

IX Encuentro Cuba-México de Métodos Numéricos y Optimización



Instituto de Cibernética, Matemática y Física

16 - 20 de marzo de 2020

La Habana, Cuba

Presentación

El objetivo del *Encuentro Cuba-México de Métodos Numéricos y Optimización* es reunir a matemáticos, físicos, ingenieros, profesores y estudiantes para continuar desarrollando relaciones de colaboración científica e intercambiar información sobre las más recientes investigaciones en estas áreas. Así como promover la creación de vínculos de colaboración académica entre ambos países en las disciplinas de las ciencias computacionales y las matemáticas aplicadas.

El primer encuentro se celebró en el año 2012. Desde el año 2014 contamos con la publicación de las memorias del evento en la revista *Ciencias Matemáticas* de la Universidad de la Habana, donde los trabajos son arbitrados rigurosamente. El incremento de la participación año con año es un indicador del éxito del evento. En el último encuentro tuvimos la participación de 25 ponencias por parte de los colegas cubanos y 10 ponencias de la contraparte mexicana.

En los últimos años hemos contado con participaciones de colegas de Estados Unidos, Colombia, Ecuador y España. Estamos seguros que este evento representa una ventana para posibles colaboraciones entre países hispanoamericanos. La información de evento puede ser consultada en la página web:

<http://tikhonov.fcien.unam.mx/emno2020/>

Temáticas:

- Álgebra Lineal Numérica
- Métodos de Interpolación y Aproximación
- Solución Numérica de Ecuaciones Diferenciales
- Optimización no-lineal
- Software para Cómputo Científico
-

Comité organizador

Pablo Barrera Sánchez, *Universidad Nacional Autónoma de México*

Guilmer F. González Flores, *Universidad Nacional Autónoma de México*

Francisco J. Domínguez Mota, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*

Victoria Hernández Mederos, *Instituto de Cibernética, Matemática y Física, Cuba*

Marta Lourdes Baguer Díaz Romañach, *Universidad de la Habana, Cuba*

Programa

Lunes 16 de marzo 2020

Ecuaciones diferenciales

Horario	Ponencia
8:30 am-9:30 am	Curso Subespacios vectoriales y factorizaciones matriciales. Prof. Humberto Madrid de la Vega, <i>Universidad Autónoma de Coahuila, México</i>
9:30 am-10:00 am	Conferencia invitada Un método libre de malla basado en diferencias finitas generalizadas y su aplicación en procesos industriales. Edgar Resendiz Flores, <i>Tecnológico Nacional de México.</i>
10:00 am-10:20 am	Numerical solution of Richards' stationary equation using generalized finite differences. Francisco Domínguez Mota, <i>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.</i>
10:20 am-10:40 am	Receso
10:40 am-11:00 am	Experiencias numéricas en la solución del problema de propagación de ondas en placas. Manuel Cruz Rodríguez, <i>Instituto de Cibernética Matemática y Física, Cuba.</i>
11:00 am-11:20m	Migración y estabilidad del ecosistema. Néstor Anaya Ortega, <i>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.</i>
11:20m-11:40 pm	Quimiotaxis y competencia en la dinámica de poblaciones con migración. Guilmer F. González Flores, <i>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.</i>
11:40 pm-12:00 pm	Modelo de Perona-Malik con coeficiente de difusión dependiente de un gradiente de orden fraccionario. Gustavo Asumu Mboro Nchma, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
12:00 pm-12:20 pm	Receso
12:20 pm-12:40 pm	Uso de Redes Neuronales, descenso por gradiente estocástico y muestreo aleatorio para la solución numérica de ecuaciones diferenciales. Flavio Jefferson Vásquez Bautista, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
12:40 pm-1:00 pm	Simulación computacional de un sismo tsunamigénico utilizando un acople elastoacústico. Edilson F. Salazar Monroy, <i>Posgrado Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México.</i>
1:00 pm-1:20 pm	Consideraciones matemáticas sobre procesos de autorenovación y diferenciación de las células madre hematopoyéticas. Miguel Ángel Martínez Hernández, <i>Facultad de Matemática, Física y Computación, Universidad Central Marta Abreu, Villa Clara, Cuba.</i>

Martes 17 de marzo 2020
Optimización y aproximación

Horario	Ponencia
8:30 am-9:30 am	Curso Subespacios vectoriales y factorizaciones matriciales. Prof. Humberto Madrid de la Vega, <i>Universidad Autónoma de Coahuila, México</i>
9:30 am-10:00 am	Conferencia invitada Un modelo para evaluar estrategias de vacunación aplicadas a enfermedades de transmisión por vectores. El caso del dengue. Lourdes Esteva Peralta, <i>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.</i>
10:00 am-10:20 am	Control Optimal aplicado a la epidemia de Zika con presencia de contagio sexual. Aymee Marrero Severo, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
10:20 am-10:40 am	Receso
10:40 am-11:00 am	Generación de mallas estructuradas por bloques: divide y vencerás. Iván Méndez Cruz, <i>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.</i>
11:00 am-11:20m	Inyectividad de un mapeo bilineal por pedazos. Victoria Hernández Mederos, <i>Instituto de Cibernética Matemática y Física, Cuba.</i>
11:20m-11:40 pm	Identificación de patrones entonativos del español mediante transformada wavelet discreta. Ana Flavia Roca Rojas, <i>Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cuba.</i>
11:40 pm-12:00 pm	Métodos de descomposición de variables para problemas de optimización numérica con alta dimensionalidad. Guadalupe Armona Arroyo, <i>Universidad Veracruzana, México.</i>
12:00 pm-12:20 pm	Receso
12:20 pm-12:40 pm	Uso de unidades de prueba para la verificación automática de modelos matemáticos para problemas de enrutamiento de vehículos. Gabriela Argüelles Terrón, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba</i>
12:40 pm-1:00 pm	Exploración de la vecindad en un problema de enrutamiento de vehículos utilizando el grafo de evaluación de una solución. José Jorge Rodríguez Salgado, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba</i>
1:00 pm-1:20 pm	¿Estimación de distribuciones o búsqueda local? Análisis para la solución de problemas de enrutamiento de vehículos. Sheila Mederos Miranda, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba</i>
1:20 pm-1:40 pm	Generación de AIML a partir de lenguaje natural. Hian Cañizares Díaz, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>

Miércoles 18 de marzo 2020
Optimización

Horario	Ponencia
8:30 am-9:30 am	Curso Subespacios vectoriales y factorizaciones matriciales. Prof. Humberto Madrid de la Vega, <i>Universidad Autónoma de Coahuila, México</i>
9:30 am-10:00 am	Conferencia invitada Nuevos algoritmos para la complementariedad no lineal. Rosana Pérez Mera, <i>Universidad del Cauca, Colombia.</i>
10:00 am-10:20 am	Funciones de escalarización no lineales para puntos mínimos de computación bajo estructuras de orden variable. Gemayqzel Bouza Allende, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
10:20 am-10:40 am	Receso
10:40 am-11:00 am	Método de gradiente proyectado para problemas de optimización con restricciones de complementariedad lineales. William Sariol Nuñez, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
11:00 am-11:20m	Método de punto de referencia para problemas multiobjetivo bajo incertidumbre por medio de la distancia de Hausdorff. Carlos Ignacio Hernández Castellanos, <i>Departamento de Matemáticas, CINVESTAV, México</i>
11:20m-11:40 pm	Problema de programación de máquinas paralelas: un estudio experimental de dificultad de instancias y desempeño de algoritmos. Octavio Ramos Figueroa, <i>Universidad Veracruzana, México.</i>
11:40 am-12:00 pm	Estudio de segregación residencial empleando algoritmos de clustering. Gabriela Rodríguez Santa Cruz Pacheco, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
12:00 pm-12:20 pm	Receso
12:20 pm-12:40 pm	Estudio e implementación de algoritmos para alta dimensión en el escalamiento multidimensional. Lien Cartaya Bermúdez, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
12:40 pm-1:00 pm	Selección automática de arquitecturas de redes neuronales. Daniel Alejandro Valdés Pérez, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
1:00 pm-1:20 pm	Exploración de vecindades grandes en el problema de enrutamiento de vehículos usando técnicas estadísticas. Héctor Felipe Massón Rosquete, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>

