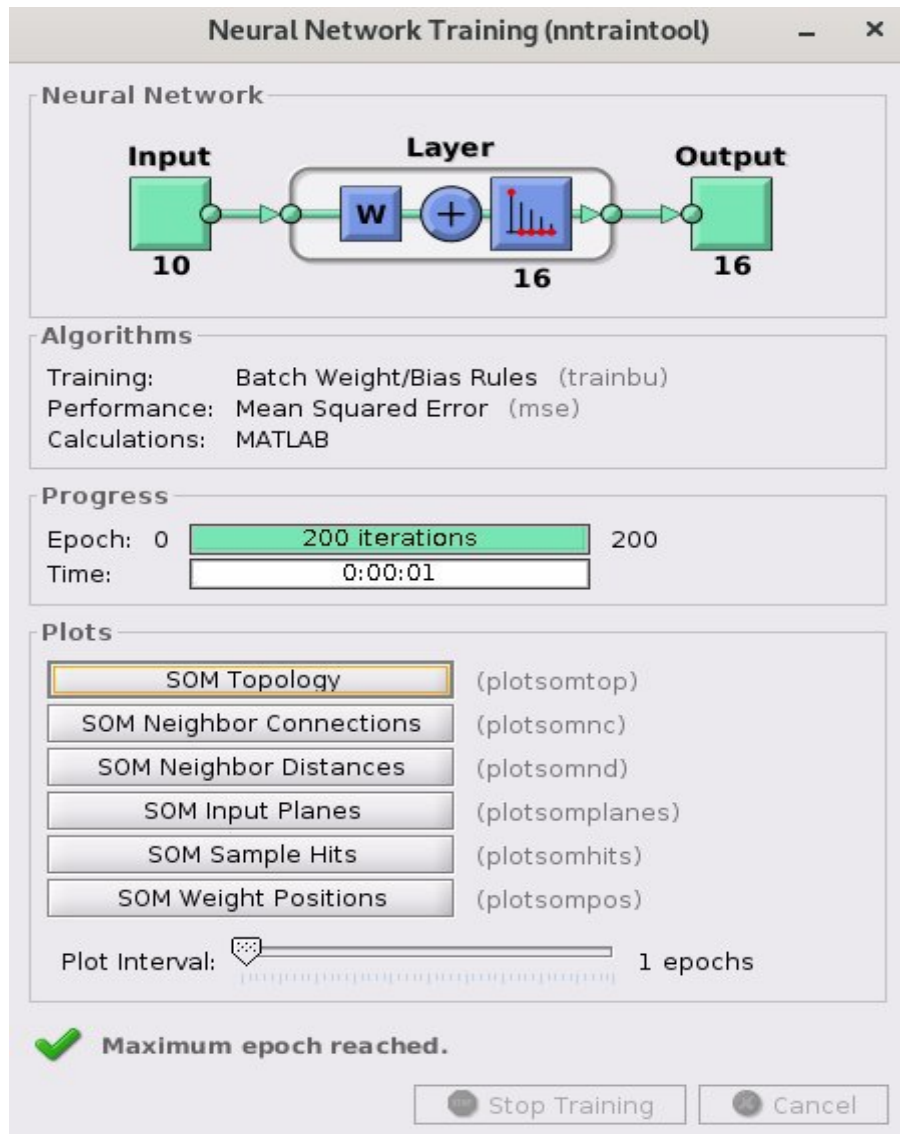


Рисунок 4.5 – Тренування SOM

Після завершення результатів видно, що тренування проводилося на протязі 200 епох, та виконано за достатньо низький проміжок часу. Це зв'язано із достатньо невеликою вибіркою даних та розміром НМ. У результаті роботи отримані візуалізовані результати, які зображені на рис. 4.6.

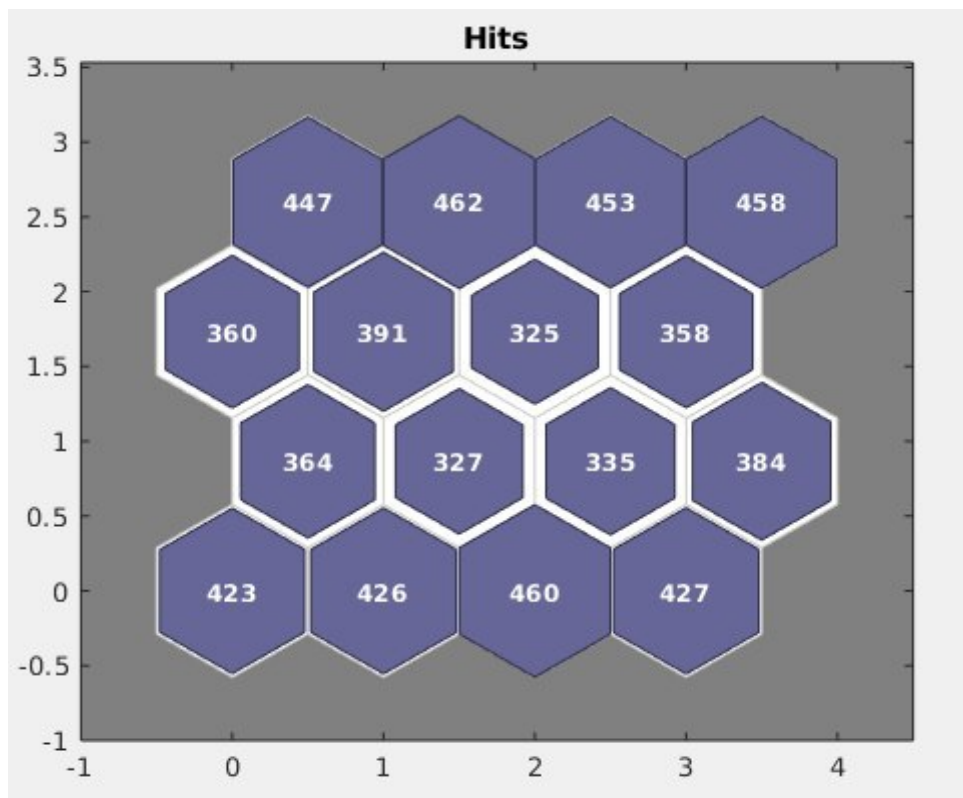


Рисунок 4.6 – Матриця кластерів

На рис. 4.6 показано, що потоки даних, які були занесені до карти Кохонена розподілені у 16 різних кластерах. Цифри, які зображені у шестикутниках, показують скільки векторів знаходиться у кожному кластері. Числове значення результатів представляється у вигляді матриці даних, де кожен вхідний вектор поставлено у відповідність до кластера, до якого він відноситься (рис. 4.7). Рядок, в якому виставлена 1, означає відповідність цього вводу до певного кластеру.

