

УДК 681.31

Г.А. Поляков<sup>1</sup>, Е.Г. Толстолужская<sup>2</sup>, Д.А. Толстолужский<sup>2</sup><sup>1</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков

## МОДЕЛЬ ФРАГМЕНТАЦИИ ВРЕМЯПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ РЕСУРСНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ

*Раскрываются этапы решения задачи фрагментации времяпараметризованных параллельных ресурсно-ориентированных процессов в интересах создания систем автоматического синтеза высокоэффективных параллельных программ для вычислительных систем с распределенной памятью. Приводится иллюстрирующий пример.*

**Ключевые слова:** параллельный алгоритм, временные модели алгоритмов, временное моделирование, оценка времени реализации алгоритма.

### Введение

**Постановка проблемы.** В настоящее время общепризнано, что решающим значением для успеха использования существующих и будущих супер-ЭВМ является повышение эффективности параллельных программ [1 – 3].

Недостатками известных систем параллельного программирования является необходимость выполнения вручную наиболее сложных, творческих этапов параллельного программирования (декомпозиция/фрагментация задач и данных, планирование коммуникаций, укрупнение фрагментов, распределение фрагментов вычислений на ресурс), которые определяют оптимальность параллельных программ, предельно допустимую сложность эффективно программируемых задач и сроки разработки параллельных программ [2, 3].

Анализ литературы показывает, что вопросы разработки математических моделей фрагментации задач проработаны не достаточно [1 – 6].

В статье представлена математическая модель фрагментации времяпараметризованных параллельных ресурсно-ориентированных процессов.

**Цели статьи.** Целью статьи является описание математической модели фрагментации времяпараметризованных параллельных ресурсно-ориентированных процессов в интересах создания систем автоматического синтеза высокоэффективных параллельных программ для вычислительных систем с распределенной памятью.

### Исследования и результаты

Введем некоторые определения и понятия.

Фрагмент графа – это некоторый его подграф (состоящий из подмножества вершин и соединяющих вершины ребер), назначаемый для реализации на конкретный вычислительный узел (ВУ) сети.

Сложность произвольного фрагмента – это сумма количества входных ребер всех вершин фрагмента и количества всех выходных ребер всех вершин фрагмента, соединяющих рассматриваемый подграф с остальными подграфами  $S$ -графа задачи [7].

Основные этапы модели фрагментации времяпараметризованных параллельных ресурсно-ориентированных процессов представлены на рис. 1.

Исходные данные:

- множество операторов задачи  $P = \{P_j\}$ ,  $j=1..n$ ;
- структуры BF, CF, TF семантико-числовой спецификации (СЧС) времяпараметризованной параллельной модели (ВПМ) модели;

- время решения  $T_{\text{реш}}$  задачи;

- класс вычислительных систем BC – MPP;

- характеристики архитектуры: количество NM и  $\text{typ}(pr)$  процессоров PR, длительности выполнения операций  $t_j^0$ , количество портов ввода-вывода  $k_{\text{порт}}$ ;

- сложность  $\mu$ -го фрагмента  $Q(\mu) = \emptyset$ , количество операторов  $\mu$ -го фрагмента  $\delta_\mu = 0$  для  $\mu=1..kfr_0$  и состав операторов  $FR_\mu = \emptyset$  для  $\mu=1..kfr_0$ , где  $kfr_0$  – исходное количество фрагментов.

Выходные данные:

- множество фрагментов  $FR = \{FR_\mu\}$ ,  $\mu=1..kfr$ ;

- оптимальный состав операторов  $P_j$  каждого фрагмента  $FR_\mu$  ( $\mu=1..kfr$ )  $FR_\mu = \{P_{j\mu}\}$  и количество  $kfr$  фрагментов  $FR_\mu$ , обеспечивающих минимальную сложность фрагментации, при этом

$$\bigcup_{\mu=1}^{kfr} FR_\mu = P, \text{ и } \forall \mu, \delta: FR_\mu \cap FR_\delta = \emptyset;$$

