С другой стороны, владельцем различных частей поселений могут, помимо людей, выступать также учреждения или другие, более крупные, части поселений:

Кирилловская ***церковь***[1] *и ее*[1] ***двор****, где бродили больные в сером, глубоко взволновали меня*. (Л. Вертинская).

Также была подтверждена гипотеза о том, что антецедентом притяжательных местоимений, зависимых от слов, выражающих чувства (*жалость, любовь, поцелуй, удивление* и т.д.), как правило, являются слова класса «люди»:

Если Женя[1] *видела, что не нравится какому-нибудь мужчине*[2], *ей*[1] *и в голову не приходило пытаться завоевать его*[2] *внимание*. (А. Берсенева).

Дополнение правил поиска антецедентов ограничениями на допустимые классы позволяет существенно повысить точность разбора. На корпусе в 600 предложений антецедент правильно устанавливался от 70% (для личных и притяжательных местоимений) до 93% (для местоимения *который*). Отметим, что часть ошибок была вызвана тем, что в НКРЯ, как правило, приводятся отдельные предложения, а не связные абзацы.

Заключение

Таким образом, анализ дерева разбора как отдельных предложений, так и связных абзацев с учетом классов семантического классификатора позволяет достаточно успешно определять антецеденты основных типов местоимений, что важно для расширения возможностей автоматического извлечения информации из текста.

Литература

1. Падучева Е.В. Высказывание и его соотнесенность с действительностью. – М., Наука, 1985. – 272 с.
2. Тестелец Я.Г. Введение в общий синтаксис. – М.: Изд-во РГГУ, 2001. – 800 с.
3. Кобзарева Т.Ю. Проблема кореференции в рамках поверхностно-синтаксического анализа русского языка // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Труды Международной конференции Диалог'2003. – М., 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dialog-21.ru/Archive/2003/Kobzareva.htm, свободный. Яз. рус. (дата обращения 15.08.2013).
4. Каневский Е.А., Боярский К.К. Семантико-синтаксический анализатор SemSin // Международная конференция по компьютерной лингвистике «Диалог-2012», Бекасово, 30 мая–3 июня 2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dialog-21.ru/digest/2012/?type=doc., свободный. Яз. рус. (дата обращения 15.08.2013).
5. Боярский К.К., Каневский Е.А., Стафеев С.К. Использование словарной информации при анализе текста // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 3 (79). – С. 87–91.
6. Боярский К.К., Каневский Е.А. Язык правил для построения синтаксического дерева // Интернет и современное общество: Материалы XIV Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество». – СПб: ООО «МультиПроджектСистемСервис» – 2011. – С. 233–237.
7. Тузов В.А. Компьютерная семантика русского языка. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. – 400 с.

Боярский Кирилл Кириллович – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, Boyarin9@yandex.ru

Каневский Евгений Александрович – Санкт-Петербургский экономико-математический институт РАН, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, kanev@emi.nw.ru

Степукова Александра Владимировна – Санкт-Петербургский государственный университет, студент, icarus_89@mail.ru

УДК 681.3

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОПОЛОГИИ ПОВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПОМОЩЬЮ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИХ ГРУПП ГОМОЛОГИЙ

Т.А. Тришина

Разработано программное обеспечение для вычисления групп гомологий и групп направленных гомологий элементарных сетей Петри. Метод вычисления основан на алгоритме нахождения групп гомологий комплекса свободных конечно-порожденных абелевых групп с помощью нормальной формы Смита. Основная идея автора состоит в методе вычисления коэффициентов матрицы дифференциала, допускающем визуальную проверку. Кроме того, рассмотрена задача наглядного построения изучаемой сети Петри с возможностью исследования ее динамики. Приведены примеры ручного расчета групп гомологий и групп направленных гомологий. Описано взаимодействие пользователя

с разработанным приложением. Приведены примеры построения и вычисления групп гомологий и направленных гомологий с помощью данного приложения. Программное средство реализовано в среде Embarcadero RAD Studio 2010 на языке программирования C++.
Ключевые слова: элементарная сеть Петри, асинхронная система, группы гомологий, направленные группы гомологий, программное обеспечение.