23	24	25	26	27	28
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Рисунок 4.7 – Матриця результату

4.2 Створення багатошарового персептрону для визначення тунелю в MPLS

У дипломній магістерській роботі пропонується використання MLP, структура якого показана на рис. 4.8 та пов'язана із структурою домену мережі MPLS (див. рис. 2.2 у розділі 2).

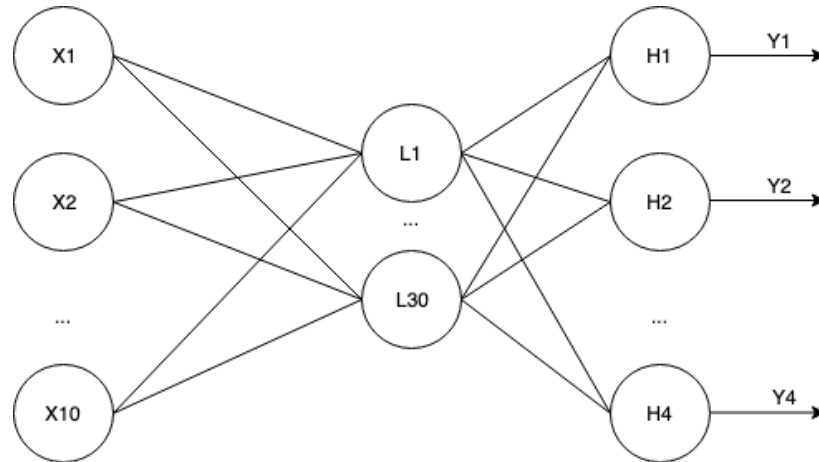


Рисунок 4.8 – Структура MPL

З рисунку видно, що структура НМ наступна: перший шар, що складається із 10 нейронів; прихований шар з 30 нейронами; результуючий шар, що складається із 4 нейронів. Іншими словами, отримана НМ конфігурації 10-1-30-4, де 10 – кількість початкових нейронів, 1 – кількість прихованих шарів, 30 – кількість прихованих нейронів, 4 – кількість результуючих нейронів. Структура вектору \bar{X} наступна: X_1 – клас обслуговування (CoS0, CoS1, CoS2) відповідно до параметру QoS; X_2 – станція-відправник (станція i); X_3 – станція-отримувач (станція j); X_4, X_5, X_6, X_7 – початкові значення завантаженості l -го тунелю, де $l = \overline{0,3}$; X_8, X_9, X_{10} – середні значення швидкостей потоків (Мбіт/с). Результуючий вектор \bar{H} демонструє розподіл потоків зі станції i до станції j (із заданим класом обслуговування) за тунелями домену мережі MPLS. Фрагмент навчальної вибірки представлено на рис. В.1 (у додатку В).

Для пошуку оптимального результуючого значення використовувався алгоритм зворотнього розповсюдження помилки. Пошук значення помилки виконувався за допомогою мінімізації цільової помилки MLP за наступною формулою:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum (y_j^{(n)} - d_{jp})^2$$

де y_{jp} - реальний стан нейрона НМ при подачі на її входи p -образу;

d_{jp} - бажаний стан нейрона.

Для створення НМ конфігурації 10-1-30-4 в системі Matlab використано утиліту Neural Network Toolbox (рис. 4.8). НМ приймає на вхід дані про канали домену MPLS та потоки трафіку, а у якості результуючих нейронів індекси тунелів, за якими потрібно відправити потоки трафіку.

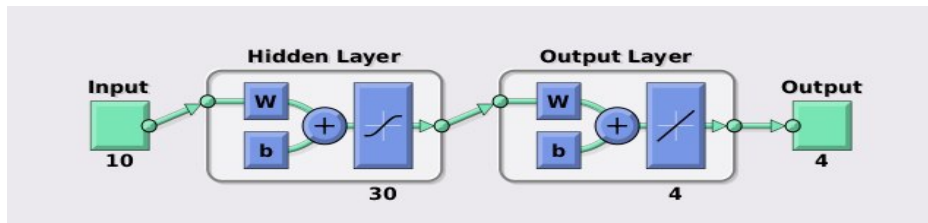


Рисунок 4.8 – Структура НМ конфігурації 10-1-30-4 , що створена в системі Matlab

Результат навчання MLP за методом Levenberg-Marquardt показано на рис. 4.9.

