

**XVII INTERNATIONAL FAST WORKSHOP ON APPLIED AND
COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

4 and 5, January, 2024

Trujillo - Perú



- Abstracts -
- Resúmenes -

National University of Trujillo

Grupo de Modelación y Simulación Matemática
Vicerrectorado Académico



Comité Organizador

*Grupo de Modelación y Simulación Matemática
Universidad Nacional de Trujillo
Vicerrectorado Académico, UNT*

Comité Editorial:

Luis Lara Romero

Franco Rubio López

web: https://mateapliunt.edu.pe/xvii_fast/

Comité Científico

- Germán Lozada Cruz - Instituto de Biociencias, Letras Exatas-Campus Sao Jose do Rio Preto - Brasil
- Julio López- Universidad Diego Portales - Chile
- Cira Guevara Otiniano - Universidade de Brasilia - Brasil
- Carlos Carrión Riveros - Universidad de Brasilia - Brasil
- José Dávalos Chuquipoma - Universidade Federal de Campina Grande - Brasil
- Marco Lázaro Velásquez - Universidad Federal de Campina Grande - Brasil
- Roxana López Cruz - Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Perú
- Luis Lara Romero- Universidad Nacional de Trujillo - Perú
- Edmundo Vergara Moreno - Universidad Nacional de Trujillo - Perú
- Anibal Coronel Pérez - Universidad de Bio Bio - Chile
- Rodiak Figueroa López - Universidade Federal de Sao Carlos - Brasil
- Obidio Rubio Mercedes - Universidad Nacional de Trujillo - Perú
- Luis Collantes Santisteban - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Perú
- Jorge Rebaza Vásquez - Missouri State University -USA
- Luis Aguirre Castillo - Universidad Autónoma Metropolitana - México
- Alexis Rodriguez Carranza - Universidad Nacional de Trujillo - Perú

Comité Organizador

Comité Organizador Principal

Carlos Alberto Vásquez Boyer	Rector (UNT)
Juan Amaro Villacorta Vásquez	Vicerrector Académico(UNT)
Luis Alberto Lara Romero (Presidente)	Grupo de Modelación y Simulación Matemática (GMSM)

Comité Organizador Local

Daniel Arteaga Blas	martega@unitru.edu.pe
Ronald León Navarro	rleon@unitru.edu.pe
Rosario Delgado Vásquez	rdelgado@unitru.edu.pe
Jony Dionicio Vereau	jdionicio@unitru.edu.pe
Franco Rubio López	frubio@unitru.edu.pe
Azucena Zavaleta Quipuscoa	szavaleta@unitru.edu.pe
Maria Cotrina León	mcotrina@unitru.edu.pe
Orlando Hernandez Bracamonte	ohernandez@unitru.edu.pe
José Luis Ponte Bejarano	jponteb@unitru.edu.pe
Juan Carlos Ponte Bejarano	jponte@unitru.edu.pe
José Luis Peralta Lujan	jperalta@unitru.edu.pe
Rocio del Pilar Rojas Jara	rrojasja@unitru.edu.pe
Alexis Rodriguez Carranza	arodriguezca@unitru.edu.pe
Jorge Horna Mercedes	jhorna@unitru.edu.pe

Comité Organizador Nacional

Dolores Sanchez García	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Zenner Chávez Aliaga	Universidad Particular Antenor Orrego
Gladys Cruz Yupanqui	UNTELS
Humberto Vargas Pichon	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann
Elmer Calderón Beltran	Universidad Nacional de Moquegua
Carlos Sabino Escobar	Universidad Nacional de Tumbes
Eder Plaza Velásquez	Universidad Nacional de Trujillo
Fernando Cenas Chacón	Universidad Privada del Norte
Jonhson Valderrama Arteaga	Santiago Antúnez de Mayolo
Raúl Sanchez Ancajima	Universidad Nacional de Tumbes

Presentación

El I Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics se realizó por primera vez el 19 de Diciembre del año 2007, Organizado por el Área Científica de Matemática Aplicada del Departamento Académico de Matemáticas de la UNT, motivado por la visita de varios ex-alumnos de la Escuela de Matemáticas que estaban estudiando o trabajando en Universidades extranjeras.

El II Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics, fue organizado por el Grupo de Modelación y Simulación Matemática (GMSM) y la Escuela de Posgrado de la UNT, con el auspicio de la Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional SPMAC, se realizó el día 07 de Enero del 2009 en el Auditorio Principal de la Escuela de Posgrado, UNT, contando con una asistencia de 25 expositores entre nacionales y extranjeros, contando con la participación de 70 participantes.

El III Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics, fue organizado por el Grupo de Modelación y Simulación Matemática (GMSM) y coorganizado por la Escuela de Posgrado de la UNT, con el auspicio de la Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional SPMAC y el Departamento de Matemáticas, UNT, se realizó el día 06 de Enero del 2010 en el Auditorio Principal de la Escuela de Posgrado, UNT, contando con una asistencia de 30 expositores entre nacionales y extranjeros, contando con la participación de 90 participantes.

En los años 2011 al 2018 los Eventos FAST fueron organizados por el Grupo de Modelación y Simulación Matemática GMSM en coorganización con Escuela de Posgrado de la UNT, con el auspicio de la Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional SPMAC y el Colegio de Matemáticos del Perú Región La Libertad, contando con la presencia de muchos matemáticos e investigadores nacionales y extranjeros.

En el 2019 el Fast Workshop cambia a **XII International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics**, es organizado por el Grupo de Modelación y Simulación Matemática en coorganización con la Escuela de Posgrado, UNT, el 03 y 04 de Enero, con la presencia de 50 expositores nacionales y extranjeros.

En el 2020 se realizó el **XIII International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics**, organizado por el Grupo de Modelación y Simulación Matemática en coorganización con la Escuela de Posgrado, UNT, con el auspicio de la Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional SPMAC y el Colegio de Matemáticos del Perú Región La Libertad contando con la presencia de 50 expositores nacionales y extranjeros.

El 07 y 08 de Enero del 2021 se realizó por primera vez el **XIV International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics** de manera virtual debido a las restricciones sanitarias impuestas por el gobierno peruano debido al Sars-CoV2 (COVID-19). En esta edición se contó con la presencia de 60 expositores entre nacionales y extranjeros que presentaron sus ponencias de manera virtual.

El 06 y 07 de Enero del 2022 el *Grupo de Modelación y Simulación Matemática* (GMSM) y la *Universidad Nacional de Trujillo* (UNT), con el auspicio de la *Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional* - SPMAC, el *Colegio de Matemáticos del Perú* (COMAP), la revista *Selecciones Matemáticas* y el *Grupo Invent soluciones* organizaron el **XV International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics** de manera virtual con la presentación de 57 ponencias de expositores nacionales e internacionales.

El 05 y 06 de Enero del 2023 el *Grupo de Modelación y Simulación Matemática* (GMSM) y la *Universidad Nacional de Trujillo* (UNT), con el auspicio de la *Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional* - SPMAC, el *Colegio de Matemáticos del Perú* (COMAP) y la revista *Selecciones Matemáticas* organizaron el **XVI International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics** de manera virtual con la presentación de 57 ponencias de expositores nacionales e internacionales.

En Enero, del 04 al 05 del año 2024 el *Grupo de Modelación y Simulación Matemática* (GMSM) y la *Universidad Nacional de Trujillo* (UNT), con el auspicio de la *Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional* - SPMAC, el *Colegio de Matemáticos del Perú* (COMAP) y la revista *Selecciones Matemáticas* organizan el **XVII International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics** de manera virtual.

La Comisión Organizadora

Objetivos

Los objetivos del **XVII International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics** son:

1. Difundir la matemática para observar el estado del arte a nivel regional y mundial
2. Mostrar las aplicaciones de la matemática en las diferentes áreas del conocimiento.
3. Crear conciencia en las instituciones involucradas del uso de la matemática para motivar y profundizar sus investigaciones.
4. Motivar a los especialistas en la generación y uso de modelos computacionales.
5. Promover la formación de grupos de inter disciplinarios de investigación en matemática y las ciencias periféricas.
6. Fomentar la investigación científica en los estudiantes en el campo de la matemática y sus aplicaciones.

Temas

Los temas a tratar en el XV International Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics son:

- Matemática Industrial.
- Biomatemática
- Matemática Aplicada a las Ciencias Sociales
- Economía Matemática.
- Ingeniería Ambiental
- Meteorología, Climatología y Oceanografía
- Industria Minera y Geología
- Industria Farmacéutica.
- Ingeniería Genética
- Mecánica Racional, Termodinámica y Electromagnetismo
- Tecnología de la Información y comunicación.
- Análisis y Procesamiento de Imágenes
- Sistemas Integrados de Computación.
- Internet de las cosas.
- Enseñanza de la Matemática.
- Computación Científica
- Dinámica de Fluidos Computacional. Flujo en Medios Porosos
- Control Óptimo y Calculo de Variaciones
- Método de los Elementos Finitos
- Optimización Global y Restringida.
- Wavelets
- Diseño de Sistemas Óptimos con Múltiples Objetivos
- Calculo Fraccionario.
- Análisis y Métodos Numéricos
- Álgebra, Geometría. Análisis Funcional, Topología
- Análisis Estocástico.
- Ecuaciones Diferenciales Parciales
- Sars-CoV2(COVID-19)

Índice

1. Modelización Matemática en Geogebra y Análisis de desviación de la caña Guadua Angustifolia <i>Dimas Geovanny Vera Pisco</i>	2
2. Modelado Computacional de la Coinfección VIH-TB por Autómatas Celulares (Cell-DEVS) <i>Neisser Pino Romero</i>	2
3. Estimation of Long Dependency Processes in the Presence of Missing Data and its Application in Data Science <i>Gladys Choque Ulloa</i>	4
4. Dinámica de poblaciones en un modelo depredador-presa de Leslie - Gower con refugio proporcional de presas a bajas densidades <i>Christian Cortés García</i>	5
5. Análisis de las ecuaciones de evolución de un flujo bioconvectivo generalizado <i>Marko Rojas-Medar</i>	6
6. Un método proximal para la optimización multiobjetivo cuasi-convexa restringida y su aplicación a la economía <i>Osmar Arnaldo Bermeo Carrasco</i>	7
7. Un Método de Elementos Finitos para las Ecuaciones de Oseen con condiciones de borde más generales <i>Yuliza Capuñay Siesquén</i>	7
8. Sobre el grupo autotopismo del semicuerpo de Cordero-Figueria de orden 3^6 <i>Walter Meléndez Florian</i>	8
9. Modelización de la relación hospedero-parásito haciendo uso de grafos <i>Itzel Domínguez Alemán</i>	9
10. Uma condição necessária para a existência de soluções não triviais para uma classe de problemas de valor de fronteira fraccionários <i>Anabela Silva</i>	10
11. Sobre la conjetura de funciones APN excepcionales <i>Moises Delgado Olortegui</i>	10
12. Sobre la función periodo de un sistema Hamiltoniano cuadrático en el Plano <i>Gerard Alva Morales</i>	11
13. Un método de aproximación convexa secuencial paramétrico. Aplicación para resolver problemas de clasificación robustos <i>Julio López</i>	12
14. Sistemas dinámicos interno distales <i>Helmuth Villavicencio Fernández</i>	13
15. Sobre la solución de un problema inverso originado en oncología <i>Anibal Coronel Pérez</i>	13