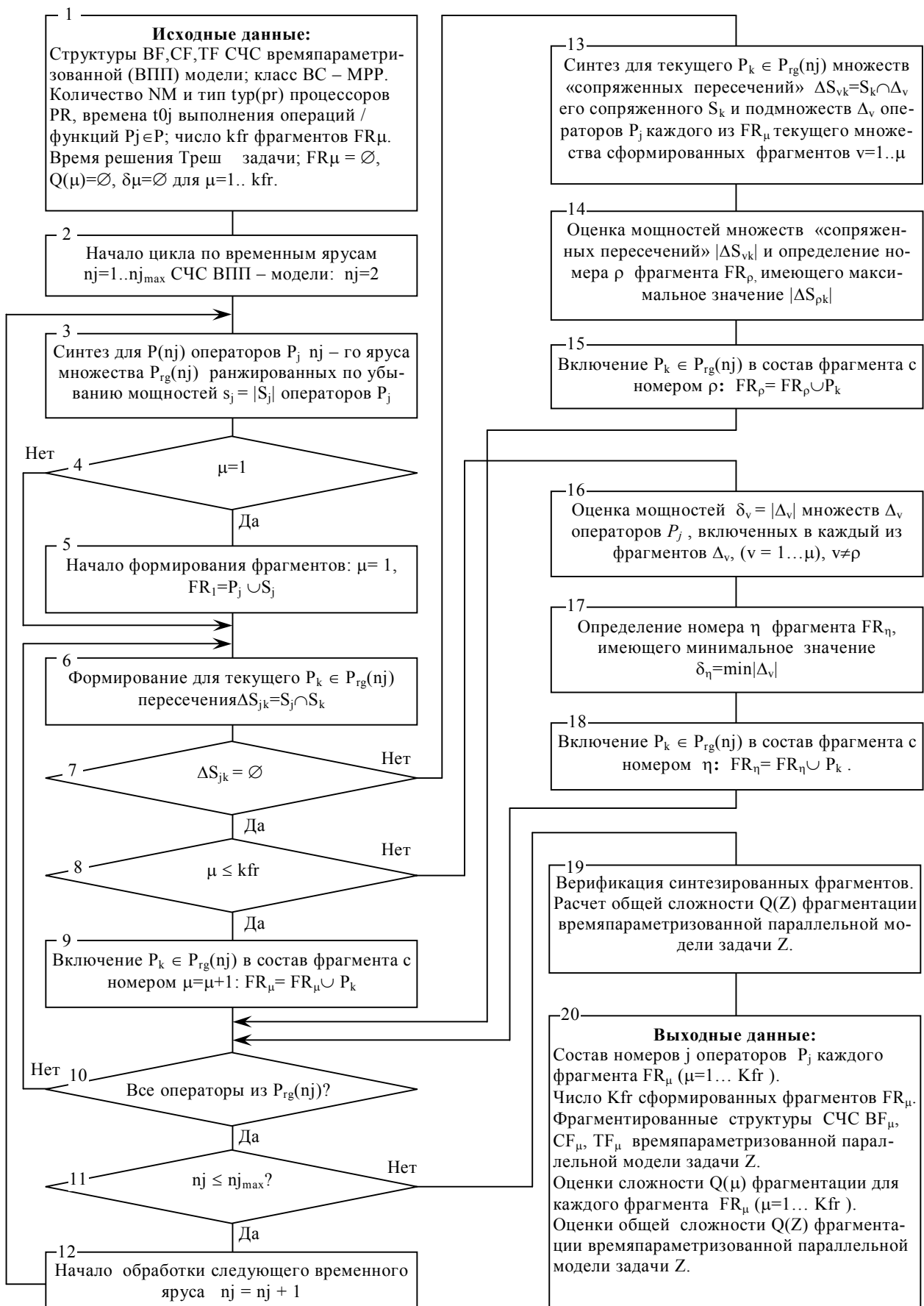


Рис. 1. Модель фрагментации времяпараметризованных параллельных ресурсно-ориентированных процессов

– множество локальных структур СЧС  $BF_\mu$ ,  $CF_\mu$ ,  $TF_\mu$   $\mu=1..kfr$  множества  $FR=\{FR_\mu\}$  фрагментов  $FR_\mu$  времяпараметризованной параллельной модели задачи  $Z$ ;

– оценки сложности  $Q(\mu)$  фрагментации для каждого фрагмента  $FR_\mu$  ( $\mu=1..kfr$ ) и оценки общей сложности  $Q(Z)$  фрагментации времяпараметризованной параллельной модели задачи  $Z$ .

