

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет науки і технологій:**  
Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту

---

Кафедра «Електронні обчислювальні машини»

В авторській редакції

**ТЕОРІЯ ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ**

Навчально-методичні рекомендації щодо виконання  
індивідуального завдання

Дніпро  
2025

УДК 004.7

Т 33

Укладач:

*Вікторія Миколаївна Пахомова*

Електронний аналог  
друкованого видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
«Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»  
Протокол кафедри ЕОМ № 1 від 28.08.2025 р.

**Т 33 Теорія проектування сучасних комп'ютерних мереж:** навчально-методичні рекомендації щодо виконання індивідуального завдання / укл.: В. М. Пахомова; Укр. держ. ун-т науки і технологій. Дніпро : УДУНТ, 2025. – 22 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання здобувачами ступеню «магістр» безвідривної форми навчання та ЦДО спеціальності 123 (F7) «Комп'ютерна інженерія» під час виконання індивідуального завдання з дисципліни «Теорія проектування сучасних комп'ютерних мереж».

Іл. 7. Табл. 2. Бібліогр. назв. 8.

©Пахомова В. М., укладання, 2025

©Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ЗМІСТ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ.....	5
1.1. Мета індивідуального завдання.....	5
1.2. Постановка індивідуального завдання.....	5
1.3. Послідовність виконання індивідуального завдання .....	6
1.4. Варіанти індивідуального завдання.....	8
2. КОНТРОЛЬНИЙ ПРИКЛАД.....	9
2.1. Математична постановка задачі.....	9
2.2. Рішення задачі інжинірингу трафіку.....	11
2.3. Нейронна мережа як засіб розв'язання задачі.....	13
2.4. Рекомендації щодо виконання.....	15
3. САМОКОНТРОЛЬ .....	17
3.1. Контрольні запитання.....	17
3.2. Тести.....	17
ДОДАТКИ.....	19
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	21

## ВСТУП

Методичні рекомендації щодо виконання індивідуального завдання з дисципліни «Теорія проектування сучасних комп'ютерних мереж» [1] призначені здобувачам ступеня «магістр» спеціальності «Комп'ютерна інженерія». Відповідно до ОП «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» виконання здобувачами даного індивідуального завдання сприяє досягненню наступних програмних результатів навчання (ОРН): сказати постановку задачі (ОРН1); дослідити параметри та характеристики комп'ютерної мережі (ОРН13); розвиток здатності керувати власним часом сприяє встановлення контрольних термінів (deadline) виконання індивідуального завдання (ОН1); здатність самостійно приймати рішення під час виконання індивідуального завдання (ОН2).

Автором навчально-методичного видання запропоновано наступні методики: «КВІТ» щодо формування компетентностей здобувачів ступеня «магістр» спеціальності «Комп'ютерна інженерія» з дисципліни «Теорія проектування комп'ютерних мереж» [2]; «ResCompStageNNT» щодо формування дослідницької компетентності ступеневої підготовки ІТ-фахівців залізничної галузі з використанням нейромережних технологій [3].

На сучасному етапі проводиться дослідження існуючих комп'ютерних мереж [4], що лежать в основі інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС) залізничного транспорту з використанням методів штучного інтелекту, зокрема нейромережних технологій для отримання розв'язки різноманітних завдань, пов'язаних як з організацією маршрутизації в ІТС, так і з прогнозуванням параметрів комп'ютерних мереж і параметрів мережевого трафіку, а також виявленню мережевих атак на комп'ютерні мережі.

У навчально-методичному виданні представлено постановку та послідовність виконання, а також варіанти індивідуального завдання (розділ 1), наведено приклад формулювання математичної постановки інжинірингу трафіку та її розв'язання [4], подано рекомендацію по створенню нейронної мережі щодо розподілу потоків за вільними TE-тунелями мережі MPLS в ІТС залізничного транспорту [5] (розділ 2). Крім того, наприкінці навчально-методичного видання (розділ 3) представлені контрольні питання та тести щодо захисту індивідуального завдання, а також наведений перелік посилань [7-8], які присвячені дослідженню мережі MPLS з використанням нейромережних технологій.

## 1. ЗМІСТ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

**1.1. Мета індивідуального завдання** є придбання практичних навичок проєктування нових комп'ютерних мереж або дослідження існуючих комп'ютерних мереж з використанням методів штучного інтелекту.

Розв'язування задачі повинно проводитися з використанням нейромережної технології: нейронної мережі (багатошарового персептрон, мережі Кохонена та ін.) або нейронечіткої мережі. При використанні нейронної або нейронечіткої мережі вибірки готуються на основі реальних даних або даних, що отримані на імітаційній моделі комп'ютерної мережі.

Для створення нейронної (нейронечіткої) мережі здобувач обирає нейропакет. Слід зауважити, що на сьогодні для реалізації названих нейронних мереж існують різні підходи, серед яких використання наступних нейропакетів: MatLAB; Statistica; BrainMaker; NeuroShell; NeuroShellPredictor; Fann Explorer; Deductor Studio; GeneHunter та ін.

### 1.2. Постановка індивідуального завдання

Технологія MPLS (Multiprotocol Label Switching) – це спосіб маршрутизації трафіку, який поєднує найкращі риси IP і комутації каналів. Замість того, щоб кожного разу аналізувати IP-адресу, маршрутизатори використовують короткі мітки, що пришвидшує передачу даних та знижує навантаження на мережеве обладнання. У свою чергу використання технології MPLS в ІТС залізничного транспорту України призведе до наступних переваг [6]: підтримка високої швидкості передачі (завдяки міткам маршрутизатори швидко приймають рішення, що значно знижує затримки); підтримка QoS (класи обслуговування дозволяють розставляти пріоритети); організація інженерії трафіку (можливість вказати, яким шляхом має рухатися трафік, що дозволяє уникнути перевантаження ділянок); масштабованість MPLS VPN (створення віртуальних приватних мереж поверх єдиної фізичної інфраструктури); отримання протокольної гнучкості (MPLS не прив'язаний до одного мережевого протоколу, що спрощує інтеграцію нових технологій). Відомо, що організація інженерії трафіку в MPLS здійснюється вручну [4], але на сучасному етапі це можливо зробити за допомогою нейромережних засобів [5, 7-8].

Загальна структура гіпотетичної MPLS мережі в ІТС залізничного транспорту представлена на рис. 1.1.

