

заданной матрицы суточных данных измерений мощности электропотребления на годовом интервале наблюдения приведены основные алгоритмы статистической обработки при условии нормального закона распределения значений электропотребления. Определена последовательность операций формирования:

- числа компонентов модели;
- ансамблей однородных реализаций компонент составного нестационарного процесса электропотребления;
- проверки статистических гипотез о законе распределения исследуемых статистик;
- вычислений статистических оценок характеристик периодического случайного процесса.

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 472 с.

2. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон; пер. с англ. И.Г. Журбенко, В.П. Носко. – М.: Мир, 1967. – 759 с.

3. Марченко Б.Г. Лінійні періодичні процеси / Б.Г. Марченко // Праці Ін-ту електродинаміки НАНУ. – К.: ІЕД НАНУ, 1999. – с.172-185; 1999. – с. 172-185.

4. Щербак Т.Л. Інформаційна технологія діагностики динаміки процесів електроспоживання організацій у штатному і нештатному режимах: Автореферат дисертації на здобуття к.т.н. – К.: НАУ, 2010. – 20 с.

*Поступила 16.10.2013р.*

УДК 004.942

В. М. Теслюк, д.т.н., професор кафедри САП, НУ “Львівська політехніка”,  
В.В. Береговський, викладач коледжу електронних приладів Івано-  
Франківського Національного технічного університету нафти і газу,  
Т.В. Теслюк, студент кафедри САП, НУ “Львівська політехніка”,  
А.Р. Сидор, асистент кафедри іноземних мов, НУ “Львівська політехніка”,  
А. Я. Лозинський, студент кафедри САП НУ “Львівська політехніка”.

## **МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОГО РІВНЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ МЕРЕЖ ПЕТРІ**

В статті розроблено метод автоматизованого синтезу моделей на основі мереж Петрі для системного рівня проектування. Побудований метод використовує структуру системи, яка описується набором елементів та зв'язками між ними. На основі чого будується орієнтований граф та, відповідно,

© В. М. Теслюк, В.В. Береговський, Т.В. Теслюк, А.Р. Сидор,  
А. Я. Лозинський

модель на основі мереж Петрі. Наведемо особливості реалізації програмної підсистеми синтезу моделей та приклад застосування розробленого методу.

In the paper the method of automated models synthesis based on Petri nets for system level is developed. The designed method exploits the system structure, which consists of elements and connections between them. Basing upon it the directed graph and the model of Petri nets are developed. The software realization peculiarities of models synthesis subsystem and the example of its usage are presented.

## Вступ

Жорсткі вимоги до термінів та якості розроблення складних об'єктів та систем обумовлюють широкомасштабне використання засобів автоматизації на усіх рівнях автоматизованого проектування та моделювання. На сьогодні, в більшості випадків в процесі проектування різних технічних пристроїв, використовують блочно-ієрархічний підхід [1].

Блочно-ієрархічний підхід, в процесі розроблення складних систем, передбачає розбиття процесу проектування на ряд ієрархічних рівнів; в загальному випадку ми маємо: системний, макрорівень та макрорівень [2]. Кількість ієрархічних рівнів залежить від предметної області.

Найскладніші задачі та задачі, що потребують величезних обсягів обчислень, виникають на етапі системного проектування. На цьому рівні виникає потреба в розв'язанні задачі синтезу структур об'єкта проектованої системи та визначення її основних параметрів. Наступний крок передбачає, що аналіз розробленої структури, що можна виконати використовуючи моделі на основі теорії мереж Петрі [3, 4], систем масового обслуговування [5, 6] та інші. Процес побудови таких моделей потребує великих затрат часу, вимагає досвіду та знань з предметної області і є надзвичайно громіздким. Тому автоматизація процесу синтезу моделей на основі мереж Петрі для системного рівня автоматизованого проектування складних об'єктів і систем – є актуальною задачею сьогодення.

## 1. Метод синтезу моделей на основі мереж Петрі для системного рівня автоматизованого проектування

Розроблений метод дає змогу на основі структури системи згенерувати в автоматичному режимі модель, яка ґрунтується на основі мереж Петрі. Така модель призначена для дослідження побудованої системи на системному рівні автоматизованого проектування. Ідея методу полягає в тому, що спершу на основі структури будується цілісний орієнтований граф-системи і, після цього, будується модель на основі мереж Петрі (МП).