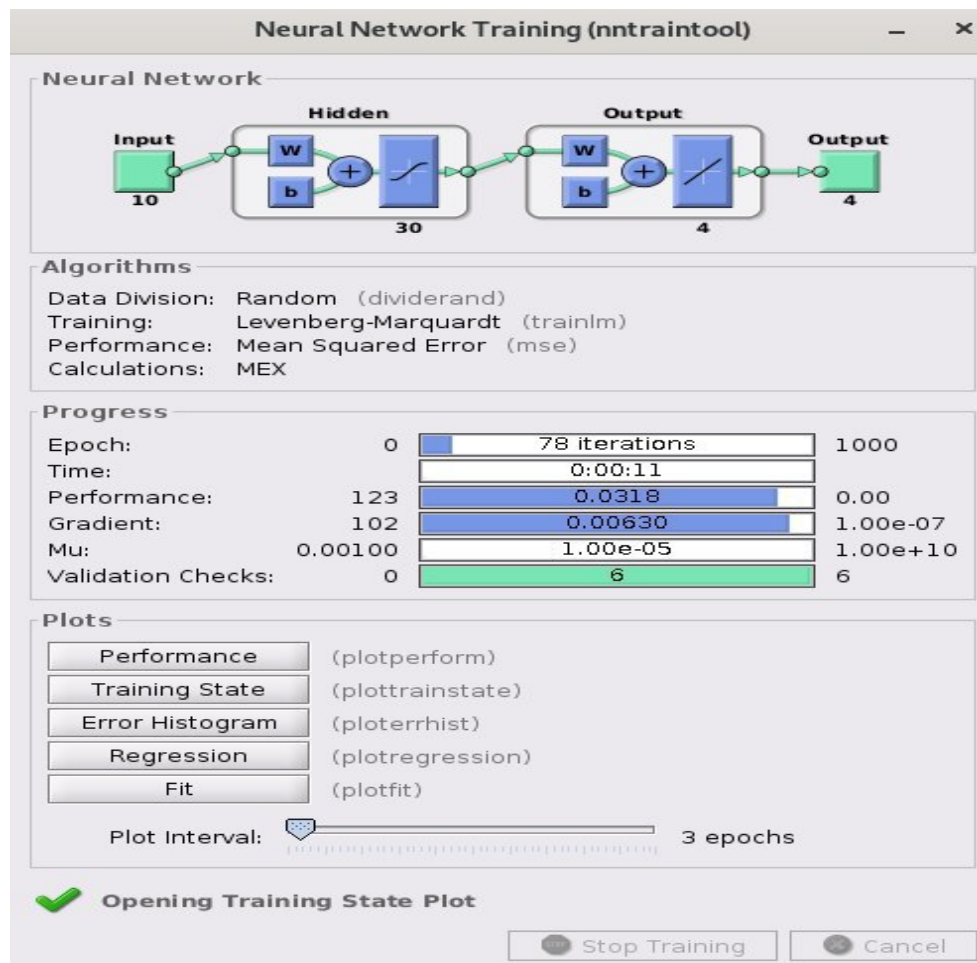


Рисунок 4.9 – Результат навчання MLP за алгоритмом Levenberg-Marquardt

З рисунку видно, що для навчання MLP використано 78 епох, але найкраще значення $MSE=0,04354$ досягається на 72 епохі (рис. 4.10).

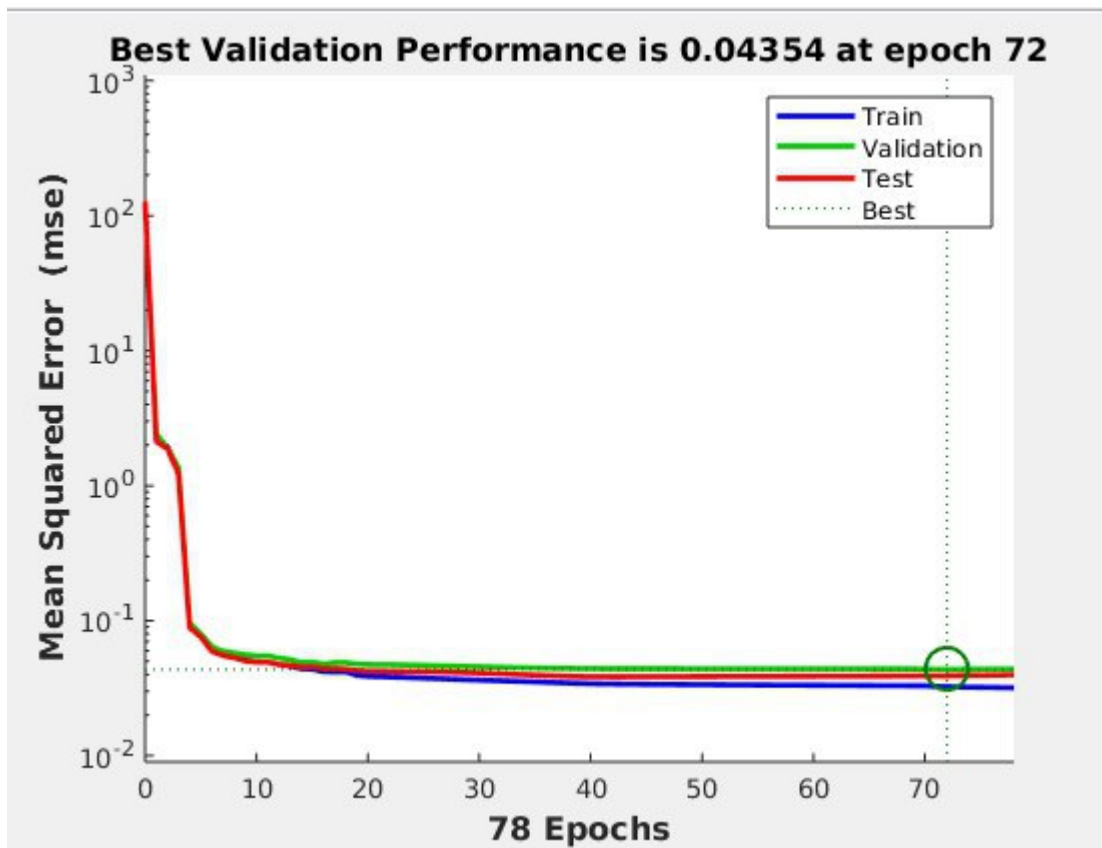


Рисунок 4.10 – MSE, що отримано на MLP

4.3 Дослідження середньоквадратичної помилки нейронної мережі за кількістю прихованих нейронів

На створеній MLP за алгоритмом Levenberg-Marquardt проведено дослідження середньоквадратичної помилки (рис. 4.11, 4.13 та 4.15) і значення регресії (рис. 4.12, 4.14 та 4.16) від кількості прихованих нейронів (10, 20 та 30) відповідно. У результаті досліджень виявлено, що при збільшенні числа нейронів у прихованому шарі збільшується точність відповіді. Оптимальним варіантом MLP є НМ конфігурації 10-1-30-4, значення регресії склало приблизно 0.97, 0.9 та 0.89 на навчальній, тесту вальній та контрольній вибірках відповідно.

