

# Informe de Viaje

Fecha: 12 de febrero de 2014

Código: 14-VIM-017

Visita de trabajo a la Universidad de Temple, USA.

## PRIMERA PARTE: VISITA AL PROF. SZYLD, UNIVERSIDAD DE TEMPLE

### 1. Estado del Arte.

1.1 **Investigación Bibliográfica y discusión del estado del arte.** En esta actividad se pretende actualizarse de las técnicas actuales del estado del arte así como levantar los documentos (bibliografía) de referencia. Es importante resaltar que en los últimos 5 años han habido avances significativos en el estado del arte, lo que implica un trabajo detallado para clasificar la información útil y para actualizarse. No todas las posibles tendencias que puedan surgir para resolver un sistema de ecuaciones lineales serán profundizadas. Mismo así se desea tener una visión general de las mismas.

Para ello se tendrá discusiones con el Prof. Szyld de forma a establecer el alcance de la investigación.

1.2 **Estado del Arte.** En esta parte se establecería el estado del arte en función al alcance del trabajo identificado.

1.3. **Discusiones orientadas.** En esta fase se tendrá conversaciones con otros miembros del grupo de investigación de acogida, que puedan esclarecer dudas acerca de las nuevas técnicas que han ido surgiendo. Esto permitirá determinar las ventajas y desventajas de cada técnica y elegir la apropiada para el estudio

1.4. **Definición del problema.** La culminación de esta fase del análisis del estado del arte es la definición del problema a ser estudiado y del abordaje para realizar el estudio del mismo.

Se ha realizado convenientemente una revisión bibliográfica pormenorizada y relevado varias técnicas en este contexto.

Se destacó el trabajo en Bloques para el método de Lanczos que es utilizado para resolver autovalores, en este contexto denominado Full Orthogonalization Method - FOM y si la matriz es simétrica positiva definida con Conjugate Gradient Method que está siendo desarrollado en el Laboratorio de Computación Científica y Aplicada - LCCA.

Luego de una revisión se analizaron los siguientes artículos:

1. A. A. Nikishin and A. Yu. Yeregin, Variable Block CG Algorithms for solving large sparse symmetric positive definite linear systems on parallel computers.
2. Qiang Ye, An adaptive block Lanczos algorithm.
3. Martin H. Gutknecht, Block Krylov space methods for linear systems with multiple right-hand sides: an introduction.



4. Valeria Simoncini and Daniel Szyld. On the occurrence of ~~superlinear convergence~~ of exact and inexact Krylov subspace methods.

Así mismo se observó que el trabajo de los Profs. Valeria Simoncini y Daniel Szyld permitiría un análisis a posteriori del método para entender sus buenas propiedades de convergencia en ciertas circunstancias, aun no comprendidas a cabalidad. Así que se optó por un análisis a posteriori.

También parte de este trabajo fue presentado en la Conferencia del *SIAM on Applied Linear Algebra*, que fue realizado en la última semana de octubre del 2016. Las críticas al trabajo han sido favorables y en consecuencia se consideró continuar con el mismo sin modificaciones substanciales.

2. **Desarrollo del software:** el desarrollo del software consta de los ítems que se mencionan y detallan a seguir.

Las fases que se han conseguido avanzar fueron: estructuración del software, que necesito de una discusión especial de forma a verificar el orden de complejidad de la propuesta, ya que en términos teóricos, trabajar en bloques es más caro que no hacerlo. Sin embargo los factores de la arquitectura computacional y el manejo de la memoria (costo de acceso) influyen de manera en el mismo. Las pruebas preliminares fueron favorables. Así que actualmente se está ajustando el software para el análisis de los resultados. Hay algunas conjeturas que podemos elaborar en esta temática.

Como parte de esta visita se está en proceso de elaboración de un artículo científico, así como los abstracts presentados en los congresos del SIAM y en el CILAMCE.

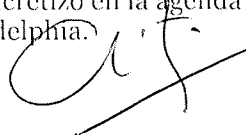
La **transferencia de conocimiento** la técnica aprendida ya está siendo realizada. Una parte importante será incorporada en el finiquito de la tesis doctoral de Pedro Torres ya que la técnica *A Posteriori* será utilizada para analizar el comportamiento de los algoritmos utilizados. Así mismo un seminario en Computación Científica será realizado con alumnos de postgrado (maestría y doctorado) en ciencias de la computación comenzando en Diciembre.

**RESULTADOS OBTENIDOS:** En esta primera fase del viaje el principal resultado fue la vinculación de resultados experimentales obtenidos por Schaerer y Torres, con los resultados teóricos obtenidos por Szyld - Simoncini. Esta vinculación entre los resultados numéricos y teóricos, permiten ver que existe una forma de analizar a posteriori el comportamiento de los algoritmos bloque iterativos y rastrear las ventajas de una convergencia super-lineal. El resultado es muy prometedor, ya que permitirá entender el comportamiento de los mencionados algoritmos.