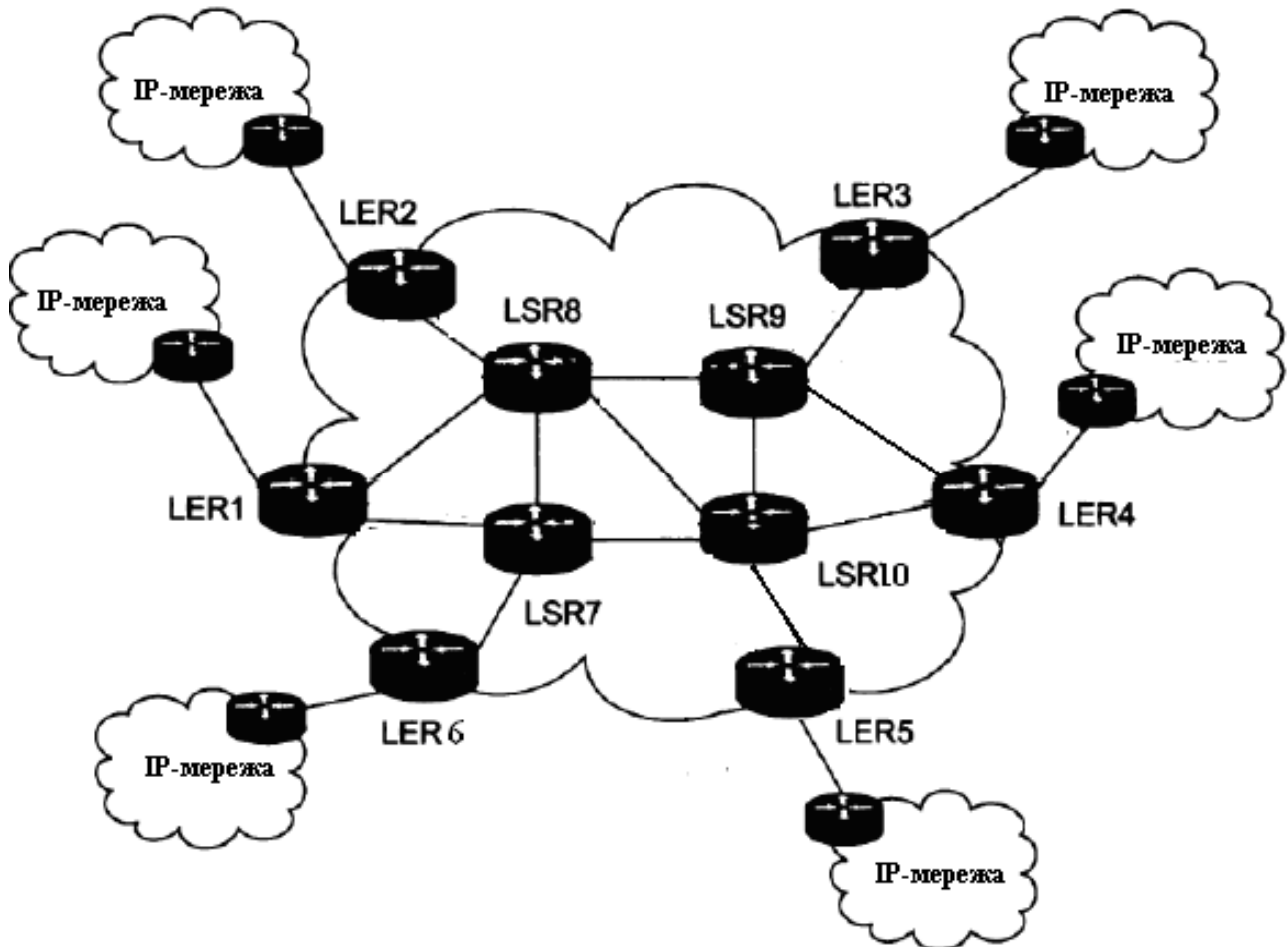


Рисунок 1.1 – Структура MPLS мережі в ІТС залізничного транспорту:  
LER (Label Edge Router); LSR (Label Switch Router)

### 1.3. Послідовність виконання індивідуального завдання

#### *Частина 1:*

1. Ознайомитися з технологією MPLS.
2. Виконати огляд наукових джерел щодо використання нейронних (нейронечітких) засобів в мережах MPLS.
3. Вивчити математичну постановку задачі Traffic Engineering (TE).
4. Відповідно до отриманого варіанту скласти структуру мережі MPLS: показати всі LER та LSR; відобразити суворий TE-тунель (червоний колір); вільні TE-тунелі (синій колір; тунель А – суцільна лінія; тунель В – пунктирна лінія).
5. Оцінити залежність якості рішення задачі TE від вибору тунелів.
6. Висновок, що складається з наступних пунктів: п.1- результат виконаного огляду наукових джерел щодо використання інтелектуальних

засобів в мережах MPLS; п.2- формулювання математичної постановки задачі TE; п.3- складання структури мережі MPLS в ІТС залізничного транспорту (відповідно до виданого варіанту); п.4- результат оцінювання залежності якості рішення задачі TE від вибору тунелів.

7. Перелік використаних наукових джерел (відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015).

### **Частина 2:**

8. Нейронна (нейронечітка) мережа як метод розв'язання задачі (конфігурація та її опис; рисунок); система правил (у випадку нейронечіткої мережі).

9. Вибірки (навчальна, тестувальна, валідаційна).

10. Створення нейронної (нейронечіткої) мережі (з поданням відповідного скриншота структури створеної мережі); навчання та тестування нейронної (нейронечіткої) мережі (наявність скриншотів з похибками та кількістю епох).

11. Визначення оптимальних параметрів створеної нейронної (нейронечіткої) мережі: дослідження кількості прихованих нейронів; дослідження типу функцій активацій (приналежності) нейронів; дослідження алгоритму навчання (методу оптимізації); дослідження довжини навчальної вибірки.

12. Запропонований варіант загальної структури мережі MPLS з розробленим інтелектуальним засобом

13. Висновок, що складається з наступних пунктів: п.1- обрання математичного апарату та формування вибірок; п.2- створення нейронної (нейронечіткої) мережі та результати її апробації; п.3- визначення оптимальних параметрів нейронної (нейронечіткої) мережі; п.4- запропонування структури інтелектуальної комп'ютерної мережі.

14. Перелік використаних джерел (відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015).

15. Додатки: вибірки в повному обсязі; програмний код створеної нейронної (нейронечіткої) мережі.

