

УДК 680.3

Е.Г. ТОЛСТОЛУЖСКАЯ, Ю.А. АРТЮХ

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков

СИНТЕЗ ВРЕМЯПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В статье приводятся основные этапы синтеза времяпараметризованных моделей управления параллельными вычислительными процессами для циклических задач. Этапы проиллюстрированы на примере циклической задачи, представленной текстом Си-программы, а так же исходной семантико-числовой спецификацией. СЧС. Проведён анализ литературы, который позволяет сделать выводы, что методы синтеза времяпараметризованных моделей управления параллельными вычислительными процессами циклических задач проработаны недостаточно. Разработан метод, который позволяет формализовать синтез времяпараметризованной модели управления параллельным процессом.

Ключевые слова: *времяпараметризованная параллельная модель, семантико-числовая спецификация, временная параллельная граф-схема, Си-граф.*

Введение

Анализ литературы. Одним из путей решения проблемы разработки эффективных параллельных вычислительных систем считается формализация и наиболее полная автоматизация всех этапов проектирования [1 – 6].

Общепризнано, что одним из наиболее сложных этапов проектирования параллельных аппаратных и программных средств является разработка моделей управления, реализуемыми этими средствами параллельными времяпараметризованными процессами [7 – 14]. Повышение эффективности на основе формализации не возможно без эффективно математического аппарата, обеспечивающего машинную реализацию всех основных этапов проектирования.

Недостатками существующих систем параллельного программирования (*MPI, PVM, OpenMP*) и известных систем проектирования параллельных цифровых устройств (*Verylog, VHDL*) является использование неэффективных средств формализации процесса проектирования [7 – 11]. Одним из перспективных средств, существенно расширяющих возможности формализации и автоматизации проектирования параллельных аппаратно-программных средств является алгебра семантико-числовых спецификаций [15].

Цель статьи. Разработка метода синтеза времяпараметризованных моделей управления параллельными вычислительными процессами циклических задач на основе аппарата структур семантико-числовых спецификаций. Содержание основных этапов синтеза проиллюстрировано на примере циклического алгоритма.

1. Постановка задачи исследования

Требуется разработать времяпараметризованные модели управления параллельными вычислительными процессами циклических задач, обеспечивающие временную синхронизацию выполнения различных этапов исходного параллельного вычислительного процесса.

При синтезе времяпараметризованных моделей управления параллельными вычислительными процессами циклических задач используются следующие исходные данные:

1. Си-программа циклической задачи.
2. Времена реализации операторов t_i^0 задачи.
3. Времяпараметризованная модель параллельного решения задачи, представленная в формате СЧС и ее графическая спецификация в виде временной параллельной граф-схемы (ВПГС) [2, 6].

2. Результаты исследования

Назначением синтезируемой временной модели управления параллельным вычислительным процессом задачи, содержащей циклы, является временная синхронизация параллельного вычислительного процесса.

Для обеспечения временной синхронизации модель управления должна содержать операторы следующих типов: оператор запуска модели управления «*Clk*»; множество операторов временной задержки «*Td*», отражающие длительности выполнения операторов исходной временной модели процесса и обеспечивающие управление началом выполнения временных операторов различных временных ярусов процесса; операторы «*dmx*» управ-

ляющие операторами типа «*upl*», определяющие вход и выход из цикла, и операторы «*|*» управляющие операторами «*bp*», «*brv*», завершающие выполнение цикла и отражающие передачи управления в исходной Си-программе. Разработка модели управления включает следующие действия:

- ввод в графическую и семантико-числовую спецификацию модели управления оператора запуска «*Clk*»;

- определение типов временных операторов параллельной модели процесса: комбинационного типа (без элементов памяти) и операторов с индивидуальной памятью данных;

- формирование множества номеров временных ярусов параллельного вычислительного процесса, содержащих операторы, которые необходимо синхронизировать;

- формирование множества номеров операторов временной задержки со значением «*Td*», «*dmx*», «*|*», равным временному расстоянию между парами смежных синхронизируемых ярусов параллельного вычислительного процесса;

- последовательное соединение операторов «*Td*», «*dmx*», «*|*», соответствующих каждому из неразветвляющихся участков программы;

- соединение линий операторов «*Td*», «*dmx*», «*|*», соответствующих каждому из неразветвляющихся участков программы, на операторы управления типов «*upl*», «*bp*», «*brv*», расположенных на соответствующих временных ярусах исходной модели параллельного вычислительного процесса.