Рассмотрим назначение и формализованное описание основных этапов синтеза.

Этап 1 (символ 2 рис. 1) обеспечивает начало реализации цикла по временным ярусам семантико-числовой спецификации  $n_j = 1..n_{jmax}$  времяпараметризованной параллельной модели задачи с целью формирования для задачи множества фрагментов.

Этап 2 (символ 3 рис. 1) осуществляет синтез для множества  $P(n_j)$  операторов  $P_j \in P(n_j)$   $n_j$ -го яруса множества  $P_{rg}(n_j)$  операторов  $P_j \in P(n_j)$  ранжированных по убыванию мощностей  $s_j=|S_j|$  их сопряженных множеств  $S_j$  операторов  $P_j$ .

Этап 3 (символы 4, 5 рис. 1) обеспечивает начало формирования 1-го фрагмента  $\mu = 1$ :

– текущее значение количества фрагментов  $kfr=1$ ;

– множество операторов, входящих в первый фрагмент, формируется в соответствии с соотношением  $FR_1 = FR_1 \cup P_j \cup S_j$ , где  $P_j \in P_{rg}(n_j)$  – оператор, имеющий максимальную мощность сопряженного множества

$$s_j = \max_{P_j \in P_{rg}(n_j)} |S_j|;$$

– сложность  $\mu$ -го фрагмента при  $\mu=1$  равна

$$Q(1) = s_j + w_j$$

сумме мощностей сопряженного и внешнего множеств оператора  $P_j \in P(n_j)$ , входящего в 1-й фрагмент.

Этап 4 (символы 6, 7 рис. 1) формирует для текущего оператора  $P_k \in P_{rg}(n_j)$  пересечения сопряженных множеств  $\Delta S_{jk} = S_j \cap S_k$  и проверку равенства  $\Delta S_{jk} = \emptyset$  с целью проверки факта использования операторами  $P_k$  и  $P_j$  общих исходных данных.

Этап 5 (символы 8, 9 рис. 1) осуществляет проверку достижения текущего количества фрагментов заданному и включение операторов  $P_k \in P_{rg}(n_j)$  в состав фрагмента с номером  $\mu = \mu + 1$   $FR_\mu = FR_\mu \cup P_k$ , рассмотрение завершается при  $\mu > kfr$ . Также на данном этапе проводится расчет сложности  $Q(\mu)$  фрагментации для текущего  $\mu$ -го фрагмента  $FR_\mu$  ( $\mu=1..kfr$ ):

$$Q(\mu) = Q^1(\mu) + s_k + w_k - \Delta S_{jk}, \quad (1)$$

где  $Q^1(\mu)$  – сложность фрагментации  $\mu$ -го фрагмента, рассчитанная на предыдущих этапах,  $s_k$  и  $w_k$  – мощности сопряженного и внешнего множеств оператора  $P_k \in P(n_j)$ , включенного в  $\mu$ -й фрагмент соответственно.

Этап 6 (символы 10, 11, 12 рис. 1) обеспечивает проверку всех операторов  $P_j \in P_{rg}(n_j)$  и проверку завершения рассмотрения ярусов времяпараметризованной параллельной модели  $n_j \leq n_{jmax}$ .

Этап 7 (символ 13 рис. 1) осуществляет синтез для текущего оператора  $P_k \in P_{rg}(n_j)$  множеств «сопряженных пересечений»  $\Delta S_{vk} = S_k \cap \Delta_v$  его сопряженного множества  $S_k$  и подмножеств  $\Delta_v$  операторов  $P_j$  каждого из  $FR_\mu$  текущего множества сформированных фрагментов  $v = 1..m$ .

Этап 8 (символы 14, 15 рис. 1) выполняет определение номера  $\rho$  фрагмента  $FR_\rho$ , имеющего максимальное значение  $|\Delta S_{\rho k}|$ , включение оператора  $P_k \in P_{rg}(n_j)$  в состав фрагмента с номером  $\rho$ :  $FR_\rho = FR_\rho \cup P_k$ , и проводится расчет сложности  $Q(\mu)$  фрагментации (соотношение 1) для текущего  $\mu$ -го фрагмента  $FR_\mu$  ( $\mu=1..kfr$ ).