Jueves 19 de marzo 2020
Álgebra lineal, Procesamiento de imágenes, software

Horario	Ponencia
8:30 am-10:20 am	Curso Lenguaje Julia+Linux+Usb. Prof. Iván Méndez, Mario Nolasco, Pablo Barera, <i>UNAM, México.</i>
10:20 am-10:40 am	Receso
10:40 am-11:00 am	Nuevo criterio para la selección del rango en la clasificación de textos vía factorizaciones no negativas. losvanny Alfonso Veloso, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
11:00 am-11:20 am	¿Cómo abordar los cuadrados mágicos desde el Álgebra Lineal Numérica?: Una Teoría del Espacio Mágico. Luis Carlos Velázquez Guerrero, <i>México.</i>
11:20 am-11:40m	Restauración de imágenes usando una ordenación suave de sus parches. Daniel A. García Pérez, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
11:40m-12:00 pm	Image smoothing by regions: a parallel version using the Perona-Malik equation. Richard Miguel Méndez Castillo, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
12:00 pm-12:20 pm	Receso
12:20 pm-12:40 pm	Comparación de un método basado en wavelet y otros algoritmos recientes para el mejoramiento de contraste de masas en mamografía digital. Damían Valdés Santiago, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
12:40 pm-1:00 pm	Restauración de imágenes de colposcopia utilizando redes neuronales. Lauren Jiménez Martín, <i>Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.</i>
1:00 pm-1:20 pm	Inferencia de agujeros negros binarios a través de curvas de luz utilizando software libre con procesos de paralelización con OpenMP. Gustavo Magallanes-Guijón, <i>Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México.</i>
1:20 pm-1:40 pm	Software para la estimación causal a través de la intervención de variables en redes bayesianas. Jenny Betsabé Vásquez Aguirre, <i>Centro de Investigación en Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana, México.</i>
1:40 pm-2:00 pm	Aztekas.org: Software libre para astrofísica relativista. Sergio Mendoza, <i>Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México.</i>

Resúmenes

Lunes 16 de marzo

Conferencia invitada

Un método libre de malla basado en diferencias finitas generalizadas y su aplicación en procesos industriales

Edgar O. Reséndiz Flores, e.resendiz@gmail.com

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Saltillo

Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, México

Félix R. Saucedo Zendejo

Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, México.

Resumen

La charla estará enfocada a la descripción de un método libre de malla basado en diferencias finitas generalizadas conocido como FPM, por sus siglas en inglés, para la solución numérica de ecuaciones diferenciales parciales. Se presentará su aplicación en flujo de fluido con frontera libre, problemas de transferencia de calor y deformaciones mecánicas.

Conferencias por solicitud

1. Numerical solution of Richards' stationary equation using generalized finite differences

Francisco Domínguez-Mota, francisco.dmota@gmail.com

C. Chavez-Negrete, D. Santana-Quinteros

J. Lucas-Martínez and J. Tinoco-Ruiz

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Resumen

Richards' equation is a nonlinear expression which models flow in unsaturated porous media. Its steady state version is a nonlinear elliptic expression whose solution has very high gradient values near the outflows. In this talk, we present a generalized finite difference scheme which can be applied for solving it on suitable adapted grids. The proposed method is tested on an illustrative numerical example on a dam embankment and the results are compared with a finite element method solution.

2. Experiencias numéricas en la solución del problema de propagación de ondas en placas

Manuel Cruz Rodríguez,

Ahmed Mansur Graverán, Victoria Hernández Mederos,

Eduardo Moreno Hernández, Jorge Estrada Sarlabous

Instituto de Cibernética Matemática y Física

Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio ambiente, Cuba.

Resumen

Los métodos basados en ensayos no destructivos se utilizan actualmente en la industria para inspeccionar estructuras cuyo daño podría ser desastroso o muy costoso de reparar. Estos métodos se basan en el cálculo de las curvas de dispersión, que dependen tanto del material como de la geometría de la estructura analizada. Para obtener las curvas de dispersión es necesario a su vez resolver la ecuación diferencial que describe la propagación de las ondas generadas por un sensor ultrasónico.

En este trabajo se resuelve la ecuación de ondas empleando el Método de Diferencias Finitas para aproximar las variables dependientes del tiempo y el Método de Elementos Finitos para las variables dependientes del espacio. Estos métodos conducen a la solución de una familia de sistemas de ecuaciones lineales, cada uno de los cuales corresponde a un instante fijo de tiempo. Todos estos sistemas tienen la misma matriz, que es de grandes dimensiones y mal condicionada. En la charla se compararán las curvas de dispersión teóricas con las curvas de dispersión calculadas a partir de la solución numérica del problema, obtenida con el software libre FreeFem++.

3. Migración y estabilidad del ecosistema

Néstor I. Anaya Ortega, nestoranaya@hotmail.com

Manuel Falconi Magaña,

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen

En la ponencia se hablará sobre el problema

$$\begin{aligned}x_1' &= \alpha_1 x_1 \left(1 - \frac{x_1}{K_1}\right) - a \frac{x_1 y_1}{(1 + a_1 x_1)(1 + Q_1)} - b \frac{x_1 y_2 Q_2}{(1 + a_1 x_1)(1 + Q_2)}, (1) \\x_2' &= \alpha_2 x_2 \left(1 - \frac{x_2}{K_2}\right) - c \frac{x_2 y_1 Q_1}{(1 + c_1 x_2)(1 + Q_1)} - d \frac{x_2 y_2}{(1 + c_1 x_2)(1 + Q_2)}, \\y_1' &= a \delta_1 \frac{x_1 y_1}{(1 + a_1 x_1)(1 + Q_1)} + b \delta_2 \frac{x_1 y_2 Q_2}{(1 + c_1 x_1)(1 + Q_2)} - \mu_1 y_1, \\y_2' &= c \beta_2 \frac{x_2 y_1 Q_1}{(1 + c_1 x_2)(1 + Q_1)} + d \beta_1 \frac{x_2 y_2}{(1 + c_1 x_2)(1 + Q_2)} - \mu_2 y_2, \\Q_1' &= \frac{1}{1 + x_1} x_1 - m_1 Q_1, \\Q_2' &= \frac{1}{1 + x_2} x_2 - m_2 Q_2.\end{aligned}$$

que modela la interacción entre un recurso (x_1, x_2), predadores (y_1, y_2) y un elemento quimiotáxico (Q_1, Q_2) -producido por el recurso. El modelo se estudia a tiempo continuo con espacio discreto.

El objetivo de la plática es:

- Explicar el modelo.
- Analizar la estabilidad del modelo sin migración.
- Fijando algunos parámetros, dar resultados que garantizan el beneficio de la migración.
- Algunas propiedades de las soluciones del modelo.
- Análisis de bifurcaciones de Hopf.
- Ejemplos de soluciones numéricas.

4. Quimotaxis y competencia en la dinámica de poblaciones

Guilmer F. González Flores, guilmerg@ciencias.unam.mx

Manuel Falconi Magaña, Néstor I. Anaya Ortega

Departamento de Matemáticas

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen

La distribución espacial de las especies está determinada por una serie de factores dinámicos, dentro de los cuales la reproducción, la mortalidad, la dispersión suelen ser reconocidos como determinantes y actúan a diferentes escalas espaciales. Todos estos factores participan y colaboran en la conformación de las poblaciones a través de las interacciones que se dan entre individuos de la misma especie (intraespecífica) o entre los de especies diferentes (interespecífica), formando intrincadas redes de interacción. Entre las diferentes formas en que pueden interaccionar las especies de una comunidad, sobresalen las de depredación y la de competencia tanto por su frecuencia, como por su efecto en la estructura y función de la misma.

Bajo este marco general, en la ponencia se abordará el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= \alpha_1 u \left(1 - \frac{u}{K e^{-(x^2+y^2)\sigma}} \right) - \frac{\alpha_2 uv}{u+a} \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= d_1 \Delta v + \delta \frac{\alpha_2 uv}{u+a} - \mu_1 v - \nabla (\chi(w)) \\ \frac{\partial w}{\partial t} &= \nabla (d_3 \nabla w) + F(u, v),\end{aligned}$$

donde u es la presa, v el depredador, w el elemento quimiotáxico, $F(u, v)$ modela la tasa de crecimiento de la "sustancia" quimiotáxica, $\alpha_1, \alpha_2, a, d_1, d_2, d_3, \delta, K$ y μ_1 constantes positivas. El desarrollo de la charla se llevará de la siguiente manera:

1. Explicación sobre la deducción del modelo.
2. Semi discretización del modelo.
3. Resultados numéricos.

5. Modelo de Perona-Malik con coeficiente de difusión dependiente de un gradiente de orden fraccionario

Gustavo Asumu Mboro Nchama. Estudiante de Doctorado,
Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana

Angela M. León Mecías,

Departamento de Matemática Aplicada

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana

Mariano Rodríguez Ricard

Departamento de Matemática,

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana

Resumen

En este trabajo se propone usar el modelo de Perona-Malik haciendo depender el coeficiente de difusión de un gradiente de orden fraccionario. El objetivo es comparar la efectividad de este modelo y el clásico de Perona-Malik, en cuanto a la disminución del efecto staircase y el efecto speckle en la restauración de imágenes. El operador gradiente de orden fraccionario se define según la derivada fraccionaria de Caputo-Fabrizio. Para validar la propuesta se presenta un esquema de solución numérica del modelo y se realiza una experimentación con imágenes naturales usando las medidas de calidad del contraste PSNR, MSE y MAE.

Palabras clave: Fractional anisotropic diffusion coefficient, Caputo-Fabrizio fractional derivative, Image enhancement.

6. Uso de redes neuronales, descenso por gradiente estocástico y muestreo aleatorio para la solución numérica de ecuaciones diferenciales.

Flavio Jefferson Vásquez Bautista, jeffersonvasquez@hotmail.com

Estudiante de Maestría, *Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.*

Fernando Rodríguez Flores, fernan@matcom.uh.cu

Ariel Alfonso Triana Pérez, ariel.triana@estudiantes.matcom.uh.cu

Frank Abel Blanco, frank.blanco@estudiantes.matcom.uh.cu

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.