Поясним содержание основных этапов синтеза на примере циклического алгоритма, представленном текстом 1.

Текст 1

Исходный текст циклической Си-программы

```
#include <stdio.h>
void main(void)
{
    int x;
    int k,i,r;
    scanf("%d\n",&x);
    k = 1;
    for(i=1;i<10;i++)
    {
        r = x * k + i;
        k = k + r;
    }
    printf("%4d\n",k);
}
```

Времяпараметризованная параллельная модель процесса выполнения алгоритма, показана на рис. 1. Спецификация содержит следующие элементы [16 – 18]:

- множество вершин, имеющих различную семантику: вершины – входы данных, соответствующие входным данным исходной Си-программы (оператор P_0 типа «*x*» ввода значения «*x*»), вершины – имена переменных, имеющие тип «*var*» (P_1 для «*x*» и т.д.); множество вершин – операций различных типов ($P_{13}, P_{14}, \dots, P_{23}$), соответствующее множеству операций исходной Си-программы; вершины – выходы результатов, имеющая тип «*vih*» (операторы P_{24});

- множество ребер, соединяющих некоторые вершины и отражающих фактические связи (по данным и по управлению) между операциями исходной Си-программы.

В данном исследовании использовались значения времени выполнения операций/функций, определенные в табл. 1.

Построение арифметико-комбинационной модели управления основано на том, что времяпараметризованная модель параллельного решения задачи будет аппаратно реализована на комбинационных элементах. На рис. 2 представлена полная ВПГС циклической задачи с арифметико-комбинационной схемой управления, состоящей из шести операторов (с номерами с 25 по 30).

Для рассматриваемого примера построение времяпараметризованной модели управления начинается с ввода на 0-ярус модели параллельного решения задачи оператора «*Clk*» (P_{25}), подающего стартовый начальный сигнал, непосредственно управляющий начальной инициализацией вводимых данных и операторами присваивания на первом ярусе временного модели, а также на оператор «*Td*» (P_{26}), который задает временную задержку для запуска следующего управляющего оператора «*dmx*» (P_{27}).

Оператор P_{27} типа «*dmx*» задает временную задержку, отвечает за выбор ветви управления в соответствии с логикой программы. В зависимости от логики выполняемой программы, есть 2 управляющие линии: «истина» - управляющие операторы P_{28}, P_{29} управляют операторами, отвечающими за сохранение выполняемых данных в памяти, выполняемых во время цикла; «ложь» - содержит управляющий оператор P_{30} , который запускается когда не выполняются условия цикла, т.е. $i \geq 10$, и управляет операторами выхода данных и остановки процесса реализации (типов «*vix*», «*stop*»).

Построение и описание аппарата семантико-числовых структур без учета построения модели управления параллельным вычислительным процессом представлены в работах [15 – 18]. Рассмотрим подробнее состав СЧС спецификации на примере построения арифметико-комбинационной схемы модели управления, представленной табл. 2, 3.