Этап 9 (символ 16 рис. 1) выполняет оценку мощностей  $\delta_v = |\Delta_v|$  множеств  $\Delta_v$  операторов  $P_j$ , включенных в каждый из фрагментов  $\Delta_v$ , ( $v=1..m$ ),  $v \neq \rho$  с целью обеспечения равномерности количества операторов во фрагментах и равномерности загрузки ресурса.

На этапе 10 (символы 17, 18 рис. 1) определяется номер  $\eta$  фрагмента  $FR_\eta$ , имеющего минимальное значение  $\delta_\eta = \min_{v=1..m} \delta_v$  и включение оператора

$P_k \in P_{rg}(n_j)$  в состав фрагмента с номером  $\eta$ :  $FR_\eta = FR_\eta \cup P_k$  с подсчетом сложности  $Q(\mu)$  фрагментации для текущего  $\mu$ -го фрагмента  $FR_\mu$  ( $\mu=1..kfr$ ) (соотношение 1).

Этап 11 (символ 19 рис. 1) выполняет расчет общей сложности  $Q(Z)$  фрагментации времяпараметризованной параллельной модели задачи  $Z$ :

$$Q(Z) = \sum_{\mu=1}^{kfr} Q_\mu.$$

Поясним содержание и результаты выполнения различных этапов фрагментации времяпараметризованной параллельной ресурсно-ориентированной модели задачи на примере разветвляющейся задачи, Си-программа которой представлена рис. 2.

```

#include <stdio.h>
void main(void)
{
int a,b,c,d ,r;
int k,z,p,s;
scanf("%d %d %d %d",&a,&b);
scanf("%d %d %d %d",&c,&d);
if(a == b)
{
    k = a % 2;
    z = a * b;
    r = c / 2;
    printf("%4d\n",k);
    printf("%4d\n",z);
    printf("%4d\n",r);
}
else
{
    p = c * d;
    s = b / a ;
    printf("%4d\n",p);
    printf("%4d\n",s);
}
}

```

Рис. 2. Си-программа задачи

Можно показать, что временная глубина последовательной и максимально параллельной времяпараметризованных моделей задачи соответственно равны 104.00 такта и 44.00 такта.

Необходимо сформировать множество фрагментов, определить оптимальный состав операторов каждого фрагмента, обеспечивающих минимальную

сложность фрагментации и общую сложность фрагментации времяпараметризованной параллельной модели задачи.

На рис. 3 представлены результаты проектирования фрагментированной времяпараметризованной параллельной модели задачи с количеством фрагментов  $kfr=2$ .

Обобщенные фрагментированные структуры BFF и CFF семантико-числовой спецификации времяпараметризованной параллельной модели задачи представлены в табл. 1 и 2.

Семантика различных массивов обобщенных структур BFF (табл. 1) и CFF (табл. 2) для случая спецификации фрагментированных времяпараметризованных параллельных моделей задач:

$N$  – массив номеров операторов  $P_j$  (данные и операции считаются операторами и нумеруются подряд от  $j = 0$  до  $j = n - 1$ ;  $n$  – количество операторов);

$TYP$  – массив типов операторов формата СЧ фрагментированной ВПП модели;

$NSJ$  – массив указателей  $nsj(j)$  на номер  $i$ -й строки структуры связей CFF, с которой начинается цепочка сопряженных операторов  $P_i$  для оператора  $P_j$ ;

$SJD$  – массив значений  $sjd(j)$  мощностей сопряженных множеств  $S_j$  операторов  $P_i$  для операторов  $P_j$ ;

$BJ$  – массив номеров естественных частей (фрагментов) Си-программы, значение элемента  $bj(j)$  задает номер естественной части, к которой принадлежит оператор  $P_j$ ;