### 1.1. Модель структури системи

В загальному випадку, під структурою об'єкта проектування будемо розуміти [7] набір елементів та зв'язки між ними, що можна описати за допомогою моделі з використанням теорії графів [7, 8].

$$G = (E, Z),$$

де:  $E$  – множина елементів структури системи, а  $Z$  – множина зв'язків між елементами структури (ребер).

Окрім того, важливим елементом моделі структури, є матриці інцидентності та сумісності [7, 8], які дають змогу відобразити інформацію про зв'язки між елементами структури та їх напрям. Тому, в даному випадку, ми маємо справу з орієнтованим графом [7, 8], а елементи матриці інцидентності можуть приймати значення 0, якщо елементи (вершини графа) не інцидентні +1, якщо дуга (зв'язок) орієнтована від елемента та -1, якщо дуга орієнтована до елемента.

## **1.2. Розроблення алгоритму генерування моделі на основі мереж Петрі**

Для генерування МП на основі структури системи та зв'язків між елементами використовується підхід, який передбачає такі етапи: запис структури системи (множини елементів та зв'язків); генерування цілісного орієнтованого графа – системи; оптимізація структури елементів мережі Петрі.

В процесі реалізації системи, використовується об'єктна-орієнтований підхід [9]. Відповідна система складається з об'єктів та дій над об'єктами. Тому для запису структури системи на етапі реалізації необхідно виокремити окремий об'єкт та дії/умови, які він виконує і дії/умови, що необхідні для зміни стану вибраного об'єкта.

Кожен об'єкт складається з:

- назви;
- початкового маркування;
- вихідні дії (дії, які виконує об'єкт);
- вхідні дії (дії, які призводять до зміни стану об'єкту).

Складність реалізації методу полягає в тому, що декілька об'єктів можуть посилатись на одну і ту ж дію/умову (перехід). Це означає, що для її виконання необхідне відповідне маркування усіх об'єктів, які на неї посилаються. Також певна вхідна дія/умова (перехід) може мати посилання на декілька об'єктів. Тоді при її виконанні виконується зміна маркування усіх зв'язаних з нею об'єктів.

Тому спираючись на модель структури, яка описується об'єктами із посиланнями на вхідні та вихідні дії/умови (переходи) необхідно використати швидко та ефективно перетворення даного запису в орієнтований граф.

Оскільки для графу немає різниці між об'єктом і дією/умовою/переходом, то кожна вершина має містити додаткові маркування, які відповідають типу вершини. Вершини графа з'єднані між собою дугами, які також мають мати додаткові позначення. Дуга має мати свою ціну та «колір».

Для перетворення структури запису об'єкту у граф для побудови МП розроблено наступний алгоритм, який включає такі основні кроки:

Крок 1. Проініціалізувати списки з вершинами та дугами.

Крок 2. Вибрати перший об'єкт.  
Крок 3. Додати об'єкт до списку вершин.  
Крок 4. Виокремити усі вхідні переходи.  
Крок 5. Для кожного із вхідних переходів виконати дію:  
Крок 5а. Перевірити чи існує перехід із такою ж унікальною назвою. Якщо відсутній, то створювати нову додаткову вершину-перехід.  
Крок 5б. Додати дугу від дії/умови (переходу) до об'єкту-вершини.  
Крок 6. Для кожного із вихідних переходів виконати дію:  
Крок 6а. Перевірити чи існує перехід із такою ж унікальною назвою. Якщо відсутній, то створювати нову додаткову вершину-перехід.  
Крок 6б. Додати дугу від об'єкту-вершини до дії/умови (переходу).  
Крок 7. Є наступні об'єкти? Якщо "Так", то вибрати наступний об'єкт, перехід на крок 3. Якщо "Ні", то перехід на крок 8.  
Крок 8. Виведення результатів (вивід структури орієнтованого графа).  
Генерування орієнтованого графа-структури системи необхідне для того, щоб можна було ефективно розташувати елементи системи в єдину, зрозумілу чітко організовану структуру, яку можна перевести у мережу Петрі. Без даного перетворення буде складно пов'язати об'єкти та зв'язки між ними. Проаналізувавши утворений граф можна розташувати вершини у логічному порядку.

