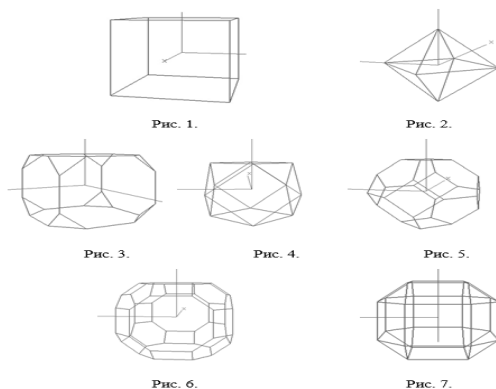


упаковки с классов гиперкубов и гипероктаэдров (рис.1,2). Так, например, суперпозиция $\|\cdot\| = \|\cdot\|_{\infty}$ и $\|\cdot\| = \|\cdot\|_1$ позволяет перейти в R^2 к упаковке восьмиугольников, в R^3 - к упаковке, помимо кубов и октаэдров – трех видов многогранников, образованных из куба отсечением вершин (рис.3-5). При использовании нормы $\|\cdot\| = \|\cdot\|_{[2]}$ возникают

Относительно критерия оптимизации, то, в зависимости от размерности задачи и того, радиусы каких шаров в (2) неизвестны, и вида функции (3), целью может быть минимизация периметра, объема, площади области размещения и т.п.

Модель может быть расширена на множество других одинаково ориентированных гомотетических объектов упаковки. Основными требованиями к ним является выпуклость и центрально-симметричность.



УДК 004.94: 004.428

СКЛАДНІСТЬ АЛГОРИТМУ РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ДИСКРЕТНО-ПОДІЙНОЇ СИСТЕМИ В СЕРЕДОВИЩІ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

І.В. Стеценко, О.Ю. Дифучина

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Моделі дискретно-подійних систем широко використовують для аналізу і проектування складних систем. Перспективним є їх використання також в якості компонентів інформаційних управляючих систем та систем прийняття рішень в таких галузях, як управління транспортом

[1], військові стратегії, кіберзахист [2] та інші. Програмне забезпечення моделювання дискретно-подійних систем має задовольняти кільком вимогам: гнучкість при формулюванні умов подій, масштабованість відносно часу виконання моделювання, коректність та точність результатів моделювання, зручність інтерфейсу введення моделі та масштабованість відносно часу введення і моделі.

Петрі-об'єктна технологія моделювання систем базується на представленні дискретно-подійного процесу функціонування системи стохастичною мережею Петрі з багатоканальними та конфліктними переходами [3], що забезпечує необхідну гнучкість представлення елементарних подій. Математичний опис алгоритму забезпечує коректність та точність алгоритму імітації. Дослідження складності алгоритму імітації, виконане на основі математичних оцінок та підтверджене експериментальними дослідженнями, доводить кубічну залежність часу виконання алгоритму від кількості подій [4].

Розробка Петрі-об'єктної моделі є дворівневою: на першому рівні розробляють мережі Петрі, які описують динаміку об'єктів, а на другому виконується тиражування об'єктів з заданими параметрами динаміки та зв'язування їх. Візуальні засоби розробки моделі зі складною структурою значно скорочують кількість помилок при її введенні та спрощують її сприйняття. Водночас вони потребують розробки спеціальних засобів обробки графічного представлення моделі та її програмного представлення для взаємної однозначної трансформації цих представлень (графічного в програмне і навпаки) [5].

При використанні графічного інтерфейсу введення моделі, як правило, ставиться за мету наочність представлення і не враховується вплив графічного інтерфейсу на швидкість роботи користувача. Проте останній фактор є дуже важливим для практичного використання програмного забезпечення саме фахівцями, а не початківцями. В даному дослідженні проводиться аналіз ефективності візуальної розробки Петрі-об'єктної моделі з великою кількістю елементів.

Оскільки кожний користувач має особисті якості, такі як навички роботи з середовищем візуального програмування, швидкість набору чи швидкість реакції, для оцінки швидкості розробки моделі запропоновано використовувати кількість елементарних операцій середовища візуального програмування, витрачених на розробку.

