Міністерство освіти і науки України

Національний університет «Львівська політехніка»

Інститут комп’ютерних наук та інформаційних технологій

Кафедра автоматизованих систем управління



**Звіт**

до лабораторної роботи № 4

з дисципліни

*“Моделювання процесів і смарт-систем”*

Виконав: ст. гр. ОІ-31

**Тесля Микола**

Прийняв: Мельник Р.В.

Львів – 2025

**Варіант 11**

**Тема: Імітація динаміки та дослідження властивостей мереж Петрі.**

*Мета роботи: Засвоїти основні поняття теорії мереж Петрі та набути навики використання програмних засобів для імітації їх динаміки і дослідження основних властивостей.*

**Теоретичні відомості:**

**Мережі Петрі** – це математичний інструмент для моделювання та аналізу дискретних динамічних систем, що широко застосовується на системному рівні проектування мікроелектронних систем (МЕМС). Вони дозволяють досліджувати структуру, поведінку та параметри системи.

**Структура мережі Петрі:**

* **Позиції (S)** – стани системи (наприклад, очікування сигналу, обробка даних).
* **Переходи (T)** – події, що змінюють стани (наприклад, активація датчика).
* **Дуги (F)** – зв’язки між позиціями та переходами (вхідні та вихідні).
* **Маркування (M₀)** – початковий розподіл маркерів, що відображає початковий стан.
* Математична модель: N = S, T, F, M0 .

**Види мереж Петрі:**

1. **Прості мережі** – базова модель для аналізу динаміки.
2. **Часові мережі** – враховують часові межі переходів Eft, Lft: Ntime = S, T, F, Eft, Lft, M0.
3. **Мережі з пріоритетами** – задають пріоритетність переходів: Npriority = S, T, F, PR, M0.
4. **Стохастичні мережі** – включають ймовірності спрацювання переходів: Nstochastic = P, T, F, M0, Sto.
5. **Кольорові мережі** – підтримують різні типи маркерів і умови спрацювання: Ncolour = S, T, F, M0, Type, Type\_S, Type\_F, Condition.
6. **Інгібіторні мережі** – додають інгібіторні дуги для блокування переходів: Ninhibitory = P, T, F, M0, де F = Fin, Fout, Fnot.

**Властивості мереж Петрі**

* **Обмеженість**: Кількість маркерів у позиції не перевищує K.
* **Безпечність**: 1-обмеженість (не більше одного маркера в позиції).
* **Збереженість**: Постійна кількість ресурсів Ai + Ni const.
* **Досяжність**: Можливість переходу між маркуваннями Mk до Mj.
* **Живучість**: Усі переходи можуть спрацьовувати, що виключає тупики чи зациклення.

**Аналіз мереж Петрі**

* **Граф досяжності** G = S, L відображає всі можливі стани та переходи між ними.
* Використовується для виявлення тупиків, необмеженого накопичення маркерів і оцінки динаміки.
* Аналіз властивостей (обмеженість, безпечність, живучість тощо) базується на графі досяжності.

**Програмне забезпечення**

Програма **PetriNet** дозволяє створювати, редагувати та моделювати мережі Петрі, виконувати покрокову симуляцію, будувати графи досяжності та аналізувати властивості.

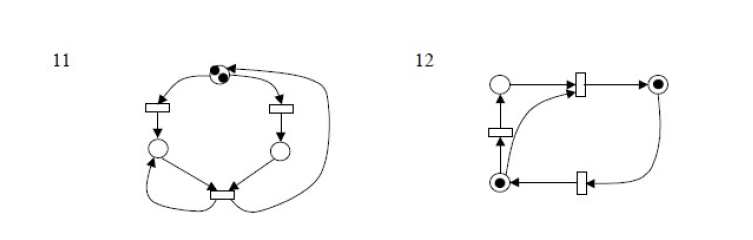
**Практичне застосування**

Мережі Петрі використовуються для моделювання МЕМС, оцінки швидкодії, аналізу динаміки та оптимізації ресурсів. Розширені моделі (часові, стохастичні, з пріоритетами) підвищують точність і гнучкість аналізу.