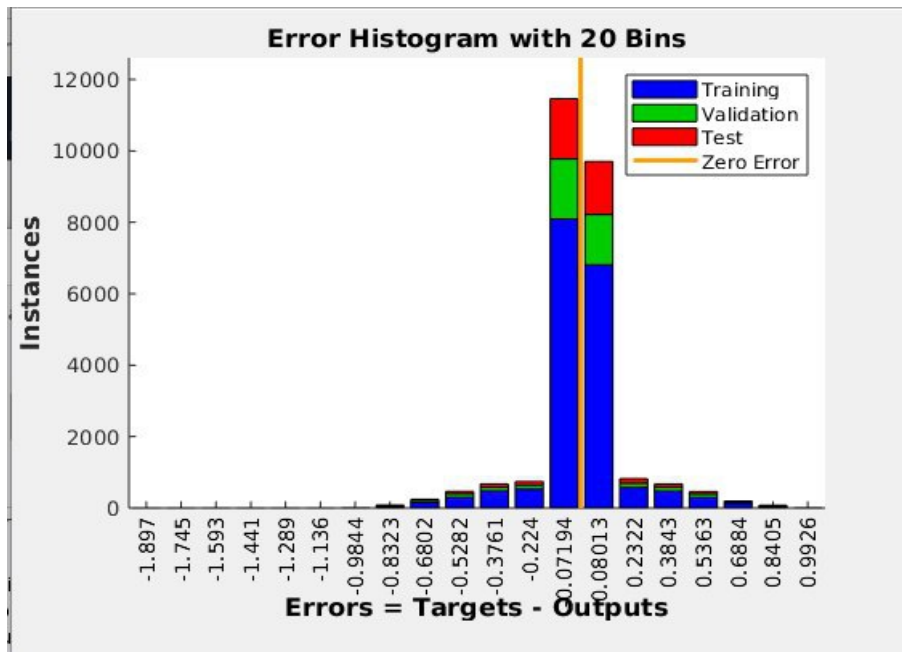


Рисунок 4.11 – Результат НМ конфігурації 10-1-10-4

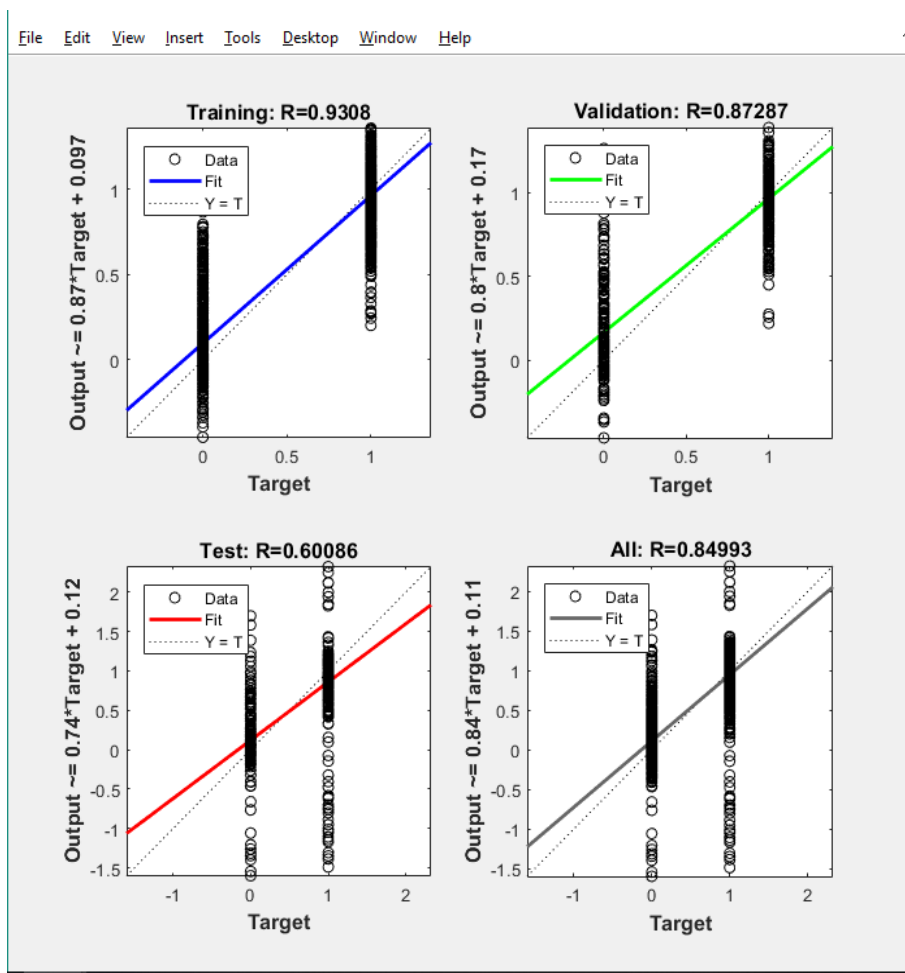


Рисунок 4.12 – Значення регресії, що отримано на НМ конфігурації 10-1-10-4

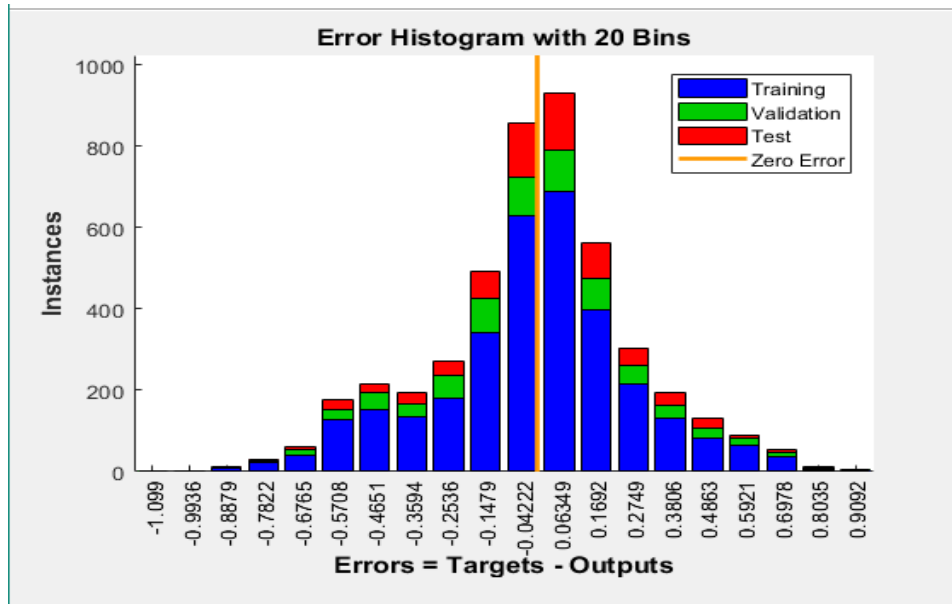


Рисунок 4.13 – Результат НМ конфігурації 10-1-20-4

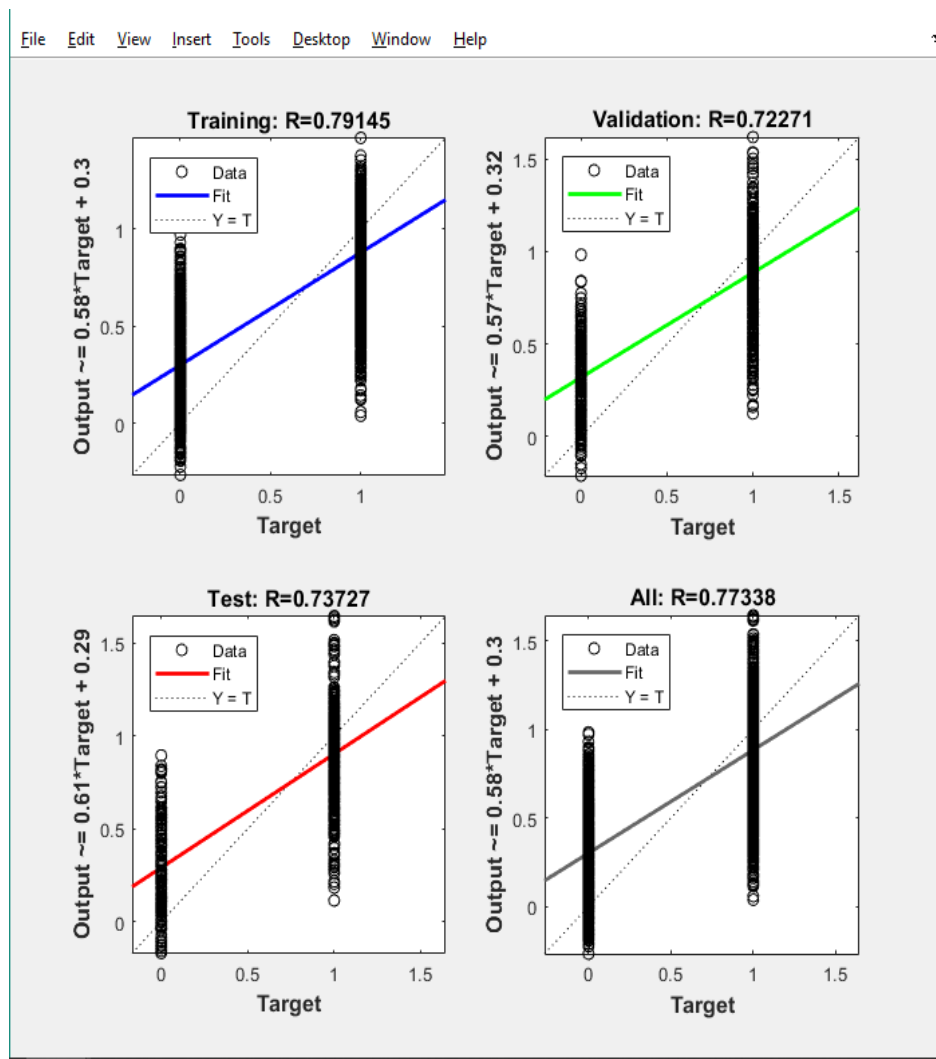


Рисунок 4.14 – Значення регресії, що отримано на НМ конфігурації 10-1-20-4