#### 1.4. Варіанти індивідуального завдання

Варіант для виконання індивідуального завдання отримати у викладача (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Варіанти для виконання індивідуального завдання

№ вар	Суворий ТЕ-тунель	Вільні ТЕ-тунелі	Потік	Швидкість передачі, Мбіт/с
1	LER1, LSR8, LSR9, LER3	із LER2 до LER5: - тунель А (10 Мбіт/с); - тунель В (5 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	1 2 3
2	LER1, LSR8, LSR9, LER4	із LER3 до LER6: - тунель А (55 Мбіт/с); - тунель В (35 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	30 20 10
3	LER1, LSR8, LSR10, LER5	із LER4 до LER6: - тунель А (10,5 Мбіт/с); - тунель В (5,5 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	1,5 2,5 3,5
4	LER1, LSR8, LSR7, LER6	із LER3 до LER5: - тунель А (80 Мбіт/с); - тунель В (40 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	35 25 15
5	LER1, LSR7, LSR10, LER4	із LER2 до LER4: - тунель А (1 Мбіт/с); - тунель В (0,5 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	0,1 0,2 0,3
6	LER1, LSR7, LSR10, LER5	із LER2 до LER6: - тунель А (500 Мбіт/с); - тунель В (350 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	100 200 300
7	LER2, LSR8, LSR9, LER4	із LER1 до LER5: - тунель А (150 Мбіт/с); - тунель В (90 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	40 60 80
8	LER2, LSR8, LSR10, LER4	із LER1 до LER3: - тунель А (50 Мбіт/с); - тунель В (35 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	10 20 30
9	LER2, LSR8, LSR10, LER5	із LER1 до LER4: - тунель А (100 Мбіт/с); - тунель В (75 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	30 50 70
10	LER2, LSR8, LSR7, LER6	із LER4 до LER2: - тунель А (100 Мбіт/с); - тунель В (50 Мбіт/с)	потік 1 потік 2 потік 3	48 38 28

## 2. КОНТРОЛЬНИЙ ПРИКЛАД

### 2.1. Математична постановка задачі

Комп'ютерна мережа може бути представлена зваженим орієнтованим графом  $G=(R, L)$ , де  $R$  – множина вершин графа, кількість яких дорівнює  $N$ , причому кожна вершина моделює собою вузол (маршрутизатор) комп'ютерної мережі;  $L$  - множина дуг графа, кожна дуга моделює зв'язок між вузлами, кількість дуг графа дорівнює  $M$ . Розглянутий спрощений фрагмент комп'ютерної мережі та представлений на рис. 2.1.

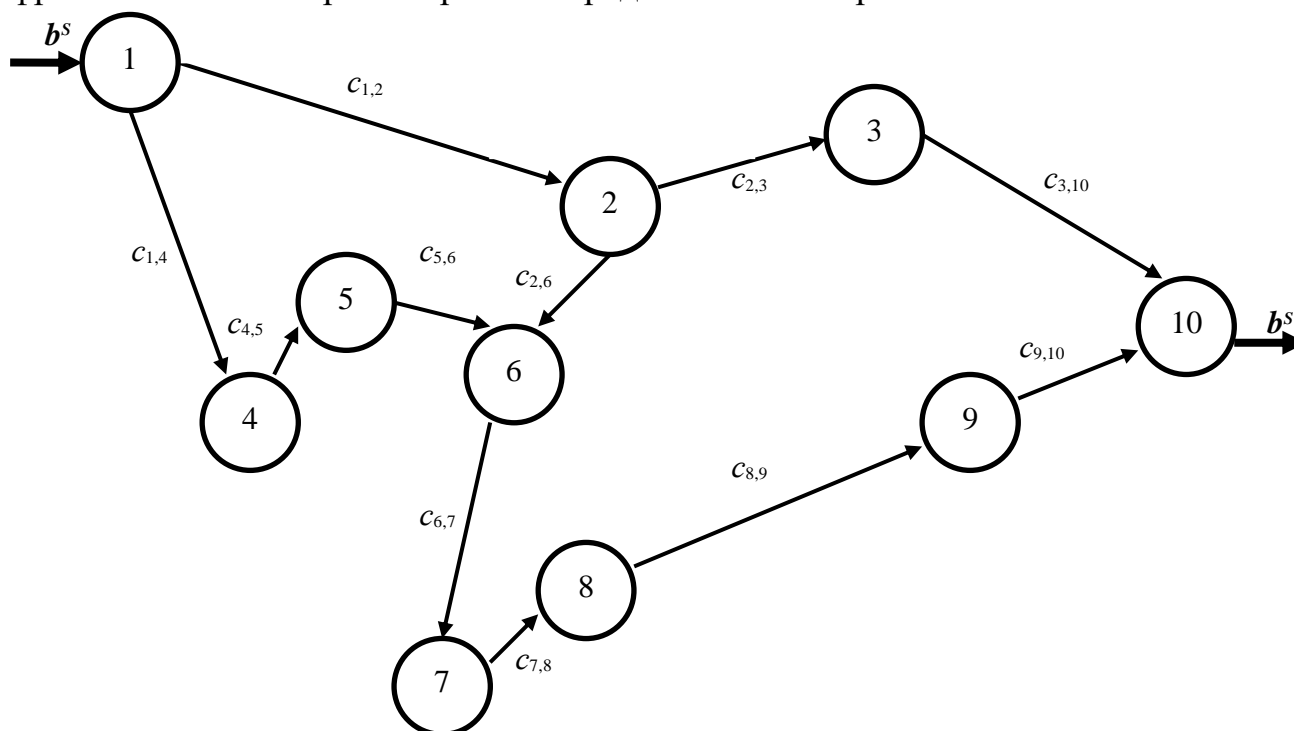


Рисунок 2.1 – Спрощений фрагмент комп'ютерної мережі

Кожному ребру графа присвоюється певна вага, яка відповідає пропускній спроможності (максимальний обсяг даних, переданий мережею в одиницю часу):

$$C = \{c_{ij}\}, \quad (2.1)$$

де  $c_{ij}$  – пропускна спроможність каналу між  $i$  та  $j$  вузлами мережі.

Обмеженнями, що представлені у вигляді рівнянь, виступають умови зберігання потоку в кожному вузлі мережі, які для структури комп'ютерної мережі, що відображена на рис. 2.1, мають вид

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{1,2} + x_{1,4} = b^s; \\ -x_{1,2} + x_{2,3} + x_{2,6} = 0; \\ -x_{2,3} + x_{3,10} = 0; \\ -x_{1,4} + x_{4,5} = 0; \\ -x_{4,5} + x_{5,6} = 0; \\ -x_{5,6} - x_{2,6} + x_{6,7} = 0; \\ -x_{6,7} + x_{7,8} = 0; \\ -x_{7,8} + x_{8,9} = 0; \\ -x_{8,9} + x_{9,10} = 0; \\ -x_{3,10} - x_{9,10} = -b^s; \end{array} \right. \quad (2.2)$$

де  $x_{ij}$  – інтенсивність трафіку, що передається в мережі між  $i$ -м та  $j$ -м вузлами;  $b^s$  – середня швидкість  $s$ -го потоку трафіку між вузлами 1 і 10 в комп'ютерній мережі.