1. Вивчення теорії та прикладів.

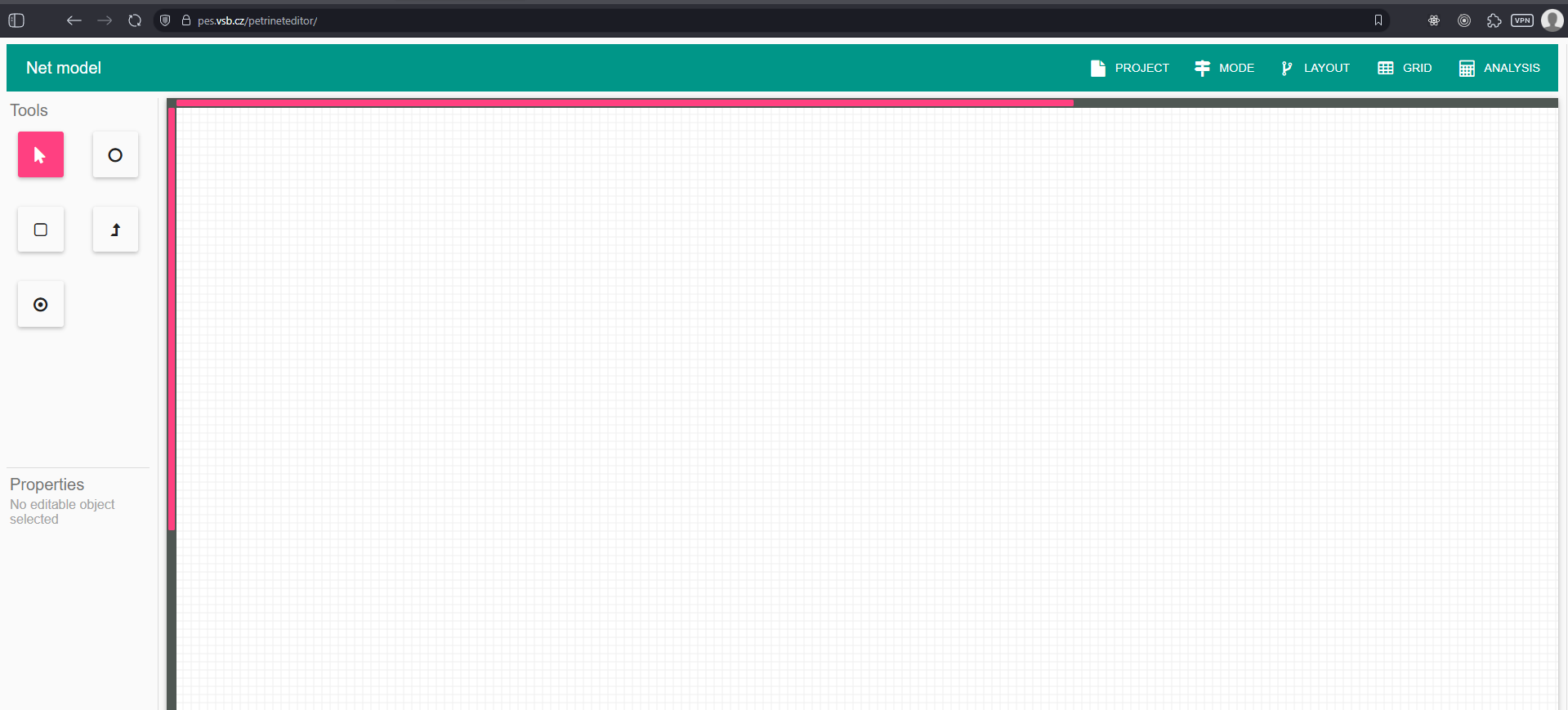
2. Дати короткі відповіді на контрольні запитання у пункті 4.