Введение

Группы гомологий элементарных сетей Петри были введены в работе [1]. Они предназначены для топологического анализа параллельных систем, описываемых этими сетями. Вычисление групп гомологий и направленных групп гомологий необходимо для классификации сетей Петри. Также по полученным группам гомологий можно определить кручения и исследовать тупики моделируемой сети Петри. Они также тесно связаны с гомологиями многомерных автоматов, изученных в работах [2, 3] и примененных в [4] для решения проблем теории направленной гомотопии. Процесс вычисления групп гомологий сети Петри очень трудоемок даже для простых случаев и поэтому требует автоматизации. Настоящая работа посвящена программному обеспечению для вычисления групп гомологий и направленных групп гомологий элементарной сети Петри. В [1] был построен алгоритм для вычисления первых групп гомологий сети Петри. В работе [5] построен алгоритм для вычисления всех групп гомологий элементарной сети Петри.

Разработанное программное обеспечение направлено на использование в научной работе и призвано визуализировать процесс построения сетей Петри, моделировать динамику и автоматизировать процесс вычисления групп гомологий и направленных групп гомологий сетей Петри. Гомология дает возможность строить алгебраический объект – абелеву группу, который является топологическим инвариантом пространства.

Рассмотрение, использование и визуализация сетей Петри и их групп гомологий предполагает соответственно их непосредственное использование при программировании. Таким образом, основу математической модели разработанного программного обеспечения составляют законы, формулы и соотношения из теории асинхронных систем. Кроме того, для изучения сети Петри методами алгебраической топологии, а именно, для вычисления групп гомологий, автором разработан метод построения матрицы переходов и матрицы независимых переходов, соответствующих сети Петри.

Предварительные сведения

Напомним определение элементарной сети Петри и асинхронной системы [6].

Элементарная сеть Петри и ее динамика. Сетью Петри называется пятерка $N=(P, T, pre, post, M_0)$, где P – конечное множество мест; T – конечное множество переходов; значение $pre(t)(p)$ равно числу стрелок $p\to t$; $post(t)(p)$ равно числу стрелок $t\to$p ; M_0 – начальная маркировка. Соответственно, элементы из T называются переходами, из P – местами. Маркировкой называется произвольная функция $M:P\to N$, где N – неотрицательные целые числа.

Сеть Петри представляет собой двудольный ориентированный граф, который состоит из вершин двух типов – мест и переходов, соединенных между собой стрелками. В местах могут размещаться метки, способные перемещаться по сети.

Сеть Петри называется элементарной, если для каждой ее маркировки число меток в каждом месте не больше единицы. Пример элементарной сети Петри представлен на рис. 1.

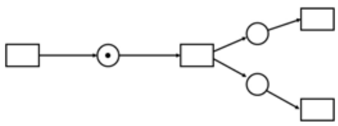

Рис. 1. Пример элементарной сети Петри: места изображены кружками, а переходы – прямоугольниками

Если $pre(t)(p)=1$, то из соответствующего места p выходит стрелка к переходу t. Если $post(t)(p)=1$, то из соответствующего перехода выходит стрелка к месту p. Маркировка изображается с помощью точек (меток) в кружке, соответствующем месту $p\in P$.

Сеть Петри характеризуется динамикой. Срабатывание перехода $t\in T$ возможно, если $M\geq pre(t)$, т.е. $(\forall p)M(p)\geq pre(t)(p)$. В частности, для элементарной сети Петри срабатывание перехода возможно, если все входящие в него места имеют метки, а выходящие – не имеют меток. В этом случае оно переводит маркировку M в маркировку $\bar{M}$, принимающую значения $\bar{M}(p) = M - pre(t) + post(t)$.

Сети Петри были разработаны и используются для моделирования параллельных и асинхронных систем. При моделировании в сетях Петри места символизируют какое-либо состояние системы, а переходы символизируют какие-то действия, происходящие в системе. Система, находясь в каком-то состоянии, может порождать определенные действия, и наоборот, выполнение какого-то действия переводит систему из одного состояния в другое.

Асинхронная система. *Асинхронной системой* называется пятерка $T=(S, s_0, E, I, Tran)$, где S – конечное множество состояний; $s_0 \in S$ – начальное состояние; E – конечное множество событий; $Tran \subseteq S \times E \times S$ – множество переходов; $I \subset E \times E$ – симметричное антирефлексивное отношение независимости.

Пример асинхронной системы, демонстрирующий задачу о читателях и писателях [7], представлен на рис. 2.