Повинно виповнюватися важливе обмеження – швидкість потоку трафіка не має перевищувати пропускну здатність каналу зв'язку, для тих каналів, через які проходить  $s$ -й потік:

$$b^s < c^l, \quad (2.3)$$

де  $b^s$  - середня швидкість  $s$ -потоку трафіка;  $c^l$  - пропускна спроможність ТЕ-тунелю. Невиконання такого обмеження неприпустимо, бо інакше неможливо пропустити потік трафіку по тунелю.

Коефіцієнт використання ресурсів обчислюється за формулою

$$k_{ij}^s = \frac{b^s}{c_{ij}}, \quad (2.4)$$

де  $k_{ij}^s$  – коефіцієнт використання  $(i,j)$ -го каналу  $s$ -м потоком;  $b^s$  – середня швидкість  $s$ -го потоку трафіка;  $c_{ij}$  – пропускна спроможність  $(i,j)$ -го каналу зв'язку.

Вибір ТЕ-тунелю визначається як

$$K = \max_s \{K^s\}, \quad (2.5)$$

де  $K^s = \sum k_{ij}^s$ , крім того,  $K^s \leq 0,65$ ;  $K$  – максимальний коефіцієнт завантаження ТЕ-тунелю.

При вирішенні задачі інжинірингу трафіка необхідно знайти раціональне рішення максимальний коефіцієнт завантаження ТЕ-тунелю (по всіма можливим варіантам послідовності призначення потоків) повинен бути мінімальний

$$\min_i \{K_i\}. \quad (2.6)$$

## 2.2. Рішення задачі інжинірингу трафіку

Ефективність використання ТЕ-тунелів визначається послідовністю призначення потоків, що підвищує ефективність самої комп'ютерної мережі; це можливо показати на простому прикладі. Розглянемо ділянку MPLS-мережі, що показано на рис. 2.2 (пропускні спроможності каналів представлені в Мбіт/с). Результати дослідження залежності якості рішення задачі ТЕ від послідовності призначення трьох потоків: потік 1 ( $b^1 = 0,5$  Мбіт/с), потік 2 ( $b^2 = 0,4$  Мбіт/с), потік 3 ( $b^3 = 0,3$  Мбіт/с) наведені в табл. 2.1.

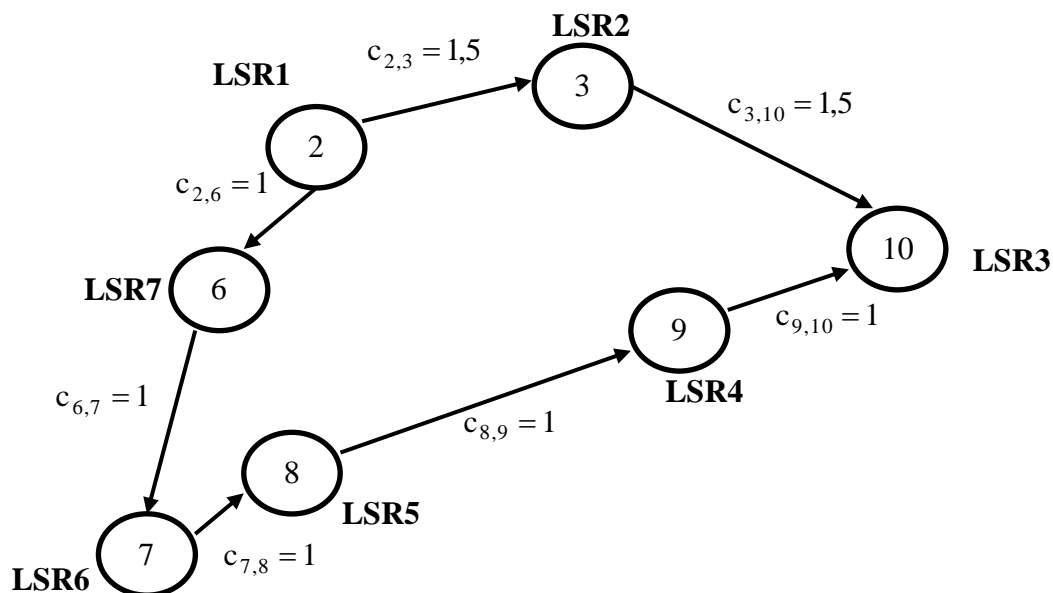


Рисунок 2.2 – Ділянка мережі LSR1-LSR7 для визначення тунелів

Так, наприклад, у варіанті 1 рішення знайдено при наступній послідовності призначення потоків: 1, 2, 3. Для першого потоку обраний шлях  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 10$ , в цьому випадку коефіцієнт завантаження ТЕ-тунелю складає  $0,5/1,5=0,33$ . Для другого потоку також обраний шлях  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 10$ , результуючий коефіцієнт використання ТЕ-тунелю виявляється рівним  $0,33+0,4/1,5=0,6$ . Третій потік прямує по шляху  $2 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10$  і завантажує ресурси каналів  $2 \rightarrow 6$ ,  $6 \rightarrow 7$ ,  $7 \rightarrow 8$ ,  $8 \rightarrow 9$  і  $9 \rightarrow 10$  на  $0,3/1$ .

Рішення 1 можна назвати задовільним, так як максимальний коефіцієнт завантаження досягає 0,6.