16. Métodos Miméticos de Alto Orden	
<i>Miguel A. Dumett</i>	15
17. Spectral convergence for a class of the elliptic operators in a domain with a small hole	
<i>Elaine Andressa Tavares de Lima</i>	15
18. Un problema de frontera libre para la liberación de fármacos en stents	
<i>Marcos Zambrano Fernández</i>	16
19. Problemas de ecuaciones diferenciales parciales en dominios con un agujero pequeño	
<i>German Lozada Cruz</i>	17
20. Visualización gráfica de superficie de fase del sistema Sprott tipo A inmerso en 4D	
<i>Karen Vanessa Arias Abramonte</i>	18
21. Teoremas del Tipo Límite Central para Sistemas Unidimensionales	
<i>Roberto Vila Gabriel</i>	19
22. Una introducción al estudio de la función zeta de Riemann	
<i>Manuel Teodosio Toribio Cangana</i>	19
23. Unicidad para problemas de cuasi-equilibrio	
<i>Frank Navarro Rojas</i>	20
24. Una generalización del cálculo fraccionario y algunos resultados de acotación para integrales fraccionarios temperados	
<i>Jesús Avalos Rodríguez</i>	21
25. Programación Lineal totalmente Difuso Para Problemas de Sheduling	
<i>Richard Alexander Abramonte Rufino</i>	22
26. Interfaces para la construcción de objetos formales en Matemáticas	
<i>John Medina-Diaz</i>	22
27. Categoría de complejos de cadenas de R-módulos y generalizaciones a otra categorías	
<i>Norberto Chau Pérez</i>	23
28. Teoría general de reducción de estabilidad en sistemas semidinámicos	
<i>Luis Aguirre Castillo</i>	24
29. Existencia y unicidad de solución para una clase de problemas parabólicos mixtos aumentados no lineales y aplicaciones	
<i>Ramiro M. Acevedo M.</i>	24
30. Modelagem Matemática e Computacional da Dinâmica Neuronal	
<i>C.E. Rubio-Mercedes</i>	25
31. Solitons tipo-espacio del flujo de la curvatura média em espacios-tempo de onda pp	
<i>Marco Antonio Lázaro Velásquez</i>	26
32. Modelado de la bioacumulación de toxinas en cadenas alimentarias marinas	
<i>Jorge Mauricio Ruiz Vera</i>	27
33. Sistemas dinámicos a partir de ecuaciones diferenciales, el intervalo maximal	
<i>Hugo Díaz Rodríguez</i>	28

34. Atractor Pullback para la ecuación de Schrödinger no lineal y no autónoma <i>Rodiak Nicolai Figueroa López</i>	28
35. Condición inicial óptima para la existencia de soluciones fuertes para el sistema micro-polar <i>Marcos Paulo da Rocha Silva</i>	29
36. Resultados de existencia para ecuaciones elípticas <i>Kelly Patricia Murillo</i>	30
37. Método de Multiplicadores de Lagrange con penalización <i>Mariano González Ulloa</i>	31
38. Modelamiento de la dinámica epidemiológica de la Flavescencia Dorada en las vides considerando la estacionalidad <i>Rodolfo Vidal Espinoza</i>	32
39. Calor, Curvatura y Velocidades Extremas: Una Perspectiva Matemática en Objetos Hipersónicos <i>Hubert Román Tello</i>	33
40. Una condición necesaria para la existencia de soluciones periódicas en un modelo de una enfermedad de plantas transmitida por un vector con estacionalidad <i>Elmith Cattelin Alva Vidal</i>	34
41. Análisis numérico de un modelo adaptativo tridimensional para ecuaciones de Maxwell en baja frecuencia <i>Christian Camilo Gómez Mosquera</i>	35
42. Ajuste de un modelo de una ecuación de difusión a datos experimentales de liberación de fármacos <i>Stefan Berres</i>	35
43. Sobre la resolubilidad de un problema inverso para un modelo de flujo bioconvectivo <i>Alex Tello Huanca</i>	36
44. Una caracterización del isomorfismo natural de los bifuntores $Mor_{\mathcal{C}}(-, \mathcal{G}-)$ y $Mor_{\mathcal{D}}(\mathcal{F}-, -)$ <i>Carlos Mejía Alemán</i>	37
45. El operador diferencial en el espacio distribucional periódico <i>Yolanda Silvia Santiago Ayala</i>	38
46. Dinámica de un modelo de población bajo efecto Allee para la especie <i>Hippocamelus bisulcus</i> <i>Aaron Guajardo Alvarez</i>	38
47. Análisis de Propagacao de ondas planas através de um dielétrico nao homogêneo usando o FEM <i>Maria Luisa Militao Bernardo</i>	39
48. Análise da distribuição da temperatura em uma barragem de concreto usando o Método dos Elementos Finitos (FEM) <i>Matheus Nunes Ortlieb</i>	39

49. Modelagem Flexível para Dados Ambientales y Financieros con una nueva distribución Gumbel bivariada generalizada <i>Cira E.G. Otiniano</i>	40
50. O Sistema FitzHugh-Nagumo como Modelo do Potencial de Ação no Tecido Cardíaco Humano <i>Emerson Geraldo de Matos</i>	41
51. Medición difusa de la pobreza multidimensional: Caso distrito de Santiago de Chuco <i>Edmundo Rubén Vergara Moreno</i>	42
52. El problema de Weber sobre variedades Riemannianas: Algunas cotas Superiores para el mínimo de la función de Weber <i>Patricia Edith Álvarez Rodríguez</i>	43
53. Soluciones para una ecuación parabólica del tipo $(P_1(x), P_2(x))$-Kirchhoff con término de convección y condición no lineal en la frontera <i>Eugenio Cabanillas Lapa</i>	44
54. Sobre el Control Óptimo del equilibrio de una placa con fisura en condiciones de Fluencia <i>José Angel Dávalos Chuquipoma</i>	44
55. Fortalezas y debilidades de los softwares matemáticos en la resolución de problemas de optimización de funciones en dos variables <i>Nancy Saravia Molina</i>	45
56. Algoritmo K-means y análisis multicriterio para determinar zonas de drenaje en una región geográfica <i>Julio César Peralta Castañeda</i>	46
57. Un problema de frontera libre que involucra al operador bi-armónico <i>Marco Calahorrano Recalde</i>	47
58. Remotely Almost Periodic Motions of Dynamical Systems and Solutions of Differential Equations <i>David Nikolai Cheban</i>	49
59. Advances in Almost Periodic Differential Equations: From uniqueness of bounded solutions to Massera and Bohr-Neugebauer type results <i>Brahim Es-sebbar</i>	53
60. Massera Theorem for Asymptotic solutions of equations on the half line <i>Nguyen Van Minh</i>	54
61. Spaces of almost periodic functions defined on the complex plane: some old and recent results on their zeros <i>Juan Matías Sepulcre</i>	54
62. Metrically Almost Periodic Functions and Applications <i>Marko Kostić</i>	55



Conferences

1. Modelización Matemática en Geogebra y Análisis de desviación de la caña Guadua Angustifolia

Dimas Geovanny Vera Pisco

Mathematical modeling in Geogebra and Analysis of deviation of cane Guadua Angustifolia

Dimas Geovanny Vera Pisco
dimas.vera@unesum.edu.ec

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Universidad de Especialidades Espíritu Santos

Buenas noches estimados miembros del comité, le saluda Dimas Geovanny Vera Pisco ponente del congreso, ACEPTO la ponencia, pero me ayúdeme con un detalle con la carta de aceptación actualmente trabajo en la Universidad Estatal del Sur de Manabí y en la Universidad de Especialidades Espíritu Santos, y el correo es dimas.vera@unesum.edu.ec, el propósito es cumplir con los requisitos de acreditación a la calidad Académica de nuestro país Ecuador. De antemano le quedo agradecido y quedo a la expectativa de su respuesta.

Abstract

La modelización matemática es una herramienta valiosa en la educación, ya que permite a los estudiantes aplicar conceptos matemáticos a situaciones del mundo real. En este sentido, Geogebra se presenta como una herramienta poderosa para la modelización matemática. En este resumen, exploraremos cómo se puede utilizar Geogebra para realizar un análisis de desviación en la estructura de la caña Guadua angustifolia. La caña Guadua angustifolia es una especie de bambú que crece en varias regiones tropicales de América Latina. Su estructura presenta curvas y variaciones en su forma, lo que la convierte en un objeto interesante para el análisis matemático. Geogebra proporciona las herramientas necesarias para modelar y visualizar la forma de la caña Guadua angustifolia. En primer lugar, se crea un eje de coordenadas en Geogebra, y se define una función que describe la forma de la caña. Esto puede lograrse mediante una ecuación matemática que se ajuste a la forma real de la caña o utilizando una función paramétrica. Luego, se grafica la función en Geogebra para obtener una representación visual de la caña. Una vez que se ha modelado la caña en Geogebra, es posible realizar un análisis de desviación utilizando las herramientas de análisis disponibles en el software. Por ejemplo, se pueden calcular la longitud total de la caña y el área de las secciones transversales utilizando las funciones integradas de Geogebra. Esto permite evaluar cómo el modelo matemático se compara con la forma real de la caña. En resumen, Geogebra proporciona una plataforma ideal para la modelización matemática y el análisis de desviación en la caña Guadua angustifolia. Los docentes pueden utilizar esta herramienta para involucrar a los estudiantes en la aplicación de conceptos matemáticos en contextos del mundo real, fomentando así el pensamiento crítico y el aprendizaje significativo.

Palabras clave: Modelización, matemática, guadua angustifolia y educación.

2. Modelado Computacional de la Coinfección VIH-TB por Autómatas Celulares (Cell-DEVS)

Neisser Pino Romero

Computational Modeling of HIV-TB Coinfection by Cellular Automata (Cell-DEVS)

Neisser Pino Romero

neisser.pino@upch.pe

Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

Abstract

En el presente estudio se realizará el modelado computacional que describa la evolución y propagación de personas susceptibles a la infección por VIH-SIDA, así como a la Tuberculosis. Esto genera además una coinfección en los infectados que complica aún más la situación epidemiológica. Por lo tanto, la presencia de personal de apoyo sanitario-epidemiológico es importante para consolidar las estrategias de prevención y control. Este fenómeno epidemiológico podría ser modelado mediante ecuaciones diferenciales, pero nos centraremos en el modelado mediante autómatas celulares para obtener simulaciones computacionales en tiempo-espacio, y obtener escenarios posibles y optar por el escenario adecuado para implementar las estrategias epidemiológicas más efectivas para obtener los resultados. mejores resultados y preservar la calidad de vida de la sociedad.

Keywords: Modelamiento computacional, VIH-SIDA, Tuberculosis, autómatas celulares, coinfección epidemiológica, epidemiología matemática

Referencias

- [1] CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGÍA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES, CDC PERÚ (2023) , *Vigilancia epidemiológica: vigilancia de tuberculosis*, Ministerio de Salud del Perú. URL: <https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/vigilancia-epidemiologica/vigilancia-de-tuberculosis/#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%20anualmente%20se,de%20tuberculosis%20en%20las%20Am%C3%A9ricas>.
- [2] DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA TUBERCULOSIS, DPCTB (2022), *Situación actual del TB en el Perú. Ministerio de Salud del Perú*. URL: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/2022/SE272022/04.pdf>
- [3] CASTIBLANCO, C.A., RIBÓN W. (2006), *Coinfección de tuberculosis en pacientes con VIH/SIDA: un análisis según las fuentes de información en Colombia*. Infectio,10(4):232-242. URL: https://www.revistainfectio.org/P_OJS/index.php/infectio/article/view/192
- [4] RAM NARESH, DILEEP SHARMA, AGRAJ TRIPATHI (2009), *Modelling the effect of tuberculosis on the spread of HIV infection in a population with density-dependent birth and death rate*. Mathematical and Computer Modelling, 5(7-8): 1154-1166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2009.05.033>.
- [5] A T., AGGARWAL R, RAJ YA (2021), *A fractional order HIV-TB co-infection model in the presence of exogenous reinfection and recurrent TB*. Nonlinear Dyn. 104(4):4701-4725. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11071-021-06518-9>.

3. Estimation of Long Dependency Processes in the Presence of Missing Data and its Application in Data Science

Gladys Choque Ulloa

Estimation of Long Dependency Processes in the Presence of Missing Data and its Application in Data Science

Gladys Choque Ulloa

gladyschoqueulloa20@gmail.com

Institute of Mathematics and Statistics, IME-Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre Campus, POA, Brazil

Guilherme Pumi

guipumi@gmail.com

Institute of Mathematics and Statistics, IME-Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre Campus, POA, Brazil

Abstract

Among the most important models for long-range dependent time series is the class of ARFIMA(p, d, q) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average) models. Estimating the long-range dependence parameter d in ARFIMA models is a well-studied problem, but the literature regarding the estimation of d in the presence of missing data is very sparse. There are two basic approaches to dealing with the problem: missing data can be imputed using some plausible method, and then the estimation can proceed as if no data were missing, or we can use a specially tailored methodology to estimate d in the presence of missing data. In this work, we review some of the methods available for both approaches and compare them through a Monte Carlo simulation study. We present a comparison among 35 different setups to estimate d , under tenths of different scenarios, considering percentages of missing data ranging from as few as 10 % up to 70 % and several levels of dependence. This study has a profound impact on the practice of data science as it provides crucial insights into how to approach estimating d in real-world situations with missing data.

