ЛЕКЦІЯ 11

Програмне забезпечення Петрі-об’єктного моделювання систем

Алгоритм імітації Петрі-об'єктної моделі

- Формувати список Петрі-об'єктів;
- Виконати перетворення $\left(D^-\right)^m$ (метод input());
- Доки не досягнутий момент завершення моделювання
  - Просунути час в момент найближчої події;
  - визначити список конфліктних об'єктів та вибрати об'єкт із списку конфліктних об'єктів;
  - для вибраного об'єкта виконати перетворення $\left(D^-\right)^m \circ D^+$ (методи output(), input(), doT()) ;
  - для всіх інших об'єктів виконати перетворення $\left(D^-\right)^m$ (метод input());
- Вивести результати моделювання.

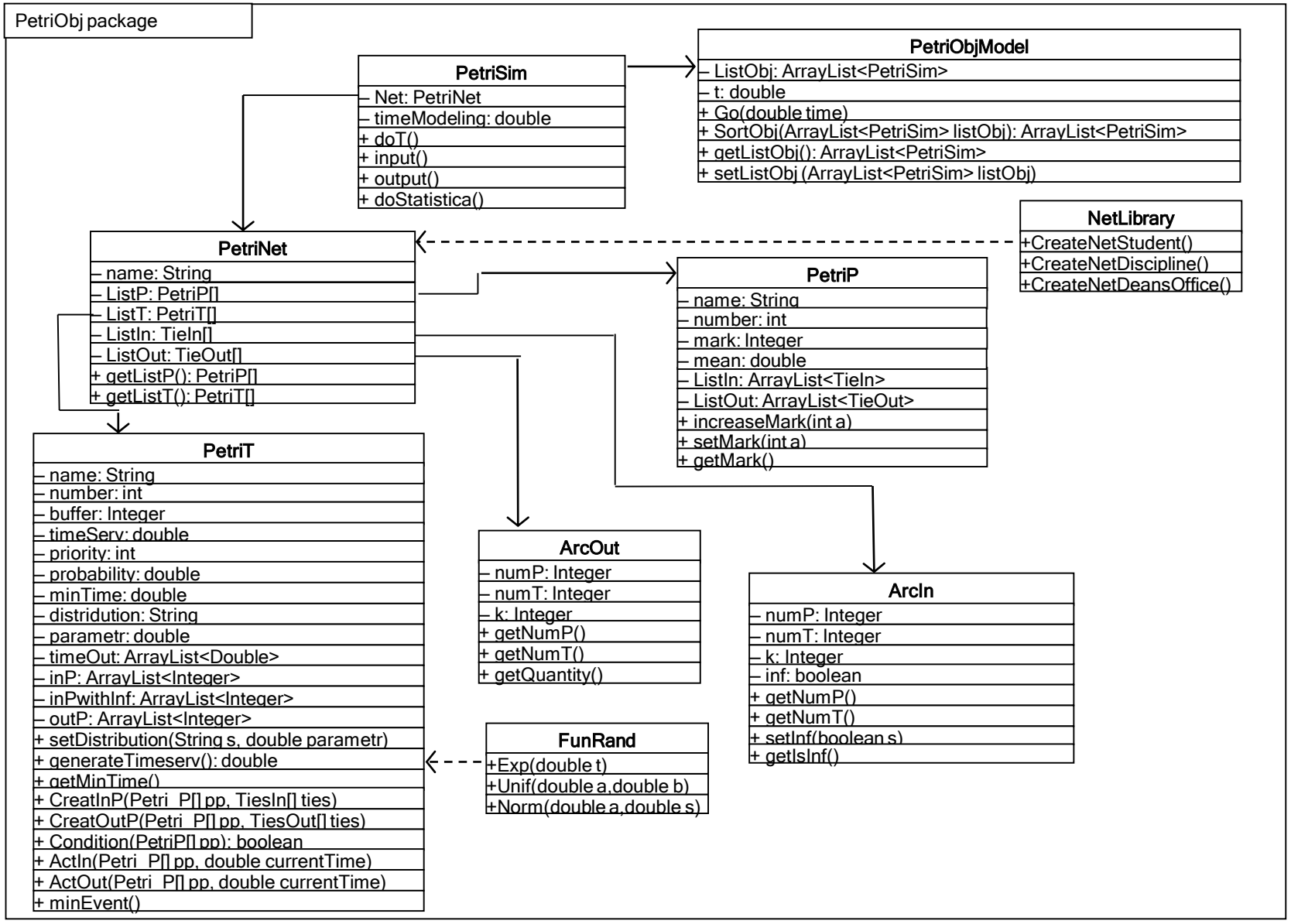
Анализ обчислювальної складности алгоритму:

$$O\left(\left|\mathbf{T}\right|^2 \cdot V \cdot timeMod \cdot \left(\underset{T\in\mathbf{T}}{mean}\left|T^\bullet\right| + V + V \cdot \left|\mathbf{T}\right| \cdot \underset{T\in\mathbf{T}}{mean}\left|{}^\bullet T\right| + V^2 \cdot \left|\mathbf{T}\right| + V \cdot K^2\right)\right)$$

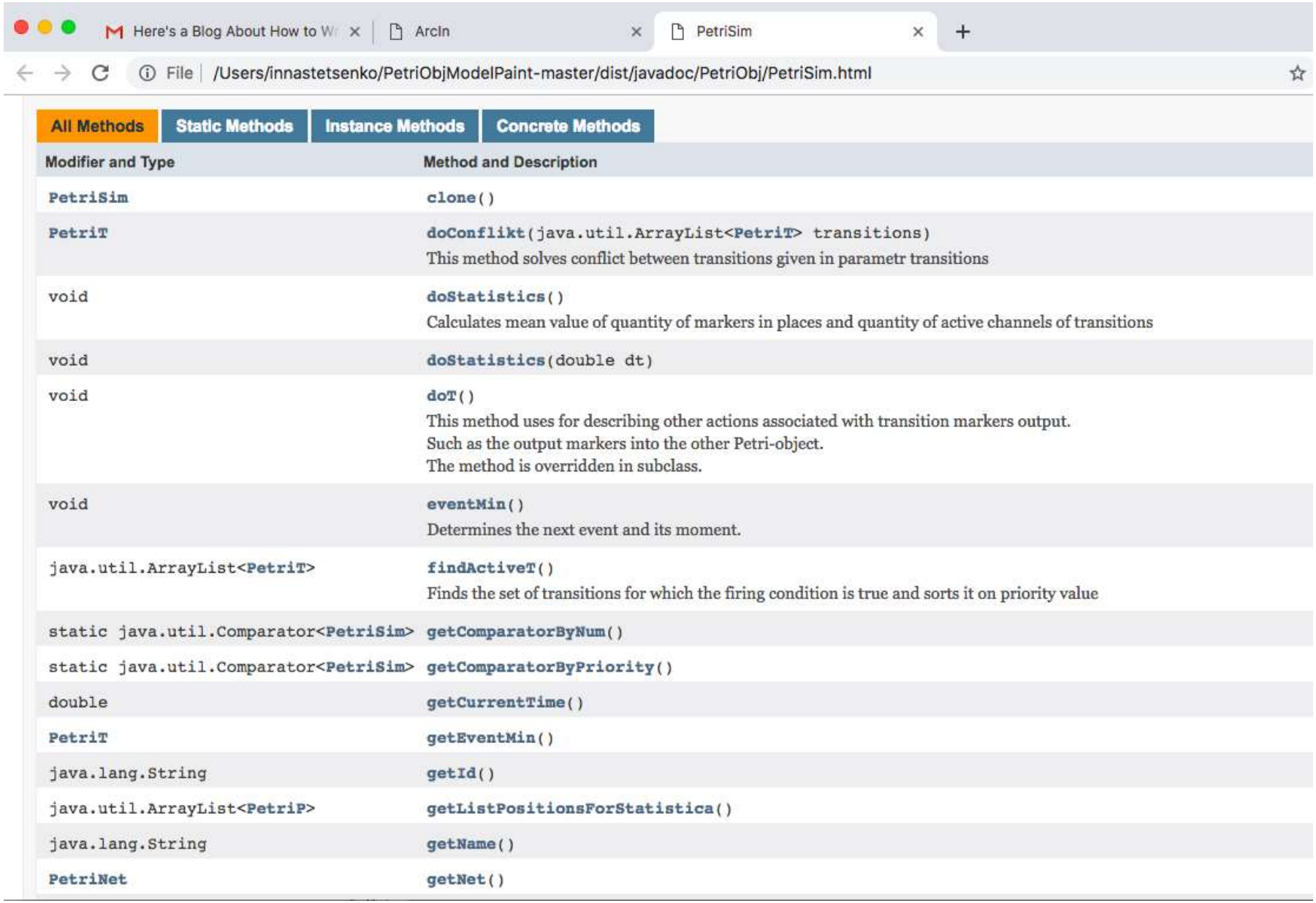
Середня кількість активних каналів переходів

Середня кількість конфліктних переходів

Бібліотека класів PetriObj https://github.com/StetsenkoInna/PetriObjModelPaint



Документація



Метод go() об’єкту PetriObjModel

```
public void go(double timeModeling) {
        double min;
        this.setSimulationTime(timeModeling);
        this.setCurrentTime(0.0);

        getListObj().sort(PetriSim.getComparatorByPriority());
        for (PetriSim e : getListObj()) {
            e.input();
        }
        ArrayList<PetriSim> conflictObj = new ArrayList<>();
        Random r = new Random();

        while (this.getCurrentTime() < this.getSimulationTime()) {
            conflictObj.clear();
            min = getListObj().get(0).getTimeMin();

            for (PetriSim e : getListObj()) {
                if (e.getTimeMin() < min) {
                    min = e.getTimeMin();
                }
            }
```