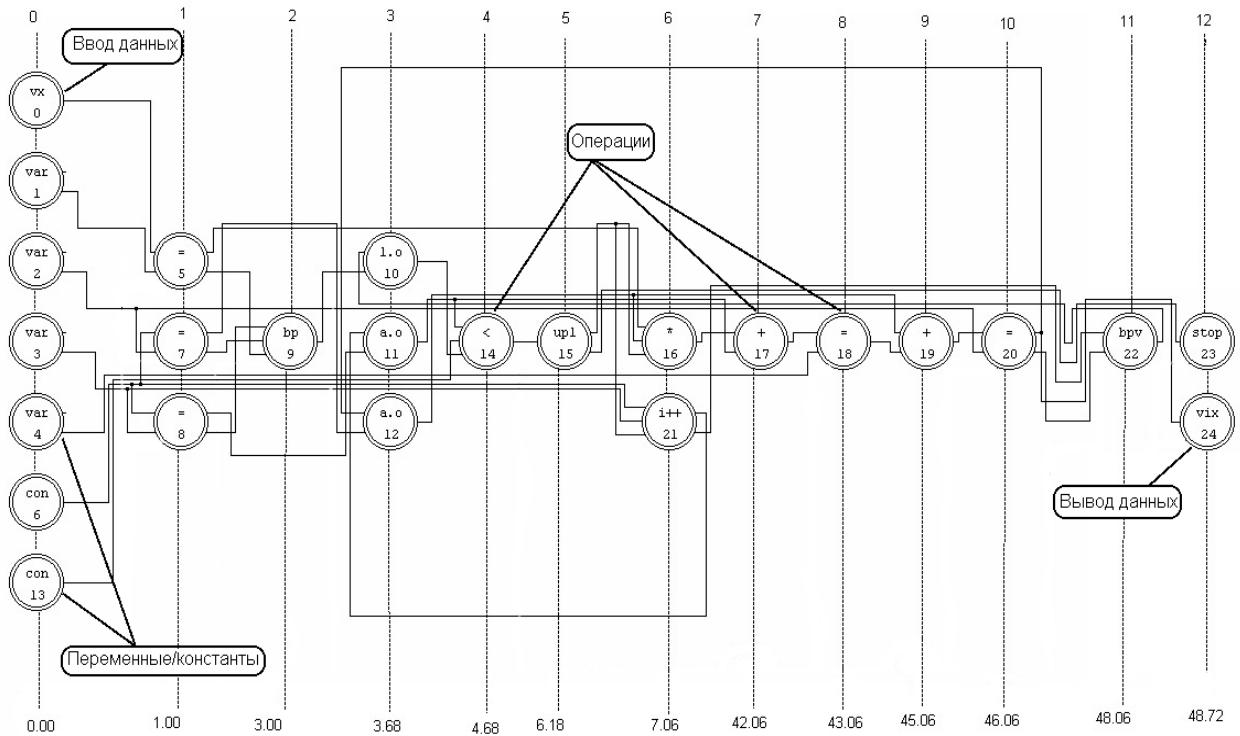


Рис. 1. Времяпараметризованная параллельная модель решения задачи

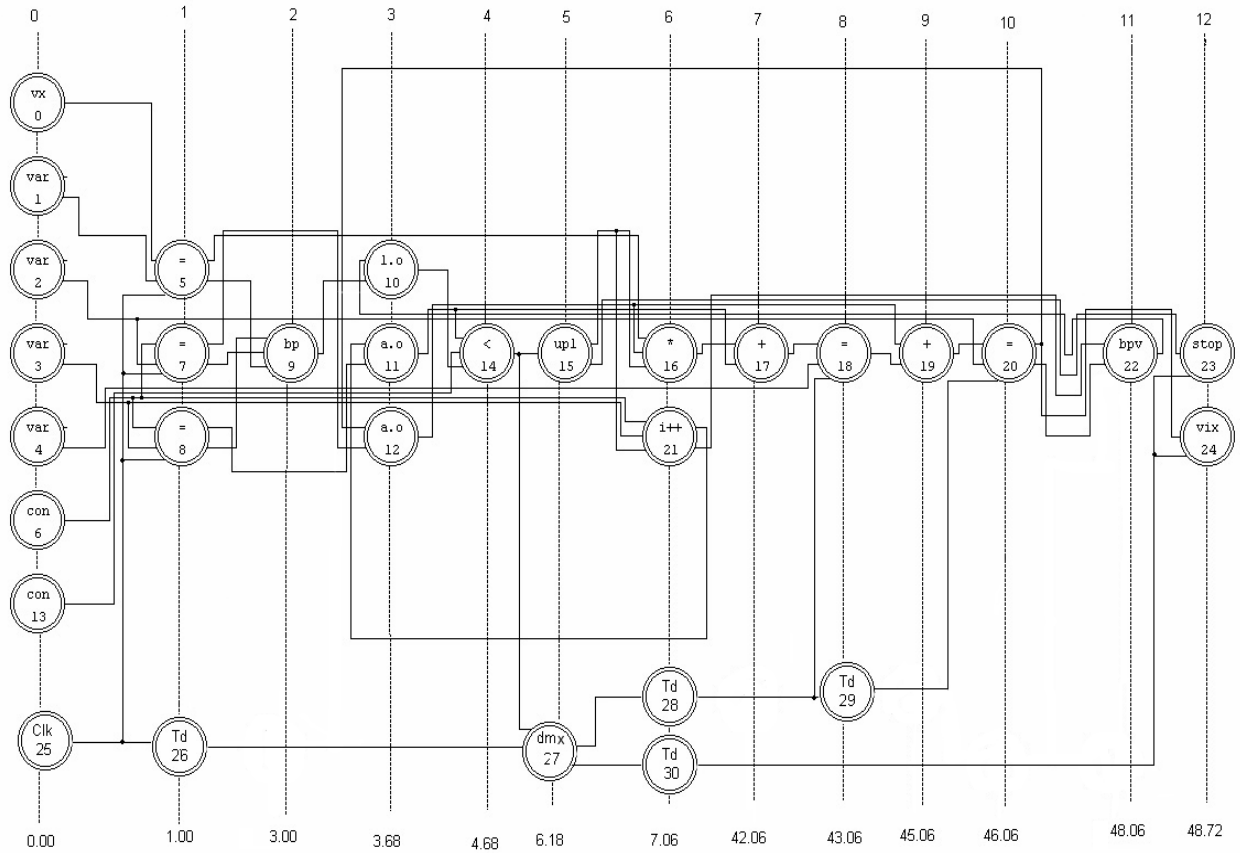


Рис. 2. Полная ВЛС циклической задачи с арифметико-комбинаторной схемой управления

Таблиця 1

Длительность выполнения (t_{j0}) операций различных типов (typ)

typ	vx	=	*	+	++	vix	bp	bpv	<	l.o	a.o	upl	stop
t_{j0}	1,00	2,00	35,00	1,00	1,00	1,00	0,68	0,68	1,50	1,00	1,00	0,88	1,00

Таблиця 2

Базовый файл времяпараметризованной параллельной модели
с арифметико-комбинационной схемой управления
(достроенная спецификация арифметической модели управления)

N	TYP	NSJ	SJD	BJ	NWJ	WJD	RES
25	284	-1	0	0	37	4	Clk
26	210	40	1	0	41	1	Td
27	211	41	2	0	42	2	dmx
28	210	43	1	1	44	2	Td
29	210	44	1	1	46	1	Td
30	210	45	1	2	47	2	Td

Таблиця 3

Файл связи Си-графа с арифметико-комбинационной схемой управления
