

УДК 004.383.3

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА НЕЙРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Ручкин В.Н., д.т.н., профессор Рязанского государственного университета им.С.А.Есенина*

*Романчук В.А., аспирант Рязанского государственного университета им.С.А.Есенина, e-mail: virom2006@mail.ru*

**Ключевые слова:** нейропроцессор, программный комплекс, алгоритм, моделирование, анализ, разработка, обработка изображений.

### Введение

В настоящее время для процессоров наступил так называемый "технологический предел", означающий что они достигли максимального уровня повышения быстродействия. Все разработки в данное время направлены на повышение числа процессоров на кристалле. Одним из выходов из данной ситуации является новая элементная база (например, использование нейрокомпьютеров). Также необходимо отметить, что в области нейрокомпьютеров в настоящее время ведутся разработки с использованием новых технологий, перспективными можно назвать технологии создания оптических нейрокомпьютеров, нейрокомпьютеров на пластине, молекулярных и нанонейрокомпьютеров [1].

Но, для дальнейшего развития в области нейропроцессорных технологий существует ряд проблем, основными из которых являются:

1. Небольшая тактовая частота (30-150 МГц).
2. Отсутствие развитого программного обеспечения для нейропроцессоров.
3. Недоступность информационных материалов в данной области.
4. Слишком большая цена перехода от существующих процессоров к нейропроцессорам (изменение не только аппаратных, но и программных средств).

Одним из способов решения первой проблемы является организация многопроцессорных систем. Уже разработаны модули, включающие несколько процессоров с различными связями (модули: ВМ1, МЦ4.04, МЦ4.13 (мезонин), МЦ9.01, разработанные в НТЦ "Модуль" и модули: SMT302, SMT344, SMT313, SMT315, SMT316 на базе 1,2 и 4 модулей семейства TMS320C4x, разработанные фирмой Sundance).

Вместе с тем имеются проблемы, мешающие созданию эффективных мультимикропроцессорных структур на базе нейропроцессоров:

1. Нейропроцессоры являются пока дорогим и штучным товаром, и не каждая организация может их приобрести в нужном количестве. Кроме того, необходимо отметить что для реализации какой либо задачи необходимы эксперименты с различным количеством процессорных модулей, что также может позволить себе лишь крупная организация.

2. Проектирование и анализ специализированных многопроцессорных систем на базе нейропроцессоров

*Рассматриваются вопросы разработки программного комплекса, предназначенного для моделирования и анализа нейропроцессорных структур обработки информации. Первым этапом разработки стала адаптация общей методики анализа многопроцессорных систем для нейропроцессоров семейства NM640x. На втором этапе предложены структуры нейропроцессорных систем и получены оценки эффективности для каждой структуры. На третьем этапе разработана структура программного комплекса в соответствии с приведенной методикой анализа. Результатом разработки стал программный комплекс "НейроКС" для моделирования и анализа систем обработки изображений на базе нейропроцессоров семейства NM640x.*

является очень трудоемким и сложным процессом, так как, в отличие от обычных процессоров, для нейропроцессоров нет необходимой теории, методов и алгоритмов и программных средств моделирования и анализа.

Поэтому в работе была поставлена задача разработки методики, моделей и алгоритмов для анализа нейропроцессорных систем обработки изображений (НПСОИ) и создания программного комплекса, имеющего функциональные возможности для обеспечения всего цикла анализа систем обработки информации целью повышения эффективности и надежности функционирования системы.

### Методика анализа нейропроцессорных систем обработки изображений

За основу методики анализа была взята общая методика анализа многопроцессорных систем для заданного класса алгоритмов. В дальнейшем она была адаптирована для нейропроцессорных устройств и систем обработки информации. Поэтапная схема разработки НПСОИ приведена на рис. 1.

Рассмотрим каждый этап, адаптированный для нейропроцессора NM6403.

#### 1 этап

Первым этапом является выбор элементной базы. Будем считать что в результате исследования предметной области и представленного класса алгоритмов наиболее рациональным выбором является процессор NM6403.