Referencias

- [1] PAZY, AN. , *Semigroups of Linear Operators and Applications to Partial Differential Equations*, 2nd ed., Springer, 1983.
- [2] Abry, P., Veitch, D., 1998. Wavelet analysis of long-range-dependent traffic. *IEEE transactions on information theory* 44, 2:15.
- [3] Craigmile, P.F., Mondal, D., 2020. Estimation of long-range dependence in gappy Gaussian time series. *Statistics and computing* 30, 167:185.
- [4] Geweke, J., Porter-Hudak, S., 1983. The estimation and application of long memory time series models. *Journal of time series analysis* 4, 221:238.
- [5] Granger, C.W., Joyeux, R., 1980. An introduction to long-memory time series models and fractional differencing. *Journal of time series analysis* 1, 15:29.
- [6] Haitovsky, Y., 1968. Missing data in regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 30, 67:82.
- [7] Honsking, J.R.M., 1981. Fractional differencing. *Biometrika* 1, 165:176.

- [8] Hurvich, C.M., Deo, R., Brodsky, J., 1998. The mean squared error of Geweke and Porter-Hudak's estimator of the memory parameter of a long-memory time series. *Journal of Time Series Analysis* 19, 19:46.

4. Dinámica de poblaciones en un modelo depredador-presa de Leslie - Gower con refugio proporcional de presas a bajas densidades

Christian Cortés García

Population dynamics in a Leslie - Gower predator-prey model with proportional prey refuge at low densities

Christian Cortés García

cc.cortes@cnb.csic.es, chris cort05@gmail.com

Centro Nacional de Biotecnología, Madrid, España

Abstract

In this paper we propose a mathematical Leslie-Gower predator-prey model, in which the prey takes refuge from the predator when its population size is below a critical threshold, the functional response of the predator is represented by a Holling II function, and the growth of the prey in the absence of the predator is subject to a semi-saturation parameter that affects its birth curve. Since the model is composed of two vector fields, its qualitative analysis includes, in addition to the determination of the number and stability of the equilibria for each vector field and belonging to the biological sense set, the study of the dynamics in the trajectories close to the dividing curve of the two vector fields in order to determine possible pseudo-equilibria. As a result, if the proposed model has a single inner equilibrium, then there is the possibility of having between one or at least two limit cycles, coexisting or not in both vector fields and around the inner equilibrium. Likewise, the model has a stable pseudo-equilibrium which may be surrounded by at least two limit cycle.

Referencias

- [1] Y. KUZNETSOV, S. RINALDI, & A. GRAGNANI. One-Parameter Bifurcations in Planar Filippov Systems, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, **13**(2003), 2157-2188.
- [2] M. GUARDIA, T.M. SEARA, & M. A. TEIXEIRA. Generic bifurcations of low codimension of planar Filippov systems, *Journal of Differential equations* **250**(2011), 1967-2023.
- [3] C. CORTÉS. Bifurcaciones en Modelo Gause Depredador-Presa con discontinuidad. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, **28**(2021), 183-208.
- [4] C. CORTÉS. Bifurcations in a Leslie-Gower model with constant and proportional prey refuge at high and low density, *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, **72**(2023).

5. Análisis de las ecuaciones de evolución de un flujo bioconvectivo generalizado

Marko Rojas-Medar

An Analysis of the Evolution Equations for a Generalized Bioconvective Flow

Marko Rojas-Medar

mmedar@academicos.uta.cl

Universidad de Tarapacá, Arica, Chile

José Luiz Boldrini

josephbold@gmail.com

FEM-UNICAMP, Campinas, SP, Brazil

Blanca Climent-Ezquerria

bcliment@us.es

Universidad de Sevilla, Spain.

María Drina Rojas-Medar

maria.rojas@uantof.cl

Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile.

Abstract

Probamos resultados sobre la existencia y unicidad de soluciones de un sistema de ecuaciones que modela la evolución de un flujo bioconvectivo generalizado. El modelo matemático considerado en el presente trabajo describe el movimiento convectivo generado por el nado ascendente de un cultivo de microorganismos bajo la influencia de fuerzas gravitacionales verticales, en un fluido viscoso incompresible cuya viscosidad puede depender de la concentración de microorganismos.

Agradecimientos: MATH-AmSud project 21-MATH-03 (CTMicrAAPDEs), CAPES-PRINT #88881.311964/2018-01 (Brazil), Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Grant PGC2018-098308-B-I00, with the collaboration of FEDER, Spain y Coloquios de Matemática of Universidad de Antofagasta, Chile.

Referencias

- [1] J.L. BOLDRINI, M.A. ROJAS-MEDAR, M.D. ROJAS-MEDAR, *Existence and uniqueness of stationary solutions to bioconvective flow equations*. Electron. J. Differ. Eq., Vol. 2013, No. 110, 2013, 1-15.
- [2] J.L. BOLDRINI, R. DE AGUIAR, M.A. ROJAS-MEDAR, M.D., ROJAS-MEDAR, *An optimal control problem for the generalized bioconvective flow*. Acta Appl Math 179, 5 (2022).
- [3] B. CLIMENT-EZQUERRA, L. FRIZ, M.A. ROJAS-MEDAR, *Time-reproductive solutions for a bioconvective flow*. Annali di Matematica Pura ed Applicata, Vol. 192. 2013, 763-782.
- [4] Y. KAN-ON, K. NARUKAWA AND Y. TERAMOTO, *On the equations of bioconvective flow*. J. Math. Kyoto Univ. (JMKYAZ), Vol.32 (1), 1992.
- [5] M. LEVANDOWSKY, W. S. CHILDRESS, S. H. HUNTER E E. A. SPIEGEL, *A mathematical model of pattern formation by swimming microorganisms*. J. Protozoology, Vol.22, 1975.

6. Un método proximal para la optimización multiobjetivo cuasi-convexa restringida y su aplicación a la economía

Osmar Arnaldo Bermeo Carrasco

Un método proximal para la optimización multiobjetivo cuasi-convexa restringida y su aplicación a la economía

Osmar Arnaldo Bermeo Carrasco

obermeoc@uni.edu.pe

Universidad Nacional del Santa, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú

Abstract

En esta investigación se estudia un método del punto proximal inexacto para resolver problemas de minimización multiobjetivo con funciones objetivo cuasi-convexas, localmente Lipschitz con restricciones. Suponiendo que la función también es semicontinua inferior y se utiliza distancias proximales, se demuestra la convergencia de las sucesiones generadas por el algoritmo hacia un punto crítico de Pareto-Clarke y la tasa de convergencia del algoritmo, por otro lado se presenta una aplicación a la economía mostrando resultados computacionales.

Palabras claves: Método del punto proximal, minimización multiobjetivo cuasi-convexa, subdiferencial de Clarke, optimización de Pareto.

Referencias

- [1] PAPA QUIROZ E., BORDA D., COLLANTES F., *Un método Proximal para minimización multiobjetivo cuasiconvexo en el ortante no negativo y su aplicación a la teoría de la demanda en microeconomía.*, UPN, UNSM, Lima, 2020.
- [2] ROCKAFELLAR, R. T., WETS, R., *Variational analysis. Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften*, 317, Springer, 1998.
- [3] SOUZA, S. S., OLIVEIRA, P. R., DA CRUZ NETO, J. X., SOUBEYRAN, A., *A proximal method with separable Bregman distance for quasiconvex minimization on the nonnegative orthant*. European Journal of Operational Research, 201: 365-376. 2010.
- [4] WILFREDO PARETO., *Manuale di economia politica con una introduzione alla scienza sociale*. Società Editrice Libreria. 1906.

7. Un Método de Elementos Finitos para las Ecuaciones de Oseen con condiciones de borde más generales

Yuliza Capuñay Siesquén

A Finite Element Method for the Oseen Equations with More General Boundary Conditions

Yuliza Capuñay Siesquén
ycapunays@unprg.edu.pe
Universidad de Bío-Bío, Concepción, Chile

Resumen

En esta charla se abordarán las ecuaciones de Oseen, las cuales modelan el flujo de un fluido viscoso incompresible en un dominio acotado $\mathbb{R}^d$ con frontera lipschitz. Estas ecuaciones se expresan en términos de velocidad, vorticidad y presión. El objetivo principal de este estudio es analizar la existencia y unicidad de soluciones para el problema de Oseen. En particular, se consideran condiciones de borde tipo Dirichlet sobre la velocidad en una parte de la frontera, mientras que el resto de la frontera involucra condiciones relacionadas con la presión y la vorticidad. Cabe señalar que todas las condiciones sobre la velocidad se especifican de manera esencial, es decir, se imponen de manera explícita en el espacio, mientras que las condiciones sobre la presión y la vorticidad se tratan de manera natural, es decir, se incorporan implícitamente en la formulación variacional. Para lograr esto, se emplea la teoría clásica de Babuška Brezzi, para el cual propondremos una formulación variacional aumentada mixta, mostraremos que existe una única solución a nivel continuo y se propone una discretización conforme usando elementos finitos y mostraremos estimaciones de error que estarán respaldadas por ejemplos numéricos.

Referencias

- [1] V. Anaya, D. Mora, and R. Ruiz-Baier, *An augmented mixed finite element method for the vorticity-velocity-pressure formulation of the Stokes equations*. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., **267**, (2013), 261–274.
- [2] V. Anaya, D. Mora, R. Ruiz-Baier. *Pure vorticity formulation and Galerkin discretization for the Brinkman equations*. IMA Journal of Numerical Analysis, **37**, (2017), 2020–2041.
- [3] C. Bernardi, T. Chacón Rebollo, D. Yakoubi. *Finite element discretization of the Stokes and Navier-Stokes equations with boundary conditions on the pressure*. SIAM J. Numer. Anal. **53**(3), 1256-1279, (2015).
- [4] C. Bernardi, Y. Maday and F. Rapetti, *Discrétisations variancenelles de problèmes aux limites elliptiques*. Springer(2004).
- [5] C. Amrouche, C. Bernardi, M. Dauge, V. Girault. *Vector potentials in threedimensional nonsmooth domains*. Math. Methods Appl. Sci **21**,(1998).

8. Sobre el grupo autotopismo del semicuerpo de Cordero-Figuera de orden 3^6

Walter Meléndez Florian

On the autotopism group of the Cordero-Figueroa of orden 3^6

Waler Meléndez Florian
wflorian75@gmail.com, w.melendez@uct.edu.pe
Universidad Católica de Trujillo, "Benedicto XVI", Perú

9. Modelización de la relación hospedero-parásito haciendo uso de grafos

Itzel Domínguez Alemán

Modeling of the host-parasite relationship using graph

Itzel Domínguez Alemán

11242485@uagro.mx

Universidad Autónoma de Guerrero, México.

Juan Carlos Hernández Gómez.

14365@uagro.mx

Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Guerrero, México.

José Geiser Villavicencio Pulido.

j.villavicencio@correo.ler.uam.mx

Departamento de Ciencia Ambientales, Unidad Lerma, Universidad Autónoma Metropolitana, México.

Resumen

La teoría de grafos ha mostrado su riqueza al permitir sus aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento, como por ejemplo, en ciencias sociales, epidemiología, química, biología, ecología, entre otras. El estudio de los grafos desde diferentes enfoques y la riqueza del desarrollo de parámetros e índices en ellos ha sido explotada para analizar distintas problemáticas, como la propagación de enfermedades, las relaciones entre personas, en los sistemas de transportes, en las especies de un ecosistema, etc., lo cual ha permitido establecer nuevas perspectivas sobre diferentes teorías ya establecidas. En este trabajo de investigación se propone y estudia un sistema ecológico con el objetivo de plantear un modelo matemático con grafos que permita representar, analizar y comprender las interacciones inter e intraespecíficas entre los diferentes tipos de especies que coexisten en un ecosistema específico, estudiando sus respectivas poblaciones y las relaciones entre ellas, así como la influencia que tiene una especie sobre la otra, así mismo, se estudian las posibles repercusiones en la salud humana cuando se interactúa con estas especies. Los grafos intrínsecamente poseen características que lo definen, estos son los llamados invariantes del grafo, como por ejemplo, el grado de sus vértices, el grado máximo y mínimo, el diámetro, el cuello, el coeficiente de clustering, la conectancia, entre otros. En primera instancia estudiamos y proponemos un modelo del tipo hospedero-parásito mediante el uso de grafos bipartitos para el cual hacemos al conjunto de hospederos uno de los conjuntos de vértices del grafo bipartito y al conjunto de parásitos, el otro, se estudian las propiedades de este grafo y se obtienen algunas conclusiones biológicas. En un segundo momento, se encuentran las proyecciones del grafo bipartito [1, 3] mediante las cuales se estudian las interacciones entre las especies. Para analizar estas interacciones utilizamos diferentes parámetros e índices topológicos, los cuales nos permitirán describir y comparar los roles de cada especie en función de la posición que ocupen en el grafo [3]. De esta forma obtenemos algunas conclusiones de tipo matemático para los grafos estudiados y su interpretación biológica.