(достроенная спецификация арифметической модели управления)

N	JSD	SPJD	SNWIH	SNWHO	JWD	WPJD	WNWHO	WNWIH
37	-1	25	0	2	38	5	2	0
38	-1	25	0	2	39	7	2	0
39	-1	25	0	2	40	8	2	0
40	-1	25	0	0	-1	26	0	0
41	42	26	0	1	-1	27	1	0
42	-1	14	0	0	43	28	0	0
43	-1	27	0	0	-1	30	1	0
44	-1	28	0	0	45	29	0	0
45	-1	27	1	0	-1	18	2	0
46	-1	18	0	2	-1	20	2	0
47	-1	20	0	2	48	23	1	0
48	-1	23	0	1	-1	24	1	0
49	-1	24	0	1	-1	27	0	0

Состав СЧС спецификации арифметико-комбинационной схемы модели управления представлен структурами BF и CF.

Отметим, что элементы (NSJ, SJD) N-й строки структуры BF задают для оператора P_j количество сопряженных (входных) операторов (SJD), а NS

является указателем на строку (с номером NSJ) структуры CF, с которой начинается цепочка номеров сопряженных для P_j операторов (в массиве S), указателем на продолжение цепочки является значение JS (при этом значение JS = -1 означает завершение цепочки).