Actualmente nos encontramos trabajando en resultados experimentales que permitan validar los resultados preliminares y teóricos.

## SEGUNDA PARTE DEL VIAJE: VISITA AL PROF. MARCUS SARKIS EN LA UNIVERSIDAD- WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE

La segunda parte del viaje consistió en la visita al Prof. Marcus Sarkis en la Universidad de Worcester Polytechnic Institute. Si bien esta posibilidad existía desde el inicio, por varios motivos personales no se concretizó en la agenda inicial. Afortunadamente fue posible congeniar los tiempos una vez en Philadelphia.



Dentro del contexto de la visita al Prof. Sarkis, se consiguió identificar que un problema que años atrás fuera planteado por los prof. Schaerer y Sarkis, sin un mayor éxito, hoy en día podía ser abordado con un mejor desempeño gracias a nuevas técnicas que se han venido descubriendo. El problema en cuestión es la resolución de la ecuación de Helmholtz que es un problema extremadamente difícil en análisis numérico y para el cual desarrollar métodos numéricos es muy difícil. En la actualidad no existen métodos numéricos eficientes en todos los casos de interés práctico.

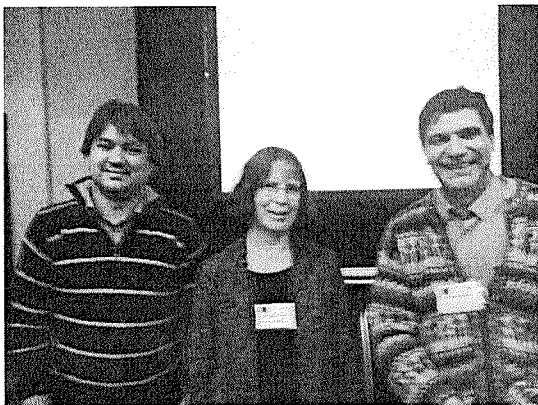
La propuesta estudiada consistió en utilizar la técnica de control óptimo desarrollada años atrás por los doctores Schaerer y Sarkis, y a la misma agregarle discretizaciones recientes. El problema fue estudiado, identificado publicaciones de relevancia y se discutieron problemas de implementación. La implementación deberá hacerse en Paraguay al retorno del Dr. Schaerer.

También con los Drs. Sarkis y Madureira (el cual se encontraba en ese momento visitando la Universidad de Brown en Providence) y conjuntamente se decidió avanzar en el estudio de matemática para neurociencia. Este problema está en una fase muy inicial y por lo tanto no se esperan grandes avances, pero sí avances en el entendimiento del problema. Se espera que alumnos de grado se motiven y con ellos podamos abrir una nueva línea de investigación en breve.

**RESULTADOS OBTENIDOS.** el principal resultado el descubrimiento de un trabajo realizado sobre Discontinuos Galerkin que eventualmente en combinación con nuestro trabajo, lo potenciaría y mejoraría. Hasta ahora solo tenemos una conjetura basada en los resultados de los artículos en cuestión, acerca de la ecuación de la onda. Sin embargo para el problema de Helmholtz que es el problema que nos interesa poco fue realizado y creemos que al usar el DG con la formulación de control tendríamos un mejor algoritmo.

Este trabajo está apenas empezando, así que se deberían hacer varios encuentros de trabajo para avanzar en esta propuesta que la consideramos prometedora.

Archivo Fotografico.



Christian Schaerer, Pedro Torres y Deane OLeary. En el Congreso del SIAM, Atlanta.

# Final Program and Abstracts

CHRISTIAN SCHAEFER

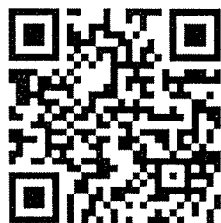
## SIAM CONFERENCE ON APPLIED LINEAR ALGEBRA



HYATT REGENCY ATLANTA  
ATLANTA, GEORGIA, USA

Sponsored by the SIAM Activity Group on Linear Algebra

The SIAM Activity Group on Linear Algebra promotes research in linear algebra and its applications. The group organizes a triennial SIAM Conference on Applied Linear Algebra and a triennial International Summer School on Numerical Linear Algebra (ISSNLA) for graduate students. They also support smaller, less formal conferences as requested by the membership. Every three years the activity group awards prizes for the best paper and the best poster in linear algebra.