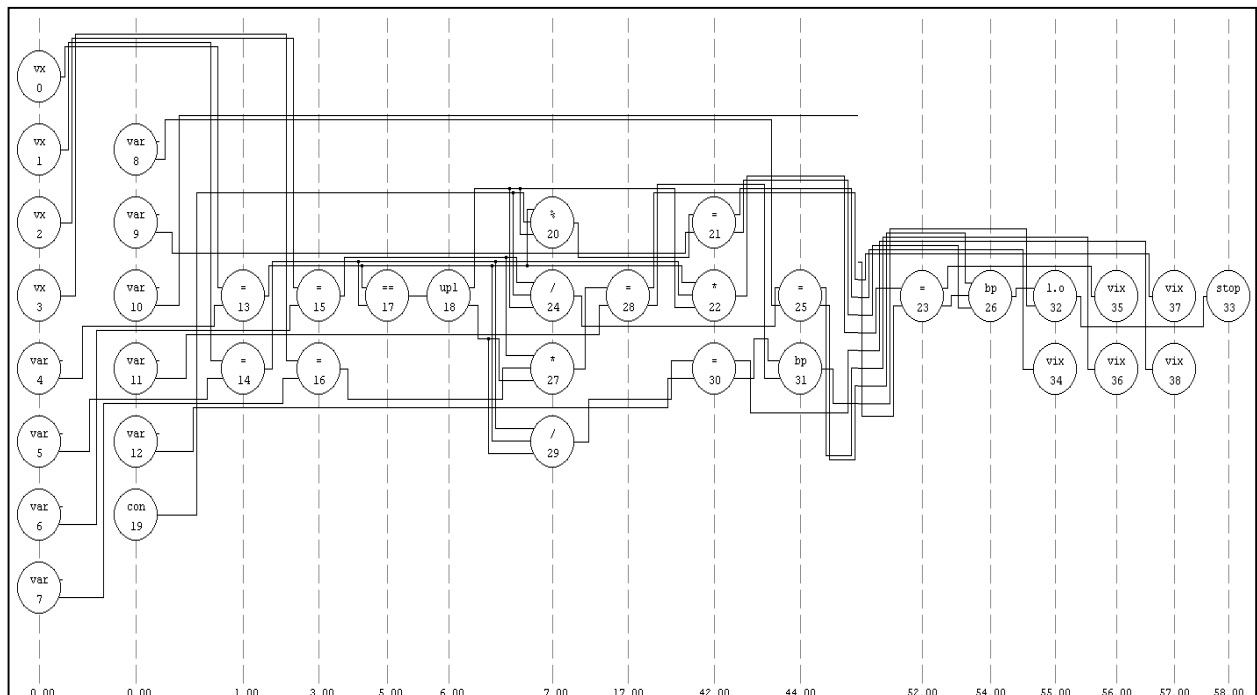


Рис. 3. Фрагментированная времяпараметризованная параллельная модель задачи с количеством фрагментов  $kfr=2$

Таблица 1

Обобщенная фрагментированная структура BFF операторов

N	TYP	NSJ	SJD	BJ	NWJ	WJD	FRAG	SLO	NT	NY	RES	N	TYP	NSJ	SJD	BJ	NWJ	WJD	FRAG	SLO	NT	NY	RES
0	58	-1	0	0	0	1	1	0	0.00	0	a_in	20	5	11	3	1	31	1	1	0	4.00	4	%
1	58	-1	0	0	1	1	1	0	0.00	0	b_in	21	12	14	2	1	32	2	1	0	5.00	5	=
2	58	-1	0	0	2	1	1	0	0.00	0	c_in	22	3	16	3	1	34	1	2	0	4.00	4	*
3	58	-1	0	0	3	1	1	0	0.00	0	d_in	23	12	19	2	1	35	2	2	1	5.00	5	=
4	47	-1	0	0	4	1	1	0	0.00	0	a	24	4	21	3	1	37	1	1	0	4.00	4	/
5	47	-1	0	0	5	1	2	0	0.00	0	b	25	12	24	2	1	38	2	1	0	5.00	5	
6	47	-1	0	0	6	1	1	0	0.00	0	c	26	50	26	6	1	40	1	1	0	7.00	7	bp
7	47	-1	0	0	7	1	1	0	0.00	0	d	27	3	32	3	2	41	1	1	0	4.00	4	*
8	47	-1	0	0	8	1	1	0	0.00	0	r	28	12	35	2	2	42	2	1	0	5.00	5	=
9	47	-1	0	0	9	1	1	0	0.00	0	k	29	4	37	3	2	44	1	1	0	4.00	4	/
10	47	-1	0	0	10	1	2	0	0.00	0	z	30	12	40	2	2	45	2	1	0	5.00	5	=
11	47	-1	0	0	11	1	1	0	0.00	0	P	31	50	42	4	2	47	1	1	0	7.00	7	bp
12	47	-1	0	0	12	1	1	0	0.00	0	s	32	54	46	2	3	48	1	1	0	8.00	8	1.0
13	12	0	2	0	13	4	1	0	1.00	1	=	33	49	48	1	3	-1	0	1	0	9.00	9	stop
14	12	2	2	0	17	3	2	0	1.00	1	=	34	48	49	1	1	49	1	1	0	6.00	6	k_out
15	12	4	2	0	20	2	1	0	1.00	1	=	35	48	50	1	1	50	1	2	0	6.00	6	z_out
16	12	6	2	0	22	1	1	0	1.00	1	=	36	48	51	1	1	51	1	1	0	6.00	6	r_out
17	23	8	2	0	23	1	1	0	2.00	2	==	37	48	52	1	2	52	1	1	0	6.00	6	p_out
18	51	10	1	0	24	5	1	0	3.00	3	upl	38	48	53	1	2	53	1	1	0	6.00	6	s_out
19	57	-1	0	1	29	2	1	0	0.00	0	C2_												

Таблица 2

Обобщенная фрагментированная структура CFF связей операторов

N	JSD	SPJD	SNWH	SNWHO	CFRGS	JWD	WPJD	WNWHO	WNWH	CFRGW	N	JSD	SPJD	SNWH	SNWHO	CFRGS	JWD	WPJD	WNWHO	WNWH	CFRGW	
0	1	0	0	0	0	-1	13	0	0	0	27	28	23	1	1	1	28	27	2	1	0	
1	-1	4	1	1	0	-1	14	0	0	1	28	29	21	1	2	0	-1	29	2	1	0	
2	3	1	0	0	1	-1	15	0	0	0	29	30	34	0	3	0	30	20	1	0	0	
3	-1	5	1	1	0	-1	16	0	0	0	30	31	35	0	4	1	-1	24	1	0	0	
4	5	2	0	0	0	-1	13	1	1	0	31	-1	36	0	5	0	-1	21	0	0	0	
5	-1	6	1	1	0	-1	14	1	1	0	32	33	15	0	0	0	33	26	2	1	0	
6	7	3	0	0	0	-1	15	1	1	0	33	34	16	0	1	0	-1	34	0	0	0	
7	-1	7	1	1	0	-1	16	1	1	0	34	-1	18	1	2	0	-1	23	0	0	0	
8	9	13	0	0	0	-1	25	1	1	0	35	36	27	0	0	0	36	26	1	1	1	
9	-1	14	0	1	1	-1	21	1	1	0	36	-1	11	1	1	0	-1	35	0	0	0	
10	-1	17	0	0	0	-1	23	1	1	0	37	38	14	0	0	1	-1	25	0	0	0	
11	12	13	0	0	0	-1	28	1	1	0	38	39	13	0	1	0	39	26	0	1	0	
12	13	19	0	1	0	-1	30	1	1	0	39	-1	18	1	2	0	-1	36	0	0	0	
13	-1	18	0	2	0	14	17	0	0	0	40	41	29	0	0	0	-1	32	0	0	0	
14	15	20	0	0	0	15	20	0	0	0	41	-1	12	1	1	0	-1	28	0	0	0	
15	-1	9	1	1	0	16	22	0	0	1	42	43	30	30	1	0	0	43	31	1	1	0
16	17	13	0	0	1	-1	29	1	0	0	43	44	28	1	1	0	-1	37	0	0	0	
17	18	14	0	1	0	18	17	1	0	1	44	45	37	0	2	0	-1	30	0	0	0	
18	-1	18	0	2	1	19	22	1	0	0	45	-1	38	0	3	0	46	31	0	1	0	
19	20	22	0	0	0	-1	29	0	0	1	46	47	26	0	0	0	-1	38	0	0	0	
20	-1	10	1	1	0	21	24	0	0	0	47	-1	31	0	1	0	-1	32	1	0	0	
21	22	15	0	0	0	-1	27	0	0	0	48	-1	32	0	0	0	-1	33	0	0	0	
22	23	19	0	1	0	-1	27	1	0	0	49	-1	21	0	0	0	-1	26	3	0	0	
23	-1	18	0	2	0	-1	18	0	0	0	50	-1	23	0	0	0	-1	26	4	0	1	
24	25	24	0	0	0	25	20	2	0	0	51	-1	25	0	0	0	-1	26	5	0	0	
25	-1	8	1	1	0	26	22	2	0	1	52	-1	28	0	0	0	-1	31	2	0	0	
26	27	25	1	0	0	27	24	2	0	0	53	-1	30	0	0	0	-1	31	3	0	0	