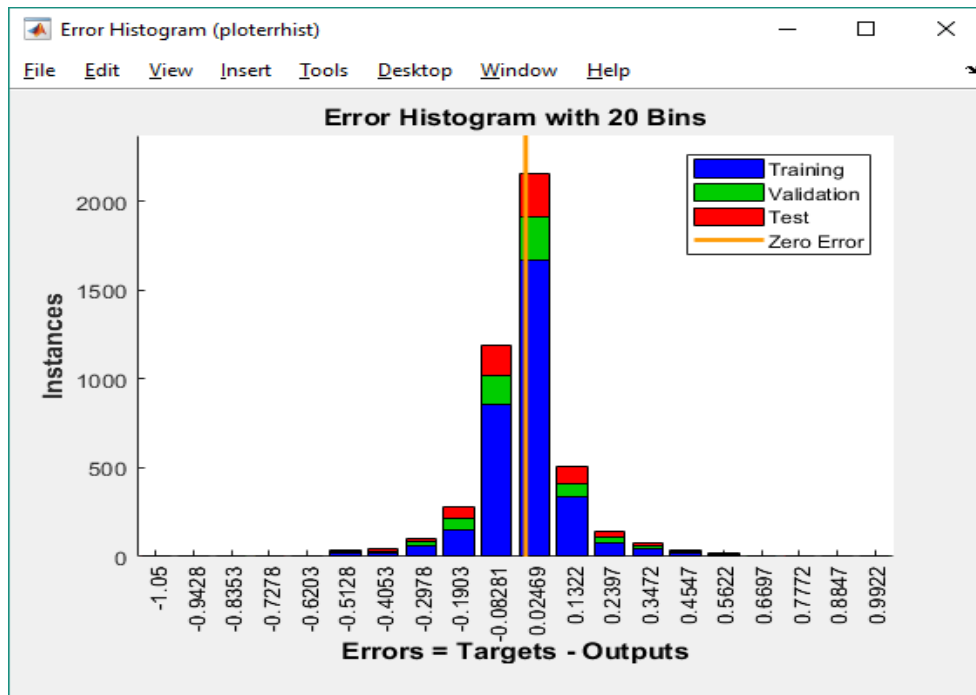


Рисунок 4.15 – Результат НМ конфігурації 10-1-30-4

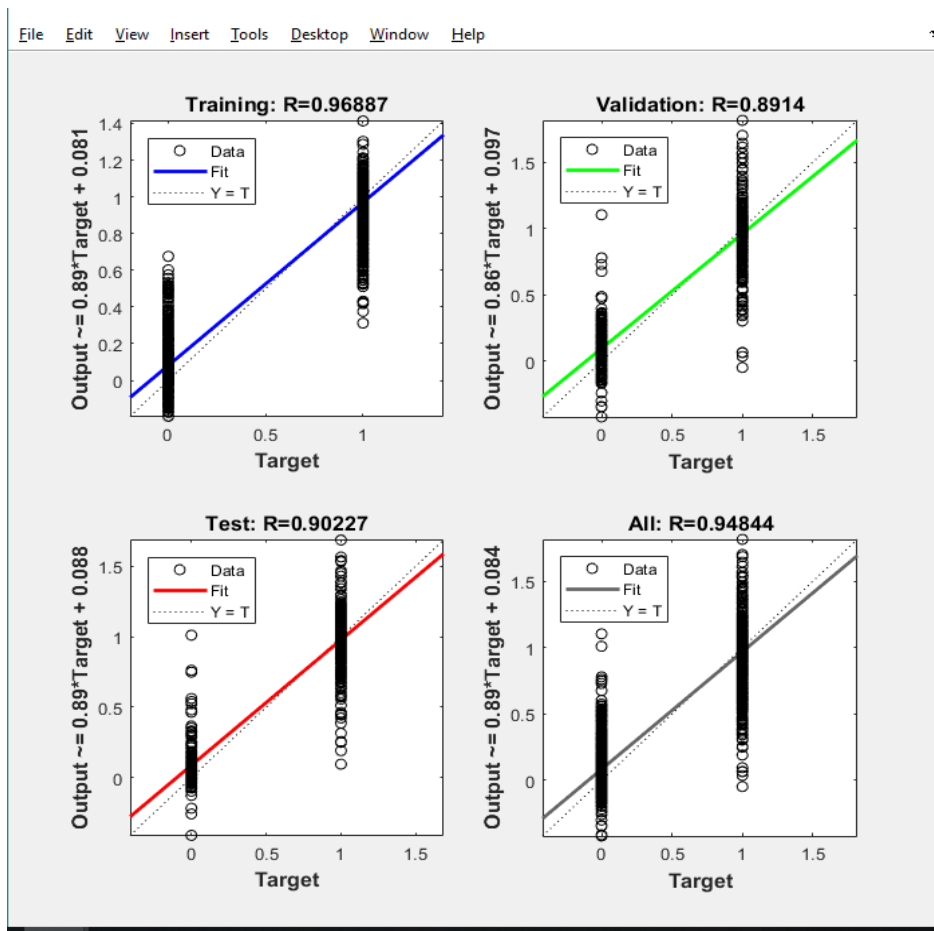


Рисунок 4.16 – Значення регресії, що отримано на НМ конфігурації 10-1-30-4

4.4 Основні висновки

1. Для організації маршрутизації трафіку в комп'ютерній мережі Придніпровської залізниці створені в MatLAB наступні нейронні мережі: SOM конфігурації 4*4 для кластеризації та MLP конфігурації 10-1-X-4 для визначення тунелю MPLS.