Метод go() об’єкту PetriObjModel

```
if (isStatistics() == true) {
      for (PetriSim e : getListObj()) {
         if (min > 0) {
              if(min<this.getSimulationTime())
                  e.doStatistics((min - this.getCurrentTime()) / min);
              else
                  e.doStatistics(
                  (this.getSimulationTime() - this.getCurrentTime()) /
                   this.getSimulationTime());
         }
      }
 }
 this.setCurrentTime(min);
```

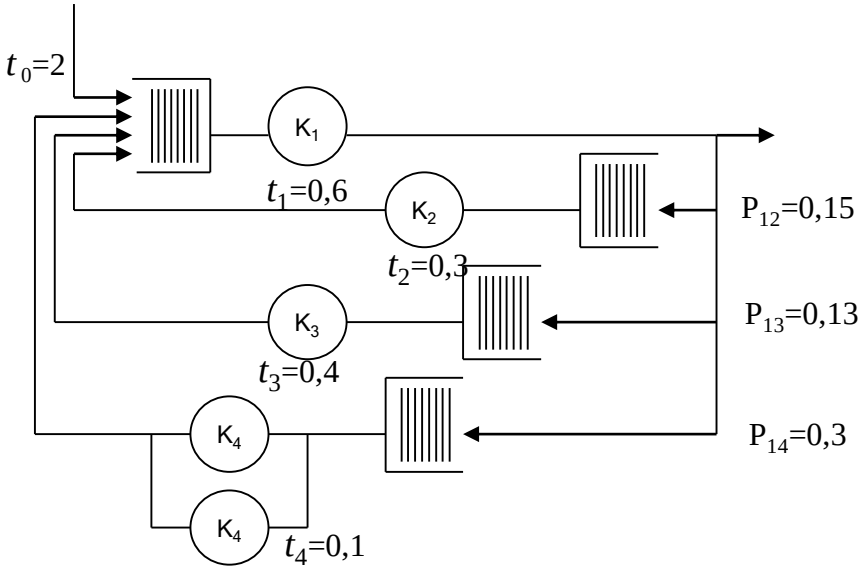
Метод go() об’єкту PetriObjModel

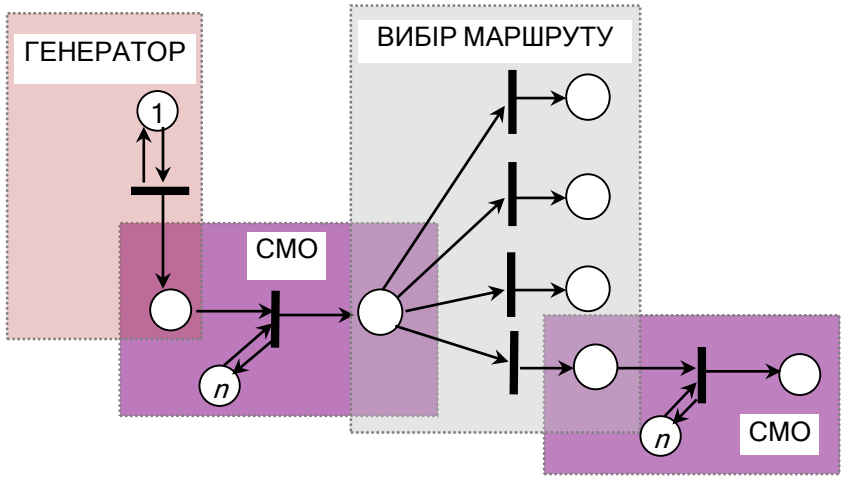
```
if (this.getCurrentTime() <= this.getSimulationTime()) {
    for (PetriSim sim : getListObj()) {
        if (this.getCurrentTime() == sim.getTimeMin()) {
            conflictObj.add(sim);
        }
    }
    int num;
    int max;
    if (conflictObj.size() > 1) { //вибір об'єкта, що запускається
        max = conflictObj.size();
        conflictObj.sort(PetriSim.getComparatorByPriority());
        for (int i = 1; i < conflictObj.size(); i++) {
              if (conflictObj.get(i).getPriority() <
                        conflictObj.get(i - 1).getPriority()) {
                max = i - 1;
                break;
            }
        }
        if (max == 0) {.   num = 0; }
        else {.  num = r.nextInt(max); }
    } else {.  num = 0;  }
```

Метод go() об’єкту PetriObjModel

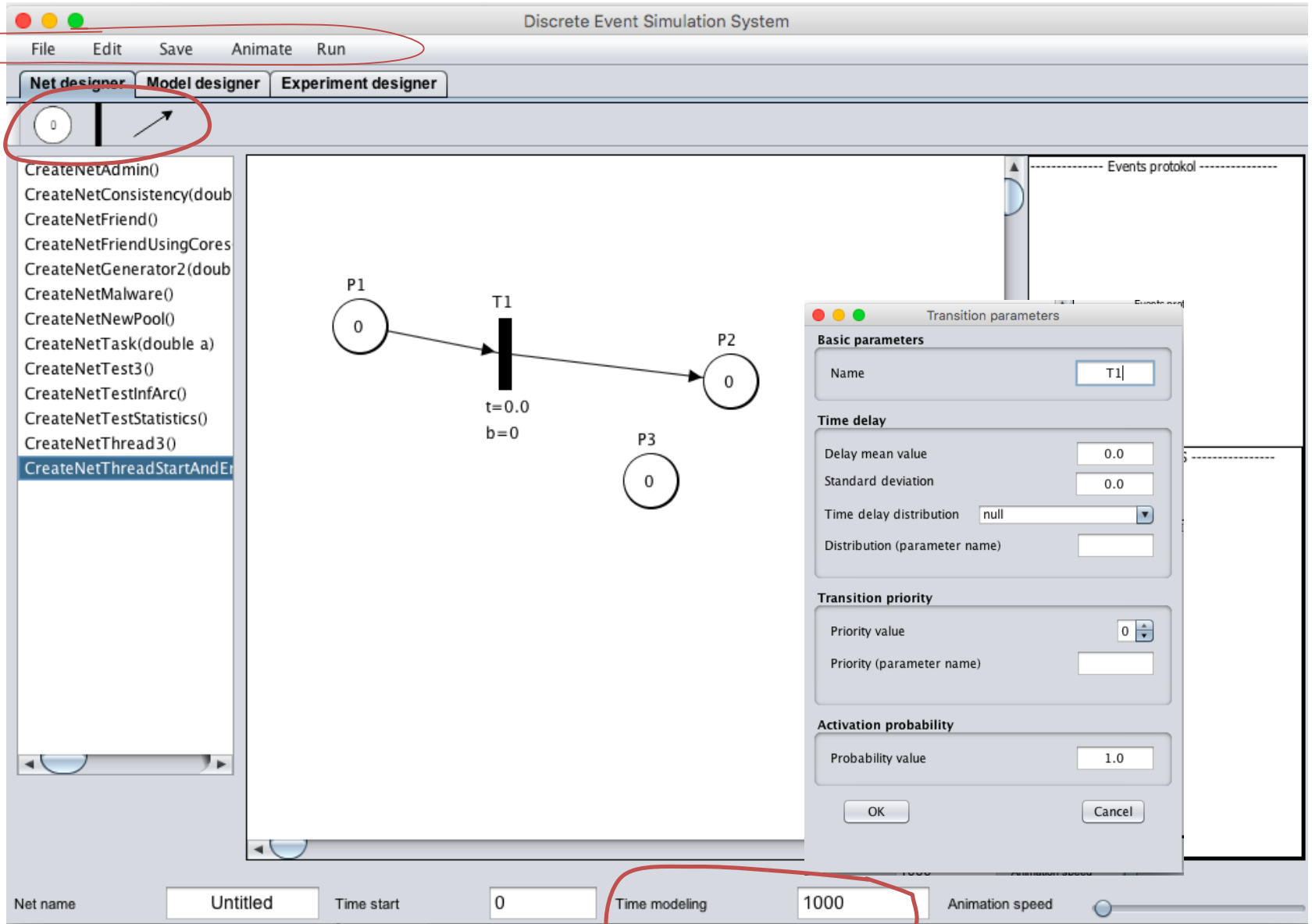
```
                for (PetriSim sim: getListObj()) {
                     if (sim.getNumObj() == conflictObj.get(num).getNumObj()) {
                          sim.doT();
                          sim.output();
                     }
                }

                Collections.shuffle(getListObj());

                getListObj().sort(PetriSim.getComparatorByPriority());

                for (PetriSim e : getListObj()) {
                     e.input();
                }
           }
        }
        getListObj().sort(PetriSim.getComparatorByNum());
}
```