Resumen

Dado un problema de valores iniciales $\frac{dy}{dx} = f(x, y), y(x_0) = y_0$, es posible resolverlo definiendo una familia de soluciones de la forma $y(x, p) = y_0 + (x - x_0)N(x, p)$, donde $N(x, p)$ es una red neuronal que depende de un conjunto de parámetros p , y calculando el valor de este parámetro para que $y(x, p)$ sea solución del problema de valores iniciales en el intervalo $[x_0, x_T]$. Esto es teóricamente posible dado que, bajo ciertas condiciones generales, es posible aproximar cualquier función utilizando una red neuronal, si se encuentra el valor de p apropiado.

Para seleccionar este valor del parámetro p , de forma que defina una solución del problema de valores iniciales se seleccionan n puntos $x_0 < x_1 < x_2, \dots, x_n = x_T$ y se resuelve el problema de optimización:

$$\min_p \sum_{i=1}^n \left(\frac{dy(x_i, p)}{dx} - f(x_i, p) \right)^2.$$

Este problema de optimización se puede resolver usando cualquier método numérico de la programación no lineal, por ejemplo un método Cuasi Newton.

Esta vía de solución tiene las ventajas de que la solución que se obtiene no está definida mediante un número finito de puntos, sino es una función perfectamente definida en todo el intervalo $[x_0, x_T]$; y que se puede usar, con muy pocas modificaciones, para resolver también ecuaciones en derivadas parciales. Sin embargo, tiene el inconveniente de que si el intervalo en el que se desea la solución es muy grande, la cantidad de puntos n que se deben fijar en la función objetivo puede hacer que el proceso de optimización resulte excesivamente costoso, lo cual es aún más grave, si es una ecuación en derivadas parciales.

En este trabajo se propone un método de solución en el que los puntos x_i , no están fijados de antemano sino que en cada iteración del algoritmo la función objetivo se modifica utilizando n puntos x_i generados aleatoriamente en el intervalo $[x_0, x_T]$. Para obtener un mínimo de esta función, se usa como método de optimización una variante del descenso por gradiente estocástico. Esto permite obtener los resultados con una menor cantidad de puntos x_i en cada iteración, reduciendo el costo del proceso de optimización.

Se muestran los resultados obtenidos al resolver el problema de valores iniciales con esta técnica, y se comparan con los obtenidos por métodos de la optimización no lineal convencionales, como los Cuasi Newton.

Palabras clave: aproximación densa de la solución de problemas de valores iniciales, ecuaciones diferenciales ordinarias, redes neuronales, descenso por gradiente estocástico.

7. Simulación computacional de un sismo tsunamigénico utilizando un acople elastoacústico

E. Fernando Salazar-Monroy, esalazarm@iingen.unam.mx

Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Leonardo Ramírez-Guzmán, *Coordinación de Instrumentación Sísmica, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.*

Resumen

Los sismos tsunamigénicos representan un problema global debido al nivel de impacto que pueden tener en zonas distantes del epicentro y que se desconoce debido a la falta

de observaciones e instrumentación a nivel mundial. Por lo tanto, las simulaciones computacionales que contemplen escenarios apegados a la realidad, proveen información que puede ser utilizada como una herramienta de predicción.

Tradicionalmente, las simulaciones numéricas de tsunamis separan el sismo del modelo hidrodinámico, y este se incorpora como una condición de frontera o inicial en la que generalmente se utiliza una aproximación estática, que a su vez imprime el máximo del desplazamiento en la superficie del piso oceánico (solución de Okada). Sin embargo, esta solución suprime parte de la física del problema y cómo se ha analizado en estudios de peligro a nivel global, repercute directamente en las estimaciones de altura de ola y velocidad de flujo en la línea de costa.

En el siguiente trabajo se soluciona la ecuación de onda para dos medios, acústico y elástico, utilizando una estrategia de acoplamiento fuerte con elementos elastoacústicos en la zona de interacción sólido-fluido. Esta consideración brinda una representación más realista de la transmisión de la energía elástica en el océano y su propagación hasta el límite somero profundo.

La verificación y validación se llevó a cabo para un medio con geometría 2D, misma que utilizó un esquema estándar de elementos finitos y diferencias finitas centradas, un modelo de fuente sísmica cinemático, batimetría suave (GEBCO30) y un modelo de velocidad global (ETOPO1). Posteriormente, se compararon las observaciones (amplitudes de ola y presiones, registradas por las boyas DART y sensores de presión, OBS) generadas por el tsunami de Tohoku el 11 de marzo de 2011 en Japón; con una simulación a 0.1Hz donde se incluyeron modelos de deslizamiento validados, obteniendo un error del 10% en amplitud y del 5% en tiempos de arribo

8. Consideraciones matemáticas sobre los procesos de autorrenovación y diferenciación de las células madre hematopoyéticas.

Miguel Ángel Martínez Hernández, *Departamento de Matemática. Facultad de Matemática, Física y Computación, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba*

Dennys Lumpuy Obregón, Licenciado en Matemática. Graduado universitario en adiestramiento.

Carlos de la Caridad Rodríguez Fadragas, *Departamento de Física de la Facultad de Matemática, Física y Computación, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba.*

Resumen

Se muestran dos modelos matemáticos, uno determinístico, basado en ecuaciones diferenciales ordinarias y uno probabilístico, basado en ecuaciones diferenciales estocásticas, para estudiar los mecanismos que controlan la autorenovación, mantenimiento y diferenciación de las células madre. Los modelos se aplican al estudio de la reconstitución hematopoyética después de un trasplante de células madre de la médula ósea. Se simula computacionalmente este proceso con ambos modelos, se comparan los resultados obtenidos con los reportados por otros autores en revistas de alto impacto, se comparan entre sí los resultados y se infieren las correspondientes interpretaciones biológicas. A pesar de la simplicidad de los modelos matemáticos presentados, es sorprendente qué tan bien las curvas de reconstitución coinciden con los datos clínicos. Los modelos proporcionan evidencia de que la tasa de autorrenovación debe ser regulada por retroalimentación del número de células maduras según las necesidades fisiológicas. En un sentido comparativo, se aprecia cómo al pasar del modelo determinista al estocástico con altos niveles de ruido la variación de las densidades poblacionales es significativa. Esto indica que el proceso de maduración de las células hematopoyéticas se ve severamente influenciado por el medio en que se desarrolle el proceso. Cuando se modifica el factor ambiental, representado mediante impulsos aleatorios, el proceso resultará afectado.

Palabras clave: hematopoyesis, trasplante de células madre, diferenciación de células madre, modelos multicompartimientos.

Martes 17 de marzo

Conferencia invitada

Un modelo para evaluar estrategias de vacunación aplicadas a enfermedades de transmisión por vectores. El caso del dengue.

Lourdes Esteva Peralta, lesteva@ciencias.unam.mx

Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen

Las enfermedades transmitidas por vectores (insectos) son las que tienen la mayor tasa de propagación en el mundo. Las medidas para detener su avance se han centrado en el control del vector transmisor, con pocos resultados en muchos casos.

La aplicación de vacunas efectivas puede resultar una medida muy eficiente para reducir la incidencia de este tipo de enfermedades, siempre y cuando se lleven a cabo estrategias de vacunación adecuadas y sin riesgo para la población.

En este trabajo proponemos un sistema de ecuaciones diferenciales parciales en las variables edad y tiempo para modelar la dinámica de una enfermedad de transmisión por vectores en una población sujeta a un programa de vacunación.

Encontramos una expresión para el Número Reproductivo Básico, R_0 , y mostramos que el equilibrio libre de la enfermedad es localmente estable para $R_0 < 1$, y que existe un equilibrio endémico único para $R_0 > 1$.

Utilizamos los resultados teóricos con datos de México y Brasil sobre incidencia de dengue por grupo de edad en diferentes localidades, para estimar el porcentaje de la población que debe ser inmunizada, y la edad óptima de vacunación.

Conferencias por solicitud

1. Control optimal aplicado a la epidemia del Zika con presencia de contagio sexual

Aymee Marrero Severo, aymee@matcom.uh.cu

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba

Erick Manuel Delgado Moya, erickmath@ime.usp.br

IME, Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Sao Paulo, Brasil

Resumen

La formulación de un modelo matemático que describe la transmisión de Zika con presencia de contagio sexual, definido por ecuaciones diferenciales ordinarias, permitió estudiar el comportamiento de dicha epidemia y comparar su propagación por sexos, basándonos en el estudio del número reproductivo básico y el análisis de la estabilidad local en el punto libre de Infección. Entre los resultados obtenidos, validados con datos de Suriname y El Salvador como regiones en estudio, se tiene que los hombres infectados superan a las mujeres infectadas, sin embargo, los hombres se recuperan en mayor proporción que las mujeres, y que la mayor densidad de infectados pertenece a la población de mosquitos. mostraron la necesidad de implementar una estrategia de control adecuada pues la epidemia puede volverse endémica. Esto motivó la formulación de un problema de control optimal, incorporando controles al modelo para el contagio por picada de mosquito y por contagio sexual para reducir el impacto de esta epidemia. En este trabajo se muestran los resultados preliminares obtenidos, según el escenario en estudio.