Таблиця 2.1 – Дослідження залежності якості рішення задачі TE від послідовності призначення потоків в мережі MPLS

Варіант	Послідовність призначення потоків	Середня швидкість потоку, Мбіт/с	Коефіцієнт завантаження тунелів через вузли мережі:		Максимальний коефіцієнт завантаження
			2 → 3 → 10	2 → 6 → 7 → 8 → 9 → 10	
1	1	0,5	0,33		0,6
	2	0,4	0,6		
	3	0,3		0,3	
2	1	0,5	0,33		0,53
	3	0,3	0,53		
	2	0,4		0,4	
3	2	0,4	0,27		0,6
	1	0,5	0,6		
	3	0,3		0,3	
4	2	0,4	0,27		<b>0,5</b>
	3	0,3	0,47		
	1	0,5		0,5	
5	3	0,3	0,2		0,53
	1	0,5	0,53		
	2	0,4		0,4	
6	3	0,3	0,2		<b>0,5</b>
	2	0,4	0,47		
	1	0,5		0,5	

Однак існує кращий спосіб, представлений у варіанті 4. Тут потоки 2 і 3 спрямовані по верхньому шляху 2 → 3 → 10, а потік 1 - по нижньому шляху 2 → 6 → 7 → 8 → 9 → 10. Для другого потоку ресурси верхнього TE-тунелю виявляються завантаженими на  $0,4/1,5=0,27$ , для третього потоку -  $0,27+0,3/1,5=0,47$ , а для першого потоку завантаження нижнього TE-тунелю на  $0,5/1=0,5$ ; тобто в наявності більш рівномірне завантаження ресурсів, а максимальний коефіцієнт використання всіх ресурсів мережі не перевищує 0,5. Цей варіант (або варіант 6), що отримані при одночасному розгляді всіх трьох потоків та представлені на рис. 2.3, надають мінімальне значення максимального коефіцієнта завантаження.

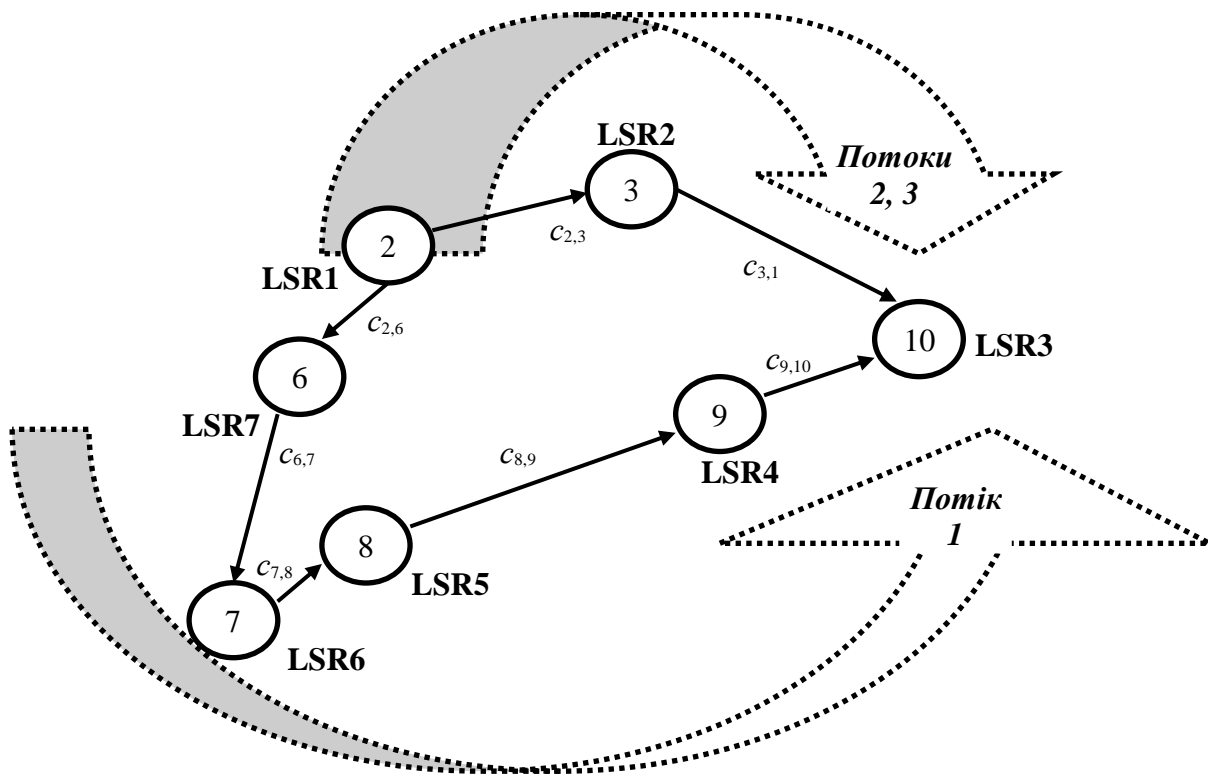


Рисунок 2.3 – Найкращий варіант для ділянки LSR1-LSR7

### 2.3. Нейронна мережа як засіб розв’язання задачі

У якості методу дослідження використано нейронну мережу (НМ) конфігурації «11-256-128-2», де 11 – кількість вхідних (input) нейронів; 256 – кількість нейронів першого прихованого шару; 128 – кількість нейронів другого прихованого шару; 2 – кількість вихідних (output) нейронів, що відображена на рис. 2.4.

Перший шар НМ має наступні нейрони: X1 – швидкість потоку № 1; X2 – позиція потоку № 1 в загальній черзі потоків; X3 – належність потоку № 1 до тунелю; X4 – швидкість потоку № 2; X5 – позиція потоку № 2 в загальній черзі потоків; X6 – належність потоку № 2 до тунелю; X7 – швидкість потоку № 3; X8 – позиція потоку № 3 в загальній черзі потоків; X9 – належність потоку № 3 до тунелю; X10 – максимальна пропускна здатність тунелю А; X11 – максимальна пропускна здатність тунелю В.

Результуючий шар має нейрони Y1 і Y2; це коефіцієнти завантаженості тунелів А та В відповідно.