Приклад розробки Петрі-об’єктної моделі з використанням бібліотеки PetriObjLib





Використання графічного редактора для розробки мережі Петрі



Конструювання мережі Петрі

```
public static PetriNet CreateNetSMOwithoutQueue(int numChannel, double timeMean,
String name) throws ExceptionInvalidTimeDelay, ExceptionInvalidNetStructure{
        ArrayList<PetriP> d_P = new ArrayList<>();
        ArrayList<PetriT> d_T = new ArrayList<>();
        ArrayList<ArcIn> d_In = new ArrayList<>();
        ArrayList<ArcOut> d_Out = new ArrayList<>();
        d_P.add(new PetriP("P1",0));
        d_P.add(new PetriP("P2",numChannel));
        d_P.add(new PetriP("P3",0));
        d_T.add(new PetriT("T1",timeMean,Double.MAX_VALUE));
        d_T.get(0).setDistribution("exp", d_T.get(0).getTimeServ());
        d_T.get(0).setParamDeviation(0.0);
        d_In.add(new ArcIn(d_P.get(0),d_T.get(0),1));
        d_In.add(new ArcIn(d_P.get(1),d_T.get(0),1));
        d_Out.add(new ArcOut(d_T.get(0),d_P.get(1),1));
        d_Out.add(new ArcOut(d_T.get(0),d_P.get(2),1));
        PetriNet d_Net = new PetriNet("SMOwithoutQueue"+name,d_P,d_T,d_In,d_Out)
        PetriP.initNext();
        PetriT.initNext();
        ArcIn.initNext();
        ArcOut.initNext();
         return d_Net;
}
```

Конструювання Петрі-об’єктів

```
ArrayList<PetriSim> list = new ArrayList<>();
  list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetGenerator(2.0)));
  list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(1, 0.6,"First")));
  list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(1, 0.3, "Second")));
  list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(1, 0.4,"Third")));
  list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(2, 0.1,"Forth")));
  list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetFork(0.15, 0.13, 0.3)));
```

Графічний редактор Петрі-об’єктної моделі

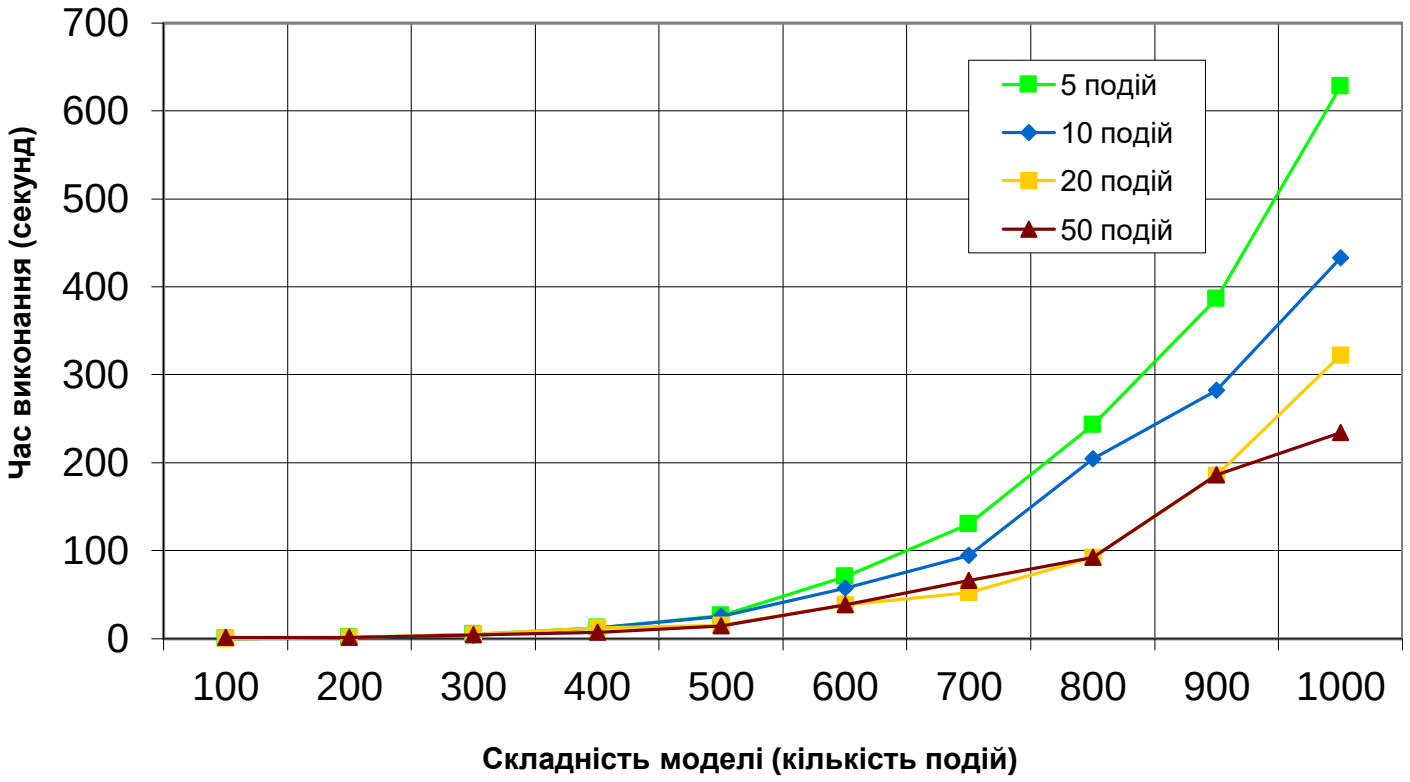
Конструювання Петрі-об’єктної моделі

```
public static PetriObjModel getModel() throws ExceptionInvalidTimeDelay,
ExceptionInvalidNetStructure{
   ArrayList<PetriSim> list = new ArrayList<>();
   list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetGenerator(2.0)));
   list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(1, 0.6,"First")));
   list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(1, 0.3, "Second")));
   list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(1, 0.4,"Third")));
   list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetSMOwithoutQueue(2, 0.1,"Forth")));
   list.add(new PetriSim(NetLibrary.CreateNetFork(0.15, 0.13, 0.3)));

   list.get(0).getNet().getListP()[1] = list.get(1).getNet().getListP()[0];
   list.get(1).getNet().getListP()[2] = list.get(5).getNet().getListP()[0];
   list.get(5).getNet().getListP()[1] = list.get(2).getNet().getListP()[0];
   list.get(5).getNet().getListP()[2] = list.get(3).getNet().getListP()[0];
   list.get(5).getNet().getListP()[3] = list.get(4).getNet().getListP()[0];
   list.get(2).getNet().getListP()[2] = list.get(1).getNet().getListP()[0];
   list.get(3).getNet().getListP()[2] = list.get(1).getNet().getListP()[0];
   list.get(4).getNet().getListP()[2] = list.get(1).getNet().getListP()[0];
   PetriObjModel model = new PetriObjModel(list);
   return model;
}
```

Точність результатів моделювання

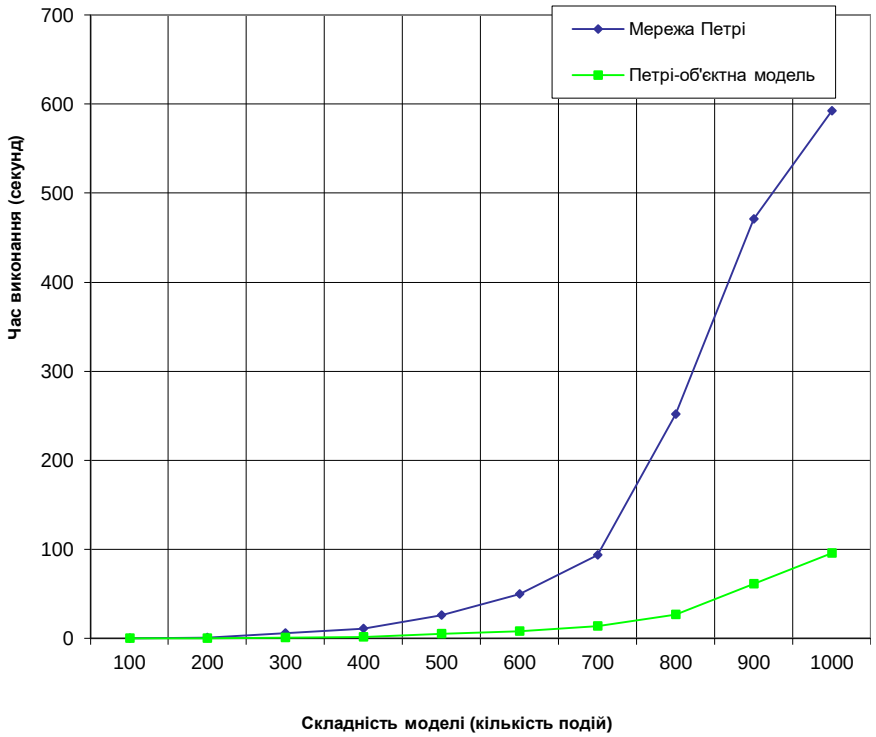
Результати аналітичного моделювання	Результати Петрі-об’єктного моделювання
Середня довжина черги СМО1 = 1,786 Середня довжина черги СМО2 = 0,003 Середня довжина черги СМО3 = 0,004 Середня довжина черги СМО4 = 0,00001 Середня зайнятість пристроїв СМО1 = 0,714 Середня зайнятість пристроїв СМО2 = 0,054 Середня зайнятість пристроїв СМО3 = 0,062 Середня зайнятість пристроїв СМО4 = 0,036	Середня довжина черги СМО1 = 1,766 Середня довжина черги СМО2 = 0,0041 Середня довжина черги СМО3 = 0,0035 Середня довжина черги СМО4 = 0,00001 Середня зайнятість пристроїв СМО1 = 0,714 Середня зайнятість пристроїв СМО2 = 0,054 Середня зайнятість пристроїв СМО3 = 0,065 Середня зайнятість пристроїв СМО4 = 0,035

Дослідження ефективності алгоритму імітації Петрі-об’єктної моделі прі зростанні складності об’єктів