Referencias

- [1] DORMANN, CARSTEN F., ET AL., *Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks*. 2009.
- [2] PAVLOPOULOS, GEORGIOS A., ET AL., *Bipartite graphs in systems biology and medicine: a survey of methods and applications*. GigaScience, 2018, vol. 7, no 4, p. giy014.
- [3] STANKOVA, MARIJA, ET AL., *Node classification over bipartite graphs through projection*. Machine Learning, 2021, vol. 110, p. 37-87.

10. Uma condição necessária para a existência de soluções não triviais para uma classe de problemas de valor de fronteira fraccionários

Anabela Silva

A necessary condition for the existence of nontrivial solutions for a class of fractional boundary value problems

Anabela Silva

anabela.silva@ua.pt

Universidade de Aveiro, Portugal

Resumen

The Lyapunov inequality [1], named after its author, gives a necessary condition for the existence of non-trivial solutions a boundary value problem with an ordinary second order differential equation. Such result has applications in the study of the properties of solutions and several proofs and generalisations appeared in the literature. In this talk, it is proposed a Lyapunov-type inequality for a class of fractional boundary value problems involving Riemann-Liouville fractional derivatives. The study goes through the construction and respective properties of a Green's function.

Referencias

- [1] LIAPOUNOFF, A., *Problème général de la stabilité du mouvement*, Annales de la Faculté des sciences de Toulouse, Mathématiques 9 (1907), 203-474.
- [2] KILBAS, A.A., SRIVASTAVA H.M., TRUJILLO, J.J., *Theory and Applications of Fractional Differential Equations*. Elsevier, Amsterdam, 2006.
- [3] DHAR, S., NEUGEBAUER, J.T., *Lyapunov-Type Inequalities for a Fractional Boundary Value Problem with a Fractional Boundary Condition*, Nonlinear Dynamics and Systems Theory, 22 (2) (2022) 133-143.

11. Sobre la conjetura de funciones APN excepcionales

Moises Delgado Olortegui

On the conjecture of exceptional APN functions

Moises Delgado Olortegui

moises.delgado@upr.edu

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Cayey, PR, USA

Carlos Agrinoni

Departamento de Matemática-Física, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Cayey, PR, USA

Heeralal Janwa

Departamento de Matemática-Física, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Cayey, PR, USA

Resumen

Almost perfect nonlinear (APN) functions defined over finite fields $\mathbb{F}_q$, where $q = 2^n$, are called exceptional APN, if they are APN on infinitely many extensions of $\mathbb{F}_q$. A conjecture of Janwa-Wilson and McGuire-Janwa-Wilson (1993/1996), settled in 2011, was that the only monomial exceptional APN functions were x^{2^k+1} or $x^{2^{2k}-2^k+1}$ (the Gold or the Kasami-Welch functions respectively). A subsequent conjecture by Aubry, McGuire and Rodier (2009) states that any exceptional APN polynomial function is one of the monomials just described. In a recent result we proved that any polynomial function of the form $f(x) = x^{2^k+1} + h(x)$ (with some conditions in h) is not exceptional APN, extending substantially several recent results towards the resolution of this conjecture. In this talk we give some background and show some techniques we used to obtain our results.

Referencias

- [1] DELGADO, M., JANWA H. , *On the conjecture on APN functions and absolute irreducibility of polynomials.*, Designs, Codes and Cryptography, 82(3):617–627, 2017.
- [2] DELGADO, M., JANWA H. , *Some new results on the conjecture on exceptional APN functions and absolutely irreducible polynomials: the Gold case.*, Adv. Math. of Communications, 11(2):389–396, 2018.
- [3] DELGADO, M., JANWA H. AND C AGRINSONI , *Some new techniques and progress towards the resolution of the conjecture of exceptional APN functions and absolute irreducibility of a class of polynomials.*, Designs, Codes and Cryptography, 91(7):2481–2495, 2023.

12. Sobre la función periodo de un sistema Hamiltoniano cuadrático en el Plano

Gerard Alva Morales

[Sobre la función periodo de un sistema Hamiltoniano cuadrático en el Plano](#)

Gerard John Alva Morales

jgerardao@gmail.com

CCET-UFMA, São Luis, Brasil.

Resumen

Estudiaremos algunas propiedades de la función periodo, asociada a las órbitas periódicas de una ecuación diferencial $\ddot{x} + f(x) = 0$, donde $f(x)$ es un polinomio cuadrático. Una de las propiedades relevantes (ver [CMV]) asociada a la función periodo es la isocronicidad; y en nuestro estudio incluiremos una expresión en serie de potencias para la función periodo asociada al sistema $\ddot{x} + f(x) = 0$ dado en [CS], donde fue mostrado que la isocronicidad no ocurre.

Referencias

- [CMV] A. Cima, F. Mañosas and J. Villadelprat, Isochronicity for several classes of Hamiltonian systems, Universitat Autònoma de Barcelona (1998).

[CS] S.N. Chow, J. A. Sanders, On the number of critical points of the period, Journal of Differential Equations (1986).

13. Un método de aproximación convexa secuencial paramétrico. Aplicación para resolver problemas de clasificación robustos *Julio López*

A sequential parametric convex approximation method. Application for solving robust classification problems

Julio López¹

julio.lopez@udp.cl

Universidad Diego Portales, Santiago, Chile

Alfredo Canelas

acanelas@fing.edu.uy

Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Miguel Carrasco

micarrasco@uandes.cl

Universidad de los Andes, Las Condes, Chile

Sebastián Maldonado

sebastianm@fen.uchile.cl

University of Chile, Santiago, Chile.

Resumen

In this work, we study an algorithm recently proposed, which is called sequential parametric approximation method, that finds the solution of a differentiable nonconvex optimization problem by solving a sequence of differentiable convex approximations from the original one. We show as well the global convergence of this method under weaker assumptions than those made in the literature. The optimization method is applied to solving some regularized minimax probability machine formulations which are related to classification problem in the binary context.

Referencias

- [1] ALIZADEH, F., GOLDFARB, D., *Second-order cone programming*, Math. Program. **95** (2003), 3-51.
- [2] CANELAS, A., CARRASCO, M., AND LÓPEZ, J., *A new method for reliability analysis and reliability-based design optimization*, Struct. Multidiscip. Optim. , **59(5)**(2019), 1655-1671.
- [3] MALDONADO, S., CARRASCO, M. AND LÓPEZ, J., *Regularized minimax probability machine*, Knowledge-Based Systems, **177**(2019), 127-135.
- [4] MALDONADO, S., LÓPEZ, J. AND CARRASCO, M., *The Cobb-Douglas Learning Machine*, Pattern Recognition, **128**(2022), 108701.

¹Partially supported by FONDECYT Nro 1201403, 1200221, and 1230694, STIC-AMSUD 22-STIC-09

14. Sistemas dinámicos interno distales

Helmuth Villavicencio Fernández

Inner distal dynamic systems

Helmuth Villavicencio Fernández

hvillavicencio@imca.edu.pe

Instituto de Matemática y Ciencias Afines

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Jesús Aponte

japonte@espol.edu.ec

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral

P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

Dante Carrasco

dcarrasc@ubiobio.cl

Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias,

Universidad del Bío-Bío, Casilla 5-C, Concepción.

VIII-region, Chile.

Resumen

Un homeomorfismo interno distal es aquel en el que cada celda proximal tiene el interior vacío. Esta es una noción más débil que la distalidad [1] y su introducción en la dinámica topológica se motiva por la actual descripción descriptiva de los sistemas expansivos. En esta ponencia presentamos los resultados contenidos en [1]. Demostramos que estos homeomorfismos tienen las siguientes propiedades: En espacios autodenso localmente conexos, todo homeomorfismo cw -distal es interior-distal, pero no a la inversa. En espacios métricos compactos autodenso, toda extensión interior-distal de un homeomorfismo interior-distal es interior-distal. También estudiamos los homeomorfismos interno distales desde el punto de vista de la teoría de medidas a través del concepto de medidas interno distales. Por último, demostramos que en espacios métricos polacos autodenso, un homeomorfismo es interior-distal si y sólo si cada medida de probabilidad Borel no atómica lo es.

Referencias

- [1] AUSLANDER, J. *Minimal flows and their extensions*, in: North-Holland Mathematics Studies, vol.153, in: Notas de Matemática (Mathematical Notes), vol.122, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 1988.
- [2] APONTE, J; CARRASCO, D. Y VILLAVICENCIO H. , *Inner-Distal Homeomorphisms and Measures*, pre-print <https://arxiv.org/abs/2310.05259>

15. Sobre la solución de un problema inverso originado en oncología

Anibal Coronel Pérez

On the solvability of and inverse problem problem arising in oncology

Aníbal Coronel Pérez
 acoronel@ubiobio.cl
 Universidad del Bío-Bío, Chile
Francisco Guillén-González
 guillen@us.es
 Universidad de Sevilla, España
Ian Hess Duque
 ihess@egresados.ubiobio.cl
 Universidad del Bío-Bío, Chile

Resumen

En este artículo, estudiamos el problema inverso de la identificación del término de reacción en un sistema de reacción-difusión que modela matemáticamente el problema de evolución del cáncer. El problema directo viene dado por un problema de valores iniciales y en la frontera para un sistema de reacción-difusión que consta de tres ecuaciones para las siguientes variables de estado: densidad de células tumorales, densidad de células normales y concentración de un fármaco. El problema directo se analiza aplicando el teorema del punto fijo de Leray-Schauder. El problema inverso consiste en la determinación de las tasas de crecimiento intrínsecas y de todos los términos de reabsorción a partir de la medición observada de la solución directa del problema en un tiempo fijo determinado. Las incógnitas del problema inverso son los coeficientes del término de reacción. Reescribimos el problema inverso como un problema de control óptimo para una función de costo apropiada. Los principales resultados del artículo vienen dados por la existencia y unicidad local del problema inverso. La existencia de soluciones al problema inverso se deduce demostrando la existencia de un minimizador del funcional de costos. La unicidad local del problema de identificación se deduce como consecuencia de la condición necesaria de optimalidad de primer orden y la estabilidad de las la soluciones del problema directo y adjunto con respecto a las observaciones.

Referencias

- [1] N. C. APREUTESEI., *A optimal control problem for a pest , predator, and plant system*, Nonlinear Anal. Real World Appl. **13** (2012) 1391–1400.
- [2] A. CORONEL; L. FRIZ; I. HESS; M. ZEGARRA., *On the existence and uniqueness of an inverse problem in epidemiology*, Applicable Analysis, **100**(3)(2021), 513–526
- [3] A. CORONEL; F. HUANCAS; E. LOZADA; M. ROJAS-MEDAR. *Results for a control problem for a SIS epidemic reaction-diffusion model*, Symmetry, **15**(6) (2023) 1224.
- [4] A. CORONEL; F. HUANCAS; E. LOZADA; M. ROJAS-MEDAR. *The Dubovitskii and Milyutin methodology applied to an optimal control problem originating in an ecological system*, Mathematics, **9** (2021) 479.
- [5] A. CORONEL; F. HUANCAS; M. SEPÚLVEDA. *A note on the existence and stability of an inverse problem for a SIS model*, Comp. and Math. with App. **77** (2019) 3186–3194.
- [6] A. CORONEL; F. HUANCAS; M. SEPÚLVEDA., *Identification of space distributed coefficients in an indirectly transmitted diseases model*. Inverse Probl. **11** (2019) 115001.
- [7] L. EVANS. *Partial Differential Equations*, AMS, Rhode Island, 2010.
- [8] E. FEIREISL; A. NOVOTNÝ., *Singular Limits in Thermodynamics of Viscous Fluids*, Advances in Math. Fluid Mec., Birkhäuser Verlag, Basel, 2009.
- [9] F. GUILLÉN-GONZÁLEZ; E. MALLEA; M. RODRÍGUEZ. *A regularity criterion for a 3D chemo-repulsion system and its application to a bilinear optimal control problem*, SIAM J. Control Optim. **58** (3) (2020) 1457–1490.