## **2. Розроблення структури системи генерування моделей на основі мереж Петрі**

Описаний вище метод синтезу моделей на основі МП програмно реалізований у вигляді програмної системи. Розроблена програмна система синтезу моделей систем на основі теорії мереж Петрі має модульну структуру, яка зображена на рис. 1 та складається з таких основних модулів:

- модуль опрацювання даних/команд від користувача (інтерфейс);
- конвертор даних в XML-формат [10, 11];
- модуль аналізу XML даних;
- модуль роботи з мережами Петрі (опрацювання структури мережі та маркування Петрі).

Модульний принцип організації структури системи дає змогу швидко та ефективно вдосконалювати та модифікувати розроблений програмний продукт в процесі його розвитку.

Алгоритм роботи побудованої системи зображено на рис 2. Він включає такі основні кроки: завантажити/створити мережу Петрі; перевірити чи коректно введені всі вхідні параметри для аналізу та моделювання; запустити конвертацію мережі Петрі в XML-формат; зберегти конвертовані дані; відкрити мережу Петрі за допомогою існуючих систем моделювання, аналізу та синтезу моделей на основі МП.

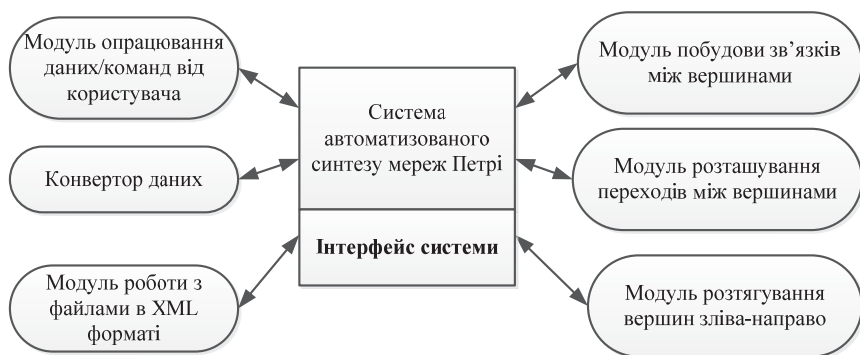


Рис.1. Структура системи автоматизованого генерування моделей системного рівня проектування на основі мереж Петрі



Рис.2. Блок-схема алгоритму роботи системи

Використання XML-формату для опису моделей дає змогу організувати ефективний обмін даними з іншими системами, які використовуються в процесі автоматизованого проектування складних об'єктів та систем [12].

В якості прикладу розглянемо мережу Петрі (рис.3) та розробленого XML формату файлу для середовища Pipe4.1 (рис.4).

### Висновки

Розроблено метод автоматизованого синтезу моделей на основі мереж Петрі для системного рівня проектування, яке дає змогу досліджувати основні вихідні параметри проектованої системи.

Побудовано програмний засіб, що використовує розроблений метод, який базується на модульному принципі та використовує XML формат, що забезпечує ефективний обмін даними з іншими програмними системами.

Наведено приклад застосування розробленого методу, що ілюструє правильність та коректність роботи системи, розроблених алгоритмів, моделей та методу.