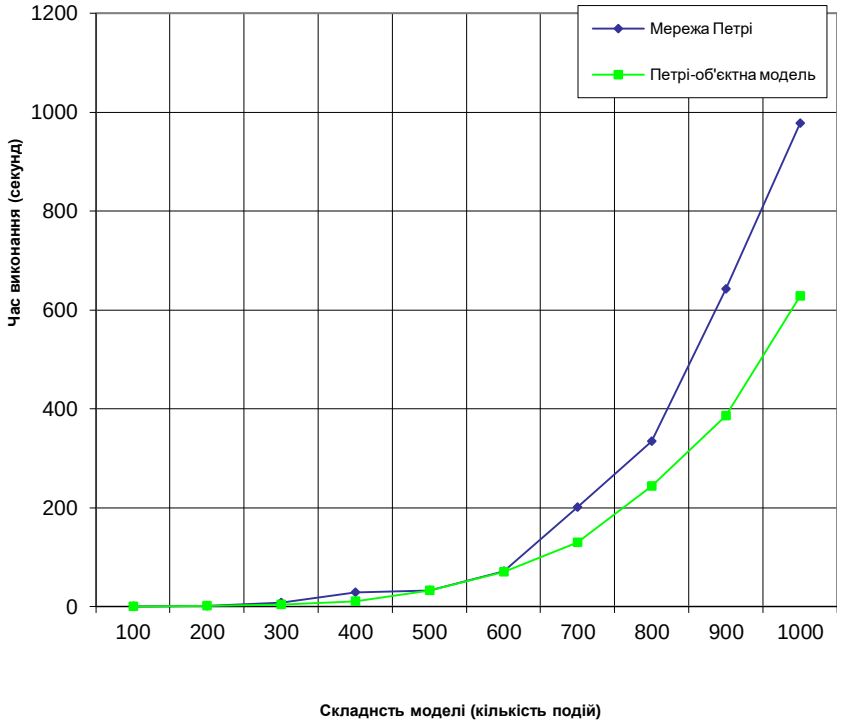


Дослідження ефективності алгоритму імітації Петрі-об’єктної моделі

а) переходи з детермінованими затримками



б) переходи зі стохастичними затримками



Петрі-об’єктна модель

- це засіб формального опису систем, який:

1) має математичний опис, а значить, має високу ступінь абстракції та найбільш формалізований опис алгоритму імітації;

2) допускає використання не тільки імітаційних методів дослідження, але й аналітичні методи;

3) Надає можливість створювати моделі великих і складних систем з найменьшими витратами часу та зусиль;

4) основивается на ОРеменной стохастической сети Петри, а значит, допускает наиболее детализированное описание дискретно-собитийних процессов функционирования;

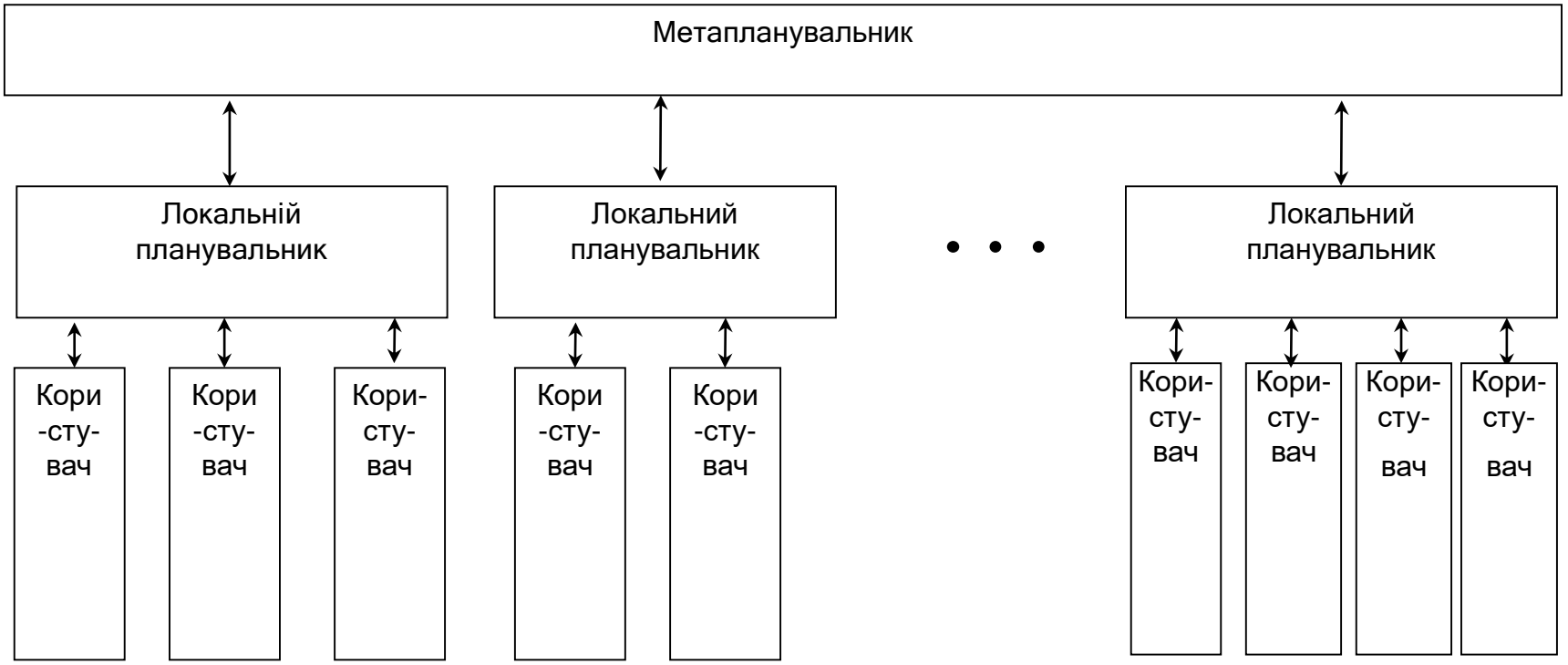
5) основивается на объектно-ориентированной технологии, а значит, допускает моделирование структури больших систем и совместимость с другими информационними технологиями.

Практичне застосування Петрі-об’єктного моделювання

- Моделювання систем управління (навчальний процес, транспортні системи, грід-системи)
- Моделювання паралельних обчислень (багатопоточність, синхронізація, дослідження: дедлоків, конфліктів доступу до спільної пам’яті)
- Моделювання процесів управління організаціями та підприємствами (процесно-орієнтований підхід до управління)
- Розподілене моделювання (модель великої системи будується за участю колективу розробників). Це ідея і концепція, якої притрімувались при розробці ООП
- Петрі-процесор (Петрі-машина) і «нова парадигма обчислень»

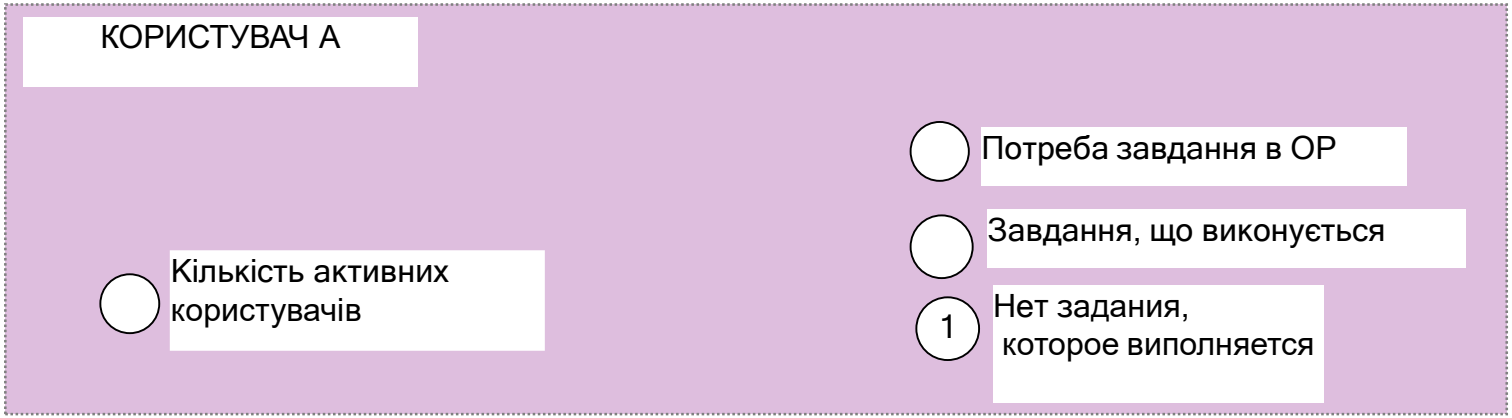
Петрі-об’єктна модель системи управління розподіленими обчислювальними ресурсами