16. Métodos Miméticos de Alto Orden

Miguel A. Dumett

High-Order Mimetic Differences

Miguel A. Dumett

mdumett@sdsu.edu

Computational Science Research Center, San Diego State University, San Diego, USA

Resumen

Los métodos miméticos son técnicas numéricas basados en la construcción de versiones discretas, de alto orden de precisión, de los operadores espaciales diferenciales del Cálculo Vectorial, llámese divergencia, gradiente, rotacional, Laplaciano, etc. Ellos fueron introducidos en [1, 2]. Ellos verifican, en el sentido discreto, las mismas propiedades que los operadores en el continuo satisfacen. Ellos imitan simetrías de las soluciones, leyes de conservación, identidades del Cálculo Vectorial, y otras propiedades importantes que el modelo matemático de ecuaciones diferenciales parciales pueda tener.

En esta presentación mostraremos como estos operadores son construidos [3], como satisfacen leyes de conservación [4], identidades del cálculo vectorial [3], así como convergencia de los esquemas miméticos [4].

Referencias

- [1] CASTILLO, J.E. Y GRONE, R.D., *A matrix analysis approach to higher-order approximations for divergence and gradients satisfying a global conservation law*. SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, 25(1), 128–142, 2003, SIAM.
- [2] CORBINO, J. Y CASTILLO, J.E., *High-order mimetic finite-difference operators satisfying the extended Gauss divergence theorem*. Journal of Computational and Applied Mathematics, 364, 112326, 2020.
- [3] DUMETT, M. Y CASTILLO, J.E., *Mimetic Analogs of Vector Calculus Identities*. San Diego State University, Computational Science Research Center report 2023-01, 2023. Construction and Vector Calculus Identities
- [4] DUMETT, M. Y CASTILLO, J.E., *Energy Conservation and Convergence of High- Order Mimetic Schemes for the 3D Advection Equation*. San Diego State University, Computational Science Research Center report 2023-05, 2023. Energy Conservation and Convergence

17. Spectral convergence for a class of the elliptic operators in a domain with a small hole

Elaine Andressa Tavares de Lima

Spectral convergence for a class of the elliptic operators in a domain with a small hole

Elaine Andressa Tavares de Lima

elaine.tavares@unesp.br

Universidade Estadual Paulista, Campus de São José do Rio Preto, SP, Brazil

Resumen

In this work we consider a domain with a small hole whose size is proportional to a small positive parameter ε . In such domain, we consider a general second order elliptic operator subject to classical boundary conditions on the hole. It is known that the spectral behavior of linear operators is important when analyzing the continuity properties of nonlinear dynamics. In this regard, we study the spectral behavior of this operator when the parameter $\varepsilon \rightarrow 0$ and the estimates for the rate of convergence in terms of the parameter ε .

Referencias

- [1] Borisov, D. I.; Cardone, G.; Durante, T. *Homogenization and norm-resolvent convergence for elliptic operators in a strip perforated along a curve*, Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 146A (2016), 1115–1158.
- [2] Borisov, D. I.; Mukhametrakhimova, A. I. *The norm resolvent convergence for elliptic operators in multi-dimensional domains with small holes*, J. Math. Sci.(N.Y.) 232 (2018), no. 3, Problems in mathematical analysis. No. 92 (Russian), 283–298.
- [3] Tavares-Lima, E. A.; Lozada-Cruz, G., *Dynamics of parabolic equations in domains with a small hole I. Continuity of the set of equilibria*. Preprint, 2023.
- [4] Tavares-Lima, E. A.; Lozada-Cruz, G. J., *Dynamics of parabolic equations in domains with a small hole II. Continuity of the attractors*. Preprint, 2023.
- [5] Tavares-Lima, E. A.; Lozada-Cruz, G. J., *Dynamics of parabolic equations in domains with a small hole with frequently alternating boundary conditions with Robin or Neumann homogenized condition*. In Progress, 2023.

18. Un problema de frontera libre para la liberación de fármacos en stents

Marcos Zambrano Fernández

[A free boundary problem for drug dissolution in stents](#)

Marcos Zambrano Fernández

mzambrano@unab.edu.pe

Universidad Nacional Barranca, Perú

Jubeiro Portalatino Zavallos

jubeportalatino@gmail.com

Universidad Nacional de Ancash, Perú

Resumen

En este trabajo, un problema de frontera libre que surge en la liberación de un fármaco en stents para dos regiones con diferentes difusividades es investigado. Para ello, un análisis de un problema de difusión para las dos regiones es desarrollado tal que en una región una solución analítica es obtenida mientras que en la región adyacente un esquema numérico es empleado para encontrar el valor de la difusión en la frontera libre. Los cálculos son llevados a cabo usando el lenguaje de programación GNU-Octave para obtener los valores de la concentración del fármaco en la frontera libre a través del tiempo.

Referencias

- [1] VYNNYCKY, M., MCKEE, S., MEERE, M., MCCORMICK, C. Y MCGINTY, S., *Asymptotic analysis of drug dissolution in two layers having widely differing diffusivities*, IMA Journal of Applied Mathematics, 2018.
- [2] VO, T., MORGAN, S., MCCORMICK, C., MCGINTY, M., MCKEE, S. Y MEERE, S., *Modelling drug release from polymer-free coronary stents with microporous surfaces*, International Journal of Pharmaceutics, 2018.
- [3] MITCHELL, S.L. Y VYNNYCKY, M., *Finite-difference methods with increased accuracy and correct initialization for one-dimensional Stefan problem*, Applied Mathematics and Computation, 2009.

19. Problemas de ecuaciones diferenciales parciales en dominios con un agujero pequeño

German Lozada Cruz

Problemas de ecuaciones diferenciales parciales en dominios con un agujero pequeño

[PDE problems in domains with a small hole](#)

German Lozada Cruz

german.lozada@unesp.br

IBILCE-Universidade Estadual Paulista, Campus de São José do Rio Preto, SP, Brasil

Resumen

In this talk we discuss the existence of the global attractor for a class of semilinear parabolic problems with Dirichlet boundary conditions in domains with a small hole whose size is proportional to a small positive parameter ε .

Joint work with E. Tavares-Lima (IBILCE/UNESP/São José do Rio Preto, SP, Brazil).

Referencias

- [1] ARRIETA, J. M.; CARVALHO, A. N.; RODRÍGUEZ-BERNAL, A. *Attractors of parabolic problems with nonlinear boundary conditions: uniform bounds*, Communications in Partial Differential Equations, v. 25, n. 1/2 (2000), 1–37.
- [2] BORISOV, D. I.; MUKHAMETRAKHIMOVA, A. I. *The norm resolvent convergence for elliptic operators in multi-dimensional domains with small holes*, J. Math. Sci.(N.Y.) 232 (2018), 283–298.
- [3] TAVARES-LIMA, E. A.; LOZADA-CRUZ, G. J., *Dynamics of parabolic equations in domains with a small hole I. Continuity of the set of equilibria*. Submitted for publication, 2023.
- [4] TAVARES-LIMA, E. A.; LOZADA-CRUZ, G. J., *Dynamics of parabolic equations in domains with a small hole II. Continuity of the attractors*. Submitted for publication, 2023.

20. Visualización gráfica de superficie de fase del sistema Sprott tipo A inmerso en 4D

Karen Vanessa Arias Abramonte

Graphical visualization of phase surface of the Sprott type A system immersed in 4D

Karen Vanessa Arias Abramonte

c26800@utp.edu.pe

Universidad Tecnológica del Perú, Perú

Eder Escobar Gómez

eescobarg@unp.edu.pe

Departamento de matemática, Universidad Nacional de Piura, Perú

Resumen

Al formular un sistema de ecuaciones diferenciales, el principal objetivo es determinar sus soluciones, además de visualizar la superficie de fase para observar el comportamiento del fenómeno físico. En este trabajo se desarrolla un algoritmo para graficar superficies de fase y realizar análisis cualitativos en un sistema de cuatro dimensiones (4D). El algoritmo se implementa en el software científico Octave obteniendo el programa denominado SystemSprott4D, el cual se aplica al sistema Sprott tipo A en 4D para poder graficar superficies de fase, ciclos límites y trayectorias de las variables temporales vs tiempo variando las condiciones iniciales del sistema. Se realiza un análisis cualitativo del sistema, como simetría, sensibilidad en las condiciones iniciales, exponentes de Lyapunov, dimensión fractal y ciclos límites atractores. Se encuentra que es un sistema de no equilibrio, esto significa que el sistema caótico 4D puede exhibir ciclos límites de atracción, estos ciclos límites se encuentran seleccionando diferentes condiciones iniciales. El programa se puede utilizar para graficar superficies de fase de sistemas 4D no lineales aplicados a diversas disciplinas como electrónica, telecomunicaciones, biología, meteorología, economía, medicina.

Referencias

- [1] BENKOUIDER, K., BOUDEN , T., HALIMI , M. (2019). Analysis, circuit implementation and active control synchronization of a new 4D chaotic system with two quadratic nonlinearities. Cuarta conferencia mundial sobre sistemas complejos., Vol. 4(N° 1), pp. 1-6. DOI. 10.1109/ICoCS.2019.8930718.
- [2] ESCOBAR, E., ABRAMONTE, R., ALIAGA, A., GUTIERREZ, F., Escobar, E., Abramonte, R., Aliaga, A., Gutierrez, F. (2020). An Octave Package to Perform Qualitative Analysis of Nonlinear systems Immersed in 4D. Machine Learning and artificial intelligence., pp. 136-145. doi:10.3233/FAIA200775.
- [3] FEI, Y., LEI, G., KE, G., BO, Y., QIUZHEN, W., ZHOU, Z. (2017). A fully qualified four-wing four-dimensional autonomous chaotic system and its synchronization. Enriched data. Enhanced analytics. Evidence-led decisions, Vol. 131, pp. 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.11.067>.
- [4] GUAN, L. L., XI, Y. C., FENG, C. L., XIAN, M. M. (2009). Hyper-chaotic Canonical 4-D Chua's Circuit. Conferencia Internacional de Comunicaciones, Circuitos y Sistemas 2009, pp. 820-823. doi. 10.1109/ICC-CAS.2009.5250380.

21. Teoremas del Tipo Límite Central para Sistemas Unidimensionales

Roberto Vila Gabriel

Central Limit Type Theorems for One-Dimensional Systems

Roberto Vila Gabriel

rovig161@gmail.com, rovig161@unb.br

UnB-Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro - Asa Norte, Brasília - DF, Brazil

Resumen

En esta ponencia presentamos algunos teoremas de convergencia según la distancia de Wasserstein para procesos estocásticos unidimensionales con presencia de correlación, tanto estacionarios como no estacionarios. Es bien conocido que la convergencia en distancia de Wasserstein es un concepto más fuerte en comparación con la clásica convergencia en distribución, por lo que implícitamente también analizamos Teoremas del tipo Límite Central. Como aplicación de los resultados expuestos, mostramos algunos procesos aleatorios unidimensionales con dependencia Gibbsiana que convergen según la distancia de Wasserstein.

22. Una introducción al estudio de la función zeta de Riemann

Manuel Teodosio Toribio Cangana

An introduction to the study of the Riemann zeta function

Manuel Teodosio Toribio Cangana

mtoribio@uni.edu.pe

Universidad Nacional de Ingeniería, Perú

Ruth Medina Aparcana

rmedinaa@unac.edu.pe

Universidad Nacional del Callao, Perú

Resumen

Estudiamos aquí el producto infinito de números complejos y el producto infinito de funciones holomorfas, revisamos el célebre teorema de factorización de Weierstrass “Dada una sucesión de números complejos distintos z_n sin puntos de acumulación sobre un dominio $\Omega \subset \mathbb{C}$, existe una función holomorfa sobre este dominio que tiene como raíces a cada elemento de la sucesión” con estas herramientas del análisis complejo a la mano se presenta la función gamma de Euler $\Gamma(s)$ ($s \in \mathbb{C}$) y hacemos una ligera presentación de nuestra función objeto, la función zeta de Riemann.

Referencias

- [1] APOSTOL, T.M, *Introducción a la teoría analítica de números*. Reverté, 2020.

- [2] CONWAY, J.B, *Functions of one complex variable II*, (Vol.159), Springer Science & Business Media, 2012.
- [3] GAMELIN, T, *Complex analysis*. Springer Science & Business Media, 2003.
- [4] PLATT, D.J AND TRUDGIAN, T.S, *The Riemann hypothesis is true up to 3×10^{12}* . arXiv:2004.09765v1, 2020.

