

УДК 681.3

І.В. Магдаліна

*Харківський національний університет внутрішніх справ*

### **РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНИХ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ**

*У статті пропонується аналіз існуючих методів моделювання роботи складних дискретних обчислювальних систем, зокрема, з використанням мереж Петрі і методів імітаційного моделювання. Розроблена програма верифікації формалізованої моделі на основі ПТМ, здійснений перехід від формальної моделі на базі ПТМ до моделі на мовах імітаційного моделювання GPSS і SMPL. Розроблені програми були використані при дослідженні протоколів для мереж ЕОМ, моделюванні технічних комплексів і проектуванні обчислювальних пристроїв.*

**Ключові слова:** *мережі Петрі, імітаційне моделювання, моделювання роботи складних систем.*

Зростаюча роль моделювання складних дискретних систем пояснюється тим, що аналітичні й інженерні методи аналізу поведінки таких систем, прийняті для традиційних підходів, виявляються не

застосовними або занадто приблизними для сучасних інформаційних систем, обчислювальних мереж, автоматизованих виробництв і їм подібних об'єктів.

Дослідження функціонування складних систем вимагає використання математичного апарата, що враховує паралельний і асинхронний характер взаємодії процесів у системі.

Традиційним математичним засобом є математичні моделі, системи масового обслуговування (СМО) і різні мови імітаційного моделювання (Simula, GPSS, SMPL, Modula і т.д.)

СМО не завжди дозволяє відбити в моделі особливості апаратної й програмної архітектури моделювання складних об'єктів, не відбивають ієрархічність систем, не мають достатні властивості модульності та розширення.

Моделі, побудовані за допомогою мов імітаційного моделювання, особливо складних систем з більшою кількістю зв'язків і параметрів, не відповідають вимогам коректності до логічної суперечливості. Можливості застосування аналітичних моделей обмежуються тим, що існує ряд складних дискретних систем, поведження яких важко або взагалі не можливо описати традиційними алгоритмічними засобами. До таких систем можуть бути віднесені складні технологічні процеси, економічні системи із зіткненням інтересів учасників взаємодії, соціальні системи, у яких поведження об'єктів соціуму залежить від безліч факторів.

У даній роботі пропонується розглядати моделювання як цілісний процес, що включає в себе не тільки побудову моделі й реалізацію її тими або іншими засобами імітаційного моделювання, але й формалізацію, верифікацію, перевірку коректності й логічної несуперечності в статичі й у динаміці на всіх стадіях моделювання.

У цей час існує кілька підходів до формалізації складних дискретних систем: автоматні моделі, мови специфікацій і комбіновані методи.

Перша група базується на використанні моделей зі станами й переходами. Дані методи прості й наочні, однак при детальному описі складної системи їхнє застосування приводить до надмірно великої кількості станів (діаграми станів, кінцеві автомати, одинарні мережі Петрі) [1].

Методи другої групи дозволяють формально представити складний об'єкт через алгоритми його функціонування (SDL, система ПРАНАС, ESTELLE і ін.) [1]. Перевага цих методів полягає в зменшенні розмірності опису об'єктів, недоліки ж полягають у тому, що губиться наочність формального опису й відсутня можливість виділення найважливіших властивостей об'єкта.

Комбіновані методи являють собою сполучення засобів першої й другої групи й дозволяють використовувати перевагу кожного з підходів.

Пропонований автором підхід представлений на рис. 1. Істотною відмінністю від класичного підходу до процесу моделювання може служити автоматизований вибір апарата формалізації в процесі діалогової взаємодії зі створюваною для цього програмною системою.

Для формалізації об'єкта, що моделюється, пропонується використовувати апарат мереж Петрі (МП), що володіють множиною різних класів. Найбільш потужний клас МП – це предикатно-часові мережі (ПЧМ), які дозволяють будувати більше адекватні моделі об'єктів. Однак безпосередній перехід від вербального подання об'єкта до формалізованого опису є досить складним. Це пов'язане з тим, що при зазначеному переході повинна бути забезпечена відповідна однозначність і несуперечність вербальних структур і їхніх формальних специфікацій. Для виключення можливих помилок на етапі переходу необхідна послідовна деталізація формалізованого опису.

У зв'язку із цим пропонується наступна методика побудови опису формалізованого об'єкта, яка надана на рис. 1.

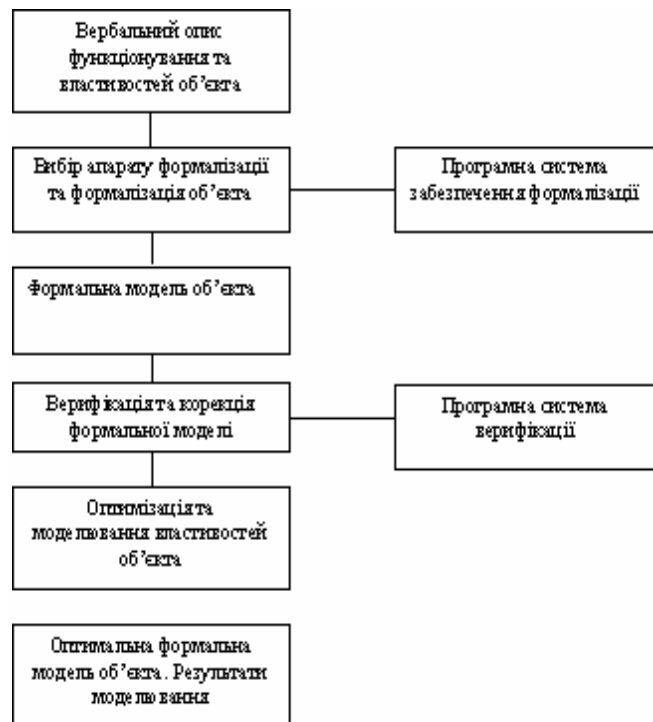


Рис. 1. Запропонований підхід

Методика складається із таких етапів:

