

Петросов Д.А., кандидат технических наук,  
Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ

**Аннотация:** при использовании эволюционных методов в задачах структурно-параметрического синтеза моделей дискретных систем возникает задача организации компьютерных вычислений при проведении имитационного моделирования. Одним из подходов в данном направлении являются параллельные вычисления. В данной статье рассматривается целесообразность применения данного подхода к решению задачи повышения эффективности синтеза дискретных систем с помощью эволюционных алгоритмов, адаптированных к решаемой задаче теорией сетей Петри.

**Ключевые слова:** структурно-параметрический синтез, эволюционные методы, параллельные вычисления, сети Петри, дискретные системы

В настоящее время становится актуальным разработка универсальных методов, способных решать задачи структурно-параметрического синтеза дискретных систем. В работах [1-3] был предложен подход, основанный на трех современных направлениях исследований: теория сетей Петри, эволюционные методы и имитационное моделирование. В ходе исследований была получена модель генетического алгоритма, построенная с помощью вложенных сетей Петри (см. рис. 1).

Предложенная модель использует вычислительный эксперимент для оценки приспособлен-

ности полученной в результате синтеза модели дискретной системы на сетях Петри. В начале процедуры структурно-параметрического синтеза должно быть задано поведение синтезируемой системы в виде кортежа входных и выходных векторов. Для оценки приспособленности модели требуется провести вычислительный эксперимент, то есть на вход полученным моделям подается входной вектор, модель обрабатывает его и полученные на выходе вектор сравнивается с эталонным.

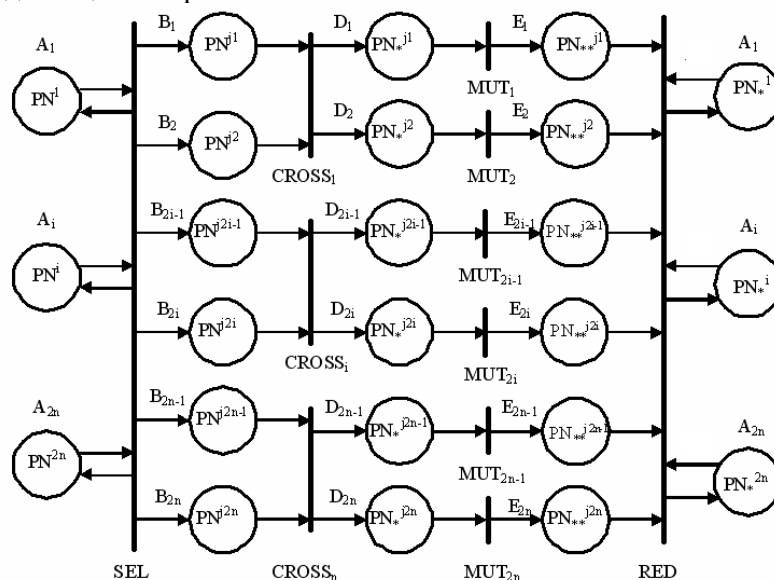


Рис. 1. Модель генетического алгоритма на основе вложенных сетей Петри

Исходя из представленной модели можно сказать, что самыми трудоемкими по вычислению являются два оператора генетического алгоритма – оператор селекции и оператор редукции. Так как размер популяции и размер самих моделей может быть очень большим, соответственно и проведение вычислительного эксперимента является трудоемким.

Для увеличения скорости работы представленной модели генетического алгоритма предлагается использовать подход, основанный на параллельных вычислениях [4, 5]. Данный подход позволяет использовать свойства параллелизма, которое присутствует как в теории сетей Петри, так и в генетических алгоритмах. Применение параллельных вычислений должно способствовать построе-

нию эффективной программной и аппаратной реализации предлагаемого подхода.

В данной статье проведем вычисления, которые должны показать, существует ли возможность увеличения быстродействия, предложенной модели структурно-параметрического синтеза дискретных систем на основе вложенных сетей Петри, с применением параллельных вычислений и на сколько данный подход будет эффективен. Для этого воспользуемся законом Амдала, который иллюстрирует ограничение роста производительности вычислительной системы с увеличением

$$\text{количества вычислителей } S_p = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{p}},$$

где  $\alpha$  – доля от общего вычисления, которая может быть получена только последовательными расчетами;

$(1 - \alpha)$  – доля которая может быть распараллелена идеально (то есть время вычисления будет обратно пропорционально числу задействованных узлов  $p$ );

$p$  – количество процессоров в вычислительной системе.

Рассмотрим процессы, которые должны происходить при работе предложенной модели генетического алгоритма на основе вложенных сетей Петри и проведем их классификацию с учетом возможности распараллеливания.

Оператор SEL при своей работе должен:

- Рассчитать функцию приспособленности для каждой особи (операция, которая может выполняться на разных вычислителях);
- Подготовить родительские пары (операция, требуются все значения, т.е. выполняется на одном вычислителе).

Оператор Cross:

- Выполняет скрещивание родителей с целью получения потомков (данную операцию можно выполнять как на одном вычислителе, так и с использованием разных вычислителей. В данной работе рассмотрим случай, когда выполнение оператора CROSS является последовательным).

Оператор MUT:

- Выполняет изменение генетического кода у полученных потомков (операция, которая может выполняться на разных вычислителях).