При введенні мережі Петрі користувач виконує такі дії: 1) розробка позиції: 1.1) клацнути та 1.2) потягти, 1.3) відкрити вікно параметрів, 1.4) задати назву, 1.5) задати маркування, 1.6) закрити вікно параметрів; 2) розробка переходу: 2.1) клацнути та 2.2) потягти, 2.3) відкрити вікно параметрів, 2.4) задати назву, 2.5) задати часову затримку, 2.6) закон

розподілу, 2.7) (не для всіх) ймовірність або пріоритет, 2.8) закрити вікно параметрів; 3) розробка дуги: 3.1) клацнути на позначці елемента в командному меню, 3.2) клацнути на елементі, який є початком дуги, 3.3) клацнути на елементі, який є кінцем дуги, 3.3) (не для всіх) відкрити вікно параметрів, 3.4) задати кількість зв'язків, 3.5) (не для всіх) означити, що дуга є інформаційною, 3.6) закрити вікно параметрів. Позначимо z – кількість переходів, p – кількість позицій, a – середня кількість вихідних дуг елемента мережі Петрі, тоді кількість дій користувача оцінюється величиною:

$$C_{net} = 8z + 6p + 6a(z + p). \quad (1)$$

При введенні Петрі-об'єкта користувач виконує такі дії: 1) зберегти мережу Петрі як метод, 2) створити нову мережу Петрі збереженням методом, в аргумент якого передається фактичне значення параметру, 3) створити об'єкт конструктором, в аргументі якого передаємо створену мережу Петрі. Тобто, 3 елементарні дії для кожного об'єкта плюс дії, витрачені на розробку мережі Петрі об'єкта. Останні оцінюються величиною C_{net} , якщо мережа розробляється вперше і $2+m$, якщо використовується вже розроблена мережа Петрі, що потребує налаштування m параметрів з вікна редагування параметрів. Маємо,

$$C_{obj} = 3 + F(obj)C_{net} + \overline{F(obj)}(2 + m), \quad (2)$$

де $F(obj)$ – предикат, рівний 1, якщо об'єкт створюється першим з групи однотипних.

Для розробки Петрі-об'єктної моделі користувач виконує такі дії: 1) розробити всі Петрі-об'єкти, 2) створити список Петрі-об'єктів, 3) додати розроблені об'єкти в список, 4) створити зв'язки, 5) запустити модель на виконання. Маємо,

$$C_{model} = NC_{obj} + 1 + N + k\frac{N}{2} + 1 = N\left(C_{obj} + 1 + \frac{k}{2}\right) + 2, \quad (3)$$

де N – кількість об'єктів, k – кількість зв'язків об'єкта.

Наприклад, для Петрі-об'єктної моделі з N однотипних об'єктів, кожний з яких має два зв'язки з іншими елементами, маємо

$$C_{model} = N(C_{obj} + 2) + 2 = N\left(3 + F(obj)C_{net} + \overline{F(obj)}(2 + m) + 2\right) + 2 = 5N + C_{net} + (N - 1)(2 + m) + 2 = (7 + m)N + C_{net} - m.$$

Оцінку ефективності середовища візуальної розробки Петрі-об'єктного моделей отримаємо із співвідношення складності візуальної розробки мережі Петрі за звичайною та Петрі-об'єктною технологіями:

$$F = \frac{C_{net}}{C_{model}} = \frac{C_{net}}{N\left(\left[3 + F(obj)C_{objNet} + \overline{F(obj)}(2 + m)\right] + 1 + \frac{k}{2}\right) + 2}. \quad (4)$$

де C_{net}, C_{objNet} – оцінка складності візуальної розробки мережі Петрі за формулою (1) для всієї моделі системи та для окремого Петрі-об’єкта відповідно.

Для дослідження залежності (4) побудована модель, що складається з події «генерування» та декількох послідовних подій «обслуговування», яка є зручною для швидкого змінювання кількості подій в кожному об’єкті та кількості об’єктів. Можемо розробляти модель як мережу Петрі з ZN подій «обслуговування», або як сукупність N Петрі-об’єктів з Z послідовними подіями «обслуговування» в кожному.