- перший етап – побудова структурної схеми об'єкта із вказівкою всіх взаємозв'язків;
- другий етап – побудова моделі об'єкта на основі діаграм станів, визначення станів об'єкта, умов і ймовірностей переходу з одного стану в інше;

– третій етап – більше детальну формалізацію об'єкта забезпечує апарат мереж Петрі, модель на основі предикатно-часових мереж є базою для верифікації об'єкта.

Значний інтерес для рішення завдань формалізації й верифікації моделей складних систем в умовах імовірнісного поведіння представляють такі математичні засоби:

- апарат канонічних вирахувань Э. Поста,
- квазіканонічні вирахування Н.А.Шанина,
- атрибути W-W-граматики [2].

При використанні таких засобів формалізації з'являється можливість опису поведінки складної системи правилами висновку або системами продукції, що визначають взаємодію об'єктів складної системи без знання точних алгоритмів їх поведінки в будь-який момент часу.

Теорія дедуктивних систем представляє потужний і природний апарат для моделювання недетермінованих процесів. При цьому потрібне введення імовірнісного міру на безліч висновків, способи побудови таких імовірнісних вирахувань були визначені в роботах С.Ю.Маслова.

Застосування для верифікації властивостей моделі предикатно-часової мережі із матричним аналізом веде до істотного скорочення часу дослідження, дозволяє вирішити завдання коректності логічної моделі об'єкта [2].

Для аналізу моделі об'єкта предикатно-часової мережі використовується матричний метод, що заснований на одержанні систем L і I інваріантів (по предикатах і переходах моделі), при цьому використовується модифікація алгоритму Фаркаса [2].

Модель, отримана в результаті верифікації, є основою для імітаційного моделювання з метою оптимізації й визначення найважливіших властивос-

тей складного об'єкта з імовірнісним поведінням. Результатами такого моделювання можуть служити стратегія керування об'єктом, критерії й області коректного поведіння об'єкта, властивості реалізації й виводимості [3].

Як видно з вищевикладеного, основними проблемами при рішенні вихідного завдання є: визначення критеріїв вибору апарата формалізації, розробка способів побудови формальних моделей, розробка критеріїв оптимізації моделей, побудова програмних засобів, що забезпечують відповідні етапи моделювання.

Для цих цілей розроблена програма верифікації формалізованої моделі на основі предикатно-часових мереж, здійснений перехід від формальної моделі на базі предикатно-часової мережі до моделі на мовах імітаційного моделювання GPSS і SMPL.

Розроблені програми були використані при дослідженні протоколів для мереж ЕОМ, моделюванні технічних комплексів і проектуванні обчислювальних пристроїв.

### Список літератури

1. Колбанев М.О., Яковлев С.А. Модели и методы оценки характеристик обработки информации в интеллектуальных сетях связи: Монография. – С.-Пб.: СПбГУ, 2002. – 230 с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для ВУЗов. – М.: Высш. шк., 1999. – 224 с.
3. Бражник А.Н. Имитационное моделирование: возможности GPSS WORLD. – С.-Пб.: Реноме, 2006. – 439 с.

Надійшла до редколегії 3.05.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.І. Сидоренко, Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків.

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Магдалина И.В.

*В статье предлагается анализ существующих методов моделирования работы сложных дискретных вычислительных систем, в частности, с использованием сетей Петри и методов имитационного моделирования. Разработана программа верификации формализованной модели на основе ПВС, сделан переход от формальной модели на базе ПВС к модели на языках имитационного моделирования GPSS и SMPL. Разработанные программы были использованы при исследовании протоколов для сетей ЭВМ, моделировании технических комплексов и проектировании вычислительных устройств.*

**Ключевые слова:** сети Петри, метод имитационного моделирования, моделирование работы сложных систем.

### DEVELOPMENT OF PROGRAM-ALGORITHMIC TOOLS OF SIMULATION OF COMPOSITE LUMPED PARAMETER SYSTEMS

Magdalena I.V.

*In paper the analysis of existing methods of simulation of operation of composite discrete computing systems, in particular, with usage of petrinets and methods of a simulation modeling is offered. An assertion of formalize model checker is developed on the basis of predicate-temporal networks (PTN), a transition is done from a formal model on a base PTN to the model in imitation simulation of GPSS and SMPL languages. The developed programs were used for research of protocols for the networks of computer, design of technical complexes and planning of computing devices.*

**Keywords:** petrinets, method of a simulation modeling, simulation of operation of composite systems.