23. Unicidad para problemas de cuasi-equilibrio

Frank Navarro Rojas

Uniqueness for Quasi-Equilibrium Problems

Frank Navarro Rojas

fnavarror@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Resumen

Este trabajo presenta un resultado sobre unicidad para problemas de cuasi-equilibrio (QEP), que no requiere de la hipótesis de Holder continuidad, que según nuestro conocimiento es la hipótesis sobre el cual se ha garantizado unicidad para QEP hasta la actualidad. La idea básica de nuestro enfoque consiste en iniciar con un QEP simple, por ejemplo un problema de equilibrio (EP), que denotaremos por $QEP(t_0)$ con $t_0 \in [0, 1)$, del cual asumiremos unicidad de la solución, bajo algunas condiciones suficientes de no-singularidad dadas por nuestras hipótesis garantizamos la existencia de un camino continuo de soluciones únicas de QEPs parametrizados que empiezan en la solución del $QEP(t_0)$ y finalizan en la solución del $QEP(1)$ que es el QEP original. Finalmente estudiamos estas condiciones basadas en cierto tipo de matrices, para casos particulares de QEPs que son populares en la literatura.

Referencias

- [1] Dreves, Axel. Uniqueness for quasi-variational inequalities. Set-Valued and Variational Analysis, 2016, vol. 24, p. 285-297. Doi: 10.1007/s11228-015-0339-2
- [2] Facchinei, Francisco, et al. The semismooth Newton method for the solution of quasi-variational inequalities. Computational Optimization and Applications, 2015, vol. 62, p. 85-109. Doi: 10.1007/s10589-014-9686-4
- [3] Anh, L. Q., Khanh, P. Q. Hölder Continuity of the Unique Solution to Quasiequilibrium Problems in Metric Spaces. Journal of Optimization Theory Applications 141(2009).no 1. Doi: 10.1007/s10957-008-9508-x

24. Una generalización del cálculo fraccionario y algunos resultados de acotación para integrales fraccionarios temperados

Jesús Avalos Rodríguez

A generalization of fractional calculus, some results of boundedness for tempered fractional integrals

Jesús Avalos Rodríguez

javalos@unitru.edu.pe

Universidad nacional de Trujillo - Perú

Resumen

En la actualidad el cálculo fraccionario ha ampliado su aplicabilidad en diferentes áreas de las ciencias. Uno de los tipos más populares de operadores diferenciales fraccionarios son tanto la derivada de Caputo y Riemann-Liouville. Sin embargo, hay variantes de éstos, tales como la *derivada e integral fraccionaria temperada de Riemann-Liouville*, sin embargo en este trabajo se considerará la integral fraccionaria temperada de tipo Riemann-Liouville, tanto por la izquierda, como por la derecha.

$$\mathbb{I}_{a+}^{\alpha,\sigma} u(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x (x-s)^{\alpha-1} e^{-\sigma(x-s)} u(s) ds, \quad x > a,$$
$$\mathbb{I}_{b-}^{\alpha,\sigma} u(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^b (s-x)^{\alpha-1} e^{-\sigma(s-x)} u(s) ds, \quad x < b,$$

donde $\alpha \in (0, 1)$, $\sigma \geq 0$ y u una función adecuada.

En este trabajo se presentará resultados sobre acotación de estos nuevos tipos de operadores fraccionarios, que tienen gran aplicabilidad a modelos físicos, mediante ecuaciones diferenciales fraccionarias.

Referencias

- [1] R. ALMEIDA AND M. MORGADO., *Analysis and numerical approximation of tempered fractional calculus of variations problems*, Journal of Computational and Applied Mathematics 361, 1-12 (2019).
- [2] D. DEL-CASTILLO-NEGRETE, *Truncation effects in superdiffusive front propagation with Lévy flights*, Phys. Rev. E 79, 031120 (2009).
- [3] L. GRAFAKOS, *Classical Fourier analysis*, Springer Science+Business Media New York, 2014.
- [4] B. FISHER, B. JOLEVSACA-TUNESKA AND ET. ADEM KILICMAN, *On defining the incomplete gamma function*, Integral Transforms and Special Functions, 14, 4, 293-299, 2003.
- [5] C. TORRES LEDESMA, J. VANTERLER DA C. SOUSA AND A. MENDEZ CRUZ, *Weighted Hardy-Littlewood-Sobolev type inequality for ψ -Riemann-Liouville fractional integrals*, to appear in Illinois Journal of Mathematics 2022.
- [6] C. TORRES LEDESMA AND J. VANTERLER DA C. SOUSA, *Fractional integration by parts and Sobolev-type inequalities for ψ -fractional operators*, Math Meth Appl Sci. 2022; 1-22. 2, 3
- [7] C. TORRES LEDESMA AND M. MONTALVO BONILLA, *Fractional Sobolev space with Riemann-Liouville fractional derivative and application to a fractional concave-convex problem*, Advances in Operator Theory (2021)6:65.

25. Programación Lineal totalmente Difuso Para Problemas de Sheduling

Richard Alexander Abramonte Rufino

[A Fully Fuzzy Linear Programming Model for Sheduling Problems](#)

Richard Alexander Abramonte Rufino

rabramonte@unp.edu.pe

Universidad Nacional de Piura ,Perú

Flabio Alfonso Gutierrez Segura

fgutierrezs@unp.edu.pe

Universidad Nacional de Piura, Perú

Resumen

Los problemas de sheduling o programación de tareas , son problemas donde se requiere procesar un conjunto de tareas en una máquina o mas , con el objetivo de encontrar la mejor secuencia que optimice el tiempo de procesamiento de las tareas. La mayoría de estos problemas han sido abordados sin considerar imprecisión en sus variables de decisión o algunos datos . En el presente trabajo se propone el desarrollo de algunos problemas de sheduling en máquinas simples que tiene imprecisión en sus variables utilizando la programación lineal totalmente difusa.

Referencias

- [1] NASSERI, S., BEHMANESH, E., TALESHEAN, F, ABDOLALIPOOR, M, TAGHI, N , *Fully fuzzy linear programming with inequality constraints. International Journal of Industrial Mathematics*, Vol. 5,pp. 309-316, 2013.
- [2] PINEDO, M. L. , *Theory, Algorithms, and Systems* . Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26580-3>.

26. Interfaces para la construcción de objetos formales en Matemáticas

John Medina-Diaz

[Interfaces for constructing formal objects in Mathematics](#)

John Medina-Diaz

medinadiazmeyor@gmail.com

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen

Una interfaz de usuario (UI) es donde ocurren las interacciones entre humanos y máquinas, y podrían converger para construir objetos matemáticos como demostraciones de teoremas. Por lo tanto, es interesante preguntarse si las computadoras pueden ser matemáticas. Siguiendo tal línea de exploración, este trabajo pretende hablar un poco sobre las UI para realizar construcciones matemáticas, razonar sobre ellas e interactuar dinámicamente con sus representaciones. Además, seremos específicos sobre el tipo de construcciones matemáticas que puedan ser esenciales en EDP.

Referencias

- [1] NAWROCKI, W. , *User interfaces for computer-assisted mathematics*, Carnegie Mellon University, October 2023.

27. Categoría de complejos de cadenas de R -módulos y generalizaciones a otra categorías

Norberto Chau Pérez

Categoría de complejos de cadenas de R -módulos y generalizaciones a otra categorías

Norberto Jaime Chau Pérez
jchau@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

Resumen

Una categoría de modelos cerrada, con tres clases específicas de morfismos: fibraciones, cofibraciones y equivalencias débiles, los cuales cumplen cinco axiomas, éstos tienen su base en algunas propiedades que cumplen los espacios topológicos. Este artículo desarrolla, de la manera más detallada posible, la demostración de que en efecto Ch_R es una categoría de modelos cerrada .

Referencias

- [1] Dwyer, W.G. and Spalinski: “*Homotopy theories and model categories*”, Handbook of algebraic topology, 1(1995)29-36 .
- [2] Mac Lane, S.: “*Categories for the Working Mathematicians*”, Graduates Texts in Mathematics, Springer, Berlín, 5(1971).
- [3] Quillen, D.G.: “*Homotopical Algebra*”, Lectures Notes in Mathematics, Springer-Verlag- Berlín-Heidelberg-New York, 43(1967)5,5.1-5.5.

28. Teoría general de reducción de estabilidad en sistemas semidinámicos

Luis Aguirre Castillo

General theory of stability reduction in semidynamic systems

Luis Aguirre Castillo

lac@xanum.uam.mx

Departamento de Matemáticas, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, CDMX, México

Abstract

En esta charla, abordamos del siguiente problema. Dado un sistema semidinámico continuo no lineal (definido por ejemplo, a partir de un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias, ecuaciones diferenciales parciales o ecuaciones diferenciales con retardo) sobre un espacio métrico X que contiene un subespacio invariante Y . Si suponemos que a su vez Y contiene un conjunto invariante M , el cual tiene cierta propiedad de estabilidad con respecto a la reducción del sistema dado al subespacio (reducido) Y , nos preguntamos bajo que hipótesis adicionales M tiene la misma propiedad (o alguna similar) con respecto al sistema total. Ilustramos la teoría con diversos ejemplos.

Referencias

- [1] PLISS, V. A. , *A reduction principle in the stability of motion (in Russian)*, Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Mat. **28** (1964), 1297-1324.
- [2] SEIBERT P., *On Stability relative a set and to the whole space*, Papers presented at the V Int. Conf. on Nonlin. Oscillations, Kiev 1969, vol. 2, 448-457; Izdat. Inst. Mat. Akad. Nauk USSR, 1970.
- [3] BARIS YA. S. & LYKOVA O. B., *Integral Manifolds and a reduction principle in stability theory (in Russian)*., Ukrain. Mat. Zhurnal, **41** (12)(1989), 1607-1613; Traslation in: Ukrain. Math. J. **41**(12)(1990), 1376-1378.
- [4] KALITIN B. S., *On the Florio-Seibert problem (in Russian)*., Diff. Uravn., **25** (4)(1989), 727-729.

29. Existencia y unicidad de solución para una clase de problemas parabólicos mixtos aumentados no lineales y aplicaciones

Ramiro M. Acevedo M.

Existence and uniqueness of solution for a class of nonlinear mixed augmented parabolic problems and applications

Ramiro M. Acevedo M.

rmacevedo@unicauca.edu.co

Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Christian C. Gómez Mosquera

chgomez@unillanos.edu.co
Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia
Juan David Samboni
jdsamboni@unicauca.edu.co
Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

El propósito de esta ponencia es mostrar una teoría abstracta en la que se estudia la existencia y unicidad de solución para una familia de ecuaciones parabólicas mixtas aumentadas no lineales degeneradas. En concreto, se combina la teoría de Babuska-Brezzi para problemas mixtos estacionarios ([2, Sección 1.5]) con la teoría de ecuaciones parabólicas no lineales y degeneradas ([6, Sección III.6]), tomando también inspiración de las hipótesis satisfechas por el operador no lineal en el trabajo presentado por G. Gatica para problemas mixtos no lineales aumentados ([3, Sección 2]), para obtener condiciones suficientes que garanticen la existencia y unicidad de solución. Además, ilustramos algunas aplicaciones de la teoría abstracta a través de problemas particulares que surgen de modelos físicos provenientes de la dinámica de fluidos [1, 5] y del electromagnetismo [4, 7].

Referencias

- [1] C. Bernardi and G. Raugel. A conforming finite element method for the time-dependent Navier-Stokes equations. *SIAM J. Numer. Anal.*, 22 (1985), pp.455–473.
- [2] D. Boffi, F. Brezzi, L.F. Demkowicz, R.G. Durán, R.S. Falk and M. Fortin, *Mixed Finite Elements, Compatibility Conditions, and Applications*, Lecture Notes in Mathematics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2008.
- [3] G.N. Gatica, *Solvability and Galerkin Approximations of a Class of Nonlinear Operator Equations*, Zeitschrift für Analysis und ihre Anwendungen, vol. 21, 3, pp. 761-781, 2002.
- [4] S. Meddahi and V. Selgas, An H -based FEM-BEM formulation for a time dependent eddy current problem, *Appl. Numer. Math.*, **58**, 1061–1083 (2008).
- [5] R. L. Panton, *Incompressible Flow*, John Wiley & Sons, New York (2013).
- [6] R. E. Showalter. Monotone Operators in Banach Space and Nonlinear Partial Differential Equations. *Math. Surveys Monogr.*, vol. 49, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 1997.
- [7] C. Zhiming, D. Qiang and Z. Jun, Finite element methods with matching and nonmatching meshes for Maxwell equations with discontinuous coefficients, *SIAM J. Numer. Anal.*, **37**, 1542–1570 (2000).