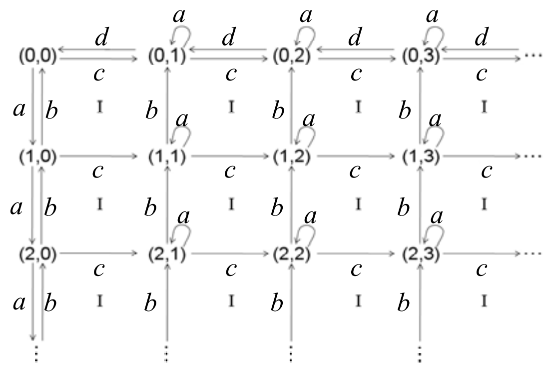

Рис. 2. Пример асинхронной системы, демонстрирующий задачу о читателях и писателях

Состояния асинхронной системы описываются парами (r, w), где r – число читателей, работающих с общим буфером; w – число писателей, готовых сделать запись в буфер. Если в буфере нет читателей, то первый из писателей работает с буфером. Начальное состояние i=(0,0).На рис. 2 показаны состояния и события асинхронной системы, где a – читатель пытается получить доступ к буферу; b – читатель закончил работу с буфером; c – поступил новый писатель; d – писатель закончил работу с буфером.

Группы гомологий сети Петри

Алгоритм, используемый в настоящей работе для вычисления групп гомологий элементарной сети Петри в программе, основан на получении матрицы переходов [6] и матрицы независимых переходов с помощью автоматического исследования ее динамики. С помощью матрицы переходов проблема сводится к вычислению групп гомологий соответствующей асинхронной системы. Это позволяет воспользоваться некоторыми идеями и методами из магистерской диссертаций Е.С. Бушмелевой, основные положения которой содержатся в работе [8], посвященной группам гомологий асинхронных систем. Способ построения матрицы переходов, используемый в настоящей работе, допускает визуальную проверку коэффициентов матрицы дифференциалов комплекса для вычисления групп гомологий. Группы гомологий вычисляются с помощью приведения этих матриц к нормальной форме Смита.

Алгоритм, используемый для вычисления групп гомологий в программе, был разработан в 2011 г. [5] и опубликован на английском языке в Springer в 2012 г. Алгоритм теоретически обоснован в работе [5]. Результаты вычисления согласованы с теоретическими, полученными в [9].

Пусть N=(P, T, pre, $post$, M_0) – сеть Петри. Согласно [5], ей соответствует асинхронная система $(S, s_0, E, I, Tran)$, состоящая из множества S всех маркировок этой сети Петри. Множество S имеет 2^p элементов, где p – число мест. Начальное состояние s_0 равно M_0. Положим $E = T$, и элементы из E будем обозначать a, b, … . Отношение I состоит из пар (a, b) событий, таких, что соответствующие им переходы сети Петри не имеют общих мест. Частичное действие моноида трасс определено событиями $a \in E$, переводящими каждую маркировку s в маркировку $\overline{s}$, которую мы обозначим через $s{\cdot}a$. Матрица переходов состоит из строк, соответствующих маркировкам. Число строк равно 2^n. Ее столбцы соответствуют событиям $a \in E$. На пересечении строки s и столбца a ставится элемент $s{\cdot}a$.

Матрица независимых переходов является матрицей отношения независимости I.

Для вычисления групп гомологий сетей Петри необходимо составить матрицу переходов и матрицу независимых переходов, по полученным данным получить матрицы дифференциалов, для них вычислить нормальную форму Смита. После произведенных действий можно приступить к непосредственному вычислению групп гомологий или направленных групп гомологий сети Петри. Далее рассмотрим каждый из шагов по отдельности.

Согласно [5], группы гомологий сети Петри можно определить как группы гомологий комплекса, состоящего из абелевых групп, порожденных множествами

$$Q_n(S,E,I) = \left\{ (s, a_1, ..., a_n) \in S \times E^n \,\middle|\, a_1 < ... < a_n \;\&\; s \cdot a_1 ... \, a_n \in S \right.$$

$$\left. \& \left(a_i, a_j\right) \in I \text{ для всех } 1 \le i < j \le n \right\}, n \ge 0.$$

(При $n = 0$ полагаем $Q_0(S,E,I) = S$). Мы рассматриваем случай, когда S – множество всех возможных 2^p маркировок. Но можно было ограничиться достижимыми маркировками. Между этими абелевыми группами задаются граничные операторы:

$$\partial_i^{n,\varepsilon}(s,a_1,...,a_n) = \left(s,a_i^{\varepsilon},a_1,...,a_{i-1},a_{i+1},...,a_n\right),$$

при $1 \le i \le n$, $\varepsilon \in \{0,1\}$, где s – маркировки; a_i – переходы сети Петри.

Матрица дифференциалов строится с помощью этих граничных операторов следующим образом.