Аналогичный смысл имеют элементы (NWJ , WJD) структуры BF и (JWD , $WPJD$) структуры CF применительно к заданию множества номеров внешних операторов (операторов-приемников), использующих результаты выполнения P_j . Например, для оператора P_{27} сопряженное множество операторов $S(P_{27}) = \{26, 14\}$; внешнее множество $W(P_{27}) = \{28, 30\}$. Для оператора P_{28} сопряженное множество операторов $S(P_{28}) = \{27\}$; внешнее множество $W(P_{28}) = \{29, 18\}$. Аналогичные рассуждения справедливы для всех операторов построенного Сиграфа.

По окончании построения СЧС спецификации производится проверка корректности результатов синтеза BF - и CF -файлов с исходной Си-программой и построенной моделью управления.

Выводы

1. Проектирование эффективных мультипараллельных аппаратных и программных средств невозможно без решения следующих задач:

- синтез временных мультипараллельных моделей выполнения алгоритмов;
- синтез моделей управления динамикой реализации параллельных вычислительных процессов. Анализ литературы показывает, что методы синтеза времяпараметризованных моделей управления параллельными вычислительными процессами циклических задач проработаны недостаточно.

2. Разработанный метод позволяет формализовать синтез времяпараметризованной модели управления параллельным процессом.

Литература

1. Поляков, Г.А. Адаптивные самоорганизующиеся системы с мультипараллельной обработкой данных-стратегия развития цифровой вычислительной техники в XXI веке. [Текст] / Г.А. Поляков // Прикладная радиоэлектроника, Том 1 № 1. –Х.: АН ПРЭ, 2002. – 537 с.

2. Адаптивные самоорганизующиеся системы с мультипараллельной обработкой: отчет о НИР [Текст] / под ред. Г.А. Полякова. – Х.: НКАУ, 1994. – 302 с.

3. Воеводин, В.В. Параллельные вычисления [Текст] / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.

4. Кривуля, Г.Ф. Новые информационные технологии проектирования цифровых систем. [Текст] / Г.Ф. Кривуля, В.И. Хаханов // 1-й Международный радиоэлектронный форум "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития" МРФ-2002. Часть 2. – Х.: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2002. – 198 с.

5. Поляков, Г.А. Проблемы создания систем совместного автоматического проектирования аппаратно-программных средств для мультипараллельной цифровой обработки данных [Текст] / Г.А. Поляков // 1-й Международный радиоэлектронный форум "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития" МРФ-2002. Ч. 2. – Х.: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2002 – 213 с.

6. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов [Текст] / И.П. Норенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.

7. Cassez, Franck. Modeling and Verification of Parallel Process [Text] / Franck Cassez, Claude Jard, Brigitte Rozoy, Mark Dermot Ryan (Eds.) // 4th Summer School, MOVEP 2000, Nantes, France, June 19-23, 2000. Revised Tutorial Lectures (Lecture Notes in Computer Science). – Springer, 2001. – 233 p.

8. Debugging and Verification of Parallel Systems – the picoChipWay! [Text] / Daniel TOWNER, Gajinder PANESAR, Andrew DULLER, Alan GRAY, Will ROBBINS // Communicating Process Architectures 2004. – IOS Press, 2004 – P. 71 – 83.

9. Jeannot, E. Euro-Par 2011 Parallel Processing / Emmanuel Jeannot, Raymond Namyst, Jean Roman. – 17th International Euro-Parconference, Part 1, Bordeaux, France, August 29 - September 2, 2011 - Springer, 2011. - 595 p.

10. Parallel processing and applied mathematics/ Roman Wyrzykowski, Jack Dongarra, Konrad Karczewski, Jerzy Waniewski (Eds.)// 7th international conference, PPAM 2007, Gdansk, Poland, September 9-12, 2007 - Springer, 2008. – 1411 p.