2. SOM конфігурації 4*4 дозволяє розподілити потоки трафіку за умови максимального часу передачі пакета (параметра QoS) за 16-ю кластерами. Для навчання SOM використана вибірка, що генерується випадковим чином та містить у собі 6400 прикладів, навчання проводилося на протязі 200 епох.

3. На MLP конфігурації 10-1-X-4 проведені дослідження значень MSE та R за кількістю прихованих нейронів. Оптимальним варіантом є MLP конфігурації 10-1-30-4, що навчається за алгоритмом Levenberg-Marquardt, та надає середньоквадратичну помилку в 0,04 на 72 епохі.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Питання охорони праці при роботі в комп'ютерних мережах

Безпечних умов праці не буває. Виробничі середовища характеризуються наявністю певних небезпечних для здоров'я людини чинників.

У зв'язку із бурхливим розвитком ІТ-технологій різко зросла кількість областей і сфер діяльності людини, де потрібно працювати із інформаційними технологіями. Професії пов'язані із ІТ-технологіями обумовлені багатьма виробничими факторами захворювання. Найбільшого ризику зазнають органи зору, скелетно-м'язова система, репродуктивна функція, ЦНС. Крім того, на користувачів комп'ютерів впливає цілий комплекс факторів малої інтенсивності, наслідки яких проявляються не одразу.

Метою охорони праці є аналіз умов праці з метою аналізу появ небезпечних факторів, виділення шкідливих виробничих речовин. На основі такого аналізу визначаються небезпечні ділянки виробництва, можливі аварійні ситуації і розробляються та постійно вдосконалюються заходи щодо їх усунення або обмеження наслідків.

Розробка програмної моделі розподілення потоків трафіку в мережі MPLS проводиться за допомогою комп'ютера. Наступна робота із розробленою системою також повинна проводитися за комп'ютером та з використанням мережевого обладнання. Під час подібної роботи на людину будуть впливати небезпечні фактори.

При роботі з персональним комп'ютером може проявитися ряд шкідливих факторів, до числа яких належать:

- напруга зорових органів і пов'язана з нею втома та побічні ефекти;
- значне навантаження на пальці та кисті рук;
- довге перебування в одному і тому самому положенні, що викликає застійні явища в організмі;
- нервово-емоційне напруження при роботі на ПК;
- випромінювання різного виду при використанні відео моніторів на електронно-променевих трубках;
- механічні шуми, які виникають при роботі електромеханічного принтера та вентиляторів.

А також небезпечні фактори:

- враження людини електричним струмом;
- можливість виникнення пожежі.

Додатковим видом ризику є можливі серцево-судинні захворювання, можливість шкідливого випромінювання від ПК та мережевого обладнання.

Під час побудови комп'ютерної мережі, а саме фізичних прокладень мережевого кабелю є ризик фізичних пошкоджень через використання спеціальних ножів.

На підставі приведеного можна зробити висновок, що серед операторів ПК та працівників, що прокладають мережі можливий розвиток таких захворювань як хронічні неврози і психічні захворювання, гіпертонія, безсоння, розлади серцево-судинної системи, фізичні пошкодження і інші. Тому для цієї категорії працівників актуальною є проблема поліпшення умов праці, а також планування оздоровчих заходів.

Для запобігання шкідливого впливу на працівника та при експлуатації ПК потрібно дотримуватися наступних вимог:

1. Робоче місце для працюючих з відео терміналами необхідно необхідно розташувати таким чином, щоб до поля зору працюючого не потрапляли вікна, освітлювальні прилади, поверхні які мають властивість віддзеркалювання. Поверхня робочого столу не повинна бути полірованою. Для попередження відблисків на екрані відео моніторів, особливо влітку та у сонячні дні, екран відео монітора слід розміщувати так, щоб світло від вікна падало збоку, бажано зліва.

2. Екран відео монітору ПК повинен знаходитись від очей користувача (надалі оператора) на відстані не менше 500 – 700 мм. Кут зору в межах 10-40 градусів. Найбільш раціональним є розташування екрану перпендикулярно до лінії зору оператора.

3. ПК повинен розташовуватися на відстані не ближче 1 метра від джерела тепла.

4. Клавіатура повинна розміщуватися на поверхні столу або спеціальній підставці на відстані 100-300 мм від краю, повернутого до користувача. Кут нахилу панелі клавіатури до горизонтальної поверхні повинен бути в межах від 5 до 15 градусів.

5. Висота робочої поверхні стола повинна бути в межах 680-800 мм.

6. Крісло повинно забезпечувати операторові зручні умови праці та фізіологічну раціональну робочу позу в процесі праці. Крісло повинно забезпечувати можливість регулювання висоти поверхні сидіння, кут нахилу спинки та висоту спинки.

7. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють відблиски на екрані відео монітора на вікнах повинні бути встановлені сонцезахисні пристрої. Екран відео монітора повинен розміщуватись так, щоб світло від вікна падало на робоче місце збоку, бажано зліва.

8. Як джерело штучного освітлення в приміщеннях, де встановлено ПК, бажано використовувати люмінесцентні лампи. Можливе застосування ламп розжарювання в світильниках місцевого освітлення. Освітленість робочого місця у горизонтальній площині на висоті 0,8 м від рівня підлоги повинна бути не менш 400 лк. Вертикальна освітленість у площині екрану не більше 200 лк. Для зменшення напруженості зору необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості робочої поверхні відео монітора та навколишнього простору.

9. У приміщеннях для роботи ПК необхідно проводити щоденне вологе прибирання та регулярне провітрювання протягом робочого дня. Видалення пилу з екрану необхідно проводити не рідше 1 разу на день.

10. Для захисту оператора від електромагнітних випромінювань і електростатичних полів, які створює відео монітор необхідно використовувати захисні екрани.