Palabras clave: Control, epidemia, Zika.

2. Generación de mallas estructuradas por bloques: divide y vencerás

Iván Méndez Cruz, vanmc@ciencias.unam.mx

Pablo Barrera Sánchez, pablobarrera@ciencias.unam.mx

Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen

En algunos problemas de ciencia e ingeniería se requieren mallas de calidad sobre una región plana en el sentido de que sus celdas cumplan propiedades geométricas de interés. Podemos generar mallas estructuradas de cuadriláteros. Sin embargo, no siempre son de calidad en regiones irregulares. Para obtener mallas con mejor calidad generamos mallas estructuradas por bloques. La idea es descomponer la región en subregiones donde podamos generar mallas estructuradas de calidad. Así, el problema se descompone en subproblemas más sencillos. Desarrollamos una metodología para generar mallas estructuradas por bloques y elaboramos algunos ejemplos con nuestra implementación en Julia.

Palabras clave: generación numérica de mallas.

Referencias

- [1] P. Barrera, J.J. Cortés, G. F. González, F.J. Domínguez, J.G. Tinoco. Smoothness and Convex Area Functionals Revisited. SIAM Journal of Scientific Computing, No. 4, Vol. 32, pp. 1913-1928, 2010.
- [2] J. Bezanson, A. Edelman, Stefan Karpinski, V. B. Shah. Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing. SIAM Review Vol. 59, No.1, pp. 65-98, 2017.
- [3] G. Liu, Z. Xi, J. M. Lien. Dual-Space Decomposition of 2D Complex Shapes. 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 4154-4161, 2014.

3 . Inyectividad de un mapeo bilineal por pedazos

Victoria Hernández Mederos, vicky@icimaf.cu

Jorge Estrada Sarlabous, jestrada@icimaf.cu

Instituto de Cibernética, Matemática y Física, Cuba

Isidro Abelló Ugalde, isidro@cepes.uh.cu

*Centro de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior
Universidad de La Habana, Cuba*

Resumen

La construcción de un mapeo biyectivo entre dos regiones planas es importante en muchas aplicaciones. Entre ellas se encuentra la generación de una transición suave, o

metamorfosis, entre dos imágenes evitando cambios abruptos y dobleces. La solución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, mediante el clásico método de Elementos Finitos (FEM) o el más moderno enfoque Isogeométrico (IgA), también requiere la parametrización del dominio físico Ω , es decir la construcción de un mapeo inyectivo cuya imagen sea Ω . En este trabajo se estudia la inyectividad del mapeo bilineal por pedazos $F(u,v)$ definido por una malla estructurada de cuadriláteros P , construida sobre Ω para aplicar FEM. Se demuestra que el mapeo $F(u,v)$ se puede escribir como una función B-spline producto tensorial lineal en las direcciones u y v y con malla de control P . Este enfoque proporciona una representación global del mapeo, que permite refinar de forma inmediata y poco costosa la malla P , lo cual es importante para aplicación del FEM. En el trabajo se demuestra que el mapeo bilineal $F(u,v)$ es inyectivo si y solo si su malla de control P está formada por cuadriláteros convexos. Se muestra además que este resultado no es cierto para los mapeos B-spline bicuadráticos, donde las condiciones de inyectividad resultan más complicadas.

4. Identificación de patrones entonativos del español mediante transformada wavelet

Ana Flavia Roca Rojas , *Facultad de Ingeniería Informática, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría".*

Damián Valdés Santiago, *Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.*

José Herrera Franklin, *División de Transporte Marítimo, Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte, Cuba*

Resumen

En la Universidad de La Habana se realizan investigaciones lingüísticas que abarcan el estudio científico de la estructura de la lengua española, uno de los recursos utilizados para este estudio es el análisis de audios en español. partir de estos el lingüista puede realizar un análisis desde los distintos niveles de indagación y formalización lingüística. El procesamiento de estos audios conlleva tareas de transcripción e identificación de los patrones entonativos presentes, siendo este análisis realizado de forma manual. Se cuenta con una base de patrones clasificada por lingüistas. En el presente trabajo se propone un algoritmo basado en transformada wavelet discreta para identificar patrones entonativos según la clasificación propuesta por la doctora Raquel García Riverón. Este algoritmo compara la energía de los coeficientes wavelets de la curva

tonal (obtenida de la frecuencia fundamental de la señal de audio mediante transformada discreta de Fourier) con las de los patrones anotados por lingüistas. El patrón de entrada se clasifica según el patrón anotado más cercano en energía.

5. Métodos de descomposición de variables para problemas de optimización numérica con alta dimensionalidad

Guadalupe Carmona-Arroyo, gcarmonaarroyo@gmail.com

Marcela Quiroz-Castellanos, *Centro de Investigación en Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz, México*

Resumen

Diferentes problemas de optimización numérica con restricciones son catalogados como problemas de alta dimensión debido a que presentan un número considerablemente alto de variables de decisión. Dichos problemas presentan dificultades al momento de ser resueltos dado que el espacio de búsqueda crece de manera exponencial, las propiedades de las funciones pueden cambiar conforme la dimensión crece y la evaluación tanto de la función objetivo como de las restricciones suele ser computacionalmente costosa, además de que debe tomarse en cuenta la interacción de las variables. Para lidiar con este tipo de problemas existe un enfoque conocido en la literatura como Coevolución Cooperativa, basado en la estrategia de divide y vencerás, el cual consiste en dividir el problema principal en subgrupos de menor dimensión considerando y tratando de minimizar la interacción entre las variables de decisión que pertenecen a diferentes subgrupos, para después resolver cada subproblema mediante algoritmos para optimización numérica y así, finalmente, crear una solución a través de la cooperación de estas soluciones.

6. Uso de unidades de prueba para la verificación automática de modelos matemáticos para Problemas de Enrutamiento de Vehículos

Gabriela Argüelles Terrón, g.arguelles@estudiantes.matcom.uh.cu

Fernando Rodríguez Flores, fernand@matcom.uh.cu, *Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.*

Resumen

En este trabajo se presenta una herramienta que permite determinar si un modelo de programación matemática que describa un Problema de Enrutamiento de Vehículos

(VRP) es correcto o no. En caso de que el modelo no sea correcto, se indican qué restricciones deberían ser analizadas pues son candidatas a tener errores, y además se proporcionan ejemplos en los que las restricciones indicadas se comportan de manera incorrecta. El sistema propuesto está formado por 4 componentes que se describen a continuación. El primero es un mecanismo que, dada una descripción de un VRP, genera elementos de la forma (S,P), donde S es una solución para ese VRP y P es una instancia del VRP descrito, de forma que S satisfaga determinadas restricciones del VRP simultáneamente incumpla otras definidas a priori. El segundo componente recibe una solución de las creadas en la primera fase y devuelve un conjunto de variables que forman una representación de esa solución en términos de las variables del modelo. El tercer elemento recibe el modelo de programación matemático del VRP y devuelve un conjunto de funciones de Common Lisp: una por cada restricción del modelo. Finalmente, en el último componente del sistema, se evalúan las funciones obtenidas a partir de las restricciones del modelo en las variables obtenidas en el paso 2, y se verifican cuáles de estas restricciones se cumplen y cuáles no. Si todas las restricciones que se deben cumplir se cumplen, y todas las que deben violarse se violan, entonces el modelo refleja apropiadamente esas restricciones para esa instancia y esa solución. En caso contrario, existe algún problema en el modelo, que debe ser corregido por el usuario.

Utilizando una estrategia inspirada en unidades de prueba (Unit Testing), es posible construir, en el paso 1 del algoritmo propuesto, soluciones factibles e infactibles que permitan verificar la pertinencia y efectividad de todas las restricciones del modelo. En este trabajo se hace hincapié en el paso 1 del sistema (la construcción de soluciones que cumplan o incumplan determinadas restricciones del problema), y en el diseño de las pruebas para verificar la pertinencia y efectividad de las restricciones, ya que los restantes elementos se obtienen de manera automática a partir de las herramientas utilizadas.

Palabras clave: Problemas de Enrutamiento de Vehículos, modelos matemáticos, verificación automática, unidades de prueba.

7. Exploración de la vecindad en un Problema de Enrutamiento de Vehículos utilizando el grafo de evaluación de una solución

José Jorge Rodríguez Salgado, j.salgado@estudiantes.matcom.uh.cu

Fernando Rodríguez Flores, fernan@matcom.uh.cu

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba

Resumen

Una de las técnicas más usadas para la solución del Problema de Enrutamiento de Vehículos (VRP) son los algoritmos de búsqueda local. Para usar estos algoritmos en un tipo de VRP específico es necesario implementar un código que permita evaluar el costo de una solución y otro que permita evaluar (para cualquier criterio de vecindad que se defina) si una solución vecina es mejor o peor que la solución actual. A este código que calcula el costo de la solución vecina le llamaremos costo del vecino.