У випадку розробки мережі Петрі маємо таку оцінку складності:

$$C_{net} = 56 + 8ZN + 6(2ZN + 1) + 12(3ZN + 1) = 56ZN + 74. \quad (5)$$

У випадку розробки такої ж мережі Петрі за технологією Петрі-об’єктного моделювання маємо ($m = 1$):

$$\begin{aligned} C_{model} &= [3 + (8 + 6 \cdot 2 + 6 \cdot 6)] + [8N + C_{net} - 1] = \\ &= 58 + 8N + 8Z + 6(2Z + 1) + 12(Z + 2Z + 1) = 76 + 56Z + 8N. \end{aligned} \quad (6)$$

З оцінок (5), (6) слідує оцінка ефективності:

$$F = \frac{C_{net}}{C_{model}} = \frac{28ZN+37}{28Z+4N+38}. \quad (7)$$

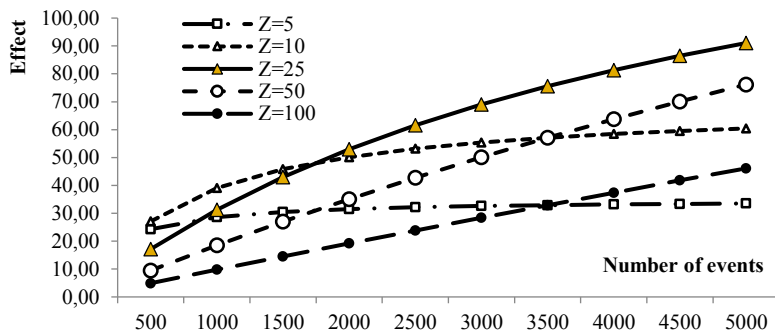


Рис. 1 Ефективність візуальної розробки Петрі-об’єктної моделі

Дослідження залежності (7) представлено на рисунку 1. В усіх випадках спостерігається суттєве зменшення витрат часу на введення Петрі-об’єктної моделі у порівнянні зі звичайною мережею Петрі, а саме, в 8 і більше разів. Найбільше спостережуване значення ефекту - в 91 раз. При відносно нескладних моделях (до 1500 подій), найбільший ефект дає використання об’єктів по 10 подій, а найменший – об’єктів по 100 подій. При більш складних моделях (більше 2000 подій) найбільший ефект спостерігається при використанні об’єктів по 25 подій, а найменший – при використанні об’єктів по 5 подій.

Таким чином, отримано математичну оцінку ефективності розробки моделей дискретно-подійних систем в спеціалізованому середовищі візуального програмування та виконаний аналіз зростання ефекту від використання Петрі-об'єктної технології розробки моделі при зростанні складності моделі. Ефективність досягається за рахунок багатократного використання мереж Петрі та тиражування об'єктів зі схожою динамікою. Результати аналізу свідчать про наявність оптимального розміру Петрі-об'єкта, який забезпечує максимальний ефект від використання технології. Отже, Пері-об'єктна технологія надає переваги в швидкості не тільки на етапі виконання алгоритму імітації, але й на етапі розробки моделі.

Література

1. A. Di Febbraro A deterministic and stochastic Petri Net model for traffic-responsive signaling control in urban / A. Di Febbraro, D. Giglio, N. Sacco // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Feb. 2016. – Vol.17, Issue 2. – P. 510-524.
3. A. El Bouchti Cyber security modeling for SCADA systems using stochastic game nets approach / A.El Bouchti, T.Nahhal // Future Generation Communication Technologies 2016 Fifth International Conference. Aug. 2016. – P. 42-47.
4. Стеценко И. В. Теоретические основы Петри-объектного моделирования систем / И.В.Стеценко // Математичні машини і системи. – 2011. – № 4. – С. 136-148.
5. I.V. Stetsenko Petri-Object Simulation: Software Package and Complexity / I. Stetsenko, V. Dorosh, A. Dyfuchyn // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – Warsaw, 2015. – P. 381-385.
6. Стеценко І.В. Інтелектуальний компонент візуального програмування стохастичних мереж Петрі / І.В.Стеценко, К.С.Лещенко // Технічні науки та технології. – 2016. - №4(6) – С.139-147.

УДК 004.942

НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗПОДІЛЕНІЙ ЕНЕРГОСИСТЕМІ

Ю.І. Рудяков, В.М. Томашевський

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" імені Ігоря Сікорського, Україна

Вступ. На фоні зростаючого попиту на електричну енергію постійно загострюється потреба її оптимального розподілу між споживачами.