Архітектура двухрівневої грід-системи

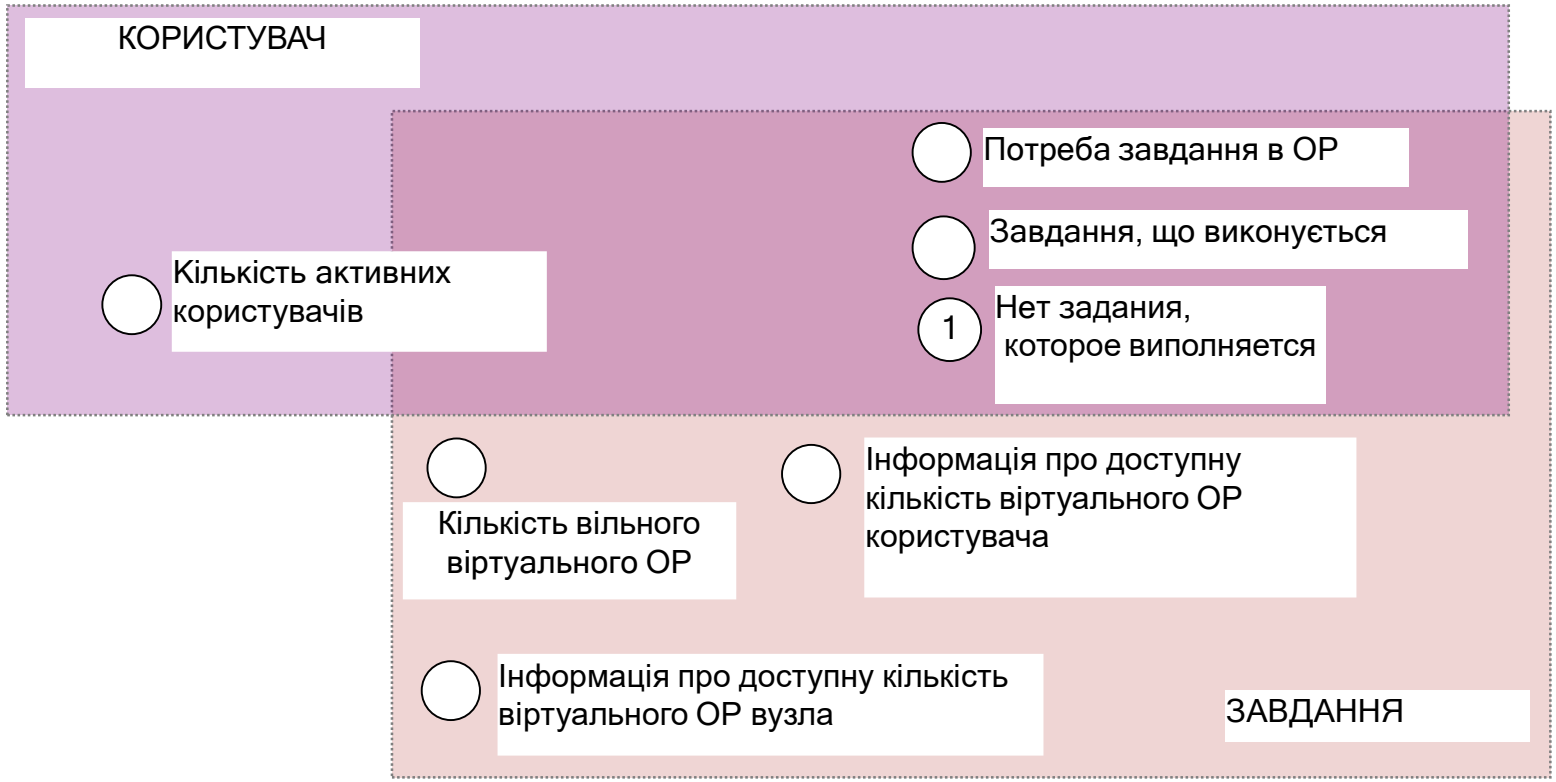


Частина доступного ресурсу: $x_i = \frac{p_i}{\sum_{i \in A} p_i}$ $\sum_i x_i = 1$

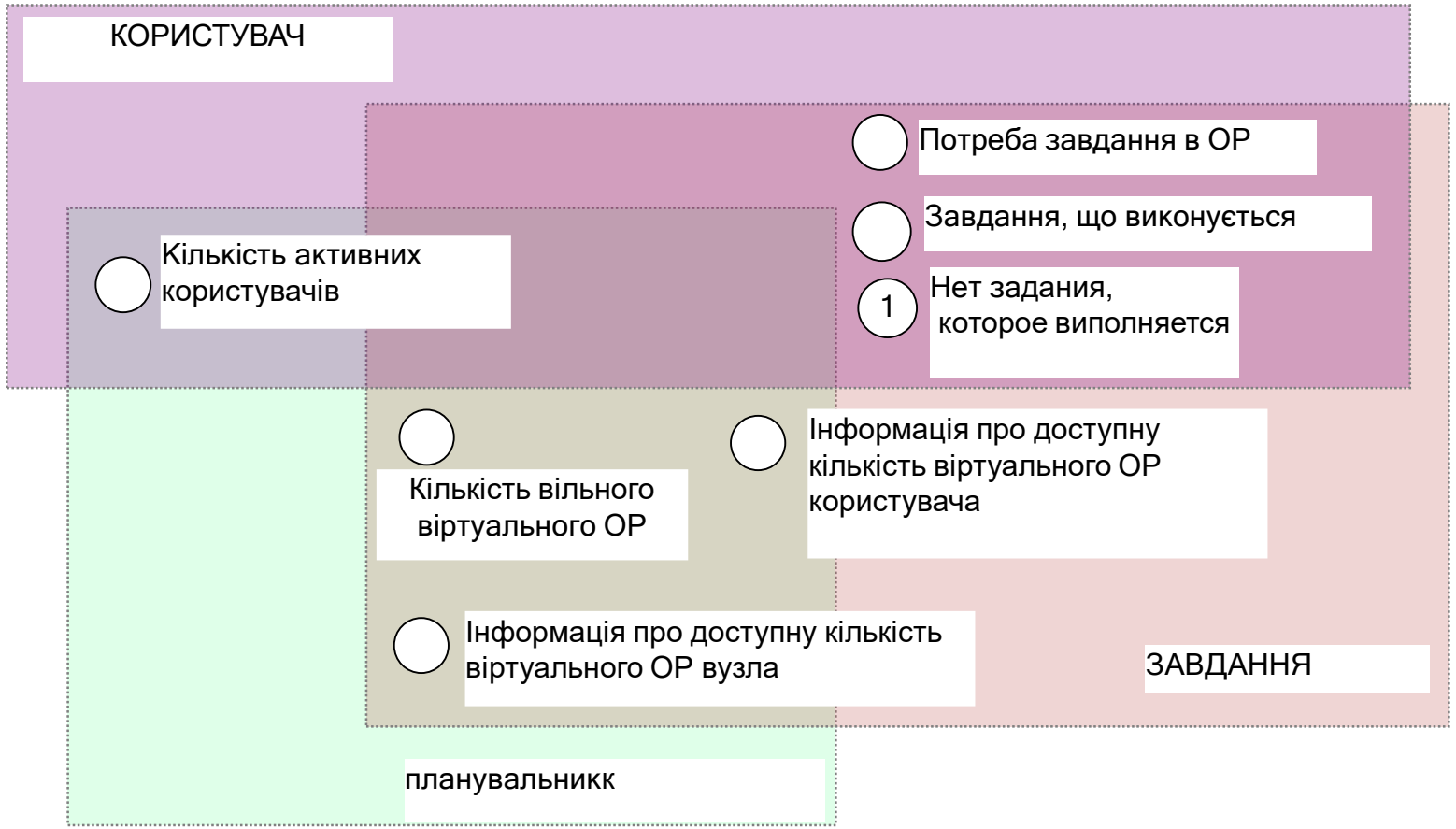
Петрі-об’єктна модель системи управління розподіленими обчислювальними ресурсами



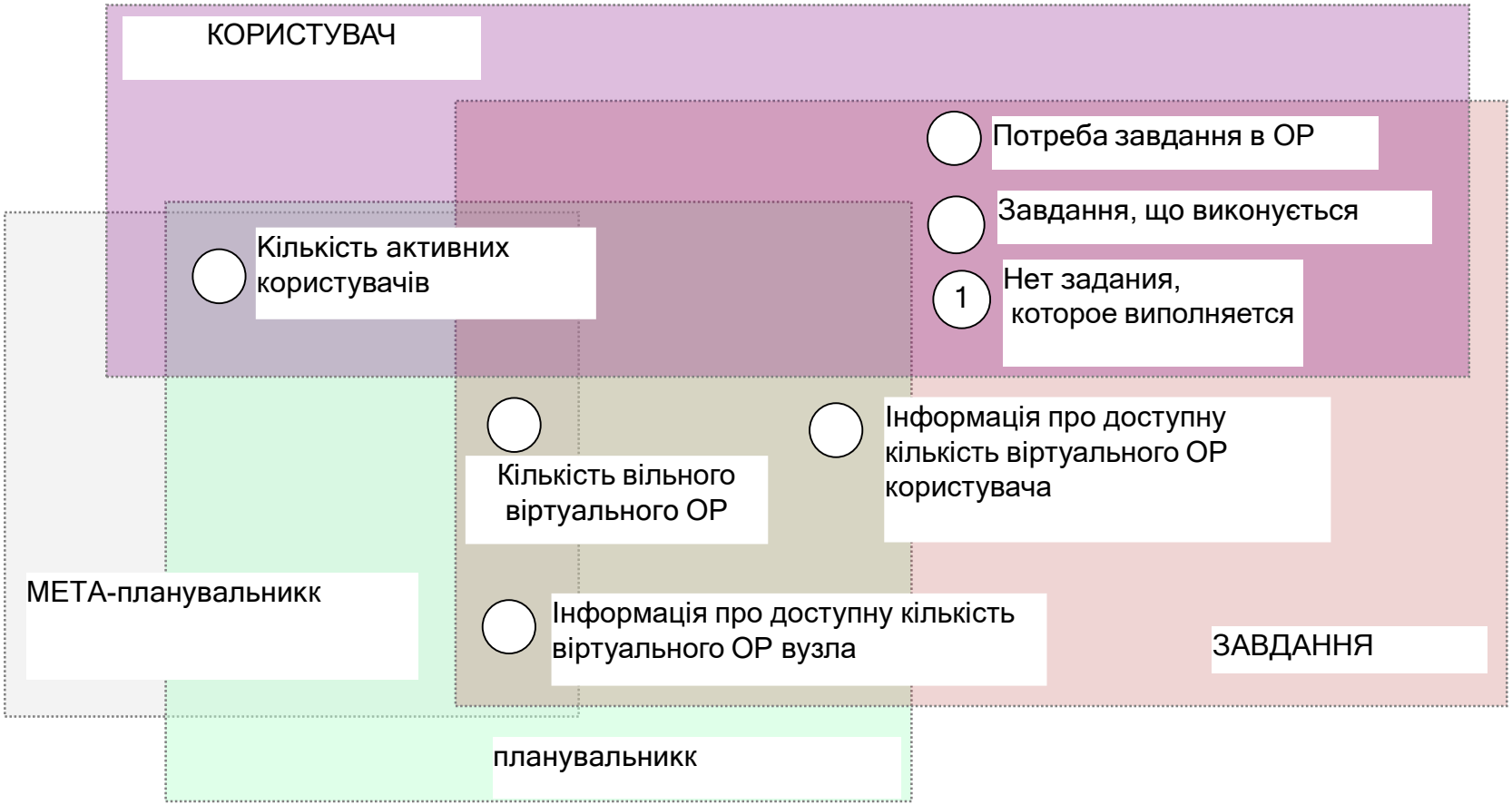
Петрі-об’єктна модель системи управління розподіленими обчислювальними ресурсами