30. Modelagem Matemática e Computacional da Dinâmica Neuronal

C.E. Rubio-Mercedes

Mathematical and Computational Modeling of Neuronal Dynamics

C.E. Rubio-Mercedes e Munir Alexandre

cosme@uems.br

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Unidade de Dourados, Dourados-MS, Brasil

Resumen

Os humanos se diferenciam dos animais por possuírem cérebros mais desenvolvidos. A transmissão da mensagem do cérebro para as demais partes do corpo é feita por impulsos elétricos que se propagam por todo o sistema nervoso e músculos. Neste trabalho, nosso objetivo é simular e analisar os impulsos elétricos que se propagam pelo sistema nervoso via modelo de FitzHugh-Nagumo (FHN), utilizando o método numérico de Runge-Kutta. Foram feitas simulações computacionais utilizando os Softwares *Matlab* e *Phyton*. Consideramos diversas condições iniciais, bem como correntes contínuas ou alternadas através de interferência ou corrente externa. Será possível observar propriedades importantes como potencial e limiar de ação, potencial de repouso, impulso externo e as propriedades caóticas do sistema que representa a propagação de impulsos elétricos em uma membrana do neurônio em resposta a uma voltagem aplicada. Finalmente, faremos algumas análises numéricas de acoplamento bidirecional entre dois e três neurônios e uma introdução à simulação do acoplamento de N neurônios através do uso de equações diferenciais parciais (EDPs).

Referencias

- [1] MAMAT, M. AND SALLEH, Z. AND SANJAYA, W. S. M. AND MOHD, I., *Numerical Simulation Bidirectional Chaotic Synchronization FitzHugh-Nagumo Neuronal System* Applied Mathematical Sciences, No. 38, pp. 1863-1876, 2012.
- [2] SOUZA, M. T., *Modelagem de população de neurônios via equações diferenciais parciais*, Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), Rio de Janeiro/RJ, 2017.
- [3] SPADOTTO, A., *Simulação de ondas reentrantes e fibrilação em tecido cardíaco, utilizando um novo modelo matemático*, Escola de engenharia de São Carlos, São Carlos/SP, 2005.
- [4] XU, B. AND BINCZAK, S. AND JACQUIR, S. AND PONT, O. AND YAHIA, H., *Parameters analysis of FitzHugh-Nagumo model for a reliable simulation*, Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc., pp. 4334–7, 2014.

31. Solitons tipo-espacio del flujo de la curvatura média em espacios-tempo de onda pp

Marco Antonio Lázaro Velásquez

Spacelike mean curvature flow solitons into pp-wave spacetimes

Marco Antonio Lázaro Velásquez

marcolazarovelasquez@gmail.com

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brazil

Abstract

We establish and study the notion of spacelike mean curvature flow soliton into a pp-wave spacetimes, namely, a connected Lorentzian manifold admitting a parallel lightlike vector field. We provide some geometric conditions that allow us to guarantee how close a complete spacelike mean curvature flow soliton is to a totally geodesic immersion. This talk corresponds to the last section of paper [1].

Referencias

- [1] MARCO A.L. VELÁSQUEZ, HENRIQUE F. DE LIMA AND JOSÉ H.H. DE LACERDA, *Spacelike mean curvature flow solitons, polynomial volume growth and stochastic completeness of spacelike hypersurfaces immersed into pp-wave spacetimes*, to appear in “Collectanea Mathematica”.

32. Modelado de la bioacumulación de toxinas en cadenas alimentarias marinas

Jorge Mauricio Ruiz Vera

[Modeling Toxin Bioaccumulation in Marine Food Chains](#)

Jorge Mauricio Ruiz Vera

jmruizv@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Daniel Arebelaéz Alvarado

d.arbelaez36@uniandes.edu.co

Universidad de los Andes, Colombia

Abstract

Este trabajo aborda la problemática de la intoxicación por ciguatera, una afección impredecible vinculada al consumo de pescado contaminado con ciguatoxinas. La dificultad para detectar estas intoxicaciones reside en la ausencia de síntomas visibles en los peces portadores de la toxina. Con el propósito de comprender la bioacumulación de ciguatoxinas en la cadena alimentaria marina, se propone un modelo matemático basado en las ecuaciones Lotka-Volterra y las leyes de balance de masa para describir la transferencia de la toxina entre especies mediante el consumo de presas. Se muestra la validez ecológica y matemática del modelo y se realiza un análisis de estabilidad para examinar el comportamiento del sistema. Se discuten las implicaciones ecológicas de los resultados analíticos y numéricos en diversos escenarios.

Referencias

- [1] Arbelaez A D, Ruiz V. J. M., *Modelo matemático del transporte de una toxina en una red trófica marina*. Revista de Matemática Teoría y Aplicaciones, 2014, 21(2), 227-247
- [2] Barton E.D, Tanner P, Turchen S.G, Manoguerra A., *Ciguatera fish poisoning: a Southern California epidemic*. Wes J Med. 1995 163:31-5
- [3] Holmes M.J, Lewis R.J., *Origin of Ciguateric Fish: Quantitative Modelling of the Flow of Ciguatoxin through a Marine Food Chain*. Toxins. 2022 Aug 3;14(8):534.

- [4] MURRAY, J. D. , *Mathematical Biology*, Vol. 1 y 2, 2nd edit., Springer, 2002.

33. **Sistemas dinámicos a partir de ecuaciones diferenciales, el intervalo maximal**

Hugo Díaz Rodríguez

[Dynamical systems from differential equations, the maximal interval](#)

Hugo Díaz Rodríguez
rothkodacapo90@gmail.com

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa, CDMX, México

Abstract

Formalmente un sistema dinámico continuo se define como una terna $(X, \pi, \mathbb{R})$ donde X es el espacio fase, π es una función continua (la dinámica del sistema) y $\mathbb{R}$ es la escala del tiempo. En esta charla mostraremos que cuando se obtiene una solución de la ecuación diferencial, no necesariamente está definida para todos los reales en el caso no lineal. Sin embargo bajo ciertas condiciones de Lipschitz se puede reescalar el tiempo, así se puede obtener una ecuación diferencial topológicamente equivalente a la original mediante la cual se obtiene un sistema dinámico continuo.

Referencias

- [1] D.K.ARROWSMITH AND C.M.PLACE, *Ordinary Differential Equations*, Chapman and Hall, 1982.
- [2] N.P.BHATIA AND G.P.SZEGÖ, *Stability Theory of Dynamical Systems*, Springer-Verlang, 1970.
- [3] L.PERKO, *Differential Equations and Dynamical Systems*, Springer-Verlang, Third Edition, 2001.
- [4] V.V.NEMYTSKII AND V.V.STEPANOV, *Qualitative Theory of Differential Equations*, Princenton University Press, 1960.

34. **Atractor Pullback para la ecuación de Schrödinger no lineal y no autónoma**

Rodiak Nicolai Figueroa López

[Pullback attractor for the non-autonomous nonlinear Schrodinger equation](#)

Rodiak Nicolai Figueroa López
rodiak@ufscar.br
 UFSCar, São Carlos - SP, Brasil

Abstract

Consideramos la ecuación de Schrödinger no autónoma y no lineal con condiciones de contorno de Dirichlet homogéneas:

$$\begin{cases} u_t - i\beta(t)\Delta u - i\gamma(t)g(|u|^2)u + i\delta(t)u + \eta(t)u = \epsilon(t)f(x, t), x \in \Omega, t > \tau, \\ u(x, t) = 0, x \in \partial\Omega, t > \tau, \\ u(x, \tau) = u_\tau(x), x \in \Omega, \end{cases} \quad (\text{NNLS})$$

donde $\Omega = (0, T)$ para $T < \infty$, cuando $N = 1$ y Ω es un dominio suave acotado si $N = 2$, $\tau \in \mathbb{R}$, $i = \sqrt{-1}$ con $u(x, t) : \Omega \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$. Imponemos algunas condiciones de crecimiento para g y de regularidad para f y asumimos que $\beta, \gamma, \delta, \eta$ y ϵ son funciones continuas de valores reales de una variable real que satisfacen algunas condiciones adecuadas. Esta ecuación es una versión no autónoma de la ecuación estudiada en [3].

En este trabajo (ver [1]), estudiamos la existencia local y global de soluciones para el problema (NNLS) utilizando la reescala del tiempo y la teoría de procesos de evolución (ver [2]), y la existencia de un atractor pullback en un espacio de fase adecuado. Además, demostraremos que el atractor pullback tiene dimensión fractal finita.

Referencias

- [1] R. N. Figueroa-López and M. J. D. Nascimento, *Long-time behavior for evolution processes associated with non-autonomous nonlinear Schrödinger equation*, submitted in J. Differential Equations (2023).
- [2] A. N. Carvalho, J. A. Langa and J. C. Robinson, *Attractors for Infinite-dimensional Non-autonomous Dynamical Systems*, Applied Mathematical Sciences 182, Springer-Verlag, New York, 2012.
- [3] J. M. Ghidaglia, *Finite dimensional behavior for weakly damped driven Schrödinger equations*. Ann. Inst. H. Poincaré Anal. Non Linéaire, **5** (4) (1988), 365-405.

35. Condición inicial óptima para la existencia de soluciones fuertes para el sistema micropolar

Marcos Paulo da Rocha Silva

Optimal initial condition for the existence of strong solutions of the micropolar system

Marcos Paulo da Rocha Silva
marcos.rochasilva@ufpe.br
 Universidade Federal Pernambuco, Campus Recife, PE, Brazil
Miguel Fidencio Loayza Lozano
miguel.loayza@ufpe.br
 Universidade Federal Pernambuco, Campus Recife, PE, Brazil

Marko Antonio Rojas Medar
mmedar@academicos.uta.cl
Universidad del Tarapacá, Chile

Resumen

Consideramos el siguiente sistema que describe el movimiento de los fluidos micropolares en $(0, T) \times \Omega$

$$\begin{cases} v_t - \mu \Delta v + (v \cdot \nabla)v + \nabla \pi &= a \operatorname{rot} w + f, \\ w_t - \alpha \Delta w + (v \cdot \nabla)w - \beta \nabla \operatorname{div} w + \gamma w &= a \operatorname{rot} v + g, \\ \operatorname{div} v &= 0, \end{cases}$$

con condiciones contorno e iniciales:

$$\begin{aligned} v &= 0, w &= 0, \\ v(0) &= v_0, w(0) &= w_0. \end{aligned}$$

donde $\Omega \subset \mathbb{R}^3$ es un dominio tridimensional acotado y $v_0, w_0 \in \mathbb{L}^2(\Omega)$. Demostramos que una condición necesaria y suficiente para que una solución débil sea una solución fuerte es que $\int_0^\infty \|e^{-tA} v_0\|_q^s dt < \infty$ sea suficientemente pequeño en $0 < T < \infty$, donde $1 < s, q < \infty$ es un par números de Podri-Serrin, esto es, $\mathcal{S}(s, q) = 2/s + 3/q = 1$. Observamos que solo requerimos la integrabilidad sobre la velocidad lineal inicial del fluido micropolar y ninguna condición para la velocidad microrotacional.

Agradecimientos: MATH-AmSud project 21-MATH-03 (CTMicrAAPDEs), CAPES-PRINT 88881.311964/2018-01 (Brasil) y CNPq (Brasil).

Referencias

- [1] C. Komo, Optimal initial value conditions for the existence of strong solutions of the Boussinesq equations. *Ann. Univ. Ferrara* 60 (2014), 377-396.
- [2] E. E. Ortega and M. A. Rojas-Medar, Magneto-micropolar fluid motion: global existence of strong solutions. *Abstr. Appl. Anal.* 4 (2) (1999), 109-125.
- [3] M. Loayza and M. Rojas-Medar. A weak- L_p Prodi-Serrin type regularity criterion for the micropolar fluid equations. *Journal of Mathematical Physics* 57, (2016), 021512 .

36. Resultados de existencia para ecuaciones elípticas

Kelly Patricia Murillo

Existence results for elliptic equations

Kelly Patricia Murillo
kellymurillo@ua.pt
Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago 3810-193 Aveiro Portugal

Resumen

Estudiaremos la existencia de solución para problemas elípticos no lineales que involucran el operador laplaciano, términos no singulares y exponentes críticos de Sobolev y Hardy-Sobolev. Una clase de ecuaciones en forma divergente, también será considerada.