### SIAM 2015 Events Mobile App

Scan the QR code with any QR reader and download the TripBuilder EventMobile™ app to your iPhone, iPad, iTouch or Android mobile device. You can also visit [www.tripbuilder.com/siam2015events](http://www.tripbuilder.com/siam2015events)

**siam**

Society for Industrial and Applied Mathematics

3600 Market Street, 6th Floor

Philadelphia, PA 19104-2688 USA

Telephone: +1-215-382-9800 Fax: +1-215-386-7999

Conference E-mail: [meetings@siam.org](mailto:meetings@siam.org)

Conference Web: [www.siam.org/meetings/](http://www.siam.org/meetings/)

Membership and Customer Service: (800) 447-7426 (US& Canada) or +1-215-382-9800 (worldwide)

[www.siam.org/meetings/la15](http://www.siam.org/meetings/la15)

Department of Mathematics  
bolten@math.uni-wuppertal.de

Brazil  
amit@nacad.ufrj.br

## CP13

## Generalized Jacobi Matrices and Band Algorithms

Jacobi matrices, i.e. symmetric tridiagonal matrices with positive subdiagonal entries, represent thoroughly studied objects connected to the Lanczos tridiagonalization, the Golub-Kahan bidiagonalization, the Gauss quadrature, etc. In this presentation, we study recently introduced  $\rho$ -wedge-shaped matrices that can be viewed as a generalization of Jacobi matrices. The definition is motivated by the structure of output matrices in the band generalization of the Golub-Kahan bidiagonalization and the band Lanczos algorithm.

Iveta Hnetynkova  
Charles University, Prague  
hnetynkova@cs.cas.cz

Martin Plesinger  
Technical University of Liberec  
martin.plesinger@tul.cz

## CP13

## Symmetric Inner-Iteration Preconditioning for Rank-Deficient Least Squares Problems

Several steps of stationary iterative methods with a symmetric splitting matrix serve as inner-iteration preconditioning. We give a necessary and sufficient condition such that the inner-iteration preconditioning matrix is definite, show that short recurrence type Krylov subspace methods preconditioned by the inner iterations determine a least squares solution and the minimum-norm solution of linear systems of equations, whose coefficient matrices may be rank-deficient, and give bounds for these methods.

Keiichi Morikuni  
Institute of Computer Science  
Academy of Sciences of the Czech Republic  
morikuni@cs.tsukuba.ac.jp

## CP13

## On Solving Linear Systems Using Adaptive Strategies for Block Lanczos Method

Block Methods based on conjugate directions improve arithmetic intensity and rate of convergence. When these methods are used for the resolution of algebraic linear systems  $Ax = b$  ( $A$  symmetric positive definite) a drawback is the need to find an adequate block size. In this work we discuss and present results of several strategies for adaptively updating the size of the block based on Ritz values and a threshold for determining when the rule applies.

Christian E. Schaerer  
Institute for Pure and Applied Mathematics - IMPA  
cschaer@pol.una.py

Pedro Torres  
Polytechnic School  
National University of Asunción  
torres.pedrozpk@gmail.com

Amit Bhaya  
Federal University of Rio de Janeiro

## CP13

## On Rotations and Approximate Rational Krylov Subspaces

Rational Krylov subspaces are useful in many applications. These subspaces are built by not only matrix vector products but also by inverses of a matrix times a vector. This results in significant faster convergence, but on the other hand often creates numerical issues. It is shown that rational Krylov subspaces under some assumptions are retrieved without any explicit inversion or system solves involved. Instead the necessary computations are done implicitly using information from an enlarged Krylov subspace. In this talk the generic building blocks underlying rational Krylov subspaces: rotations, twisted QR-factorizations, turnovers, fusions, are introduced. We will illustrate how to shrink a large Krylov subspace by unitary similarity transformations to a smaller subspace without -if all goes well- essential data loss. Numerical experiments support our claims that this approximation can be very good and as such can lead to time savings when solving particular ODE's.

Raf Vandebril  
Katholieke Universiteit Leuven  
Department of Computer Science  
raf.vandebril@cs.kuleuven.be

Thomas Mach  
TU Chemnitz  
Germany  
thomas.mach@cs.kuleuven.be

Miroslav Pranic  
Faculty of Science  
University of Banja Luka  
pranic77m@yahoo.com

## CP13

## Improving Thick-Restarting Lanczos Method by Subspace Optimization For Large Sparse Eigenvalue Problems

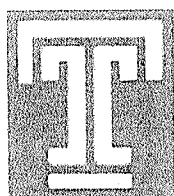
The Thick-Restart Lanczos method is an effective method for large sparse eigenvalue problems. In this work, we propose and study a subspace optimization technique to accelerate this method. The proposed method augments the Krylov subspace with a certain number of vectors from the previous restart cycle and then apply the Rayleigh-Ritz procedure in the new subspace. Numerical experiments show that our method can converge two or three times faster than the Lanczos method.

Lingfei Wu  
Department of Computer Science  
College of William & Mary  
lfw@cs.wm.edu

Andreas Stathopoulos  
College of William & Mary  
Department of Computer Science

# Mid-Atlantic Numerical Analysis Day

*A one-day conference on Numerical Analysis and Scientific Computing  
for graduate students and post doctorates from the Mid-Atlantic region*



TEMPLE  
UNIVERSITY

**Department of Mathematics**

**Friday, 13 November 2015 Philadelphia, PA**

EMCI restaurant  
915 ARCH ST  
Phila. PA 19107

left 95  
ALC151

215-627-2500

**Organizers: Sunnie Joshi and Daniel B. Szyld**

Sponsored by the Department of Mathematics, College of Science and Technology, and The Graduate School, Temple University