Оператор RED:

- Рассчитывает функцию приспособленности для каждого потомка (операция, которая может выполняться на разных вычислителях);

- Выполняет уничтожение особей, функция приспособленности которых не удовлетворяет заданным критериям (операция которой, требуются все значения, т.е. выполняется на одном вычислителе).

Таким образом, в представленном варианте модели получаем шесть операций из которых три операции должны выполняться последовательно и три операции, которые могут быть распараллелены, т.е.  $N=6$ ,  $N_{\text{POS}}=3$ ,  $N_{\text{RASP}}=3$ .

В нашем случае  $\alpha = N_{\text{POS}}/N = 3/6 = 0,5$ .

Проведем расчет, который покажет, во сколько раз быстрее выполнится программный код (или аппаратная реализация) с долей последовательных вычислений  $\alpha$  при использовании  $p$  вычислителей (процессоров). Полученные значения представлены в таблице.

Таблица

**Возможность увеличения скорости работы модели ГА на ВСП при использовании параллельных вычислений**

P	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$S_p$	1	1,818	1,904	1,935	1,951	1,960	1,967	1,971	1,975	1,978	1,980

Как видно из полученных в результате вычислений данных, с учетом не распараллеленного оператора CROSS быстродействие реализации предложенной модели увеличивается практически в два раза, что говорит о целесообразности применения параллельных вычислений.

Стоит отметить, что в данном расчете не учитывается трудоемкость операций, ведь восстановление сети из полученного в результате синтеза кода особи популяции и проведение вычислительного эксперимента над ней (операции, которые могут быть распараллелены в операторах SEL и RED) занимает больше

вычислительных ресурсов, чем к примеру работа оператора MUT (даже с учетом применения многоточечной мутации), а значит реальное ускорение процесса будет еще больше.

В соответствии с приведенными вычислениями можно сделать вывод, что применение параллельных вычислений при реализации модели генетического алгоритма на основе вложенных сетей Петри для решения задачи структурно-параметрического синтеза дискретных систем является актуальным и может дать значительные результаты при увеличении быстродействия программной или аппаратной реализации.

### Литература

1. Петросов Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой и набором компонентов на основе сетей Петри // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. №6 (20). С. 151 – 160.
2. Петросов Д.А., Ломазов В.А., Михайлова В.Л., Ельчанинов Д.Б. Эволюционная процедура структурного и параметрического синтеза имитационных моделей систем документооборота // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2013. Т. 28. №22-1 (165). С. 204 – 209.
3. Петросов Д. А., Ломазов В.А., Басавин Д.А. Эволюционный синтез систем на основе заданной элементной базы компонентов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2015. Т. 34. №7-1. С. 116 – 124.
4. Басавин Д.А., Поршнев С.В. Сравнение последовательной и параллельной программных реализаций гибридной жидкостной модели информационных потоков в высокоскоростных магистральных интернет-каналах // Фундаментальные исследования. 2013. №10-6. С. 1187 – 1193.
5. Батищев Д.И., Неймарк Е.А., Старостин Н.В. Применение параллельных вычислений для повышение эффективности генетического поиска: Сборник трудов IX Всероссийской конференции «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах» 2009. С. 48 – 49.

### References

1. Petrosov D.A. Adaptacija geneticheskogo algoritma pri modelirovanii vychislitel'noj tehniki s izmenjajushhejsja strukturoj i naborom komponentov na osnove setej Petri // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2009. №6 (20). S. 151 – 160.
2. Petrosov D.A., Lomazov V.A., Mihajlova V.L., El'chaninov D.B. Jevoljucionnaja procedura strukturnogo i parametriceskogo sinteza imitacionnyh modelej sistem dokumentooborota // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Jekonomika. Informatika. 2013. T. 28. №22-1 (165). S. 204 – 209.
3. Petrosov D. A., Lomazov V.A., Basavin D.A. Jevoljucionnyj sintez sistem na osnove zadannoj jelementnoj bazy komponentov // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Jekonomika. Informatika. 2015. T. 34. №7-1. S. 116 – 124.
4. Basavin D.A., Porshnev S.V. Sravnenie posledovatel'noj i parallel'noj programmnyh realizacij gibridnoj zhidkostnoj modeli informacionnyh potokov v vysokoskorostnyh magistral'nyh internet-kanalah // Fundamental'nye issledovanija. 2013. №10-6. S. 1187 – 1193.
5. Batishev D.I., Nejmark E.A., Starostin N.V. Primenenie parallel'nyh vychislenij dlja povyshenie jeffektivnosti geneticheskogo poiska: Sbornik trudov IX Vserossijskoj konferencii «Vysokoproizvoditel'nye parallel'nye vychislenija na klasternyh sistemah» 2009. S. 48 – 49.

*Petrosov D.A., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),  
Belgorod State Agricultural University named after V.Y. Gorin*

### POSSIBILITY OF USING PARALLEL COMPUTING IN PROBLEMS OF STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF DISCRETE SYSTEMS BASED ON EVOLUTIONARY METHODS

**Abstract:** using evolutionary methods in problems of structural and parametric synthesis of discrete systems models is a problem of organization of computing during the simulation. One approach in this direction is parallel computing. This article discusses the feasibility of this approach to the problem of increasing the efficiency of the synthesis of discrete systems using evolutionary algorithms, adapted to the task at hand theory of Petri nets.

**Keywords:** structural and parametric synthesis, evolutionary methods, parallel computing, Petri nets, discrete systems