11. Температура навколишнього середовища повинна бути в межах 18-22 градусів С, відносна вологість повітря близько 55 % швидкість руху повітря – 0,1-0,2 м сек.

12. Користувачам ПК слід носити одягу з природних матеріалів або комбінованих природних і штучних волокон.

5.2 Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях

ІТ-сфера розвивається, ускладняється, тому і ускладнюються атаки на ІТ-системи.

Кібер-атака - це цілий комплекс дій, який потребує гарної

підготовки: соціальна інженерія, сканування мережі та виявлення слабких місць. Як правило, атаки проводяться по замовленню конкурентів і найімовірніше це частина плану по дестабілізації мережі.

Існує декілька видів хакерських атак. Наведемо декілька основних прикладів із способами їх запобігання:

1. Віддалена атака

Основна мета атаки – заволодіння даними або зараження системи.

Способи боротьби: через різноманітність засобів віддалених атак способів захисту від них безліч. Біда в тому, що, з огляду на розмах технічних засобів, досить велика група хакерів завжди зможе знайти пролом у вашій системі, потрібну «відмичку» і, швидше за все, рано чи пізно зламати вашу мережу. Мабуть, єдине, що тут може реально допомогти - команда експертів з безпеки, яка буде охороняти доступ до ваших даних і мережі в режимі реального часу.

2. Атака з клієнтської сторони

Цей тип атаки побудований на взаємодії з користувачем мережі або комп'ютера, який хочуть зламати зловмисники. Хакери намагаються змусити користувача ввести свої дані на підробленому (фішинговому) сайті. У хід ідуть усі доступні способи: шкідливі посилання, документи, додатки і т.д. Навіть досвідчений користувач не завжди може відрізнити фішингових сайтів від оригінального - копії досить правдоподібні, а з огляду на ритм нашого життя помітити незначну помилку в адресі сайту дуже важко.

Методи боротьби: веб-проксі і фаєрволи практично марні, якщо ваші співробітники регулярно перевіряють корпоративну пошту, використовуючи публічні точки доступу, наприклад, в Старбакс. Все, на що ви можете сподіватися - пильність і здоровий глузд ваших колег. Постарайтеся навчити їх основам інтернет-безпеки, але пам'ятайте, що люди залишаються людьми і в основній своїй масі будуть продовжувати ігнорувати повідомлення антивіруса. Сьогодні хакери дуже терплячі і готові чекати місяцями, поки користувач своїми діями не відкриє їм доступ. Тому всі співробітники повинні знати про таку небезпеку і розуміти, яку відповідальність вони на

себе беруть. Корпоративні комп'ютери повинні використовуватися тільки для робочих потреб, а кількість ПО на них повинно бути зведене до мінімуму (і, звичайно, повинні використовуватися тільки авторизовані програми). Зменшення можливих точок злому (через браузері, поштові клієнти, додатки, медіа-плеєри) - відмінний метод для попередження хакерської атаки.

3. Метод грубої сили

Цей метод використовується хакерами, коли жодна з їхніх спроб отримати доступ до вашої мережі стандартними методами не увінчалася успіхом. Фактично, суть методу полягає в тому, щоб застосувати всі відомі способи проникнення разом, в надії, що один з них або вдала комбінація методів дозволить зламати вашу систему захисту. Більш того, часто використовується повний перебір значення полів (наприклад, адрес, паролів) до тих пір, поки не буде підібраний вірний варіант. Цей тип атаки найчастіше завдає багато шкоди вашій мережі та обладнання, проте його легко відстежити по великих масивів невідомих даних, що з'явилися в мережі, здається, з нічого.

Методи боротьби: з огляду на те, що цей тип атаки легко виявити, важливо це зробити до того, як в руки хакерів потраплять будь-які дані. Для захисту від онлайн-атак методом повного перебору значень часто використовуються такі методи: обмежена кількість спроб введення пароля, затримка між спробами введення, спеціальні питання для відновлення пароля, використання CAPTCHA або верифікації по СМС, блокування облікового запису після кількох невдалих спроб входу і ін. Постарайтеся також заборонити використання занадто простих паролів і варіацій вже використаних паролів.

4. Соціальна інженерія

Цей тип атаки припускає психологічну маніпуляцію. У разі успіху, користувач добровільно передає хакеру конфіденційну інформацію: номери телефонів, адреси, паролі, номери кредитних карт і т.д. Іноді це найпростіший і ефективний метод отримання доступу до добре захищеної мережі (саме так Едвард Сноуден отримав доступ до мережі АНБ США).

Методи боротьби: все ми люди і, якщо не розпізнати вчасно наміри хакера, рано чи пізно він доб'ється від вас потрібної інформації. Все, що можна порадити, - постарайтеся не ділитися конфіденційною інформацією, незважаючи ні на що. Так, звучить досить просто, але кожен день безліч людей по всьому світу пересилає гроші і паролі першим зустрічним в інтернеті, представився їх однокласниками. Розкажіть про цю небезпеку вашим співробітникам.

5. «Людина посередні»

Цей тип атаки, по суті своїй, є перехоплення і підміну повідомлень між двома користувачами. Для атаки використовуються незахищені протоколи передачі даних і практично в 100 % випадків користувачі і не підозрюють, що їх повідомлення перехоплюються, а хакери контролюють весь процес комунікації.

Методи боротьби: тут слід звернути увагу на налаштування роутера і сервера, використовувати сильне шифрування і захищені протоколи передачі даних, встановлювати плагіни для браузерів, які автоматично шифрують вихідну інформацію і, звичайно, уникати доступу через публічний Wi-Fi.

5.3 Основні висновки

Робота із розробленою мережею потребує використання ПК та деякої фізичної праці. Усі ці чинники зумовлюють певний шкідливий вплив на здоров'я людини. Щоби знизити ризик захворювань потрібно дотримуватися загальних правил безпеки життєдіяльності при роботі з комп'ютером.

Комп'ютерні мережі мають ризик хакерських атак, які можуть привести до аварійних ситуацій у роботі компанії або втрати персональних даних. Для запобігання цього, потрібно бути пильним при проектуванні комп'ютерних мереж, а також дотримуватися основних правил для того, щоб не стати жертвою хакерів.

ВИСНОВКИ

1. Виконаний огляд існуючих імітаційних моделей мережі MPLS показав, що їх створення можливо за допомогою різних систем. Виконаний огляд НМ показав, що організація маршрутизації в комп'ютерних мережах може виконуватися з використанням різних типів нейронних мереж. Для подальшої роботи обрано систему Opnet Modeler, яка дозволяє провести ретельний та більш точний аналіз на відміну від інших систем моделювання, та обрані типи НМ для маршрутизації трафіку в мережі MPLS.