Каждому $(s,a_1,\dots,a_n) \in Q_n(S,E,I)$ будет соответствовать столбец матрицы дифференциала d_n. Элементу из $Q_{n-1}(S,E,I)$ соответствует строка. Поскольку

$$d_n(s,a_1,\dots,a_n) = \sum_{i=1}^{n}(-1)^i(s\cdot a_i,a_1,\dots,a_{i-1},a_{i+1},\dots,a_n) - \sum_{i=1}^{n}(-1)^i(s,a_1,\dots,a_{i-1},a_{i+1},\dots,a_n), \quad (1)$$

то для каждого $i \in \{1,\cdots,n\}$ на пересечении столбца, соответствующего $(s,a_1,\dots,a_n)$, и строки, соответствующей элементу $(s\cdot a_i,a_1,\dots,a_{i-1},a_{i+1},\dots,a_n)$ нужно поставить $(-1)^i$, а на пересечении этого столбца и строки $(s,a_1,\dots,a_{i-1},a_{i+1},\dots,a_n)$ нужно выписать $(-1)^{i+1}$. Остальные коэффициенты матрицы равны 0.

Столбцами матриц дифференциалов являются элементы множества $Q_n(S,E,I)$, где n – номер матрицы дифференциалов. Строками матриц дифференциалов являются элементы множества $Q_{n-1}(S,E,I)$. Для каждого столбца значениями будут являться коэффициенты перед элементами множества $Q_{n-1}(S,E,I)$, которые вычисляются по формуле (1).

Нормальная форма Смита целочисленной матрицы. Следующее утверждение о приведении целочисленной матрицы к диагональному виду будет применяться для построения алгоритма вычисления групп гомологий комплексов, состоящих из свободных конечно-порожденных абелевых групп.

Теорема. Пусть A – матрица, коэффициентами которой являются целые числа $a_{ij} \in Z$. Тогда существуют такие $m\times m$-матрица T и $n\times n$-матрица S с целыми коэффициентами, что

1. $\det(T) = \pm1$, $\det(S) = \pm1$;
2. $A = T\circ D(A)\circ S$, для некоторого натурального числа $k \ge 0$ и $m\times n$-матрицы $D(A)$, все элементы которой равны 0, за исключением стоящих на главной диагонали чисел $\delta_1 \le \delta_2 \dots \le \delta_k$, удовлетворяющих условию: δ_{i+1} делится на δ_i при всех $1 \le i \le k-1$. Эта матрица $D(A)$ называется нормальной формой Смита матрицы A.

Таким образом, сеть Петри рассматривается как асинхронная система и ее группы гомологий определяются как группы гомологий асинхронной системы. Следствие 4 и следствие 5 из работы [5] дают комплексы для вычисления целочисленных гомологий и направленных гомологий.

Группа гомологий n-го порядка вычисляется по формуле:

$$H_n = Z^{|Q_n(S,E,I)|-rank(d_n)-rank(d_{n+1})} \oplus Z/\delta_1 Z \oplus Z/\delta_2 Z \oplus \ldots \oplus Z/\delta_n Z,$$

где Z – множество или аддитивная группа целых чисел; $|Q_n(S,E,I)|$ – количество элементов в $Q_n(S,E,I)$; $\delta_1,\delta_2\ldots\delta_n$ – коэффициенты матрицы нормальной формы Смита.

Вычисление направленных групп гомологий (групп гомологий Губо) сети Петри

Коэффициенты матриц дифференциалов для вычисления направленных групп гомологий вычисляются по формуле $d_n^{\varepsilon}(\sigma) = \sum_{i=1}^{n}(-1)^i \partial_i^{n,\varepsilon}(\sigma)$.

Направленные группы гомологий пространства состояний определяются по формулам [9] $H_n^0(S,M(E,I)) =_{def} \lim\limits_{\to n}^{K(S)} \Delta^0 Z$, $H_n^1(S,M(E,I)) =_{def} \lim\limits_{\to n}^{K(S)^{op}} \Delta^1 Z$.

Для произвольной элементарной сети Петри N ее группы гомологий $H_n^{\varepsilon}(N)$ определяются как группы гомологий ее пространства состояний.

Программное обеспечение, вычисляющее группы гомологий и направленные группы гомологий сети Петри

На рис. 3 приведен результат вычисления групп гомологий, полученной описываемой программой [6]. Ответом является то, что для данной сети Петри нулевая группа гомологий равна Z в степени 1, первая группа гомологий равна Z в степени 1, вторая группа гомологий равна Z в степени 0. Результаты работы не противоречат расчетам групп гомологий, проведенным вручную в работе [5].