#### 2 этап

На втором этапе требуется заданному алгоритму обработки изображений поставить в соответствие некоторую программу, написанную на внутреннем языке выбранного процессора NM6403, т.е. определить некоторое отображение  $\varphi$ , удовлетворяющее условию

$$\varphi: A^{(j)} \rightarrow PR^{(j)}, j = 1, N,$$

где  $A^{(j)}$  - некоторый  $j$ -ый алгоритм обработки информации;

$PR^{(j)}$  -  $j$ -ая программа для однопроцессорного варианта.

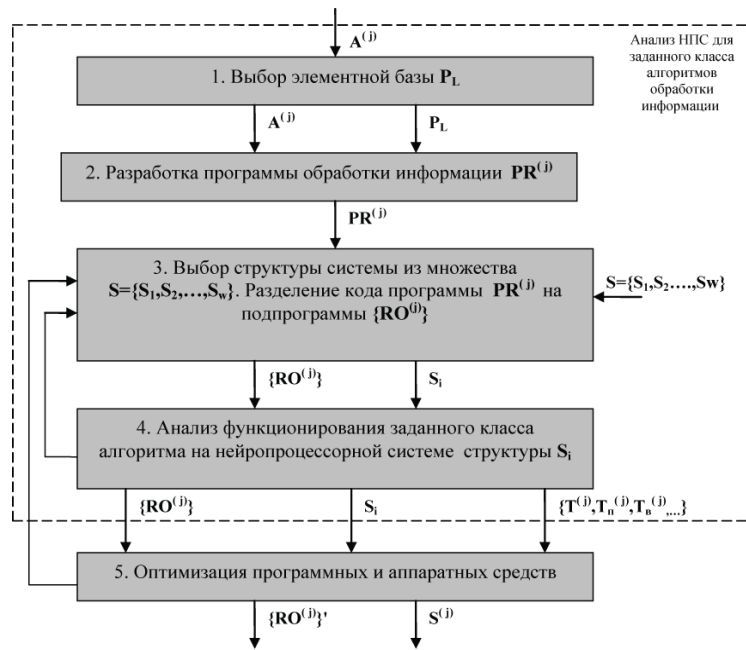


Рис. 1. Схема анализа нейропроцессорных систем

Важными выходными характеристиками данного этапа являются:

- длина программы  $|PR^{(j)}|$ , определяемая как число команд, входящих в программу;
- частота повторения макрокоманд  $X_m^{(j)}, m=1, M$ ;
- время выполнения программы  $T(j) = \sum_{m=1}^M X_m^{(j)} t_m$ , где  $t_m$  - время выполнения  $m$ -ой макрокоманды.

Для NM6403 таким языком является нейроассемблер в сочетании с адаптированным языком C++.

### 3 и 4 этапы

На третьем этапе необходимо рассмотреть множество возможных структур  $S_w \in S; w=1, W$ , позволяющих некоторой программе поставить в соответствие множество подпрограмм. На четвертом этапе, в результате анализа каждой структуры  $S_w$ , определяются основные выходные характеристики, необходимые для выбора наиболее рациональной структуры:

- Время выполнения программы  $T$ .
- Время выигрыша  $T_v$ .
- Время проигрыша системы  $T_n$ .
- Время простоев в процессоре  $Tn'$ .

Основными проблемами на данном этапе является отсутствие единого стандарта нейропроцессорных

архитектур и отсутствие критериев оценки их эффективности.

В связи с этим предлагается следующая методика.

### Анализ программы $PR^{(j)}$

Исследование программы  $PR^{(j)}$  основано на понятии равенства подпрограмм  $RO_j = RO_k$  (под которым понимается равенство длин подпрограмм  $|RO_j| = |RO_k|$  и полное совпадение подпрограмм с точностью до микрокоманды  $MK_l^{(j)} = MK_l^{(k)}, \forall l=1, |RO_j|$ ). Такие подпрограммы всегда могут выполняться параллельно, вследствие чего, объединив их в отдельный класс, называемых классом эквивалентности, можно определить вид параллельной системы обработки, исходя из числа найденных классов  $L^{(j)}$  и порядка каждого класса  $|a_l|$ .