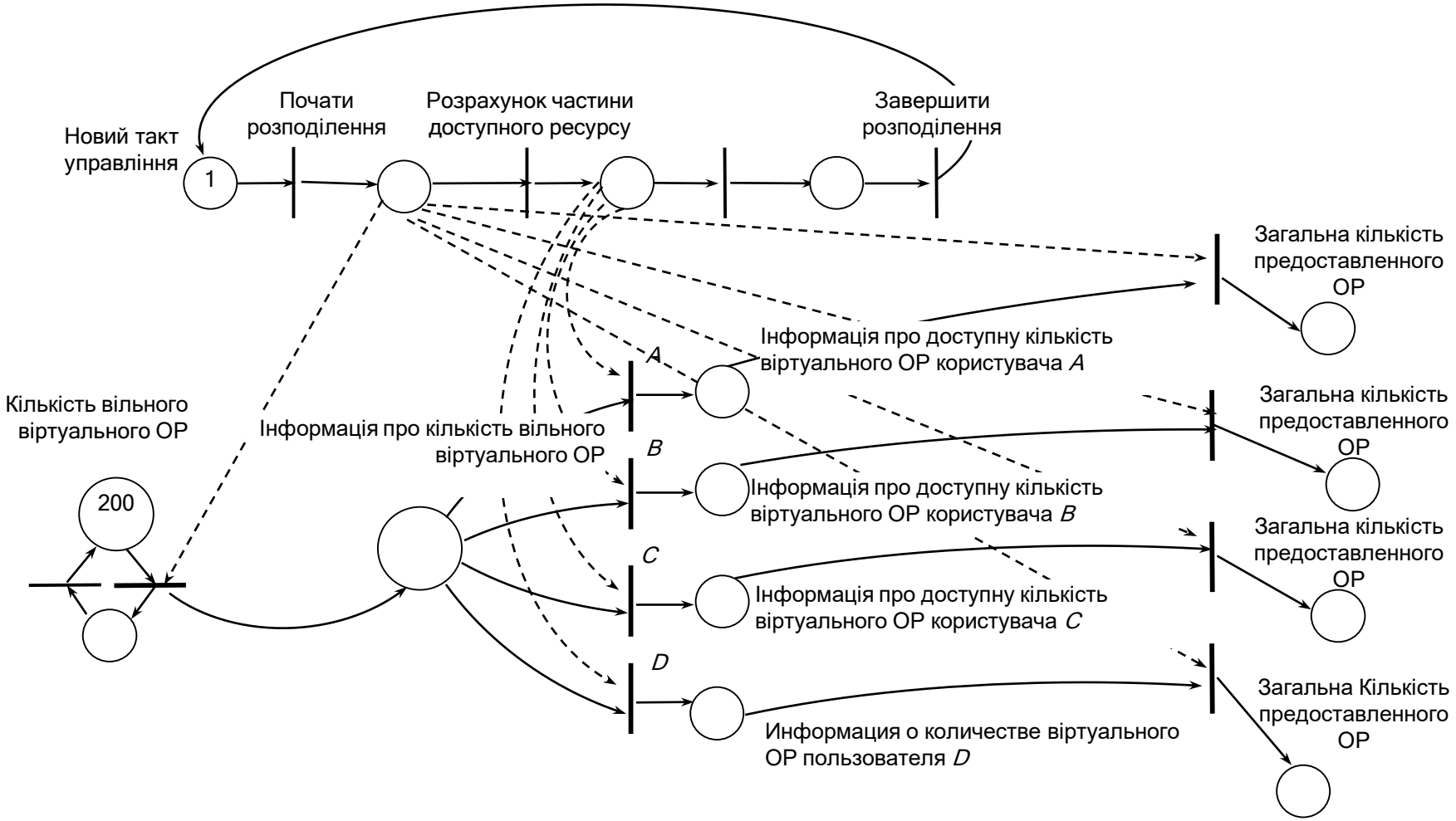
Петрі-об’єктна модель системи управління розподіленими обчислювальними ресурсами



Петрі-об’єктна модель системи управління розподіленими обчислювальними ресурсами



Мережа Петрі-об’єкта «планувальник»



Результати дослідження впливу типу управління на ефективність функціонування системи

Петрі-об’єктна модель системи управління транспортним рухом. Постановка задачі

Входні змінні моделі:

- структура ділянки дорожнього руху,
- Інтенсивності надходження авто у вхідні точки ділянки дорожнього руху
- середня швидкість руху та довжина шляху між сусідніми перехрестями
- засоби регулювання дорожнім рухом на перехрестях
- параметри світлофорних об’єктів управління
- вимоги безпеки дорожнього руху

Вихідні змінні моделі:

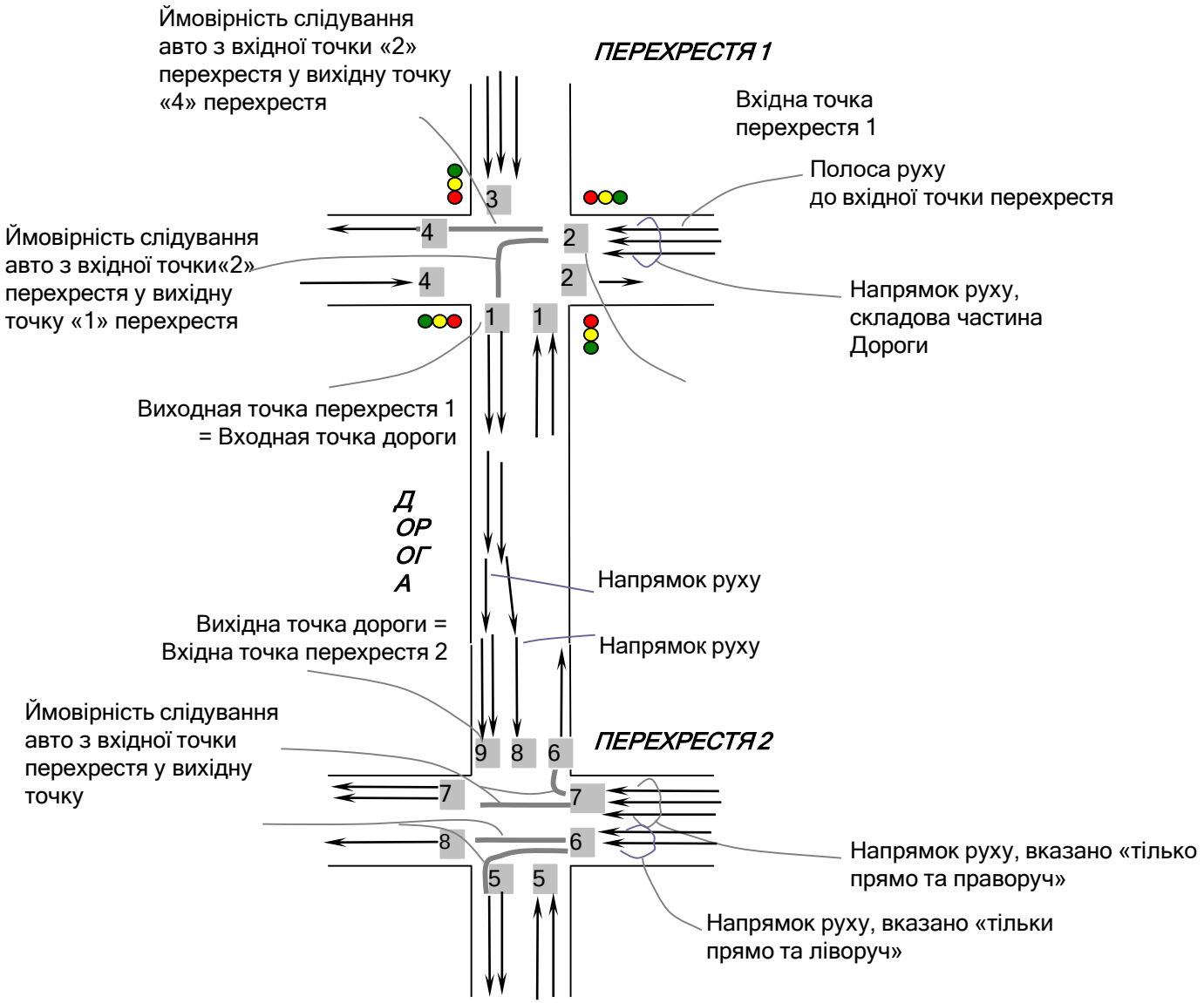
- середня кількість авто, що очікують переїзду, на кожному перехресті в кожному напрямку,
- найбільше зі значень середньої кількості авто, що очікують переїзду, на кожному перехресті в кожному напрямку
- оптимальні значення параметрів управління