11. Euro-Par 2010 - Parallel Processing/ Pasqua D'Ambra, Mario Guarracino, Domenico Talia (Eds.)// 16th International Euro-Par Conference, Ischia, Italy, August 31 - September 3, 2010, Proceedings - Springer, 2010. – 600 p.

12. Востокин, С.В. Графическая объектная модель параллельных процессов и ее применение в задачах численного моделирования [Текст] / С.В. Востокин. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2007. – 286 с.

13. Любченко, В.С. К проблеме создания модели параллельных вычислений [Текст] / В.С. Любченко // Труды третьей между. конференции "Параллельные вычисления и задачи управления" Москва, 2-4 октября 2006 г.М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, 2006. – С. 1359 – 1374.

14. Гергель, В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем [Текст]: учебное пособие / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. – 2-е изд., доп. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2003. – 184 с.

15. Поляков, Г.А. Аппарат структур временной семантико-числовой спецификации как основа синтеза параллельных аппаратно-программных средств [Текст] / Г.А. Поляков, Е.Г. Толстолужская // Всероссийская научная конференция с элементами науч-

ной школи для молодежи «параллельная компьютерная алгебра» 11-15 октября 2010: сборник научных трудов – С. 31 – 39.

16. Поляков, Г.А. Визуализация статико-динамических объектов автоматического проектирования мультипараллельных цифровых устройств [Текст] / Г.А. Поляков, В.В. Онищенко // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – № 7 (35). – С. 169 – 177.

17. Толстолужская, Е.Г. Методика формализованного синтеза мультипараллельных архитектурно-ориентированных моделей решения задач

[Текст] / Е.Г. Толстолужская // Моделирование та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ ім. Г.С. Пухова. – 2003. – № 22. – С. 206 – 215.

18. Поляков, Г.А. Компиляционная методика верификации статических и динамических объектов автоматического проектирования мультипараллельных цифровых устройств [Текст] / Г.А. Поляков, Д.А. Толстолужский // Прикладная радиоэлектроника. – Х.: АН ПРЭ. – 2005. – Т. 4, № 2. – С. 161 – 167.

Поступила в редакцию 23.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., профессор кафедры компьютерных наук и телекоммуникаций Белгородского государственного национального исследовательского университета Поляков Геннадий Алексеевич, Харьков, Украина.

СИНТЕЗ ЧАСОПАРАМЕТРИЗОВАННИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ЦИКЛІЧНИХ ЗАДАЧ

О.Г. Толстолузька, Ю.О. Артюх

У статті наводяться основні етапи синтезу часопараметризованих моделей управління паралельними обчислювальними процесами для циклічних задач. Етапи проілюстровані на прикладі циклічного завдання, представленого текстом Сі-програми, а також вихідною семантико-числовою специфікацією. СЧС. Проведено аналіз літератури, який дозволяє зробити висновки, що методи синтезу часопараметризованих моделей управління паралельними обчислювальними процесами циклічних задач опрацьовані недостатньо. Розроблено метод, який дозволяє формалізувати синтез часопараметризованої моделі керування паралельним процесом.

Ключові слова: часопараметризована паралельна модель, семантико-числова специфікація, часова паралельна граф-схема, Сі-граф.

SYNTHESIS OF TIME PARAMETER MODELS PARALLEL COMPUTATIONAL PROCESS FOR CYCLIC TASKS

O.G. Tolstolujskaiia, Ju.O. Artiukh

The article presents the main stages of the synthesis time parameter management models parallel computational processes for cyclic tasks. The stages are illustrated by the example of a cyclic task, provided the text of C programs and the source of semantic-number specification. SNS. The analysis of the literature is performed, which allows to conclude that the methods of synthesis of time parameter management models in parallel computing processes cyclical problems are not enough worked out. A method that allows formalized synthesis models of time parameter process is developed.

Keywords: time parameter parallel model, a semantic-number specification, time parallel graph- chart, the C-graph.

Толстолужская Елена Геннадиевна – канд. техн. наук, доцент, докторант, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина.

Артюх Юлия Александровна – студентка, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина.