

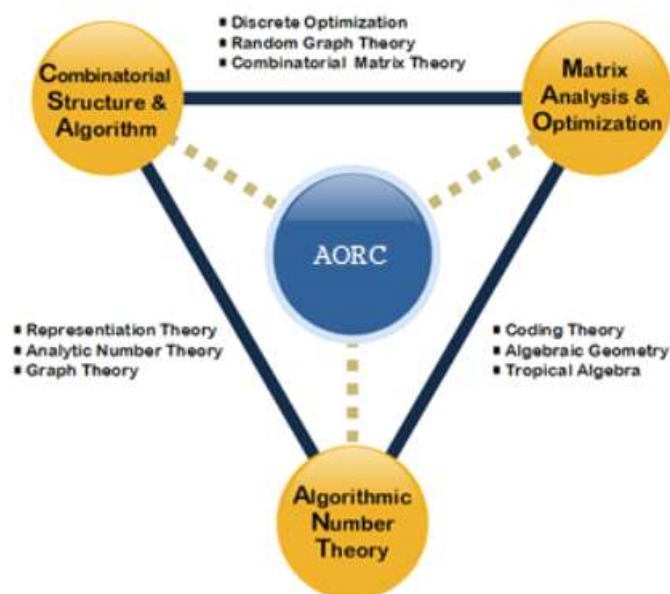
# 제8회 응용대수 및 최적화 연구센터 워크숍

## The 8th Workshop of AORC

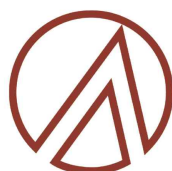
일시: 2020.08.19.

장소: 성균관대학교(Online)

주최: 성균관대학교 AORC 선도연구센터



SRC Funded by NRF of Korea



**AORC** 응용대수 및 최적화 연구센터  
Applied Algebra & Optimization Research Center

# Participants

순번	그룹	구분	이름	소속	과정	이메일
1	G1	센터장	천기상	성균관대학교	Ph.D	gscheon@skku.edu
2		참여교수	김장수	성균관대학교	Ph.D	jangsookim@skku.edu
3		포닥연구원	송민호	성균관대학교	Ph.D	smh3227@naver.com
4		포닥연구원	Arnauld	성균관대학교	Ph.D	arnauldmesinga@gmail.com
5		포닥연구원	강범틀	성균관대학교	Ph.D	lokbt1@skku.edu
6		포닥연구원	김선	성균관대학교	Ph.D	ssunny8079@hanmail.net
7	G2	참여교수	윤상운	성균관대학교	Ph.D	yswmathedu@skku.edu
8		참여교수	임용도	성균관대학교	Ph.D	yylim@skku.edu
9		참여교수	허석문	성균관대학교	Ph.D	sukmoonh@skku.edu
10		참여교수	정운모	성균관대학교	Ph.D	yoonmojung@skku.edu
11		포닥연구원	정주영	성균관대학교	Ph.D	jjycjn@skku.edu
12		포닥연구원	윤영호	성균관대학교	Ph.D	jhlee2chn@skku.edu
13	G3	참여교수	김창현	성균관대학교	Ph.D	chhkim@skku.edu
14		참여교수	권순학	성균관대학교	Ph.D	shkwon@skku.edu
15		참여교수	년푸중	성균관대학교	Ph.D	phuchung@skku.edu
16		참여교수	최우철	성균관대학교	Ph.D	choiwc@skku.edu
17		포닥연구원	김보란	성균관대학교	Ph.D	hoyunjung@skku.edu
18		포닥연구원	김경민	성균관대학교	Ph.D	kiny30@skku.edu
19	STF	행정실장	설한국	성균관대학교	Ph.D	hgseol@skku.edu
20		포닥연구원	최홍준	성균관대학교	Ph.D	choihj@jejunu.ac.kr
21		초청	정명현	고려대학교	Ph.D	kiparang87@gmail.com
22		초청	김수현	서울대학교	Ph.D	shkim_snu@snu.ac.kr
23		초청	Krishnan	성균관대학교	Ph.D	murali@skku.edu

## AORC 선도연구센터 소개

### ■ SRC 선도연구센터

• **사업목적:** 창의성과 탁월성을 보유한 우수 연구집단을 발굴하여 세계적 수준의 경쟁력을 갖춘 핵심 연구분야 및 연구그룹 육성을 통해 새로운 이론형성, 과학적 난제해결 등 국가 기초연구역량 강화

#### • 수확분야 SRC

- 응용대수 및 최적화 연구센터(AORC, 성균관대, 2016-2022)
- 응용해석 및 계산센터(CMAC, 연세대, 2015-2021)
- 기하학 및 응용센터(GAIA, 포스텍, 2011-2017)

### ■ AORC 선도연구센터

#### • 설립배경 및 연구목표:

21세기 세계는 "지식기반사회와 학제간 융·복합"이라는 새로운 패러다임을 통하여 이전 세기들과는 비교할 수 없을 정도로 빠르게 변화하고 있다. 특히, 정보통신의 발달로 매일 대용량의 데이터가 넘쳐나고 사회구조는 점점 다양해지면서 복잡해지고 있다. 따라서 이에 부응하는 새로운 원리에 기반한 빅데이터 분석을 통해, 금융, 의료 및 생명, 통신 및 교통망, 인공지능 등 컴퓨터 관련 문제들에 최적의 답을 도출해내는 수학적 연구, 즉 최적화에 대한 연구가 절실하다. 이러한 문제들에는 자연스러운 대수적 구조가 있다. 따라서 문제해결을 위해 행렬론, 조합론, 그래프론, 수론, 암호론, 대수기하 등 응용대수 및 최적화를 주제로 상호 연관분야들 간의 크로스오버를 통한 이론연구와 관련 알고리즘 및 최적화 연구의 선도과학집단을 육성하여, 심층적이고 창의적인 집단연구를 통해 과학적 난제 및 사회이슈를 해결한다.

#### • 센터구성 및 그룹별 목표

##### - 1그룹: 조합적 구조 및 알고리즘(Combinatorial structure and algorithm)

“랜덤그래프 모델을 통한 인터넷 그래프/네트워크 연구의 새로운 방법론 개발”

조합론 및 그래피론은 이산적 구조를 가지는 대상을 연구하며 현대에 이르러서는 대수학, 수론, 위상수학, 기하학 등 고전적인 수학분야 뿐만 아니라 여러 학문분야에 새로운 관점을 제시하여 문제 해결을 가능하게 한다. 동시에 통계학, 수리 물리학, 컴퓨터 과학, 생물학 등 현대 첨단 과학 기술을 이끌어가는 다양한 학문 사이의 관련성을 밝혀 새로운 연결고리를 만들어 주는 학문 분야로도 자리 잡고 있다. 2006년에는 총 4개의 필즈 메달 중 2개가 조합론과 밀접한 관련 있는 주제였다.

##### - 2그룹: 행렬해석과 최적화이론(Matrix analysis and optimization)

“대용량 빅데이터 해석을 위한 이론 개발과 데이터의 실시간 분석을 위한 최적화 모델 개발”

행렬이론은 순수 및 응용수학 분야뿐만 아니라 수치적 계산법을 바탕으로 하는 경제, 의·공학, 빅 데이터 및 기계학습 분야에서 필요불가결하게 그리고 핵심적으로 나타나는 중요한 수학 이론 중 하나이다. 최근 국제적으로 급부상하고 있는 행렬관련 중요 연구 분야는 대용량 행렬 데이터 분석과 계산, 행렬 데이터 공간의 위상 및 기하학 구조 연구와 무게중심이론, 행렬텐서 분해법 등이 있다. 이러한 연구 분야들에서 행렬 데이터의 구조 해석과 효율적 계산을 위한 최적화 이론들이 필요불가결하게 등장하고 있으며 반대로 이러한 응용성으로 말미암아 행렬관련 순수이론들이 발전되어 왔다.

##### - 3그룹: 알고리듬 수론(Algorithmic number theory)

“통신 및 보안 분야의 원천 기술을 진일보시킬 수론기반의 암호 및 부호 이론 개발”

보형형식은 수론, 조합론, 쌍곡기하학, 에르고딕이론, 수리물리 등 다양한 분야에서 많이 응용된다. 특히, 목보형형식 및 약한 조화 Maass 형식은 아직 밝혀지지 않은 많은 현상들을 설명할 수 있는 중요한 도구라고 할 수 있으며, 소수의 분포, Littlewood 추측, Sarnak 추측 등은 에르고딕 이론과 수론과의 신비한 관련성을 보여주는 예들이라고 할 수 있다. 또한 암호 및 부호이론에 관한 연구들은 정보통신 및 보안 기술의 핵심이론으로서 산업수학에서 매우 중요한 위치를 차지하는 분야라고 할 수 있다.

# Program

# Abstract

초록

# Program

시간	좌장	제목	발표자
10:00-10:10		개 회	권순학
10:10-10:30		센터사업 성과보고	천기상
10:30-11:00		1그룹 연구 성과 보고 및 연구주제 소개	김장수
11:00-11:30		3그룹 연구 성과 보고 및 연구주제 소개	김창현
11:30-12:00	김장수	The competition graph of directed Toeplitz graphs	강범틀
12:00-14:00	Lunch		
14:00-14:30	김장수	The distribution of spacings between the fractional parts of $n^d \alpha$	김선
14:30-15:00		2그룹 연구 성과 보고 및 연구주제 소개	윤상운
15:00-15:20	Coffee Break		
15:20-15:50	김장수	$k$ -Packed Riordan matrices, alternating-sign matrices and corner-sum matrices	Arnould Mwafise
15:50-16:20		On the number of connected bipartite non-crossing graphs	송민호
16:20-16:40	Coffee Break		
16:40-17:10	윤상운	Hodge ideal and spectrum	윤영호
17:10-17:40	김창현	Jacobi forms and linear codes over $F_4 + uF_4$	김보란
17:40-18:00	권순학	종합평가 및 차년도 연구계획	천기상
18:00-	Banquet		

# The distribution of spacings between the fractional parts of $n^d\alpha$

Sun Kim

## Abstract

We study the distribution of spacings between the fractional parts of  $n^d\alpha$ . For  $\alpha$  of high enough Diophantine type, we prove a necessary and sufficient condition for  $n^d\alpha \bmod 1, 1 \leq n \leq N$ , to be Poissonian as  $N \rightarrow \infty$  along a suitable subsequence.

Applied Algebra and Optimization Research Center, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, korea

E-mail : ssunny8079@hanmail.net

# The competition graph of directed Toeplitz graphs

Bumtlee Kang

## Abstract

An  $n \times n$  matrix  $T = (t_{ij})_{1 \leq i, j \leq n}$  is called a *Toeplitz matrix* if  $t_{ij} = t_{i+1, j+1}$  for each  $i, j = 1, \dots, n-1$ . A directed graph  $D$  is called a *directed Toeplitz graph* if an adjacency matrix of  $D$  is Toeplitz. A *competition graph*  $C(D)$  of a directed graph  $D$  is a simple graph with  $V(C(D)) = V(D)$  and  $u$  and  $v$  are adjacent in  $C(D)$  if and only if there is  $w \in V(D) \setminus \{u, v\}$  such that  $(u, w)$  and  $(v, w)$  are arcs of  $D$ . We say that a graph  $G$  is *competition realizable through a directed Toeplitz graph* if  $G$  is the competition graph of a directed Toeplitz graph. We first observe well-known graphs which are competition realizable through a directed Toeplitz graph and we see that there are many triangle-free graphs which are the competition graph of directed Toeplitz graph with small in and out degrees. Based on those observation, we study triangle-free competition realizable graphs. We also study the properties of competition realizable Toeplitz graphs which are chordal and interval.

Applied Algebra and Optimization Research Center, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea  
E-mail : lokbt1@skku.edu



# $k$ -Packed Riordan matrices, alternating-sign matrices and corner-sum matrices

Arnauld Mwafise

## Abstract

In this talk, we first introduce the concept of a  $k$ -packed Riordan matrix. The  $k$ -packed Riordan matrix represents a novel way of studying non-negative proper Riordan matrices in terms of a combinatorial graded collection similar to that of a combinatorial collection of rooted trees. Next, we examine the alternating-sign matrices. In algebraic combinatorics and matrix algebra, the alternating-sign matrices represent a generalization of permutation matrices. Similar to the Riordan matrices, the alternating-sign matrices can be viewed in terms of a combinatorial graded collection. Moreover, the alternating-sign matrices as combinatorial objects admits many different representations. One of such representations is the corner-sum matrices. Consequently, we establish the connections between the alternating-sign matrices and the Riordan matrices in a general way and also in relation to the corner-sum matrices.

Applied Algebra and Optimization Research Center, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea  
E-mail : arnauld@skku.edu

# On the number of connected bipartite non-crossing graphs

Minho Song

## Abstract

A Riordan matrix  $(g(z), f(z))$  is an infinite lower triangular array determined by a pair of formal power series  $g, f \in \mathbb{R}[[z]]$  in which its  $k$ th column has the generating function  $g(z)f(z)^k$  where  $k \in \mathbb{N}_0$ ,  $g(0) \neq 0$ ,  $f(0) = 0$  and  $f'(0) \neq 0$ . A geometric graph on a finite set  $S \subset \mathbb{R}^2$  of points is a graph with vertex set  $S$  whose edges are straight-line segments with endpoints in  $S$ . In this talk, we introduce a way of counting the number of connected bipartite non-crossing graphs via Riordan group theory. Some open questions about combinatorial identities will also be presented.

*Key words:* Riordan matrix, Riordan group, Geometric graph, Production matrix, connected bipartite non-crossing graphs

Applied Algebra and Optimization Research Center, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea

E-mail : smh3227@skku.edu

# Hodge ideal and spectrum

Youngho Yoon

## Abstract

Hodge ideals generalize multiplier ideals which have been important objects in birational geometry. On the other hand Hodge spectrum is a very useful analytic invariant of singularities. A relation between the spectrum and multiplier ideals is known by Budur and Saito. We generalize the result of Budur and Saito to Hodge ideal for isolated singularities. This is the work with Seung-Jo Jung, In-Kyun Kim and Morihiko Saito.

Applied Algebra and Optimization Research Center, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, korea

E-mail : mathyyoon@gmail.com

# Jacobi forms and linear codes over $\mathbb{F}_4 + u\mathbb{F}_4$

Boran Kim

## Abstract

We suggest a Jacobi form via a linear code over  $R := \mathbb{F}_4 + u\mathbb{F}_4$ , where  $u^2 = 0$ . This Jacobi form is not over totally real field, and it is related to the complete weight enumerator of the linear code. We introduce the MacWilliams identities for both complete weight enumerator and symmetrized weight enumerator in higher genus of a linear code over  $R$ . We give invariants via a self-dual code of even length over  $R$ . This is a joint work with Chan Heon Kim, Soonhak Kwon and Yeong-wook Kwon.

Applied Algebra and Optimization Research Center, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea

E-mail : borank@skku.edu