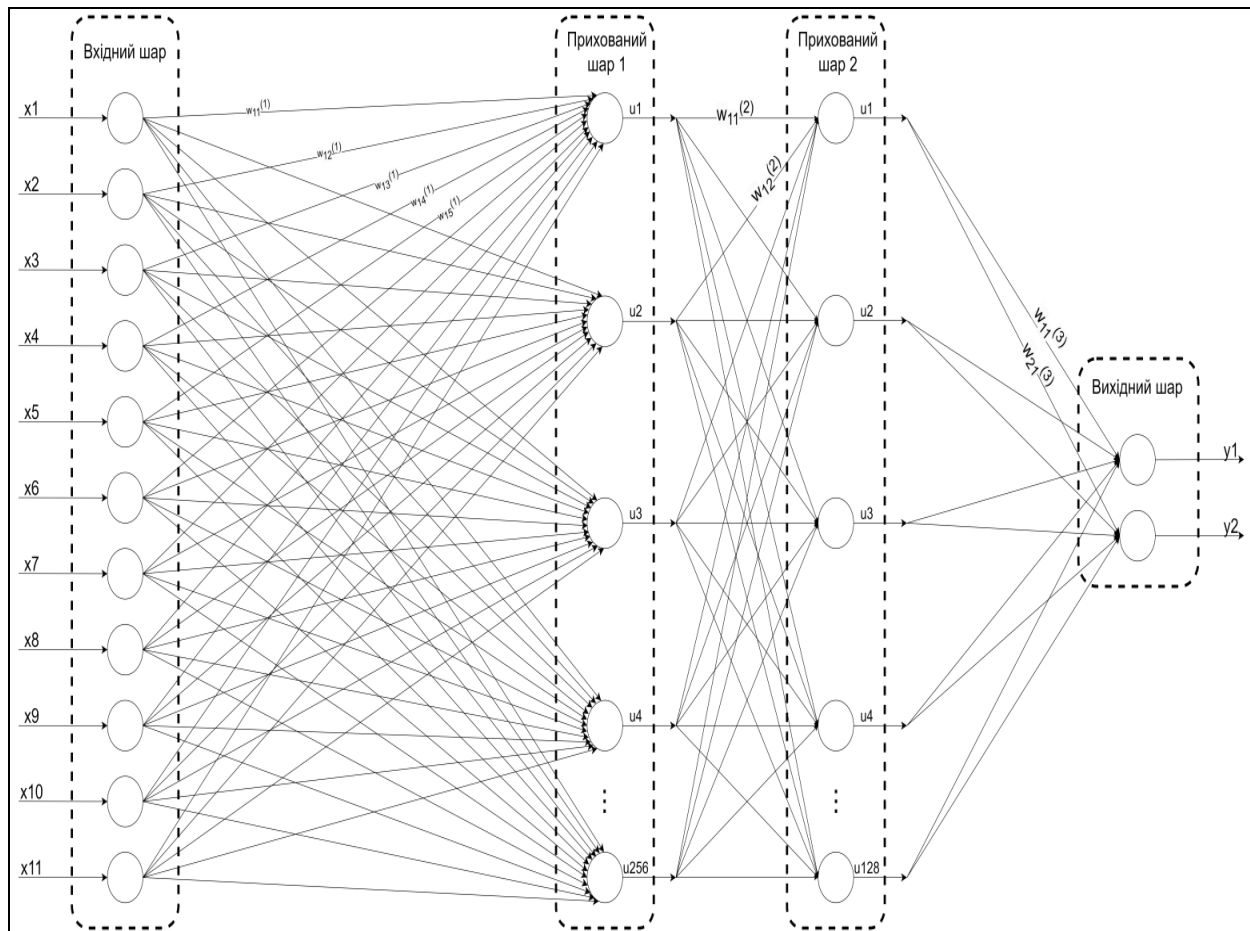


Рисунок 2.4 – НМ конфігурації «11-256-128-2»

Визначення числа нейронів в прихованих шарах НМ виконуються за наступною формулою:

$$\frac{mN}{1 + \log_2 N} \leq L_w \leq m \left( \frac{N}{m} + 1 \right) (n + m + 1) + m, \quad (2.7)$$

де  $L_w$  – кількість синаптичних ваг;  $n$  – розмірність вхідного сигналу;  $m$  – розмірність вихідного сигналу;  $N$  – кількість елементів вибірки.

Оцінивши необхідну кількість синаптичних ваг  $L_w$ , можна розрахувати необхідне число нейронів у прихованому шарі  $k$  за відомою формулою:

$$k = \frac{L_w}{m + n}. \quad (2.8)$$

Навчання багатшарової НМ передбачає застосування алгоритму зворотного поширення помилки. Для навчання використовуються навчальні приклади. В основі навчання НМ закладена мінімізація деякої цільової функції, що залежить від параметрів нейронів і безлічі навчальних прикладів.

У якості мінімізуючої цільової функції помилки багатшарової НМ прийнято функцію наступного виду:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^H (G_{jl}(k) - Y_{jl}(k))^2 . \quad (2.9)$$

де  $G_{jl}(k)$  – бажаний вихід  $j$ -го нейрона  $l$ -го вихідного шару для  $k$ -го зразка еталонної множини;  $Y_{jl}(k)$  – фактичний вихід  $j$ -го нейрона  $l$ -го вихідного шару при подачі на вхід мережі  $k$ -го зразка з еталонної множини.

#### 2.4. Рекомендації щодо виконання

Складено загальну вибірку з 54000 прикладів (шляхом комбінування 36 різних сценаріїв з 1500 випадково згенерованими даними); кожен із прикладів має 11 ознак та 2 результуючих характеристики, що показано на рис. 2.5.

```
f1_speed, f1_pos, f1_tunnel, f2_speed, f2_pos, f2_tunnel, f3_speed, f3_pos, f3_tunnel, tunnelA_capacity, tunnelB_capacity, loading_A, loading_B
4.48, 1, 0, 0.09, 2, 0, 2.83, 3, 1, 211.97, 112.45, 0.0216, 0.0252
```

Рисунок 2.5 – НМ: структура навчального прикладу вибірки

На основі загальної вибірки формуються наступні вибірки: навчальна – 70 %; валідаційна – 15 %; тестувальна – 15 %.

У [5] створено програмну модель «Stream\_TE-tunnel», що дозволяє провести розподіл трьох потоків за двома ТЕ-тунелями при відомих значеннях середніх швидкостей потоків та пропускних спроможностей тунелів гіпотетичної мережі MPLS в ІТС залізничного транспорту.

Створена програмна модель «Stream\_TE-tunnel» надає можливість визначити оптимальні параметри НМ, що в свою чергу підвищує якість визначення рішення задачі ТЕ. Для визначення оптимальних параметрів НМ необхідно провести додаткове дослідження похибки НМ та кількості епох навчання при різній кількості прихованих нейронів, для різних функцій активації прихованих нейронів та за різними алгоритмами навчання НМ.

На останньому етапі подається загальна структура мережі MPLS з використанням запропонованого нейромережного засобу для визначення ТЕ-тунелю (рис. 2.6) [5].