3. Вибрати індивідуальне завдання із пункту 3 за порядковим номером у списку підгрупи.

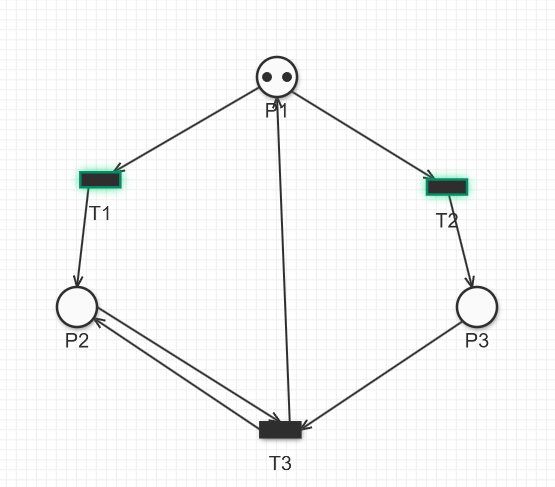


4. За допомогою програмного засобу PetriNet здійснити імітацію динаміки

роботи мережі Петрі, згідно свого варіанту завдання.



5. Побудувати граф досяжності мережі Петрі та провести аналіз її динаміки для



встановдення основних властивостей: обмеженість, безпечність,

збереженість, живучість та досяжність;

**1. Обмеженість**

Максимальна кількість міток у жодному з місць ніколи не перевищує 2. Отже, мережа **обмежена** (bounded), причому її гамма-обмеження k=2.

**2. Безпечність**

Для безпечності (safeness) потрібно, щоб у кожному місці усякчас було не більш ніж 1 маркер. Але у M3​ маємо P2 = 2, у M5 - P3 = 2. Отже мережа **не є безпечною**.

**3. Збереженість**

Сума всіх міток у кожному з досяжних маркувань завжди дорівнює

∣M0∣=2,  ∣M1∣=2,  …,  ∣M5∣=2.|

Тому мережа **збережена** (conservative) — жоден перехід не створює і не руйнує загальних міток.

**4. Живучість**

Перехід T3T\_3T3​ ніколи не може отримати достатньо маркерів на своїх входах (для нього потрібно P1 ≥ 1, P2 ≥ 2, P3 ≥ 1. Отже T3​ завжди «мертвий», є мертві кінцеві відгалуження, а значить мережа **не є живою** (not live).

**5. Досяжність**

Ми явно побудували весь граф досяжності та виписали всі шість маркувань. Цим доведена множина досяжних станів і перевірено, що більше жодних інших маркувань із M0 не дістанемо.

Висновок:

* Обмежена (bounded),
* Не безпечна (not safe),
* Збережена (conservative),
* Не жива (not live),
* Граф досяжності побудований повністю — всі шість маркувань.

6. Сформулювати основні висновки з отриманих результатів.

7. Оформити звіт за результатами виконання лабораторної роботи.

**Висновок**

У ході виконання лабораторної роботи було побудовано граф досяжності заданої мережі Петрі з початковим маркуванням M0 = (2,0,0). Аналіз динаміки показав, що мережа є обмеженою (максимум дві мітки в будь-якому місці), не є безпечною (у деяких станах місця містять по дві мітки), але при цьому збережена (сума міток завжди лишається сталою і дорівнює 2). Також встановлено, що в мережі існують мертві переходи (T3T\_3T3​ ніколи не може спрацювати), отже вона не є живою. Повний граф досяжності складається з шести маркувань {(2,0,0), (1,1,0), (1,0,1), (0,2,0), (0,1,1), (0,0,2), що доводить повноту дослідження досяжності. Загалом мережа є обмеженою, збереженою, але не безпечною й не живою.