На рис. 4 представлены результаты работы программы, вычисляющей направленные группы гомологий для той же сети Петри.

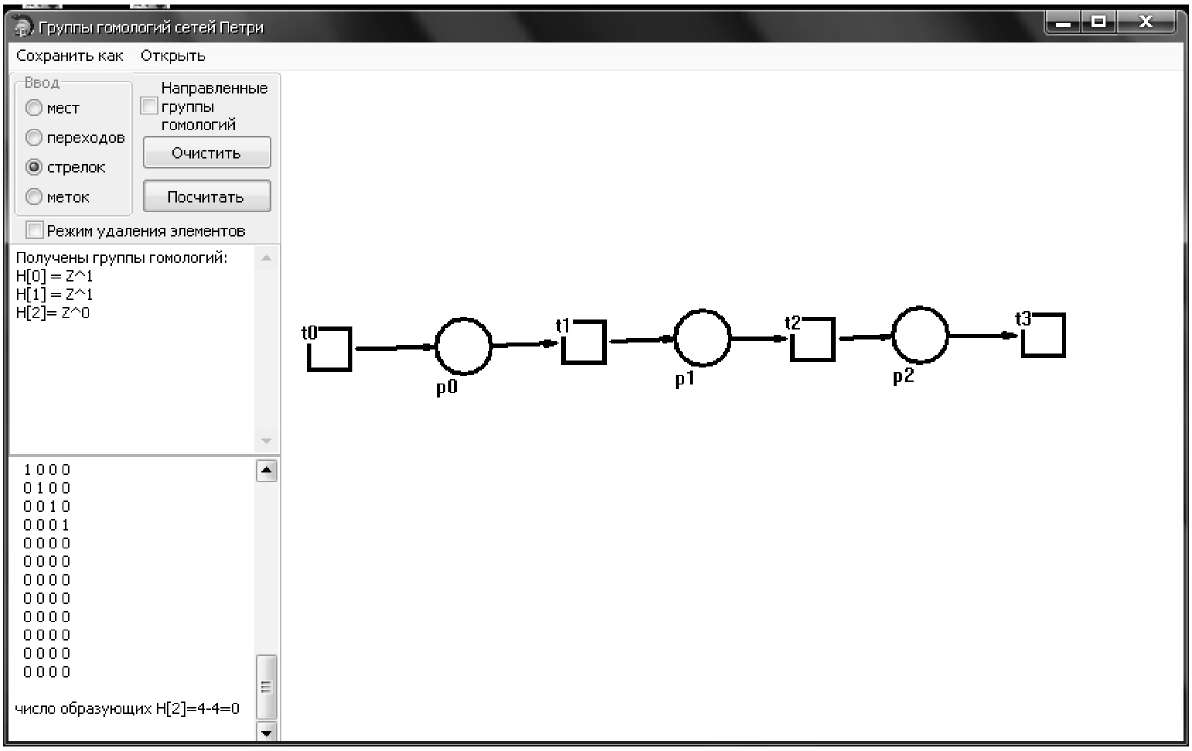

Рис. 3. Результат расчета групп гомологий введенной сети Петри

Получены направленные
группы гомологий:
H0[0] = Z^0
H1[0] = Z^0

H0[1] = Z^0
H1[1] = Z^0

H0[2]= Z^0
H1[2]= Z^0

Рис. 4. Результат расчета направленных групп гомологий введенной сети Петри

Проведен компьютерный эксперимент, на основе которого была выдвинута гипотеза о том, что группы гомологий конвейера равны 0 в размерностях больших, чем 1. Доказательство этой гипотезы опубликовано в [9]. Эта работа содержит также результаты расчета на ЭВМ с помощью описываемой программы.

Заключение

В соответствии с описанной математической моделью было разработано программное обеспечение, позволяющее визуализировать процесс построения сети Петри, моделирования ее динамики и вычисления ее групп гомологий для дальнейшей классификации [6].

При создании программного обеспечения, помимо задачи автоматизации вычисления групп гомологий и направленных групп гомологий, рассматривалась задача реализации наглядного построения изучаемой сети Петри с возможностью исследования ее динамики. Также ставилась задача разработки простого, понятного и удобного пользовательского интерфейса. Взаимодействие пользователя с программой осуществлялось с помощью оконного приложения с набором стандартных элементов управления. Программное средство реализовано в среде Embarcadero RAD Studio 2010 на языке программирования C++.