Generalmente, escribir el código que permita evaluar el costo de una solución para un VRP dado es un proceso sencillo, en comparación con escribir el código que permita determinar (de manera eficiente y para cualquier criterio de vecindad) si una solución vecina es mejor o peor que la solución actual. Esto último suele ser mucho más complicado y costoso en términos de horas/hombre.

El objetivo de este trabajo es proponer un estrategia que permita obtener, de manera semiautomática, un método para obtener el costo-del-vecino para cualquier VRP a partir únicamente del código fuente que calcula el costo de una solución dada para ese mismo VRP.

Para lograr esto se usan ideas similares a las usadas en la diferenciación automática: modificar (ligemente) el código de la evaluación de una solución para, al mismo tiempo que se realiza la evaluación, obtener un grafo computacional en el que están representadas todas las operaciones necesarias para evaluarla.

Como los criterios de vecindad están formados por operaciones sencillas sobre la solución (extraer un cliente, insertar una subruta, cambiar el vehículo de la ruta, etc.), es posible obtener el grafo de evaluación resultante de evaluar la solución vecina, eliminando y agregando determinados nodos y aristas del grafo de evaluación. Los nodos y aristas que hay que eliminar o agregar dependen únicamente del criterio de vecindad y de cuál es el vecino al que se le quiere calcular el costo.

Por la forma en que se implementa el grafo, es posible determinar, a partir de los nodos y arista que se eliminan o agregan, cuánto varía el costo de la solución vecina con respecto al costo de la solución actual.

En este trabajo se presenta cómo se puede construir el grafo de evaluación a partir de la evaluación de una solución de un VRP, y cómo se puede calcular la variación en el costo del vecino, a partir del costo de la solución actual y de los nodos y aristas del grafo de evaluación que se modifican.

Palabras clave: Problema de Enrutamiento de Vehículos, obtención automática del código para la exploración de una vecindad, grafo de evaluación de una solución, sobrecarga de operadores.

8. ¿Estimación de Distribuciones o Búsqueda Local? Análisis para la solución de Problemas de Enrutamiento de Vehículos

Sheila Mederos Miranda, smmlenin41@gmail.com

Fernando Rodríguez Flores, fernan@matcom.uh.cu

Marelys Crespo Navas, marelys@matcom.uh.cu

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.

Resumen

En este trabajo se presenta una comparación del uso de Algoritmos de Estimación de Distribuciones (EDAs) con otras técnicas para la solución del Problema de Enrutamiento de Vehículos. En particular se comparan con algoritmos de Búsqueda Local. Entre los aspectos a comparar están la calidad de los resultados, el tiempo de ejecución de los algoritmos y el tiempo total necesario para resolver una variante específica de un VRP (que incluye el tiempo usado por los desarrolladores para poner a punto el algoritmo y poderlo usar en esa variante específica de VRP).

Este último indicador tiene especial relevancia, pues el trabajo forma parte de un proyecto más abarcador cuyo objetivo fundamental es reducir el tiempo total necesario para la solución de variantes específicas de Problemas de Enrutamiento de Vehículos.

Palabras clave: Algoritmos de Estimación de Distribuciones, Problemas de Enrutamiento de Vehículos, comparación de metaheurísticas.

9. Generación de AIML a partir de Lenguaje Natural

Hian Cañizares Díaz, hian.canizares@matcom.uh.cu

Daniel Valdés, daniel.valdez@matcom.uh.cu

Universidad de la Habana, Cuba

Resumen

Uno de los principales problemas en la creación de chatbots es que los tiempos de desarrollo siguen siendo altos y se necesitan expertos en la temática que se aborda para tener un resultado satisfactorio. Aunque se han desarrollado plataformas basadas en aprendizaje para el desarrollo de chatbots, su principal problema es que los sistemas basados en aprendizaje automático son cajas negras.

Una alternativa más sólida es el uso de plataformas basadas en AIML, que permiten tener un chatbot en cualquier plataforma, dado que existen interpretes de AIML en la mayoría de los lenguajes de programación. A lo largo de este trabajo se pretende lograr una metodología que automáticamente genere un chatbot en AIML a partir de lenguaje natural. Este AIML generado se convierte en una base inicial que pueda ser aumentada y perfecciona por expertos.

Miércoles 18 de marzo

Conferencia invitada

Nuevos algoritmos para complementariedad no lineal

Rosana Pérez Mera, rosana@unicauca.edu.co

Resumen

El llamado problema de complementariedad no lineal, un conjunto de igualdades y desigualdades, que en algunos contextos es sinónimo de sistema en equilibrio, ha despertado el interés de muchos investigadores en las últimas cinco décadas por sus numerosas aplicaciones en variados campos de la Ciencia, Ingeniería y Economía. Los desarrollos teóricos sobre este problema que demuestran que es posible reformularlo como un sistema de ecuaciones no lineales o como un problema de minimización abrieron un camino muy promisorio para nuevas investigaciones y para el diseño de métodos computacionales para su solución; esta técnica llamada de reformulación ha sido muy popular, sobre todo en las dos últimas décadas. En nuestro Grupo de Optimización, no hemos estado ajenos a la importancia de este problema y a la necesidad de nuevas propuestas algorítmicas para su solución. Vale la pena mencionar que gran parte de nuestro trabajo de investigación ha estado centrado en el tema de complementariedad no lineal, el cual ha dado como fruto la propuesta de algoritmos tipo cuasi Newton tanto locales como globales para su solución, los cuales han resultado competitivos frente a métodos tipo Newton tradicionalmente usados con el mismo fin. A la par de estas propuestas algorítmicas, hemos realizado su análisis de convergencia y un estudio numérico de su desempeño. Recientemente hemos propuesto un nuevo algoritmo tipo Newton con jacobiano suavizado para resolver problemas de complementariedad, hemos demostrado su convergencia y analizado su desempeño numérico. En esta ponencia se presenta un panorama del trabajo realizado por nuestro Grupo de investigación mencionado en el párrafo anterior, el cual incluye, los nuevos algoritmos cuasi-Newton y con jacobiano suavizado propuestos, su convergencia y resultados numéricos.

Palabras clave: Complementariedad no lineal, reformulación, métodos cuasi-Newton, jacobiano suavizado.

Conferencias por solicitud

1.Funciones de escalarización no lineales para puntos mínimos de computación bajo estructuras de orden variable

Gemayqzel Bouza Allende, gema@matcom.uh.cu, *Facultad de Matemáticas y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.*

Christiane Tamer, *Universidad Halle-Wittenberg, Alemania.*

Resumen

Consideramos el problema de hallar puntos mínimos en un subconjunto de un espacio de Banach con respecto a una estructura de orden variable dado por una función punto-conjunto. El objetivo de este trabajo es presentar una nueva función de escalarización que caracteriza estos puntos mínimos con respecto a una estructura de dominación variable. Se estudian propiedades de la función de escalarización, como son la monotonía, la convexidad, y la semicontinuidad. Se discute la aplicación de esta función para calcular puntos débilmente mínimos con respecto a una estructura de orden variable.

Palabras clave: optimización vectorial, estructuras de orden variable, escalarización, algoritmo.

2. Método de gradiente proyectado para problemas de optimización con restricciones de complementariedad lineales

William Sariol Nuñez, wiliam.sariol@matcom.uh.cu

Gemayqzel Bouza Allende, gema@matcom.uh.cu

Facultad de Matemáticas y Computación

Universidad de La Habana, Cuba

Resumen

Un problema de optimización no lineal con restricciones de complementariedad lineales (MPLCC) consiste en minimizar una función no lineal sobre un conjunto de restricciones lineales junto con restricciones adicionales de complementariedad lineal. Esta clase aparece no solo en aplicaciones sino cualquier problema auxiliar para resolver una amplia colección de modelos como, por ejemplo, los programas de dos niveles, los juegos de Stackelberg y los problemas que involucran restricciones de equilibrio. La presencia de las restricciones de complementariedad da como resultado un problema de optimización no convexo. En este trabajo se presenta una propuesta de algoritmo basado en una técnica de gradiente proyectado para calcular un punto solución del problema MPLCC. Algunos ejemplos numéricos ilustran su comportamiento.

Palabras clave: Problema de optimización no lineal, Restricciones de complementariedad lineales, Método de gradiente proyectado, Restricciones de equilibrio, Problema de optimización no convexo.

3. Método de punto de referencia para problemas multi objetivo bajo incertidumbre por medio de la distancia de Hausdorff

Carlos Ignacio Hernández Castellanos, hernandez@computacion.cs.cinvestav.mx

Departamento de Computación, CINVESTAV-IPN, México

Resumen

En este trabajo, se propone un método para encontrar soluciones eficientes en el contexto de problemas multi objetivo bajo incertidumbre. En este contexto, una solución en el espacio de decisión mapea a un conjunto, que representa los peores escenarios bajo un conjunto de incertidumbre. La tarea consiste en encontrar las “mejores peores soluciones. Este conjunto es altamente atractivo cuando el tomador de decisiones tiene una aversión al riesgo y le gustaría tomar su decisión desde el punto de vista del peor escenario.