NWJ – массив указателей  $nwj(j)$  на номер  $i$ -й строки структуры связей CFF, с которой начинается цепочка внешних операторов  $P_i$  для оператора  $P_j$ ;

WJD – массив значений  $wjd(j)$  мощностей внешних множеств  $W_j$  операторов  $P_i$  для оператора  $P_j$ ;

FRAG – массив задает для каждого оператора  $P_{j\mu}$  с номером  $j = N$  номер фрагмента  $\mu$ , в состав которого он входит;

SLO – массив показывает значение сложности оператора  $P_{j\mu}$ ;

NT – массив задает параметры начала выполнения операторов  $P_{j\mu}$ ;

NY – массив задает номера временных ярусов операторов  $P_{j\mu}$ ;

RES – массив, содержит имена входов данных, имена исходных переменных, констант, символов операций языка Си, имена промежуточных и окончательных результатов решения задачи, имена выходов.

Обобщенная фрагментированная структура CFF связей операторов имеет следующую организацию:

N – массив номеров  $n$  строк структуры связей CFF;

JSD – массив указателей  $jsd(n)$  на множество номеров сопряженных операторов  $P_i$  для оператора  $P_j$ , начинающийся с указателя  $jsd(n) = nsj(j)$  строки с номером  $n = nsj(j)$  массива SPJD и заканчивающихся  $n$ -й строкой массива JSD, имеющей  $jsd(n) = -1$  (при этом каждый указатель  $jsd(n) \neq -1$  указывает на некоторый элемент массива SPJD, задающий номер очередного оператора  $P_i$ , сопряженного для  $P_j$ );

SPJD – массив, задающий для каждого оператора  $P_j$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ) его сопряженное множество  $S_j$  (то есть номера  $i$  операторов  $P_i$ , выходы которых являются входами для  $P_j$ ), указателями на элементы множества  $S_j$  являются значения элементов соответствующей цепочки указателей  $jsd(n)$  массива JSD, начинающейся с  $n$ -й строки с указателем  $jsd(n) = nsj(j)$  из массива NSJ структуры BFF);

В табл. 3 представлена структура указателей на начала цепочек операторов, входящих в состав каждого фрагмента задачи.

Таблица 3

Структура указателей на начала цепочек операторов, входящих в состав каждого фрагмента

NFR	n_JOP_FR	k_OP_FR
1	0	33
2	33	6

В состав структуры входят:

NFR – массив номеров фрагментов задачи;

N\_JOP\_FR – массив указателей на начала цепочек операторов, входящих в состав каждого фрагмента;

K\_OP\_FR – массив количества операторов каждого фрагмента.

В табл. 4 представлена структура состава операторов фрагментов задачи, содержащая массивы:

Таблица 4

Структура состава операторов фрагментов

NN	JOP_FR	OP_FR
0	1	0
1	2	1
2	3	2
3	4	3
4	5	4
5	6	6
6	7	7
7	8	8
8	9	9
9	10	11
10	11	12
11	12	13
12	13	15
13	14	16
14	15	17
15	16	18
16	17	19
17	18	20
18	19	21
19	20	24
20	21	25
21	22	26
22	23	27
23	24	28
24	25	29
25	26	30
26	27	31
27	28	32
28	29	33
29	30	34
30	31	36
31	32	37
32	-1	38
33	34	5
34	35	10
35	36	14
36	37	22
37	38	23
38	-1	35

NN – массив номеров операторов  $P_j$  исходной Си-программы;

JOP\_FR – массив указателей на продолжение цепочек операторов  $P_j$ , входящих в состав каждого фрагмента;

OP\_FR – массив номеров операторов  $P_j$ , входящих в состав каждого фрагмента.

