



# Characterizing orthogonal diagonal Latin squares of order 9 discovered in a distributed computing project

▼ Natalia Nikitina<sup>\*</sup>, Maxim Manzyuk, Eduard Vatutin

<sup>\*</sup>Institute of Applied Mathematical Research, Karelian Research Center of the RAS, Petrozavodsk

# Search for ODLS of order 9

- ▼ The aim of this research work is discovery of the subsets structure of 9x9 orthogonal diagonal Latin squares
- ▼ The developed “Rake” algorithm of search for ODLS:

Input data: unique “mask” of primary filling of ODLS;  
a path to fill the cells of the square; auxiliary structures

- ▼ Generation of the next DLS;
- ▼ Rows permutation of the generated DLS with check if it becomes orthogonal to the initial one.

Output data: found ODLS for the initial square or a message that they were not found.

0	1	2	3	4	5	6	7	8
3	2						4	
		1				0		
			4		2			
				6				
			1		7			
		5				8		
	3						5	
7								3

- ▼ When ODLS are found, the full subset is obtained with help of the software module provided by A. Belyshev

# Search for ODLS of order 9

- ▼ The developed “Rake” algorithm of search for ODLS:

Input data: unique “mask” of primary filling of ODLS;  
a path to fill the cells of the square; auxiliary structures

- ▼ Generation of the next DLS;
- ▼ Rows permutation of the generated DLS with check if it becomes orthogonal to the initial one.

Output data: found ODLS for the initial square or a message that they were not found.

0	1	2	3	4	5	6	7	8
3	2						4	
		1				0		
			4		2			
				6				
			1		7			
		5				8		
	3						5	
7								3

- ▼ When ODLS are found, the full subset is obtained with help of a software module by Alexey Belyshev

# Поиск ОдЛК ранга 9

- ▼ Проект добровольных вычислений RakeSearch:

<http://rake.boincfast.ru/rakesearch/>

- ▼ Проект реализован на базе платформы BOINC в рамках Грид-сегмента ЦКП Карельского научного центра РАН “Центр высокопроизводительной обработки данных”
- ▼ Дата начала работы – 11 августа 2017 г.
- ▼ Приложение разработано для выполнения в среде BOINC, реализован механизм сохранения контрольных точек, применяется побитовая валидация результатов, кворум = 2
- ▼ Приложение реализовано для Windows и Linux 64- и 32-бит, ARM



Проект	Прогресс	Состояние	Затрачено	Осталось	Отправить до	Прилож	Задание
Rake search of diagonal Latin squares	100,000%	Работает	07:41:31	---	Пт 01 дек 2...	Rake...	R9_000059774_0
Rake search of diagonal Latin squares	41,818%	Работает	02:32:46	02:59:43	Пт 01 дек 2...	Rake...	R9_000059992_1
Rake search of diagonal Latin squares	26,181%	Работает	01:44:24	03:46:18	Пт 01 дек 2...	Rake...	R9_000060011_1

# Поиск ОДЛК ранга 9

- ▼ Проект добровольных вычислений RakeSearch:

<http://rake.boincfast.ru/rakesearch/>

- ▼ Поддерживается веб-форум проекта (10.5% активных участников) и взаимодействие с участниками проекта:
  - Публикация целей проекта и текущих результатов
  - Оптимизация открытого исходного кода и отладка приложения
  - Награждение участников и команд



# Поиск ОДЛК ранга 9

- ▼ Проект добровольных вычислений RakeSearch:  
<http://rake.boincfast.ru/rakesearch/>
- ▼ Реализованы приложения для сбора статистики работы:
  - ▼ Подсчёт числа рабочих заданий (workunits) и числа экземпляров (results), которые потребовалось выпустить для них, чтобы получить канонические результаты
  - ▼ Подсчёт числа рабочих заданий с полученным каноническим результатом и без него
- ▼ Частично автоматизировано резервное копирование и архивация состояния VOINC-сервера и базы данных

# Результаты работы проекта

- ▼ Статус проекта на 28 ноября 2017 г.:
  - ▼ 238 активных участников
  - ▼ 1080 вычислительных узлов
  - ▼ 3972 Гфлопс
  - ▼ Завершено более 70 тыс. рабочих заданий
  - ▼ Суммарное время ЦП полезной работы – 50 лет
- ▶ Найдено 420 пар ОдЛК
- ▶ Обнаружена комбинаторная структура из 61824 ОдЛК (Э.И. Ватутин)
- ▶ Найдено соответствие чисел ДЛК и пар ОдЛК, которые можно сгенерировать для фиксированной главной диагонали

# Результаты работы проекта

**Рис. 3.** Схема обнаруженной комбинаторной структуры из 61824 ОДЛК

0	1	2	3	4	5	6	7	8		0	1	2	3	4	5	6	7	8		0	1	2	3	4	5	6	7	8
2	4	3	0	7	6	8	1	5		4	7	0	1	3	8	5	2	6		2	4	3	0	7	6	8	1	5
4	6	7	1	8	2	3	5	0		8	0	5	6	2	1	4	3	7		4	5	7	1	8	2	3	6	0
8	3	5	6	0	7	1	2	4		1	6	4	2	8	0	7	5	3		8	3	6	5	0	7	1	2	4
7	8	1	4	5	3	0	6	2	→	6	3	8	5	1	7	2	4	0	→	7	8	1	4	6	3	0	5	2
3	7	0	2	1	8	5	4	6		2	4	3	7	0	6	8	1	5		3	7	0	2	1	8	5	4	6
1	5	4	7	6	0	2	8	3		5	2	6	8	7	4	3	0	1		1	6	4	7	5	0	2	8	3
5	0	6	8	2	1	4	3	7		7	5	1	4	6	3	0	8	2		6	0	5	8	2	1	4	3	7
6	2	8	5	3	4	7	0	1		3	8	7	0	5	2	1	6	4		5	2	8	6	3	4	7	0	1

**Рис. 4.** Пример ДЛК из обнаруженной комбинаторной структуры



# Дальнейшая работа: развитие проекта

- ▼ Планы на будущее:
  - ▼ Исследовать и визуализировать найденные комбинаторные структуры – подмножества ОДЛК
  - ▼ Реализовать алгоритм поиска, более эффективный, чем прямой перебор, на основе соответствия чисел ДЛК и пар ОДЛК, которые можно сгенерировать для фиксированной главной диагонали (Э.И. Ватутин)
  - ▼ Получить новые качественные выводы путем анализа статистики вычислений в проекте
  - ▼ Оптимизировать приложение, расширить список платформ

# Дальнейшая работа: теория игр

- ▼ Сообщество участников добровольных вычислений располагает огромным количеством современных вычислительных ресурсов
- ▼ Каждый участник выбирает для себя BOINC-проекты и определяет, какое количество ресурсов выделить различным проектам, приложениям, потенциально – **заданиям**
- ▼ Каждый участник стремится максимизировать собственную индивидуальную полезность, частично формализуемую (число кредитов, результатов, ценных результатов...)
- ▼ Наряду с задачами минимизации общего времени выполнения проекта и максимизации пропускной способности возникают задачи классификации заданий (входных данных) по их перспективности – ожидаемой ценности результатов, максимизации скорости получения ценных результатов, максимизации справедливости распределения заданий и т.д.

Спасибо за внимание!

Ваши вопросы?

E-mail: [nikitina@krc.karelia.ru](mailto:nikitina@krc.karelia.ru)