### Выбор архитектуры в соответствии с числом классов эквивалентности $L^{(j)}$ и порядком класса $|a_l|$

Рассмотрим следующие архитектуры и оценки эффективности:

а) Если число классов эквивалентности равно  $L$ , и порядок каждого класса равен единице  $|a_l|=1$ , тогда рациональным выбором будет конвейерная структура обработки информации (рис. 2).

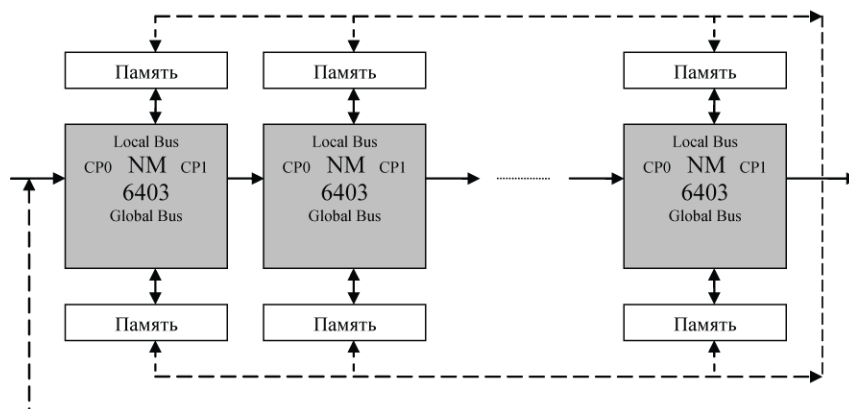


Рис. 2. Конвейерная структура обработки информации на базе NM6403

- Время простоя в данном случае будет равно

$$Tn^{(j)} = L^{(j)} * TO^{(j)} - \sum_{l=1}^L TO_l^{(j)}$$

где  $TO_i^{(j)}$  - время выполнения  $i$ -ой подпрограммы.

- Время выигрыша:  $T_6^{(j)} = \sum_{l=1}^L TO_l^{(j)} - \max_{l \in L} TO_l^{(j)}$

б) Если число классов эквивалентности  $L$  равно единице, и порядок класса  $|a_q|$  равен  $q$ , то выбирается векторная структура (рис. 3).

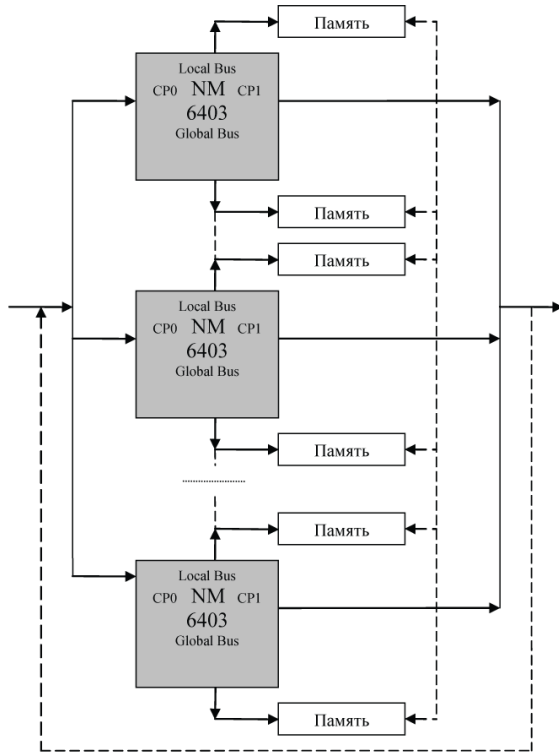


Рис. 3. Векторная структура обработки информации на базе NM6403

- Время выполнения:  $TO = \max_{l \in L} TO_l$
- Время проигрыша:  $T_n^{(j)} = \sum_{l=1}^q (\max_{l \in L} TO_l^{(j)} - TO_l^{(j)})$
- Время выигрыша:  $T_6^{(j)} = \sum_{l=1}^L TO_l^{(j)} - \max_{l \in L} TO_l^{(j)}$

в) Если число классов эквивалентности равно  $L$ , и порядок каждого  $l$ -го класса равен  $|a_l|$ , тогда рационально использовать так называемую конвейерно-векторную структуру обработки информации.

- Время обработки:  $T_R = \sum_{l=1}^L \sum_{r \in RO_l} t_i^{(l)}$ ;
- Время проигрыша:  $Tn = \sum_{l=1}^{L-1} (|a_l| - |a_{l+1}|) \sum_{r \in RO_l} t_i^{(l)}$ ;

- Время выигрыша:

$$T_6 = \sum_{l=1}^L |a_l| \sum_{r \in RO_l} t_i^{(l)} - \sum_{l=1}^{L-1} (|a_l| - |a_{l+1}|) \sum_{r \in RO_l} t_i^{(l)}$$

г) Если подпрограммы внутри каждого  $l$ -го класса обмениваются последовательно, тогда число процессорных модулей  $No$  для  $|a_l| = q, \forall l = 1, L$ , принимает значение равно  $No = L * q$ , и для общего случая  $No = L * \max_{l \in L} |a_l|$ .

Полученная структура обработки изображений является векторно-конвейерной.

Время выполнения программы:

$$T_R = \sum_{m=1}^L (\sum_{l=1}^L \sum_{r \in RO_l} t_i^{(l)} + \sum_{l=1}^L \sum_{r \in RO_l \setminus RO_1} t_i^{(l)});$$

Время проигрыша:

$$Tn = \sum_{l=1}^L |a_l| \sum_{r \in RO \setminus RO} t_i^{(l)} + \sum_{l=1}^L |a_{l+1}| \sum_{r \in RO_l \setminus RO_l} t_i^{(l)}$$

### 5 этап

На пятом, заключительном этапе необходимо минимизировать сумму технических  $Q$  и программных  $R$  средств для реализации всех  $N$  алгоритмов при заданных ограничениях, исходя из полученных на четвертом этапе оценок эффективности НПСОИ для реализации данного алгоритма. Выполняется данный этап либо с помощью специальных программных продуктов, либо методами подбора наиболее рациональной конфигурации системы (для минимизации аппаратных средств), либо методами оптимизации программного кода (для минимизации программных средств), либо другими методами. На данном этапе также возможен возврат на третий этап по причине нерациональной структуры  $S_i^{(j)}$  или неэффективного программного кода  $PR^{(j)}$ .

### Схема проектирования НПСОИ на базе нейропроцессора NM6403

В соответствии с представленной выше адаптированной методикой анализа нейропроцессорных систем, была разработана схема для анализа НПСОИ на базе семейства нейропроцессоров NM640x для заданного класса алгоритмов (рис. 4) и программный комплекс, структура которого показана на рис. 5.

Интерфейс программного комплекса является многодокументным. Сначала пользователю предлагается ввести название проекта и устройство, с которым он будет работать и, если все было введено правильно, то выводится окно тестового редактора и обозревателя проекта для быстрого перемещения между окнами. Добавление конструктора команд, конструктора систем и других модулей программы реализуется выбором соответствующей команды меню.

Результаты анализа нейропроцессорной системы обработки изображений, полученные в блоке «Анализатор НПС» (рис.6), отображаются на экране ПЭВМ в аналитическом и графическом виде.

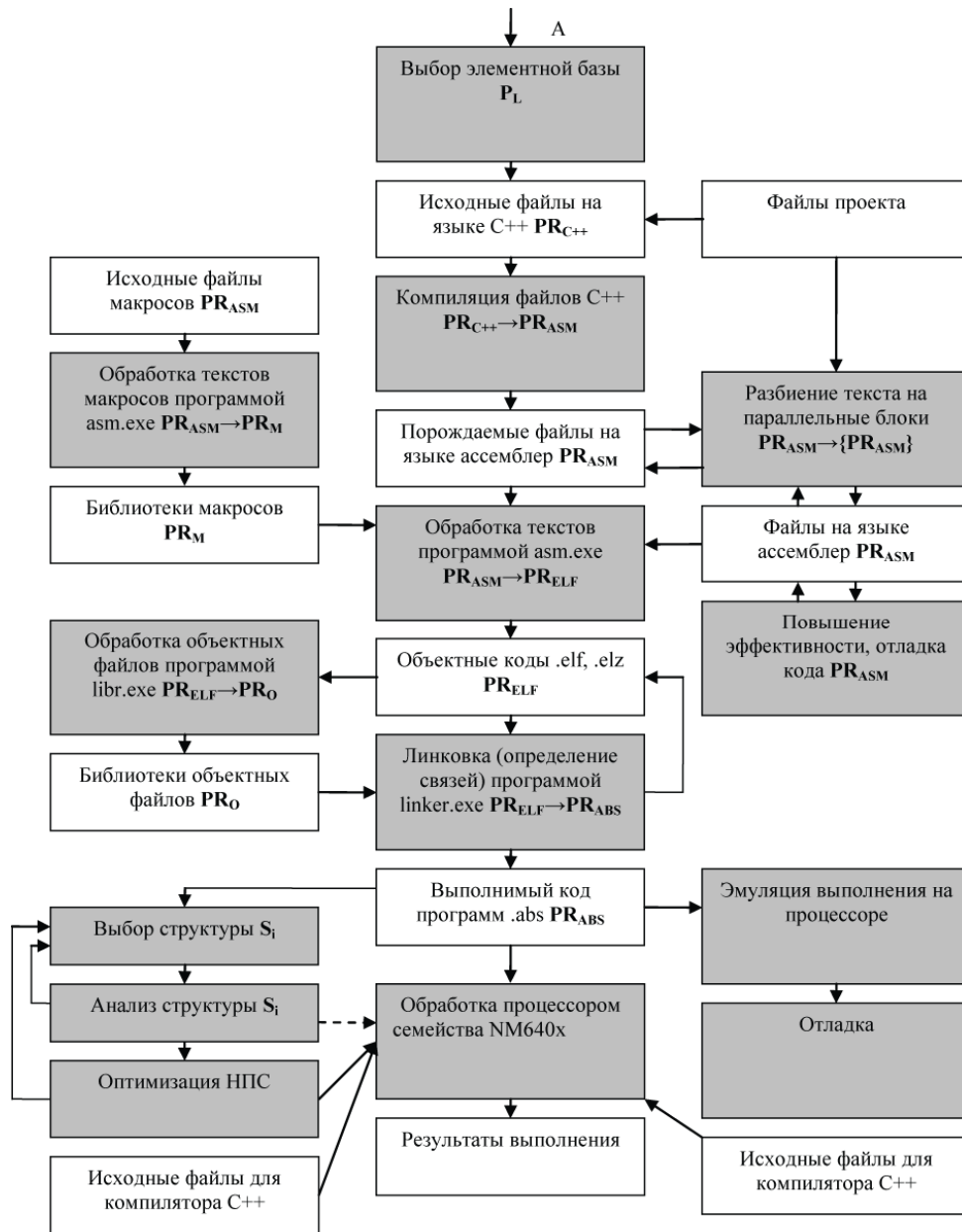


Рис. 4. Схема проектирования НПСОИ на базе нейропроцессора NM6403

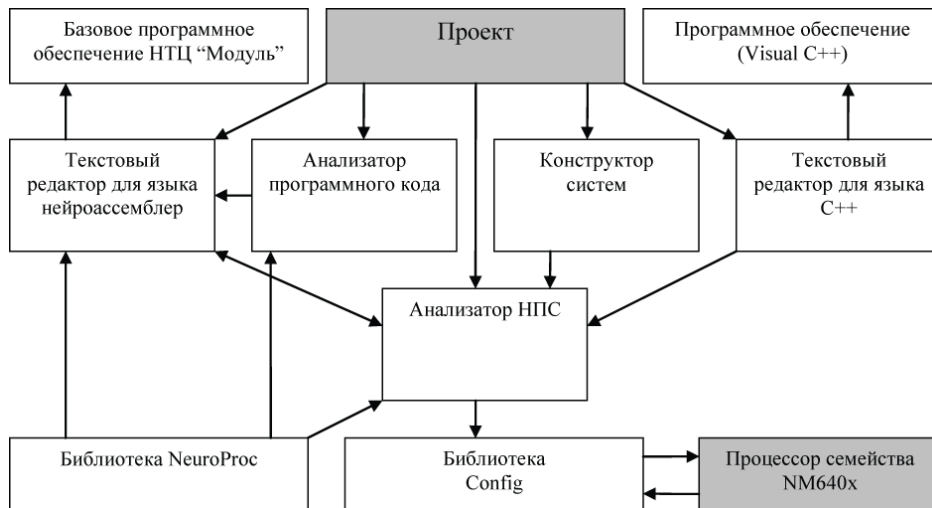


Рис. 5. Схема взаимодействия модулей программного комплекса

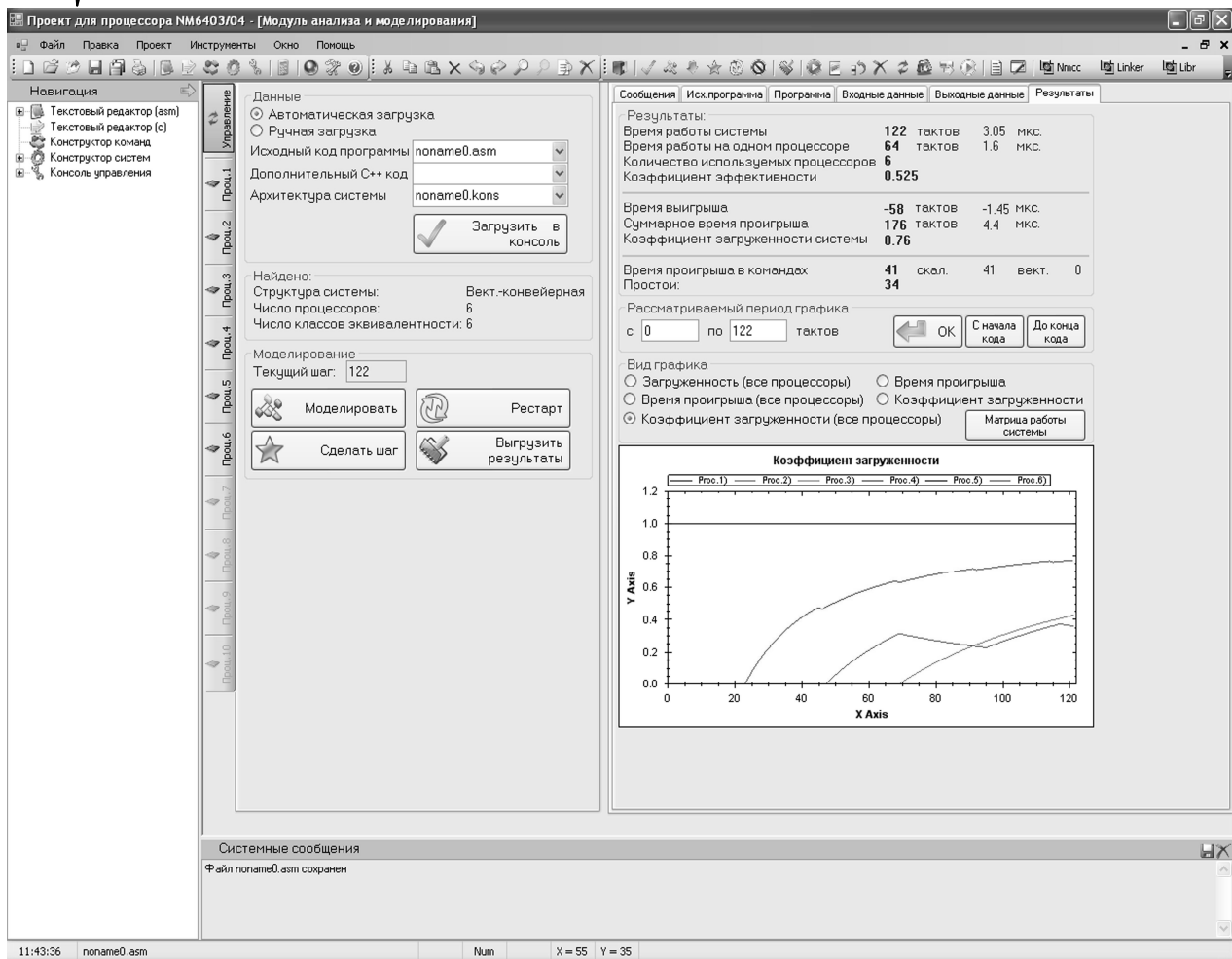


Рис. 6. Анализатор нейропроцессорной системы

Данный программный комплекс был использован при проектировании системы сжатия изображений фрактальным методом на базе нейропроцессора NM6403, что позволило выбрать наиболее рациональную структуру нейропроцессорной системы и оптимизировать программный код.

### Заключение

Таким образом, поставленные задачи в ходе исследования были выполнены, и основными результатами стали:

- Методика анализа средств обработки изображений, адаптированная для нейропроцессоров семейства NM640x.
- Для реализации данной методики произведен системный анализ, результатом которого стала классификация систем обработки изображений.