Además, cuando el tomador de decisiones tiene un vector de aspiración, es posible utilizar los métodos de punto de referencia donde el objetivo es encontrar la solución que minimice la distancia al vector de aspiración. En el caso de optimización bajo incertidumbre, esto es encontrar la solución cuyo conjunto de peores escenarios minimiza la distancia al vector de aspiración.

El método propuesto tiene tres componentes clave. Dado que la imagen de las soluciones es un conjunto, proponemos usar la distancia de Hausdorf para medir la distancia de la imagen de la solución al vector de aspiración. Esta formulación reduce el problema a uno de optimización mono-objetivo. Después, para cada solución en el espacio de decisión, se requiere encontrar el conjunto de peores escenarios. Para este propósito, se propone utilizar el método de Tchebychef ponderado para encontrar una buena representación del conjunto. Finalmente, para encontrar la solución que minimiza la distancia de Hausdorf, se utiliza el algoritmo de evolución diferencial (DE/rand/1/bin) como motor de búsqueda. El algoritmo de evolución diferencial ha sido utilizado extensivamente para resolver problemas de optimización en espacios continuos con buenos resultados.

Finalmente, el método propuesto se probó con problemas académicos bi-objetivo basados en las súper esferas de Lamé con frentes lineales, convexos y cóncavos. Los resultados muestran que el método es capaz de encontrar buenas soluciones para el problema dado.

4. Problema de programación de máquinas paralelas: un estudio experimental de dificultad de instancias y desempeño de algoritmos

Octavio Ramos-Figueroa, oivatco.rafo@gmail.com

Marcela Quiroz-Castellanos,

Guadalupe Carmona-Arroyo y Betsabé Vázquez, *Universidad Veracruzana, Centro de Investigación en Inteligencia Artificial, Xalapa, México.*

Resumen

Los problemas de programación de máquinas paralelas (PMSP por sus siglas en inglés “Parallel Machine Scheduling Problems”) son problemas de optimización combinatoria NP-duros bien conocidos con muchas aplicaciones del mundo real. Dada la creciente aparición de estos problemas, se han desarrollado varios algoritmos para resolverlos, y se han diseñado y utilizado diferentes instancias de estos problemas como punto de referencia para probar los algoritmos. Sin embargo, existe un conocimiento limitado sobre por qué los algoritmos muestran cierto rendimiento y el grado de dificultad de las instancias.

Gran parte del progreso reciente en el desarrollo de algoritmos ha sido ayudado por una mejor comprensión de las propiedades de las instancias de los problemas y el rendimiento de los algoritmos que los resuelven. Un ejemplo de ello son los numerosos estudios sobre la complejidad de las instancias y el desempeño de los algoritmos que resuelven el problema de satisfacción booleana (SAT por sus siglas en inglés “Propositional Satisfiability Problem”) y el problema del agente viajero (TSP por sus siglas en inglés “Traveling Salesman Problem”) que incluyen importantes esfuerzos para predecir el rendimiento de los algoritmos mediante la aplicación de métodos estadísticos, análisis multivariado y técnicas de aprendizaje automático. Sin embargo, es importante destacar que actualmente, muchos problemas de optimización combinatoria no han sido estudiados para identificar las características que intervienen en el grado de dificultad de las instancias y el comportamiento de las heurísticas que las resuelven, como es el caso de PMSP.

Este trabajo proporciona un punto de partida para la caracterización de PMSPs con énfasis en el caso de máquinas no relacionadas, trabajos sin preferencia y la reducción del tiempo máximo de finalización. Para lograr esto, analizamos el desempeño de 11 heurísticas de construcción, 5 deterministas y 6 no deterministas sobre un conjunto de 1400 casos de prueba. La estructura de las instancias y el desempeño de las heurísticas fueron caracterizados con un conjunto de índices, para posteriormente estudiar las relaciones entre las características de las instancias y el rendimiento de las heurísticas utilizando diferentes técnicas de análisis de datos.

Como resultado de este trabajo, se propusieron 19 índices que brindan información sobre las propiedades que explican el grado de complejidad de las instancias de PMSP, analizando su efecto en el desempeño de las once heurísticas de construcción. De esta forma, se observó que la dificultad de las instancias está relacionada con (1) la cantidad de trabajos; (2) la cantidad de máquinas; (3) diferentes propiedades del mínimo tiempo en que se puede procesar cada trabajo; y (4) la variabilidad de los tiempos de procesamiento de los trabajos en general.

Palabras clave: problema de programación de máquinas paralelas no relacionadas, análisis experimental de algoritmos, caracterización de instancias.

5. Estudio de segregación residencial empleando algoritmos de clustering

Gabriela Rodríguez Santa Cruz Pacheco, gabriela.rodriguez@matcom.uh.cu

Dafne García de Armas, Yudivián Almeida Cruz, Sira Alonso Allende

Facultad de Matemáticas y Computación, Universidad de La Habana, Cuba

Resumen

La segregación residencial del espacio urbano tiene relaciones complejas según sus características étnicas, etarias, educativas, u origen migratorio, entre otras. Este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un software que detectará segregación residencial empleando algoritmos de clustering permitiendo su visualización sobre el mapa. Como casos de estudio se tienen las ciudades de París, Francia y La Habana, Cuba. Se presentan los resultados alcanzados al aplicar los métodos k-means y mean-shift a los datos de censo de las ciudades mencionadas. Finalmente se realiza una comparación con los resultados obtenidos utilizando análisis por trayectorias de convergencia sobre dichos casos de estudio.

Palabras clave: segregación. algoritmos de clustering. K-means, mean-shift.

6. Estudio e implementación de algoritmos para alta dimensión en el Escalamiento Multidimensional

Lien Cartaya Bermúdez, lien.cartaya@estudiantes.matcom.uh.cu

María Esther Reyes Calzado, m.reyes@matcom.uh.cu

Elina Miret Barroso, elina@matcom.uh.cu

Facultad de Matemática y Computación. Universidad de La Habana

Resumen

El Escalamiento Multidimensional (EM) es un conjunto de técnicas que tienen como objetivo representar objetos conociendo similitudes o disimilitudes entre ellos según variables previamente medidas, a partir de la minimización de la función de pérdida STRESS, obteniéndose relaciones entre dichos objetos, antes, no visibles.

El EM Clásico es el algoritmo más simple de ellos, hallando una solución al problema por vía algebraica. Cuando la acumulación de datos a procesar es muy grande es necesario recurrir al empleo de otros algoritmos para lidiar con el tiempo y la memoria de cómputo que requiere el análisis de una gran base de datos.

En este trabajo se estudian, implementan y comparan dos técnicas del EM Clásico para altas dimensiones en el estudio de datos generados aleatoriamente.

Palabras clave: Escalamiento Multidimensional, alta dimensión

7. Selección automática de arquitecturas de redes neuronales

Daniel Alejandro Valdés Pérez, daniel.valdes@matcom.uh.cu

Facultad de Matemática y Computación. Universidad de La Habana, Cuba.

Resumen

La inteligencia artificial es en la actualidad un área de investigación científica y tecnológica en auge. Esto ha permitido avances en diferentes ámbitos de la sociedad y la economía. Las Redes Neuronales tiene gran protagonismo en esta área pues son útiles para múltiples y complejas tareas de aprendizaje automático. La selección de la arquitectura de la red neuronal constituye buena parte del esfuerzo en el desarrollo de aplicaciones basadas en estos métodos. Esto ha provocado el surgimiento del AutoML como una alternativa a la creación automática de modelos de Redes Neuronales.

Este trabajo presenta una propuesta para la selección automática de arquitecturas de redes neuronales. Para esto se modela la tarea como un problema de optimización y se utiliza una metaheurística basada en Grammatical evolution para su solución. Se propone una metodología modular para el proceso de AutoML para redes neuronales que permite a la propuesta adaptarse a los diferentes ámbitos de aplicación del aprendizaje automático. Los resultados son alentadores ya que la solución obtenida es similar a una red creada por un humano y con un desempeño competitivo.

Palabras clave: AutoML, redes neuronales metaheurísticas, Grammatical evolution

8. Exploración de vecindades grandes en el Problema de Enrutamiento de Vehículos usando técnicas estadísticas

Héctor Felipe Massón Rosquete, h.masson@estudiantes.matcom.uh.cu

Fernando Rodríguez Flores, fernan@matcom.uh.cu

Facultad de Matemática y Computación, UH., Cuba.

Resumen

Una de las técnicas más usadas para la solución de Problema de Enrutamiento de Vehículos (VRP) son los algoritmos de búsqueda local. Uno de los aspectos más importantes de estos métodos es cómo se explora la vecindad de la solución actual.

En algoritmos como Búsqueda de Vecindad Variable (VNS) o Búsqueda de Vecindad Infinitamente Variable (IVNS) se pueden considerar varios criterios de vecindad, algunos de los cuales pueden dar lugar a vecindades que contienen un gran número de vecinos que deben ser analizados. En esos casos, resulta prohibitivo realizar una búsqueda exhaustiva de la vecindad, y realizar una búsqueda aleatoria no garantiza encontrar soluciones vecinas que tengan una menor evaluación que la solución actual.