Критерій оптимальності

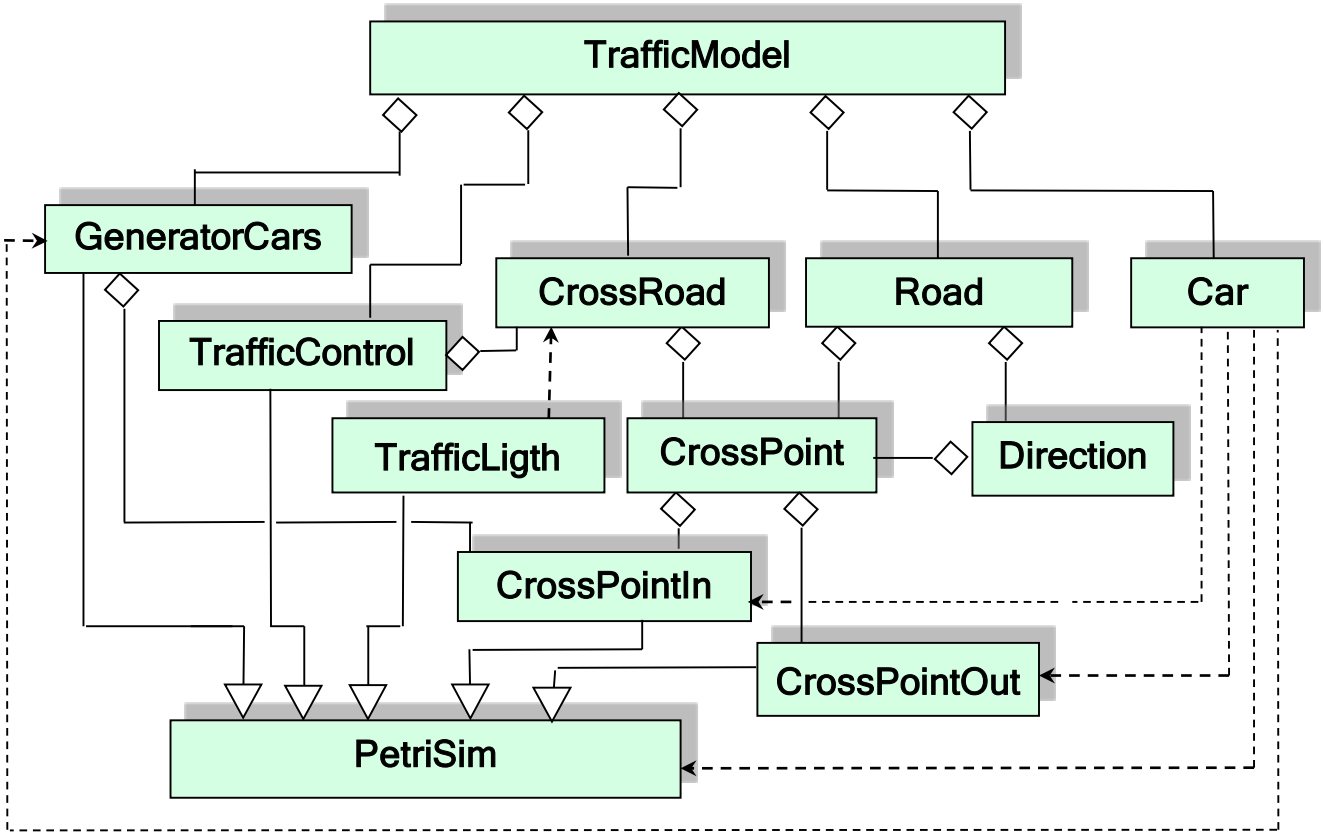
$$z = \max(L_1, L_2, L_3, ...L_k) \to \min$$