- Для получения оценок эффективности каждого процессорного модуля НПСОИ нейропроцессор NM6403 был рассмотрен с точки зрения системы параллельной обработки данных векторной структуры.
- В соответствии с адаптированной методикой анализа определена структура и представлен программный комплекс для разработки систем обработки изображений.

### Литература

1. Галушкин А.И. Нейронные ЭВМ - перспективное направление развития вычислительной техники - М: Препринт, 1991. - 615 с.
2. Галушкин А.И., Судариков В.А., Шабанов Е.В. Нейроматематика: Методы решения задач на нейрокомпьютерах - М: Препринт, 1990. - 440 с.

3. Романчук В. А. «Отладочный комплекс Evesot для семейства нейропроцессоров NM 640x» / отв. ред. А. А. Дунаев – РГУ им. С. А. Есенина, 2006.– 148 с.
4. Нейрокомпьютеры в системах обработки изображений. Кн. 7: Коллективная монография / общ. ред. А. И. Галушкина. – Радиотехника, 2003.- 192 с.: ил.
5. Ручкин В.Н., Романчук В.А., Колмыков М.В. Возможности программного комплекса NM Model для разработки и отладки программ обработки изображений. // Вестник РГПУ. 2008. №2. Выпуск 24. С.83-85.

## DEVELOPMENT OF SOFTWARE COMPLEX FOR SIMULATION AND ANALYSIS OF NEUROPROCESSING SYSTEMS

*V.N. Ruchkin, V.A. Romanchuc*

This article examines the development of software designed for modeling and analysis neuroprocessor structures of information processing. The first stage of development is the adaptation of the general method of analysis of multi-family units of neuroprocessor NM640x for a given algorithm processing. In the second stage have been proposed structure neuroprocessor systems and obtain estimates of effectiveness for each structure.

The third stage was designed structure of software system in accordance with the method of analysis. The result was the development of the software complex "NeuroCS" for the modeling and analysis system of information processing based on neuroprocessor family NM640x.