2. Представлена загальна структура запропонованої системи маршрутизації в мережі MPLS Придніпровської залізниці, основу якої складають нейронні мережі (SOM, MLP) та імітаційна модель комп'ютерної мережі (на підготовчому етапі).

3. У системі OPNET створені імітаційні моделі комп'ютерної мережі Придніпровської залізниці за технологіями Fast Ethernet та MPLS, на яких проведено дослідження наступних характеристик: навантаження сервера, часу обробки пакетів, часу очікування пакету в черзі, кількості втрат пакетів відповідно до зміни типу трафіку. Так, наприклад, втрати пакетів на маршрутизаторі за технологією Fast Ethernet у середньому на 12 % більші ніж за MPLS та MPLS-TE, а час очікування пакета в черзі на маршрутизаторі за технологією Fast Ethernet у середньому на 7 % менший ніж за MPLS та на 5 % за MPLS-TE. Записаний відеоролик по створенню імітаційної моделі мережі MPLS для використання з дисципліни «Теорія проектування комп'ютерних мереж» при дистанційному навчанні.

4. Для організації маршрутизації трафіку в комп'ютерній мережі Придніпровської залізниці створені в MatLAB наступні НМ: SOM для кластеризації та MLP для визначення тунелю MPLS. SOM конфігурації 4*4 дозволяє розподілити потоки трафіку за умови максимального часу передачі пакета (параметра QoS) відповідно до 16-ти кластерів. Для навчання SOM використана вибірка, що генерується випадковим чином та містить у собі 6400 прикладів, навчання проводилося на протязі 200 епох. На MLP конфігурації 10-1-X-4 проведені дослідження значень MSE та R за кількістю прихованих нейронів. Оптимальним варіантом є MLP конфігурації 10-1-30-4, що навчається за алгоритмом Levenberg-Marquardt.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вивек О. Структура та реалізація сучасної технології MPLS. «Вільямс» 2004. 474 с.
2. Гольштейн А. Б. Технологія і протоколи MPLS. Санкт-Петербург: «Теледом», 2005. 304 с.
3. Гольдштейн А. Б. Механизм эффективного туннелирования в сети MPLS. Вестник связи». № 2. 2004.
4. Зайченко Є. Ю., Зайченко Ю. В., Лавринчук А. В. Інструментальний комплекс алгоритмів та програм оптимального проектування мереж із технологією MPLS. Вісник НТУУ «КПІ», 2010. 144 с.
5. Пахомова В. М. Дослідження інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту з використанням штучного інтелекту : монографія. Дніпро: ПФ «Стандарт-Сервіс», 2018. 220 с. ISBN 978-617-7382-14-9
6. Касем Ю. Исследование эффективности сети NGN путем имитационного моделирования в среде моделирования OpNet. Технології та засоби зв'язку, 2008. URL: http://www.rusnauka.com/32_PVMN_2011/Tecnic/6_98007.doc.htm
7. Сети для самых маленьких. Часть десятая. Базовый MPLS. URL: <https://habr.com/ru/post/246425/>
8. Гольдштейн Б. С. Протоколи та мережі доступу. Радіо та зв'язок, 1999. Том 2. 313 с.
9. Колесніков К. В., Карапетян А. Р., Кравченко О. В. Застосування нейронних мереж Хопфілда до задач адаптивної маршрутизації даних в телекомунікація. Автоматика. Т. 2. Харків: ХНУРЕ, 2010. С. 168–169.
10. Кучерявий Е. А. Управління трафіком і якість обслуговування в мережі Інтернет. Москва: Наука і Техніка, 2007. 336 с.
11. Пахомова В. М. Теорія проектування комп'ютерних мереж: Імітаційне моделювання комп'ютерних мереж в системі OPNET Modeler: методичні вказівки до виконання практичних робіт. Діпро: Вид-во Дніпровск. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2018.

12. Пахомова В. М. Теорія проектування комп'ютерних мереж. Дослідження комп'ютерних мереж з використанням методів штучного інтелекту. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів освітнього ступеня «магістр» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека». Дніпро: Вид-во Дніпровск. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2019. 60 с.

13. Павленко М. А. Анализ возможностей искусственных нейронных сетей для решения задач однопутевой маршрутизации в ТКС. Проблемы телекоммуникаций. 2011. № 2(4). URL: <https://pt.journal.kh.ua/index/0-139>

14. Романов А. И., Маньковський В. Б. Модель сети MPLS. Матеріали 23-й Міжнародної Кримської конференції «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Москва-Київ-Мінськ-Севастополь, 2013. Том 1. С. 488–489.

15. Якубова М. З. Моделирование технологии ЛВС на основе пакетов прикладных программ и исследование ее производительности. Вісник Алматинського університету енергетики та зв'язку, 2015. URL: <https://articlekz.com/article/13692>

16. Никитченко В. В. Утилиты моделирующей системы Opnet Modeler. Одесса: Одес. нац. акад. связи им. А. С. Попова, 2010. 128 с.

17. Болодурина И. П., Парфенов Д. И. Подходы к идентификации сетевых потоков и организации маршрутов трафика в виртуальном центре обработки данных на базе нейронной сети. Программные продукты и системы. Оренбург, 2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/327505929_Podhody_k_identifikacii_setevykh_potokov_i_organizacii_marsrutov_trafika_v_virtualnom_centre_obrabotki_dannyh_na_baze_nejronnoj_seti

18. ГОСТ 12.2.032-78. Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги [Електрон. ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913>

19. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.17~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf>

20. Fabien G. DeepMPLS: Fast Analysis of MPLS Configurations Using Deep Learning. IFIP Networking. 2019. URL: <https://www.univie.ac.at/ct/stefan/ifip19mpls.pdf>

21. Pakhomova V. M., Tsykalo I. D. Optimal route definition in the network based on the multilayer neural model. Science and Transport Progress. 2018. № 6(78). pp. 126-142. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2018/154443>

22. Pakhomova V. M., Mandybura Y. S. Optimal route definition in the railway information network using neural-fuzzy models. Science and Transport Progress. 2019. № 5(83). pp. 81-98. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2019/184385>

23. Пахомова В. М., Русінов А. С. Маршрутизація трафіку в мережі MPLS з використанням нейромережної технології. Матеріали до XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» 11-12 грудня 2019 р. С. 114.

24. Русінов А. С., кер. доц. Пахомова В. М. Організація маршрутизації в комп'ютерних мережах з використанням нейромережної технології. Тези Всеукраїнської конференції студентів та молодих вчених 2019 р. «Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті».