К основным функциям программного обеспечения относятся:
1. ввод исследуемой сети Петри (задание мест, переходов, меток и стрелок);
2. сохранение заданной сети Петри;
3. открытие файла с заданными параметрами сети;
4. моделирование динамики заданной сети Петри;
5. вычисление групп гомологий и направленных групп гомологий для заданной сети Петри.

По результатам проведенных испытаний работоспособности программы можно сказать, что программа работает стабильно и полностью соответствует поставленной задаче, а также предоставляет необходимую функциональность и графическую визуализацию сети Петри.

Работа выполнена в рамках программы стратегического развития государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, заявка № 2011-ПР-054, по теме «Методы теории категорий и алгебраической топологии для исследования параллельных систем».

Литература

1. Husainov A.A. On the homology of small categories and asynchronous transition systems // Homology Homotopy Appl. – 2004. – V. 6. – № 1. – P. 439–471 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://projecteuclid.org/euclid.hha/1139839561, свободный. Яз. англ. (дата обращения 11.07.2013).
2. Goubault E. The Geometry of Concurrency: Thesis Doct. Phylosophy (Mathematics). – Ecole Normale Supérieure, 1995. – 349 p.
3. Gaucher P. About the globular homology of higher dimensional automata // Topol. Geom. Differ. – 2002. – V. 43. – № 2. – P. 107–156.
4. Goubault E., Haucourt E., Krishnan S. Covering space theory for directed topology // Theory Appl. Categ. – 2009. – V. 22. – № 9. – P. 252–268.
5. Husainov A.A. The Homology of Partial Monoid Actions and Petri Nets // Appl. Categor. Struct. – 2012. – P. 1–29. DOI: 10.1007/s10485–012–9280–9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.springer.com/pay+per+view?SGWID=0-1740713-3131-0-0, платный. Яз. англ. (дата обращения 11.07.2013).
6. Тришина Т.А. Программное обеспечение для исследования групп гомологий сетей Петри. Магистерская диссертация. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБ ОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 91 с.
7. Хусаинов А.А. Математическая модель задачи о читателях и писателях. Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления. Материалы международной науч. практ. конф., Хабаровск, 4–6 октября 2011 г. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. – С. 327–332.
8. Хусаинов А.А., Бушмелева Е.С. Гомологии асинхронных систем // Актуальные проблемы математики, физики, информатики в вузе и школе: материалы Всероссийской региональной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 2012. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПГУ, 2012. – С. 24–31.
9. Хусаинов А.А., Бушмелева Е.С., Тришина Т.А. Группы гомологий сети Петри конвейера // Моделирование и анализ информационных систем. – 2013. – № 2. – С. 92–103.

Тришина Таисия Александровна – Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, магистр, стажер-исследователь, taisafin3@mail.ru

УДК 681.142.2

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК ЛОКАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ И АРГУМЕНТОВ ПРОЦЕДУРЫ В ИСПОЛНЯЕМОМ КОДЕ ПРОГРАММЫ ПРИ ВЕРИФИКАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.А. Гедич, А.Г. Зыков, А.В. Лаздин

В работе приведена общая схема проектирования и анализа вычислительного процесса на основании графо-аналитической модели. Рассматривается анализ по исполнимому коду программы. Представлен обзор существующих алгоритмов восстановления информации об объектах на стеке. Приведены их важные особенности, достоинства и недостатки. Представлен алгоритм, сочетающий в себе предложенные ранее концепции, новые решения некоторых задач и их исследования.

Ключевые слова: вычислительный процесс, верификация, исполнимый модуль, локальные переменные и аргументы процедур.

Введение

На рис. 1 представлена общая схема проектирования и анализа вычислительного процесса (ВП), реализуемого на основе графо-аналитической модели (ГАМ), являющейся концентрированным описанием технического задания (ТЗ). Анализ и верификация ВП по исполнимому коду программы, написанной на языке высокого уровня, является актуальной и сложной задачей. Главной целью исследования является восстановление исходного кода из исполнимых файлов архитектуры Intel x86. Одним из наиболее важных шагов, без которых невозможно восстановление исходного кода программы на языке высокого уровня, является поиск локальных переменных и аргументов процедур (ЛПА). Информация, полученная на данном этапе, также может быть использована для комментирования ассемблерного листинга. Ее наличие способствует повышению точности анализа потока данных, например, при поиске адресов назначения косвенных вызовов процедур. Анализ стековых операций может использоваться в других задачах. Например, в [1] стековые операции анализируются для верификации программ с целью гарантировать безопасность стека.