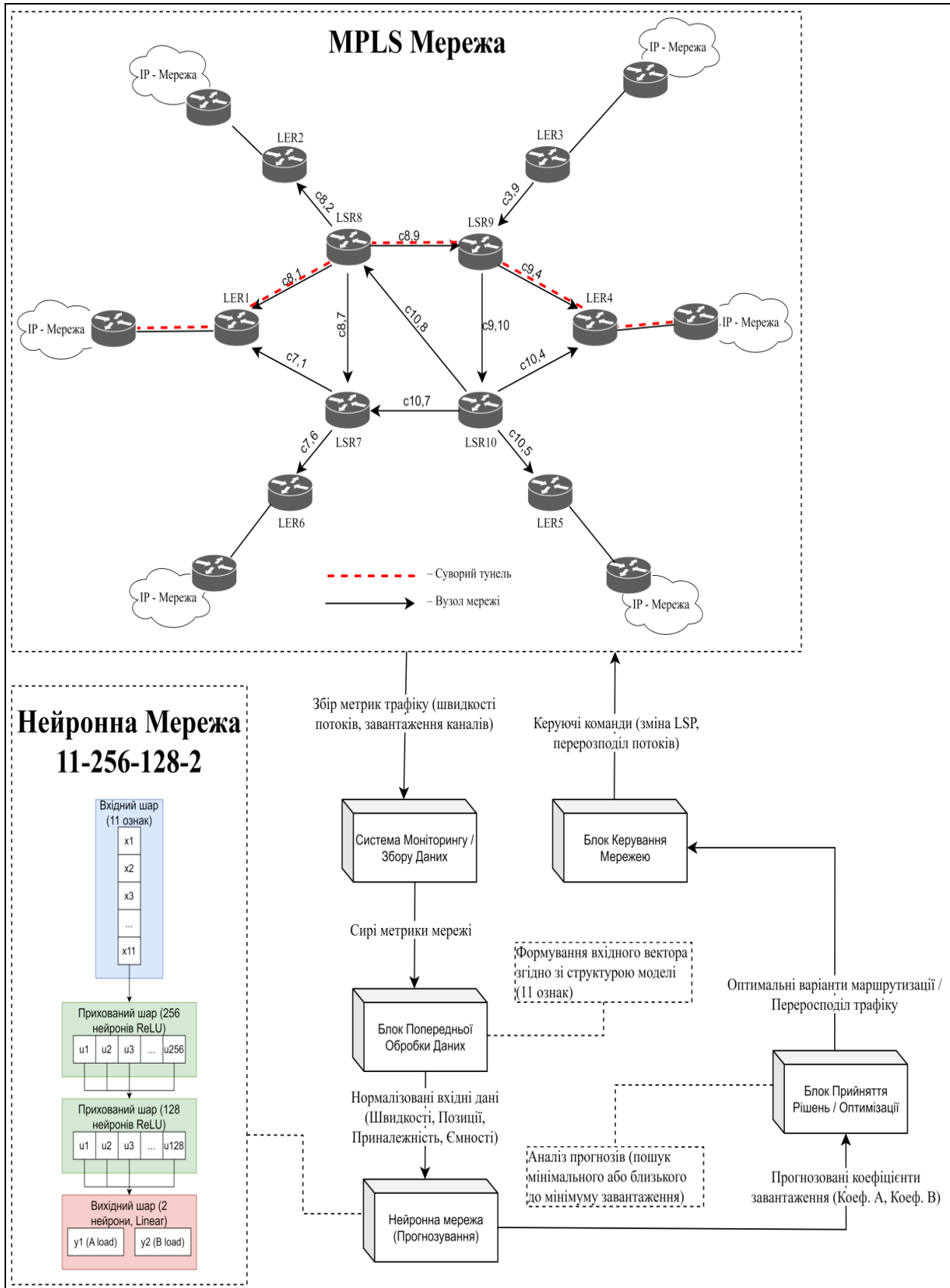


Рисунок 2.6 – Запропонований варіант інтелектуальної мережі MPLS [5]: LER (Label Edge Router); LSR (Label Switch Router)

### 3. САМОКОНТРОЛЬ

#### 3.1. Контрольні запитання

1. Базові принципи та механізми MPLS.
2. Структура MPLS-мережі: LER, LSP, таблиця просування.
3. Інжиніринг трафіку: TE-тунель та його різновиди.
4. Математична постановка задачі MPLS TE.
5. Коефіцієнт використання ресурсів.
6. Критерій вибору TE-тунелю.
7. Залежність якості рішення задачі TE від вибору тунелів.
8. Нейронна (нейронечітка) мережа як засіб розв'язання задачі.
9. Визначення кількості прихованих нейронів нейронної мережі.
10. Конфігурація нейронної (нейронечіткої) мережі.
11. Функції активації нейронів прихованого та результуючого шарів.
12. Різновиди вибірок; основні вимоги до їх формування.
13. Створення нейронної (нейронечіткої) мережі за допомогою нейропакета.
14. Алгоритми навчання нейронної (нейронечіткої) мережі.
15. Навчання та тестування нейронної (нейронечіткої) мережі.
16. Значення MSE та R.
17. Визначення оптимальних параметрів нейронної (нейронечіткої) мережі.
18. Аналіз роботи нейронної (нейронечіткої) мережі.
19. Дослідження похибки та часу навчання нейронної (нейронечіткої) мережі від кількості прихованих нейронів за різними алгоритмами навчання на вибірках різної довжини.
20. Запропонований варіант структури мережі MPLS з розробленим інтелектуальним засобом.

#### 3.2. Тести

21. Чи вірно наступне: «Технологія MPLS об'єднує в одному комунікаційному пристрої два методи просування пакетів: дейтаграмний метод та метод комутації віртуальних каналів»?
22. За стандартом MPLS таблиця просування формується для кожного LSR наступним протоколом: LDP; RSVP; BFD; LSP Ping.

23. Формуючи таблиці просування на пристроях LSR, сигнальний протокол прокладає через мережу віртуальні маршрути, які в технології MPLS називаються: LSP; LDP; BFD; FEC.
24. Чи вірно наступне: «Для передачі трафіка між двома пристроями LER необхідно встановити два шляхи комутації по міткам»?
25. Група IP-пакетів, що мають однакові вимоги до транспортного сервісу, має назву: FEC; LSP; BFD; QoS; CoS; UDP.
26. Пристрій ..... (LER чи LSR) видаляє мітку та передає пакет до наступної мережі в стандартній формі IP-пакету.
27. Поле займає 3 біта та використовується для завдання класу трафіка, що вимагає певного рівня QoS, зветься: CoS; TTL; FEC.
28. Чи вірно наступне: «MPLS-кадр, який переміщується вздовж ієрархічно організованого шляху, повинен включати стільки заголовків MPLS, скільки рівнів ієрархії має шлях»?
29. Просування MPLS-кадру завжди відбувається на основі мітки, що знаходиться в даний момент: на вершині стека; в середині стека; знизу стека?
30. Підхід («зшивання» шляхів» чи багаторівневий) дозволяє незалежно організувати внутрішньодоменну та міждоменну маршрутизацію пакетів?
31. У технології MPLS TE шляхи LSP зветься: TE-тунелями; FEC; LER; FEC; UDP.
32. Технологія MPLS TE підтримує тунелі наступних типів: суворий; вільний; розподілений; статистичний; детермінований.
33. Чи вірно наступне: «Вільний TE-тунель визначає тільки частку проміжних вузлів від одного LER до другого LER, а інші проміжні вузли вибираються самостійно»?
34. Коефіцієнт використання  $(i,j)$ -го каналу  $s$ -м потоком обчислюється за наступною формулою:  $k_{ij}^s = \frac{b^s}{c_{ij}}$ ;  $k_{ij}^s = \frac{c_{ij}}{b^s}$ , де  $b^s$  – середня швидкість  $s$ -го потоку трафіка;  $c_{ij}$  – пропускна спроможність  $(i,j)$ -го каналу зв'язку.
35. Чи вірно наступне: «Ефективність використання TE-тунелів визначається послідовністю призначення потоків»?

## ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Інститут \_\_\_\_\_ Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту \_\_\_\_\_

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерні технології та системи \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ Електронні обчислювальні машини \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ Комп'ютерна інженерія \_\_\_\_\_

ОП \_\_\_\_\_ Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі \_\_\_\_\_

### ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ (частина № 1)

з дисципліни «Теорія проєктування сучасних комп'ютерних мереж»  
студент групи 953М (КС \_\_\_\_\_) варіант № \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема: Дослідження використання технології MPLS в комп'ютерних мережах залізничного транспорту

Зміст завдання:

*Математична постановка задачі Traffic Engineering (TE)*

*Структура MPLS-мережі: показати всі LER та LSR;*

*відобразити суворий TE-тунель (червоний колір); вільні TE-тунелі (синій колір;  
тунель А - суцільна лінія; тунель В - пунктирна лінія)*

*Оцінити залежність якості рішення задачі TE від вибору тунелів*

*Висновок*

*Перелік використаних джерел (пошук наукових джерел відносно досліджень  
MPLS-мереж з використанням нейромережної технології)*

Рекомендована література:

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 (розгляд п. 4.2. Дослідження використання технології MPLS).

Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Інститут Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту

Факультет Комп'ютерні технології та системи

Кафедра Електронні обчислювальні машини

Спеціальність Комп'ютерна інженерія

ОП Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ (частина 2)**

з дисципліни «Теорія проектування сучасних комп'ютерних мереж»

студент групи 953М (КС \_\_\_\_\_)

варіант № \_\_\_\_\_

---

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема: Дослідження використання технології MPLS в комп'ютерних мережах залізничного транспорту

Зміст завдання:

Нейронна (нейронечітка) мережа як метод розв'язання задачі (конфігурація та її опис; рисунок); система правил (у випадку нейронечіткої мережі)

Вибірки (навчальна, тестувальна, валідаційна)

Створення нейронної (нейронечіткої) мережі (з поданням відповідного скриншота структури створеної мережі); навчання та тестування нейронної (нейронечіткої) мережі (наявність скриншотів з похибками та кількістю epoch)

Визначення оптимальних параметрів створеної нейронної (нейронечіткої) мережі

Аналіз отриманих результатів дослідження

Запропонована структура інтелектуальної комп'ютерної мережі

Висновки

Перелік використаних джерел (відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015)

Додатки: вибірки в повному обсязі; програмний код створеної нейронної (нейронечіткої) мережі

Рекомендована література:

Пахомова В.М., Іванченко Д.В. Дослідження структури мережі на залізничному транспорті з використанням інтелектуального засобу. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 36(75). № 4, 2025.

Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дистанційний курс з дисципліни «Теорія проектування сучасних комп'ютерних мереж» для здобувачі ступеня «магістр» спеціальності «Комп'ютерна інженерія»; укладач: доц. Пахомова В. М. Сертифікат ДК0303 від 05.09.2019. Режим доступу: [www.lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=340](http://www.lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=340)

2. Pakhomova V. Comprehensive use of information technologies in training of railway transport specialists second degrees. International scientific-practical conference «Global science and education in the modern realities»: USA, August 26-27, 2020. Pp. 296-299.

3. Пахомова В. М. Розробка методики щодо формування компетентностей ступеневої підготовки ІТ-фахівців залізничної галузі. Розділ 2. С. 47-65. DOI: 10.30890/2709-2313.2021-05-02-017. *Erbe der eutopaischen wissenschaft: Ingenieurwesen und Technik, Sicherheit, Architektur, Geologie, Geographie. Monografische Reihe «Europaische Wissenschaft». Buch 5. Teil 2. Germany: Karlsruhe, 2021. 172 с. (International Scientific Symposium «Erbe der europaischen Wissenschaft»: Germany, May 27-28, 2021).*

4. Пахомова В. М. Дослідження інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту з використанням штучного інтелекту. Дніпро : Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2018. 220 с. ISBN 978-617-7382-14-9.

5. Пахомова В.М., Іванченко Д.В. Дослідження структури мережі на залізничному транспорті з використанням інтелектуального засобу. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 36(75). № 4, 2025.

6. Технологія MPLS в Україні: Застосування у 2025 році. – Режим доступу: <https://cyberset.com.ua/network/protocols/mpls-high-speed-network-infrastructure-2025/> (дата звернення: 05.05.2025).

7. Mahul A., Aussem A. Neural-based quality of service estimation in MPLS routers. International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN 2003). Istanbul, Turkey. Volume: Supplementary Proceedings. Pp. 390-393. – Access mode: [https://www.researchgate.net/publication/264894818\\_Neural-Based\\_Quality\\_of\\_Service\\_Estimation\\_in\\_MPLS\\_Routers](https://www.researchgate.net/publication/264894818_Neural-Based_Quality_of_Service_Estimation_in_MPLS_Routers).

8. Zhukovytsky I., Pakhomova V., Domanskay H., Nechaiev A. Distribution of information flows in the advanced network of MPLS of railway transport by means of a neural model. MATEC294 (EOT-2019), 04007(2019). 7 p. – Access mode: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929404007>.

Навчально-методичне видання

**Пахомова Вікторія Миколаївна**

**ТЕОРІЯ ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ**

Навчально-методичні рекомендації щодо виконання  
індивідуального завдання

В авторській редакції  
Комп'ютерна верстка В. М. Пахомової

Експертний висновок склав:  
проф. Косолапов А. А. (ОП «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»)

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 1.836 від 22.09.2025)

Формат 60x84 <sup>1/16</sup>. Ум. друк. арк. 1,29. Обл.-вид. арк. 1,27.  
Зам. № 104.

Видавець; Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010