Результаты фрагментации можно прокомментировать следующим образом:

– минимальная сложность обмена данными между фрагментами задачи  $Q_{\min} = 1$ ;

– оптимальный (по критерию минимизации обменов данными между фрагментами) вариант декомпозиции задачи содержит два фрагмента FR<sub>1</sub> и FR<sub>2</sub>, где FR<sub>1</sub> = {P<sub>0</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>6</sub>, ..., P<sub>9</sub>, ..., P<sub>13</sub>, P<sub>15</sub>, ..., P<sub>21</sub>, P<sub>24</sub>, ..., P<sub>34</sub>, P<sub>36</sub>, ..., P<sub>38</sub>}, FR<sub>2</sub> = {P<sub>5</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>14</sub>, P<sub>22</sub>, P<sub>23</sub>, P<sub>35</sub>};

– решение задачи с использованием двух фрагментов (рис. 3) позволяет сократить время решения задачи  $T_{FR}$  по сравнению с последовательным вариантом с  $T_{\text{пос}} = 104.0$  тактов до  $T_{FR} = 58.0$  тактов и по сравнению с  $T_{\text{сж}} = 44.0$  тактов максимально параллельной модели;

– при фрагментации исходной задачи на большее количество фрагментов сложность межфрагментного обмена данными увеличивается.

Следует отметить, что требование сочетания фрагментации задачи с равномерностью загрузки ресурса приводит к увеличению количества обменов данными между фрагментами и, соответственно, увеличению общего времени выполнения задачи MPP BC.

## Выводы

1. Разработана математическая модель фрагментации, обеспечивающая возможность автоматизации основных этапов синтеза эффективных времяпараметризованных параллельных ресурсно-ориентированных программ.

2. Модель фрагментации поддерживает возможность синтеза времяпараметризованных параллельных ресурсно-ориентированных программ с учетом заданных требований и ограничений различных прикладных областей.

## Список литературы

1. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
2. Трахтенгерц Э.А. Введение в теорию анализа и распараллеливания программ ЭВМ в процессе трансляции / Э.А. Трахтенгерц. – М.: Наука, 1981. – 256 с.
3. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы / В.В. Корнеев. – М.: «Нолидж», 1999. – 320 с.
4. Polyakov G. The hard-and-soft Automatic Design of Self-Organizing Adaptive Systems / G. Polyakov // Радиоэлектроника и информатика. – X., 2003. – № 3. – С. 149.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
6. Кофман А. Сетевые методы планирования / А. Кофман, Г. Дебазей. – М.: «Прогресс», 1968. – 184 с.
7. Поляков Г.А. Синтез и анализ параллельных процессов в адаптивных времяпараметризованных вычислительных системах / Г.А. Поляков, С.И. Шматков, Е.Г. Толстолужская, Д.А. Толстолужский: монография. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – С. 434-575.

Поступила в редколлегию 25.12.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.И. Лосев, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков.

## МОДЕЛЬ ФРАГМЕНТАЦІЇ ЧАСУПАРАМЕТРИЗОВАНИХ ПАРАЛЕЛЬНИХ РЕСУРСНО-ОРІЄНТОВАНИХ ПРОЦЕСІВ

Г.О. Поляков, О. Г. Толстолужька, Д.О. Толстолужький

*Розкриваються етапи рішення задачі фрагментації часупараметризованих паралельних ресурсно-орієнтованих процесів в інтересах створення систем автоматичного синтезу високоефективних паралельних програм для обчислювальних систем з розподіленою пам'яттю. Приводиться приклад, що ілюструє основні етапи моделі фрагментації.*

**Ключові слова:** паралельний алгоритм, часові моделі алгоритмів, часові моделювання, оцінка часу реалізації алгоритму.

## MODEL OF FRAGMENTATION TIME PARAMETRIZED PARALLEL RESOURCE-ORIENTED PROCESSES

G.A. Polyakov, E.G. Tolstoluzhskaya, D.A. Tolstoluzhskiy

*The parallel resource-oriented time parametrized processes fragmentation task resolving stages open up in behalf of the high-efficiency parallel programs automatic synthesis systems creation for the computer systems with the up-diffused memory. There is provided example illustrating basic stages of fragmentation model.*

**Keywords:** parallel algorithm, temporal models of algorithms, temporal design, estimation of time of realization of algorithm.