El objetivo de este trabajo es utilizar técnicas estadísticas para estimar las regiones de la vecindad en la que es más probable que se encuentren las mejores soluciones.

Estas técnicas permiten realizar un muestreo de la vecindad (que consume muy poco tiempo), estimar las “mejores” regiones de la vecindad, y finalmente realizar una búsqueda exhaustiva en esas regiones prometedoras.

En este trabajo se presenta cómo particionar una vecindad cualquiera de un VRP en regiones (o factores) y los resultados que se obtienen al estimar las mejores regiones utilizando varias técnicas estadísticas, e intensificar la búsqueda en estas regiones.

Palabras clave: Algoritmo de búsqueda local, exploración de la vecindad, análisis de varianza, árboles de decisión.

Jueves 19 de marzo

Conferencias por solicitud

1. Nuevo criterio para la selección del rango en la clasificación de textos vía factorizaciones no negativas

Iosvanny Alfonso Veloso, iosvanny.alfonso@estudiantes.matcom.uh.cu

Marta Lourdes Baguer Díaz-Romañach

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.

Lydia Castro Odio, *Facultad de Artes y Letras, Universidad de La Habana, Cuba.*

Resumen

Las técnicas de agrupamiento de documentos han recibido mucha atención como herramienta fundamental para la organización eficiente, extracción de información, recuperación y resumen de grandes volúmenes de documentos de textos.

En particular, este trabajo está asociado al proyecto conjunto entre la Facultad de Artes y Letras y la Facultad de Matemática y Computación de la Universidad de La Habana, que tiene como principal objetivo construir el corpus CORESPUC para estudios lingüísticos y socioculturales relacionados con el español público de Cuba. Se han estudiado algunas herramientas que permiten organizar los documentos en una

jerarquía de grupos y facilitar la búsqueda y navegación eficiente a través de CORESPUC. En particular, se ha trabajado con dos modelos básicos de las Factorizaciones no Negativas NMFF. La herramienta de Matlab que se presenta permite, dado un conjunto grande de textos del corpus, determinar clases que contienen los documentos atendiendo a su temática. Además, la herramienta muestra las palabras más importantes en cada uno de estos grupos. La clasificación de los textos se realiza mediante la obtención de Factorizaciones no Negativas de cierta matriz. Es conocido que la selección del rango interno en las NMF para la clasificación es de vital importancia, pues determina la cantidad de clases. Se propone un nuevo criterio basado en estudios lingüísticos que asocian vocablos a temáticas, que permite reajustar el rango e ir mejorando de forma iterativa la clasificación. La salida visual de la herramienta utiliza bondades de Matlab que facilitan el análisis por parte de los lingüistas.

2. ¿Cómo abordar los cuadrados mágicos desde el Álgebra Lineal Numérica?: Una teoría del espacio mágico

Luis Carlos Velázquez Guerrero
Consultor Externo, México

Resumen

Desde la antigüedad el hombre se ha fascinado por estudiar y encontrar los enigmas que encierran los cuadros mágicos. El Problema Clásico de los cuadros mágicos se plantea de la siguiente manera; en una matriz cuadrada de orden n se colocan entradas enteras consecutivas desde 1 hasta n^2 , de forma tal que la suma de las entradas de cualquier renglón, columna o diagonales es la misma, a la que llamaremos S y que tiene por fórmula: $S = n(n^2+1)/2$.

La presente investigación propone el estudio del Problema Clásico a la luz del Álgebra Lineal Numérica, desde esta perspectiva tenemos dos diferentes maneras de abordar el problema, Caso 1: en este planteamiento S se considera una variable más del dominio. Caso 2 : en este otro escenario la constante $S = n(n^2+1)/2$ se fija en la solución particular, estudiando así el problema homogéneo, es decir, ($S=0$). Se mostrará cómo el caso 2 representa un ejemplo académico de gran profundidad pues ilustra el manejo teórico de la ecuación $Ax=0$, en este ejemplo la matriz A tiene entradas de valores 0's y 1's, y presenta una estructura ordenada en términos de n , que ocupa pocas operaciones elementales para alcanzar tanto la forma escalonada, como la forma escalonada reducida. Como parte de los resultados se mostrará de manera sintética las bases predilectas del subespacio, y la posibilidad de construir bases recursivas encajando ordenes impares. Al final del recorrido de este trabajo y haciendo uso de las bases del

Espacio Mágico se expondrán algunas proyecciones sencillas sobre subespacios de orden $n=3,5,7$

3. Restauración de imágenes usando una ordenación suave de sus parches

Daniel A. García Pérez, daniel.garcia@estudiantes.matcom.uh.cu

Marta Lourdes Baguer Díaz-Romañach, *Facultad de Matemática Computación, Universidad de La Habana, Cuba.*

Angelika Bunse-Gertsner, *Centro de Tecnomatemática, Universidad de Bremen, Alemania.*

Resumen

En el trabajo se presenta una estrategia para la restauración de imágenes basada en el artículo “Image processing using smooth ordering of its patches” de I. Ram, M. Elad, and I. Cohen publicado en IEEE Transactions on Image Processing, 22 (2013), no. 7. Este trabajo constituye parte del estudio que se realiza encaminado a desarrollar herramientas que permitan eliminar el brillo en las imágenes de Colposcopia restaurarlas lo mejor posible para su análisis procesamiento posterior. La idea principal es que dada una imagen de la cual se desconocen algunos de sus píxeles, extraer todos sus parches con superposición para ordenarlos minimizando la suma de las distancias entre parches contiguos. Esto implica resolver en cada iteración un problema NP-Completo conocido como TSP (Travelling Salesman Problem, del inglés, en español, Problema del viajero). Una vez obtenido el orden la restauración se obtiene por medio de la interpolación aplicada a los parches.

El trabajo que se presenta reproduce la estrategia para imágenes generales para Colposcopías en una implementación propia que introduce algunas mejoras en el algoritmo.

Palabras clave: escalamiento multidimensional, alta dimensión.

4. Image smoothing by regions: a parallel version using the Perona-Malik equation

Richard Miguel Méndez Castillo,

Departamento de Matemática, Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.

Ángela M. León-Mecías,

Departamento de Matemática Aplicada, Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.

Resumen

En In this work the well-known Perona-Malik anisotropic diffusion model is used to selective image smoothing. In image processing, segmentation is mostly used for regions detection, being usual the need of a preprocessing which usually depends on final intention. Here, the propose is, in some sense, to invert the process, partitioning first the image with a superpixels segmentation technique, and then smoothing it by regions based on anisotropic diffusion. By doing this smoothing, a new algorithm KMLS2 (K-Means Least Square) to estimate the so called contrast parameter (or gradient threshold), in the anisotropic diffusion coefficient, is proposed. A parallel processing is presented. The original Partition and Adjustment Method KMLS was presented in Borroto-Fernández M., González-Hidalgo M., León-Mecías: New estimation method of the contrast parameter for the Perona–Malik diffusion equation. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization, 2014. Using mammography images computational results are discussed by evaluating the quality of the edge detection process. The test images, show high correlation between the PSNR value obtained and the visual quality. Also, the stop time $T=10$ seconds seems to be good enough, but not necessarily the best, to the 87.5% of the experiments. And, as an important result, the time execution for the KMLS2 algorithm, allows the real world use of the anisotropic diffusion, making possible the image enhancement as an independent application, reducing the need of mammography test repetition.

6. Comparación de un método basado en wavelet y otros algoritmos recientes para el mejoramiento de contraste de masas en mamografía digital

Damian Valdés Santiago, dvs89cs@gmail.com

Ángela León Mecías, Marta Lourdes Baguer Díaz-Ramañach

Departamento de Matemática aplicada Facultad de Matemática y Computación de la Universidad de La Habana, Cuba.

Resumen

El cáncer de mama ocupa el segundo lugar en morbilidad y mortalidad por este tipo de enfermedad en Cuba. La Facultad de Matemática y Computación de la Universidad de La Habana colabora en un proyecto de investigación en conjunto con instituciones de salud de La Habana para desarrollar herramientas que ayuden a los especialistas en el diagnóstico de cáncer de mama.

Uno de los primeros procesamiento que se realizan a las imágenes de mamografía digital (método más usado para el diagnóstico de este cáncer) es el mejoramiento del contraste para realzar bordes y visualizar partes del tejido ocultas por su bajo rango dinámico (diferencia entre el píxel de mayor valor y de menor valor en cierta región de la imagen) no detectable por el ojo humano. Para esto se utilizan muchos métodos, entre ellos los basados en transformada wavelet discreta. En esta ponencia se muestran los resultados de la implementación computacional y la comparación cuatro algoritmos para el mejoramiento de contraste de masas en mamografía digital según medidas cuantitativas (p.e., CII, CEM y PSNR), y se discuten ventajas y desventajas de cada método. Los algoritmos comparados se basan en transformada wavelet discreta logarítmica, CLAHE, unsharp masking y filtros de Volterra.

6. Restauración de imágenes de colposcopia utilizando redes neuronales

Lauren Jiménez Martín,

Ludwig Leonard Mendez, Marta Lourdes Baguer Díaz-Romañach

Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana, Cuba.