Среднее Кількість авто, ожидающих переезда в і-ой точке

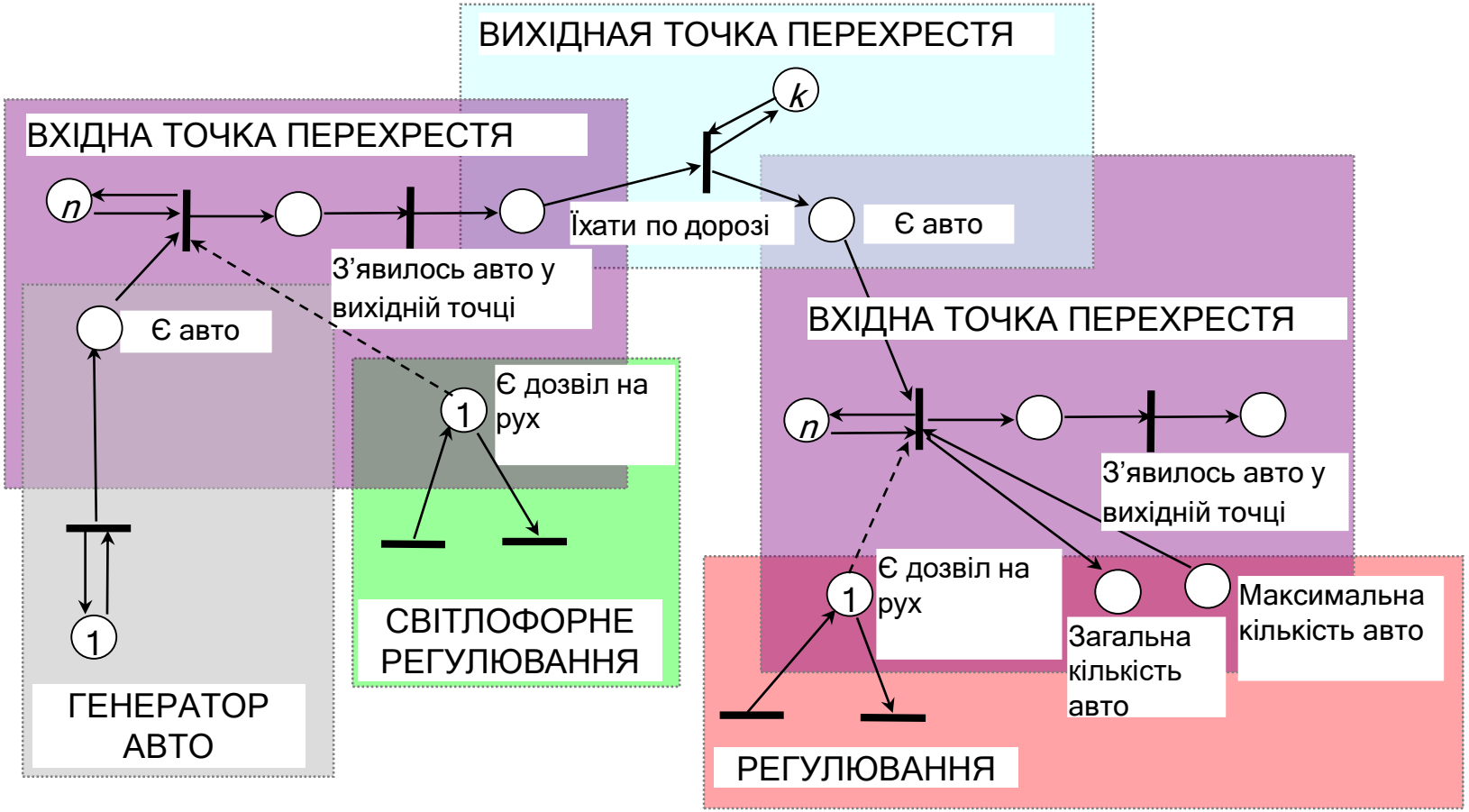
Схема ділянки дорожного руху



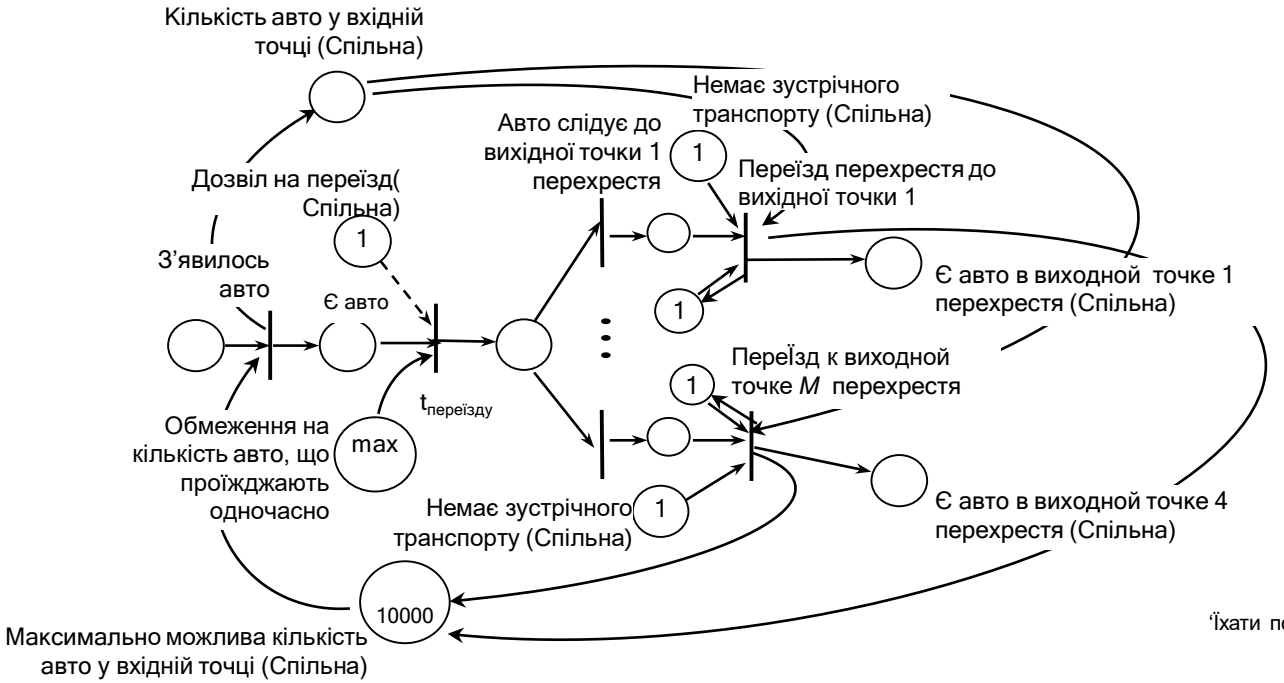
Діаграма класів Петрі-об’єктної моделі системи управління дорожнім рухом



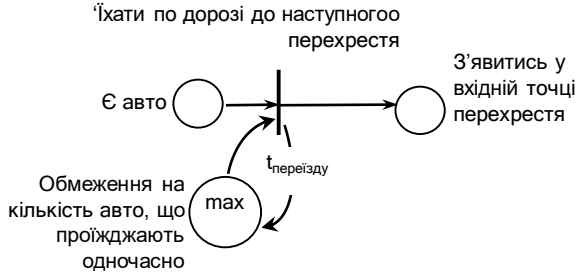
Діаграма зв’язків Петрі-об’єктів моделі системи управління транспортним рухом



Мережа Петрі-об’єктів Вхідна та Вихідна точки перехрестя

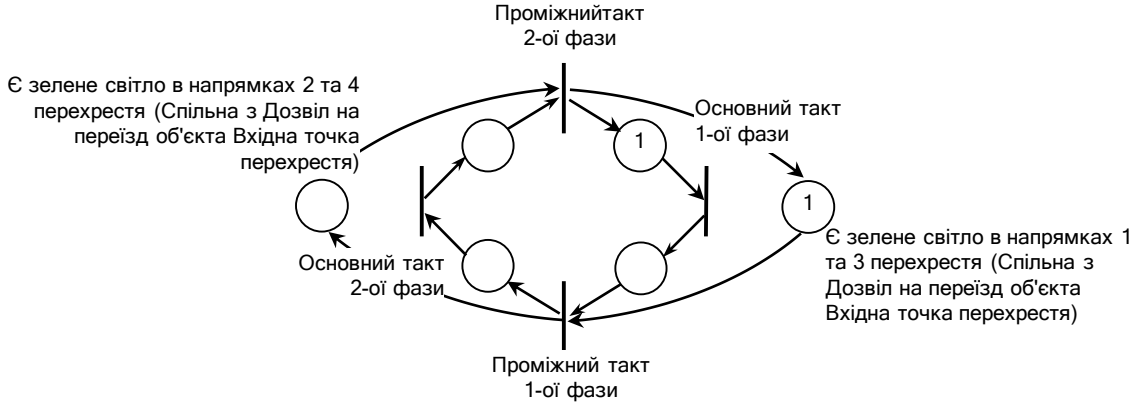


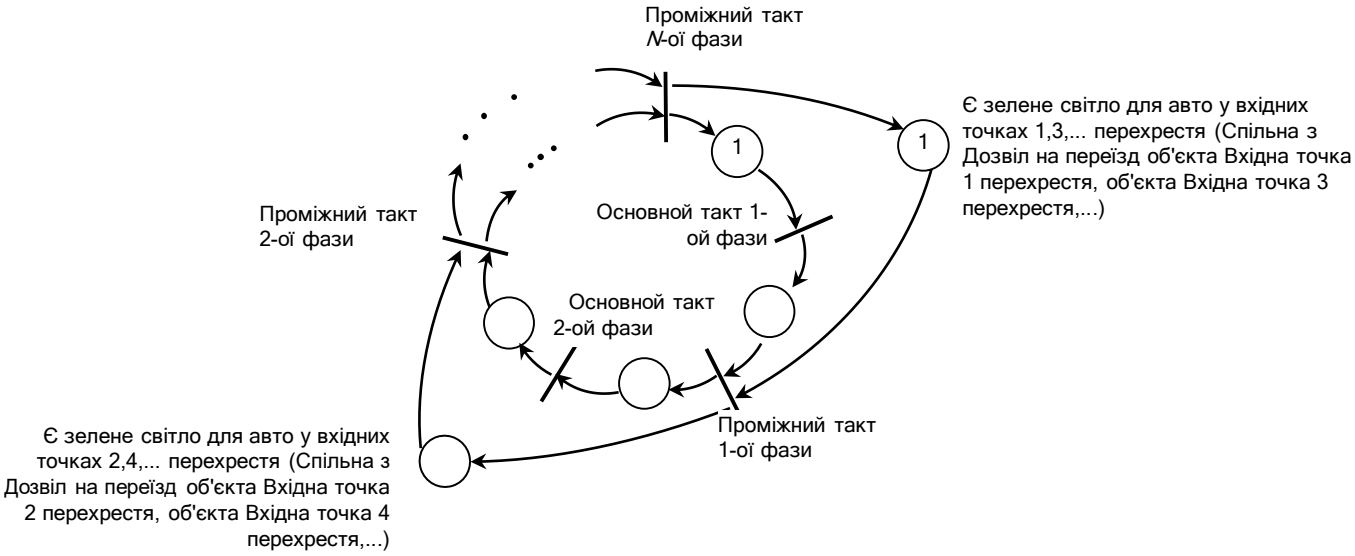
Вхідна точка перехрестя



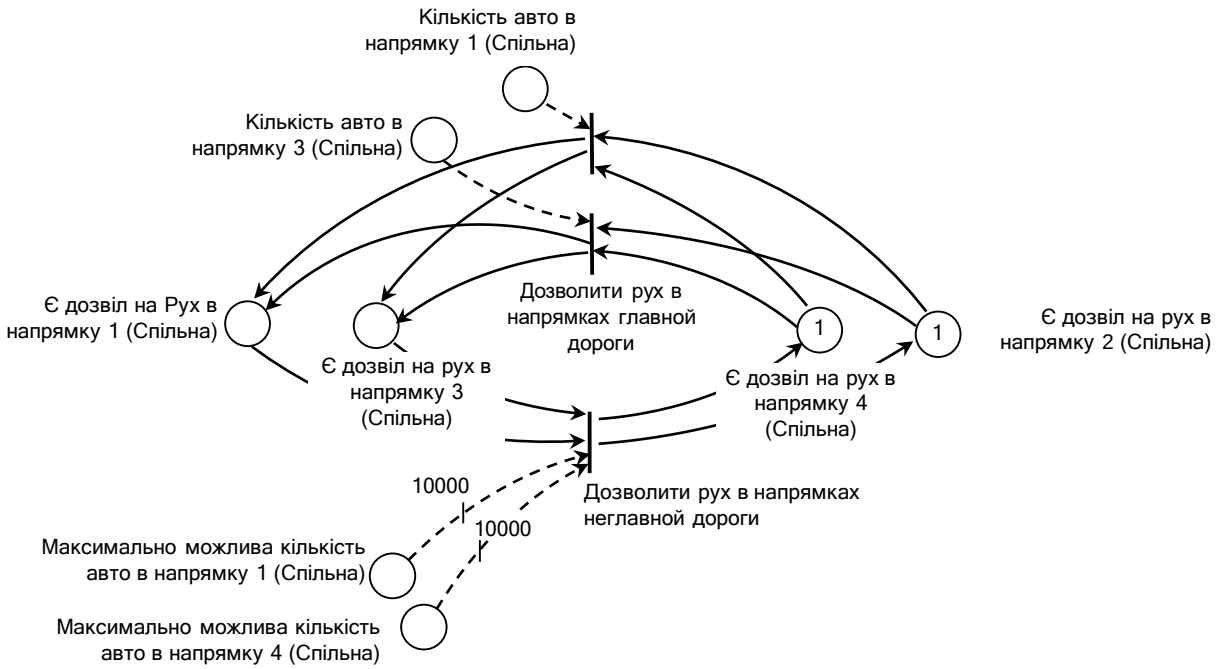
Вихідна точка перехрестя

Мережа Петрі-об'єкта світлофорне регулювання





Сеть Петри-об'єкта Регулювання знаками дорожнього руху



Мережа Петрі-об'єкта Регулювання (правило «Пропустити авто справа»)