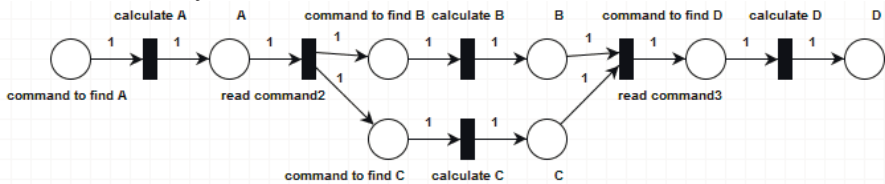


Рис. 3. Приклад генерованої моделі на основі мережі Петрі

```
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<pnml>
<net id="Net-One" type="P/T net">
<token id="Default" enabled="true" red="0" green="0" blue="0"/>
<place id="P0"> //вузол
  <graphics>
    <position x="45.0" y="30.0"/> //координати вузла
  </graphics>
  <name>
    <value>command to find A</value> //назва вузла
  </name>
  <initialMarking>
    <value>Default,0</value> //початкове маркування
  </initialMarking>
  <capacity>
    <value>0</value> //потужність вузла
  </capacity>
</place>
<transition id="T1"> //перехід
```

```

    <graphics>
переходу      <position x="105.0" y="30.0"/>           //координати
    </graphics>
    <name>
      <value>calculate A</value>           //назва переходу
    <graphics>
      <offset x="41.0" y="-12.0"/>         //координати напису
    </graphics>
    </name>
    <orientation>
      <value>0</value>                     //орієнтація переходу
    </orientation>
    <rate>
      <value>1.0</value>                   //швидкість дії
    </rate>
    <timed>
      <value>>false</value>                 //чи часовий
перехід
    </timed>
    <infiniteServer>
      <value>>false</value>                 //чи може спрацювати без зупинок
    </infiniteServer>
    <priority>
      <value>1</value>                     //пріоритет
    </priority>
</transition>
<arc id="P0 to T1" source="P0" target="T1"> //ребро
  <graphics/>
  <inscription>
    <value>Default,1</value>             //колір та вага ребра
  <graphics/>
  </inscription>
  <tagged>
    <value>>false</value>                 //чи позначене ребро
  </tagged>
  <arcpath id="000" x="71" y="42" curvePoint="false"/> //перелік координат,
які з'єднує ребро
  <arcpath id="001" x="111" y="42" curvePoint="false"/> //перелік координат, які
з'єднує ребро
  <type value="normal"/>                 //тип ребра
</arc>
</net>
</pnml>

```

Рис. 4. Приклад XML файлу (для моделі, яка зображена на рис.3)

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
2. *Теслюк В. М.* Моделі та інформаційні технології синтезу мікроелектромеханічних систем. Монографія. – Львів : Вежа і Ко, 2008. – 192 с.

3. *Diaz M.* Petri Nets: Fundamental Models, Verification and Applications. – 2010, John Wiley & Sons. – 768 p.
4. *James L. Peterson A.* Note on Colored Petri Nets, Information Processing Letters, Vol. 11, № 1, (August 1980), pp. 40-43.
5. *Ивченко Г. И., Каушанов В. А., Коваленко И. Н.* Теория массового обслуживания. – М., 1982.
6. *Жерновий Ю. В.* Марковські моделі масового обслуговування. – Львів, 2004.
7. *Оре О.* Теория графов / О. Оре. - 2-е изд.. - М. : Наука, 1980. - 338 с.
8. *Уилсон Р.* Введение в теорию графов : пер. с англ. / Р. Уилсон. - М. : Мир, 1977. - 208 с.
9. *Hejlsberg A., Torgersen M., Wiltamuth S., Golde P.* C# Programming Language, The, 4th Edition. – 2011, Addison-Wesley. – 864 p.
10. *Zelinsky A., Teslyuk V., Karkulyovsky V.* Informational Model Development for the Constraint Satisfaction Problem Solutions Subsystem Based on XML Format // Proc. of the V-th International Conference of Young Scientists (MEMSTECH'2010) – Lviv – Polyana, 2010. – P.18.
11. *Denysyuk P., Teslyuk V., Khimich I., Farmaga I.* XML application for microfluidic devices description // Proc of the IX-th Intern. Conf. on The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM'2007). – Lviv – Polyana, Ukraine, 2007. – P. 567 – 569.

*Поступила 9.10.2013р.*

УДК 621.518

І.Г. Цмоць, В.О. Парубчак, В.Я. Антонів  
 Національний університет “Львівська політехніка”

### **ПАРАЛЕЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНЕ СОРТУВАННЯ ОДНОВИМІРНИХ МАСИВІВ ДАНИХ МЕТОДОМ ЗЛИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІДРАХУНКУ**

Сформовано вимоги, запропоновано принципи побудови, розроблено метод і НВІС-структуру для паралельно-вертикального сортування одновимірних масивів даних злиттям з використанням підрахунку.

Requirements have been formed, principles of construction have been proposed, the method and VLSI-structure for parallel-vertical sorting of one-dimensional data sets using mergesort with calculation have been developed.

#### **Постановка проблеми**

Розвиток інфо рмаційних технологій характеризується розширенням галузей застосування, в значній частині яких вимагається паралельне сортування в реальному часі одновимірних масивів даних великої розрядності.