Resumen

El cáncer de cuello de útero es uno de los tipos de cáncer más común, y en Cuba se sitúa entre las cinco primeras neoplasias malignas que afectan a la mujer. Una de las formas de lucha contra dicha enfermedad consiste en el diagnóstico precoz mediante la combinación de técnicas de citología con la inspección visual del cérvix mediante la colposcopia. La colposcopia es una técnica que se utiliza en la práctica clínica para analizar el cuello uterino, la vagina y la vulva, mediante un instrumento con aumento y luz llamado colposcopio. Las lesiones producidas en las etapas iniciales de esta enfermedad pueden ser detectables en una consulta colposcópica, en la cual se aplica un protocolo que permite revelarlas y evaluar el grado de afección por la enfermedad. El colposcopio amplía la imagen de la parte exterior del cuello uterino y permite al médico guardar la imagen tomada junto con los datos de cada paciente para su posterior estudio. Al iluminar una zona húmeda, la luz utilizada se refleja apareciendo así regiones especulares (brillantes) en la imagen. Estas nuevas áreas de brillo pueden provocar errores significativos en el procesamiento de las imágenes, dificultando al médico poder evaluar ciertas zonas, y por ende entorpeciendo así la detección de cáncer cérvico-uterino. Por lo antes expuesto, se hace necesario eliminar el brillo y restaurar las imágenes, siendo este el problema a resolver. Una vez obtenida la información de

cuáles son las regiones especulares, el problema de eliminar estas regiones puede ser tratado como un problema de inpainting. Este consiste en la reconstrucción de una imagen que tiene algunas regiones faltantes.

Una de las estrategias utilizadas actualmente en el campo de la restauración de imágenes médicas es el uso de la Inteligencia Artificial. En particular, el Machine Learning (Aprendizaje de Máquina). Existen numerosas investigaciones que utilizan redes neuronales con resultados exitosos en la restauración de imágenes como rostros, paisajes, objetos. Esta investigación parte de la hipótesis de que existen modelos de este tipo que permiten restaurar una imagen de colposcopia, de la forma más adecuada (con el área faltante lo más similar al tejido real), dado que dichas redes pueden reconocer información presente en los datos y aprender a identificar patrones en los mismos.}

Este trabajo se enmarca en el campo de la inteligencia artificial, en particular las redes neuronales, y la matemática aplicada para restaurar las imágenes colposcópicas. El objetivo general es proponer una estrategia de eliminación de brillo en una imagen de colposcopia, basada en redes neuronales, que nos permita recuperar la imagen lo más cercana posible a la realidad.

Palabras clave: restauración de imágenes, redes neuronales, redes convolucionales, colposcopia.

7. Inferencia de agujeros negros binarios a través de curvas de luz utilizando software libre con procesos de paralelización con OpenMP

Gustavo Magallanes-Guijón, gmagallanes@astro.unam.mx

Sergio Mendoza,

Milton Santibañez

Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen

En esta charla discutiré métodos sobre como interpretar curvas de luz en multifrecuencia provenientes de los centros de Núcleos Activos de Galaxias en donde se encuentra un agujero negro supermasivo. En el caso en que exista un agujero negro adicional menos masivo orbitando alrededor del agujero negro central, es posible mediante el análisis de curvas de luz multifrecuencia inferir su existencia. Presentaré simulaciones numéricas de un código de software libre que estamos construyendo para

reproducir tal fenómeno. Este código libre (con licencia GNU Public License -GPL) está hecho en lenguaje C y paralelizado con OpenMP.

Palabras clave: gravitación, agujeros negros, curvas de luz, OpenMP

8. Software para la estimación causal a través de la intervención de variables en Redes Bayesianas

Jenny Betsabé Vázquez-Aguirre, jennybey13@gmail.com

Nicandro Cruz-Ramírez

Centro de Investigación en Inteligencia Artificial. Universidad Veracruzana Xalapa, Veracruz

Resumen

Seleccionar las estrategias específicas para resolver problemas de optimización, puede ser una tarea ardua para los investigadores en esta área. Una alternativa para la identificación y selección óptima de éstas es a través de técnicas de Inteligencia Artificial, como puede ser el análisis causal.

La estimación causal es posible a través del uso de Redes Bayesianas; para ello, una alternativa es usar un operador de intervención de variables que actúa manipulando una variable que es candidata a ser causa de otra. Esta manipulación (o intervención) consiste en eliminar de la causa potencial cualquier influencia proveniente de otras variables, calculando una nueva probabilidad, que denominamos causal. Las pruebas realizadas al operador a partir de estos modelos probabilistas han dado buenos resultados para la estimación causal, y han sido de gran apoyo para encontrar el conjunto de valores de las variables que son causas potenciales de otras.

A partir de las pruebas hemos logrado estimar la probabilidad de que un valor específico de una estrategia aumente o disminuya la posibilidad de que el problema de optimización obtenga o no un resultado.

Actualmente, estamos trabajando con una nueva propuesta para la integración de un algoritmo que encuentre relaciones causa-efecto entre las variables y que permita construir Redes Bayesianas Causales (automáticas, manuales o mixtas), aptas para ser intervenidas y a partir de ellas estimar causalidad. Nuestra investigación tiene como objetivo facilitar el trabajo de los expertos, quienes nos proporcionan la estructura para la elaboración de las Redes Bayesianas; esperando construir un programa de cómputo que se pueda usar para estimar causalidad y que permita, por ejemplo, seleccionar las

estrategias específicas para resolver problemas de optimización, pero no solo eso, sino que apoye a otras áreas que requieran del análisis de causalidad.

Palabras clave: estimación causal, Redes Bayesianas, Intervención de variables, Programa de cómputo.

9. Aztekas.org: Software libre para astrofísica relativista

Sergio Mendoza, sergio@astro.unam.mx

Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Resumen

En esta charla platicaré sobre el software aztekas.org que a lo largo de los años he desarrollado con varios de mis estudiantes en el Instituto de Astronomía de la UNAM. La idea original comenzó por construir un software para encontrar soluciones a problemas de ecuaciones diferenciales conservativas en la física, en particular hacia problemas de la relativista capaces de capturar ondas de choque utilizando métodos de captura con diferencias finitas. A lo largo de los años más software se ha integrado a la lista todo siempre enfocado a problemas astrofísicos, con soluciones numéricas a las ecuaciones de campo de gravitación, hidrodinámica así como encontrar ecuaciones de geodésicas nulas y de partículas masivas para describir agujeros negros, flujos de acreción-eyeción de los mismos (jets astrofísicos), ondas de choque hidrodinámicas, ondas de choque gravitacionales, etc. Todo el software desarrollado es libre con licencia GNU Public License (GPL), generalmente escrito en C, y varias secciones del mismo han sido optimizadas con paralelización OpenMP. La idea general es desarrollar herramientas de software libre útiles en la astrofísica relativista hidrodinámica.

Palabras clave: Astrofísica, relatividad, gravitación, software libre.

Curso

Subespacios vectoriales y factorizaciones matriciales

Humberto Madrid de la Vega, hmadrid@gmail.com

Universidad Autónoma de Coahuila, México

Resumen

Estudiaremos la relación entre el espacio columna de una matriz y factorizaciones de dicha matriz. Específicamente, mostraremos que si $A = BC$, las columnas de B generan al espacio columna de A, $\text{col}(A)$, si además las columnas de B son linealmente

independientes constituyen una base para $\text{col}(A)$. Aún más, las columnas de C son las coordenadas de las columnas de A en dicha base. De esta manera el problema de encontrar una factorización matricial para A , se reduce a encontrar una base apropiada para $\text{col}(A)$. Bajo este marco, estudiaremos las factorizaciones QR y SVD.

Temario:

- La importancia de las factorizaciones matriciales
- El espacio columna de una matriz, $\text{col}(A)$. Definición y propiedades
- Relación entre $A = BC$ y bases de $\text{col}(A)$
- La factorización QR
- Proceso de ortogonalización de Gram – Schmidt
- Método de Householder
- La descomposición en valores singulares $A = USV'$

Curso

Julia + Linux + USB

Pablo Barrera Sánchez, Iván Méndez Cruz, Mario Rafael Nolasco Estrada
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

Temario:

1. Explorando MX Linux
 - Presentación de MX Linux
 - Linux en USB
 - Algunas herramientas interesantes
2. Cómputo científico con Julia
 - Presentación de Julia
 - Aplicaciones
 - Álgebra lineal
 - Ecuaciones diferenciales
3. Julia interactivo
 - Jupyter
 - Sintaxis, funciones y operaciones
 - Graficando con Julia
 - Latex y Julia

Referencias

- [1] Introduction to Linear Algebra – Vectors, Matrices and Least Squares – Julia Language Companion. Stephen Boyd, Lieven Vanderberghe. Cambridge University Press, 2018.
- [2] Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing. Jeff Bezanson, Alan Edelman, Stefan Karpinski, Viral B.. Shah SIAM Review Vol 59, No.1, pp. 64-98, 2017.
- [3] <https://mxlinux.org>