Referencias

- [1] CHEN, J., MURILLO, K., ROCHA, E., *Two nontrivial solutions of a class of elliptic equations with singular term*, *Dynamical Systems and Differential Equations, Discrete and Continuous Dynamical Systems-Supplement 2011*, Supplement 2011, vol 2011, 272-281.
- [2] CHEN, J., MURILLO, K., ROCHA E., *Four solutions of an elliptic problem with double singularity*, *Libertas Mathematica (new series)*, 32(2012), No. 2, 169-192.

37. Método de Multiplicadores de Lagrange con penalización

Mariano González Ulloa

Lagrange Multiplier Method with Penalty

Mariano González Ulloa

mgonzal@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

Roy Sánchez Gutiérrez

rwsanche@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

Resumen

En el campo de la optimización, la Programación No Lineal con Penalizaciones se destaca como una estrategia ingeniosa y efectiva para abordar problemas complejos con restricciones desafiantes. La Programación No Lineal se enfrenta a la tarea de maximizar o minimizar funciones sujetas a restricciones no lineales. Cuando estas restricciones parecen inabordables en su forma original, las penalizaciones emergen como una herramienta esencial. Al introducir términos de penalización en la función objetivo, transformamos un problema con restricciones en uno sin restricciones aparentes, allanando el camino para la aplicación de métodos de optimización bien establecidos. En esta presentación, examinaremos cómo las penalizaciones se convierten en aliados estratégicos para los optimizadores, permitiéndonos sortear obstáculos y encontrar soluciones efectivas. Expondremos ejemplos, donde destacaremos desafíos comunes que nos proporcionan orientación sobre la elección adecuada de parámetros de penalización. La flexibilidad y aplicabilidad de la Programación No Lineal con Penalizaciones se vuelven evidentes al considerar problemas del mundo real. Este enfoque ha demostrado su utilidad en situaciones donde las restricciones son no lineales o difíciles de manejar directamente. Prepárense para sumergirse en un mundo donde las restricciones ya no son barreras insuperables, sino desafíos transformados por la astucia de la optimización, usando el método de Multiplicadores de Lagrange.

Referencias

- [1] Boyd, Stephen; Vandenberghe, Lieven. (2004) *Convex Optimization*. Cambridge University Press.
- [2] Christodoulos A. Floudas, Panos M. Pardalos. (2009) *Encyclopedia of Optimization*. 2nd Edition. Springer.
- [3] Luenberger, David. (1989) *Programación lineal y no lineal*. Editorial Addison Wesley Iberoamerica, S. A. Delaware E. U. A.
- [4] Nocedal J. & Wright S. (1999) *Numerical Optimization* Springer-Verlag New York, Inc.

- [5] Papa Quiroz, Erik (2021) *Optimización Matemática y computación*. Lima .
- [6] Peressini, A. L. (1988) *The Mathematics of Nonlinear Programming*. Editorial Springer-Verlag
- [7] Wolfram, *Mathematica* 13.0.1.0

38. Modelamiento de la dinámica epidemiológica de la Flavescencia Dorada en las vides considerando la estacionalidad

Rodolfo Vidal Espinoza

Modelamiento de la dinámica epidemiológica de la Flavescencia Dorada en las vides considerando la estacionalidad

Rodolfo Vidal Espinoza
rodolfo.vidal@utem.cl

Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile, Chile

Resumen

En este trabajo, se propone un modelo para estudiar la dinámica de la transmisión de la flavescencia dorada sobre las vides. La flavescencia dorada es una enfermedad causada por la bacteria *Candidatus Phytoplasma vitis* y transmitida por el insecto vector *Scaphoideus Titanus*. Determinamos la tasa de propagación de la enfermedad R_0 . Además, se estudia la dinámica de esta enfermedad considerando que las tasas de nacimientos y visitas insecto-planta son estacionales, para probar la existencia de al menos una solución periódica positiva, se usa el teorema del grado de coincidencia de Mawhin. El objetivo de este estudio es proporcionar herramientas efectivas de control y prevención de esta enfermedad en los viñedos.

Referencias

- [1] Anguelov, R., Lubuma, J., and Dumont, Y. (2012). Mathematical analysis of vector-borne diseases on plants. In 2012 IEEE 4th international symposium on plant growth modeling, simulation, visualization and applications, pages 22-29. IEEE.
- [2] Chuche, J. and Thiéry, D. (2014). Biology and ecology of the flavescence dorée vector scaphoideus titanus: a review. *Agronomy for sustainable development*, 34:381-403.
- [3] Coronel, A., Huancas, F., Hess, I., Lozada, E., and Novoa-Muñoz, F. (2020). Analysis of a seir-ks mathematical model for computer virus propagation in a periodic environment. *Mathematics*, 8(5):761.
- [4] Fitzpatrick, P., Martelli, M., Mawhin, J., Nussbaum, R., and Mawhin, J. (1993). Topological degree and boundary value problems for nonlinear differential equations (pp. 74-142). Springer Berlin Heidelberg.
- [5] Gaines, R. E., and Mawhin, J. L. (2006). Coincidence degree and nonlinear differential equations (Vol. 568). Springer.
- [6] LEE, I.-M., Gundersen-Rindal, D. E., Davis, R. E., and BARTOSZYK, I. M. (1998). Revised classification scheme of phytoplasmas based on rflp analyses of 16s rrna and ribosomal protein gene sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 48(4):1153-1169.

- [7] Santander Racines, A. B., Rodríguez Santos, E. M., Toapanta Custode, C. D., and Suárez Carrillo, R. A. (2022). La vitis vinifera, un caso de estudio en el viñedo chaupi estancia, provincia de pichincha. Siembra, 9(2).

39. Calor, Curvatura y Velocidades Extremas: Una Perspectiva Matemática en Objetos Hipersónicos

Hubert Román Tello

Heat, Curvature and Extreme Velocities: A Mathematical Perspective on Hypersonic Objects

Hubert Román Tello

hubert.roman@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UPG-FCM

Resumen

Los objetos hipersónicos, al encontrarse bajo condiciones extremas de temperatura, generan calor, una forma de energía que posiblemente pueda controlarse al intentar disiparse en la superficie del objeto. Esta distribución superficial está vinculada con la curvatura misma de la Tierra, posiblemente dentro del marco espacio-temporal de Einstein y asociada matemáticamente a una variedad tridimensional. La ecuación del calor tiene su análogo en la ecuación del flujo de Ricci, descubierta por Hamilton y desarrollada a nivel de gradiente por Perelman. Estamos interesados en la demostración de:

Proposición: Existe $\tau > 0$, $\bar{r} > 0$, $K < \infty$ con la siguiente propiedad. Supongamos que tenemos una solución del flujo de Ricci con $\delta(t)$ -corte en el intervalo de tiempo $[0, t_0]$, con dato inicial normalizado. Sea r_0, t_0 satisfaciendo $2C_1 h \leq r_0 \leq \bar{r}\sqrt{t_0}$, donde h es el radio de corte máximo para cirugías en $[t_0/2, t_0]$, y asumiendo que la bola $B(x_0, t_0, r_0)$ tiene curvatura seccional al menos $-r_0^{-2}$ en cada punto, y el volumen de cualquier subbola $B(x, t_0, r) \subset B(x_0, t_0, r_0)$ con cualquier radio $r > 0$ por lo menos $(1 - \epsilon)$ veces el volumen de la bola euclidiana del mismo radio. Entonces la solución esta definida en $P(x_0, t_0, r_0/4, -\tau r_0^2)$ y satisface $R < K r_0^{-2}$.

Referencias

- [1] GRISHA PERELMAN, *Ricci flow surgery on three-manifolds*, arXiv.math/0303109v1. math.DG. 10 Mar 2003. Febrero 2008.
- [2] HUAI-DONG CAO AND XI-PIN ZHU, *A complete proof of the Poincare and Geometrization conjecture- Application of the Hamilton-Perelman theory Ricci flow.*. Asian J. Math. c 2006 International Press. Vol. 10, No. 2, pp. 165-492, June 2006.

40. Una condición necesaria para la existencia de soluciones periódicas en un modelo de una enfermedad de plantas transmitida por un vector con estacionalidad

Elmirth Cattelin Alva Vidal

A necessary condition for the existence of positive periodic solutions in a model of a vector-borne plant disease with seasonality

Elmirth Cattelin Alva Vidal

ealva@utem.cl

Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile

Resumen

Los modelos epidémicos con estacionalidad, en alguna de sus componentes, en estos últimos años están atrayendo el interés de la comunidad científica. En este trabajo, se estudia la dinámica de un modelo de una enfermedad en plantas transmitida por un vector con estacionalidad tanto en la tasa de transmisión de la enfermedad como en la natalidad del vector. La dinámica se representa mediante un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales. Mediante la Teoría del grado de Mawhin, se obtiene una condición necesaria, por la cual se garantiza la existencia de una solución periódica positiva para este modelo.

Referencias

- [1] A. Coronel, F. Huancas, I. Hess, E. Lozada, F. Novoa-Muñoz, Analysis of a SEIR-KS Mathematical Model For Computer Virus Propagation in a Periodic Environment, *Mathematics* 8(5)(2020), **761**
- [2] A. Coronel, F. Huancas, M. Pinto, Sufficient conditions for the existence of positive periodic solutions of a generalized nonresident computer virus model, *Quaestiones Mathematicae* 44(2)(2019), **259-279**
- [3] J. HOLT, M. J. JEGER, J. M. THRESH AND G. W. OTIM-NAPE, An Epidemiological model incorporating vector population dynamics applied to African cassava mosaic virus disease, *J. Appl. Ecol.* 34 **793-806** (1997)
- [4] M. J. JEGER, J. HOLT, F. VAN DEN BOSCH AND L. V. MADDEN, Epidemiology of insect-transmitted plant viruses: modelling disease dynamics and control interventions, *Physiol. Entomo.* 29 **291 - 304** (2004)
- [5] MAIA MARTCHEVA, An Introduction to Mathematical Epidemiology, *Texts in Applied Mathematics* **61** (2010)
- [6] MAWHIN, J. TOPOLOGICAL DEGREE AND BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS CIME. TOPOLOGICAL METHODS IN ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS, MONTECATINI TERME, 1991 FURI-ZECCA, ed. Springer, *Berlin* **74-142** (1993)
- [7] ROUMEN ANGUELOV, JEAN LUBUMA, Mathematical Analysis of Vector - Borne Diseases On Plants, *IEEE International Symposium on plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications* (2012)
- [8] R. GAINES AND J. MAWHIN, Coincidence degree and nonlinear differential equations, *Springer-Verlag, Berlin* (1997)

41. Análisis numérico de un modelo adaptativo tridimensional para ecuaciones de Maxwell en baja frecuencia

Christian Camilo Gómez Mosquera

Numerical analysis of a three-dimensional adaptive model for Maxwell's equations in low-frequency regime

Christian Camilo Gómez Mosquera*

chgomez@unillanos.edu.co

Departamento de Matemáticas y Física, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.

Ramiro Miguel Acevedo Martínez

rmacevedo@unicauca.edu.co

Departamento de Matemáticas, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

Bibiana López-Rodríguez

blopez@unal.edu.co

Escuela de Matemáticas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Medellín, Colombia.

Rodolfo Rodríguez

rodolfo@ing-mat.udec.cl

Departamento de Ingeniería Matemática, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Resumen

Estudiamos estimadores a posteriori mediante el método de elementos finitos para una formulación de ecuaciones de Maxwell en baja frecuencia. La formulación mencionada está en términos de potenciales, como se propuso en [1]. Para el análisis continuo y numérico del método, podemos referirnos a [3]. En este trabajo, demostramos la eficiencia y confiabilidad de los estimadores. Además, presentamos resultados numéricos que respaldan los resultados obtenidos.

Referencias

- [1] O. BIRO AND K. PREIS , *On the use of the magnetic vector potential in the finite-element analysis of three-dimensional eddy currents*, IEEE Transactions on Magnetics vol. 25, no. 4, pp. 3145-3159, 1989.
- [2] R. ACEVEDO AND R. RODRÍGUEZ, *Analysis of the $A, V - A - \psi$ potential formulation for the eddy current problem in a bounded domain*. Electronic Transactions on Numerical Analysis, vol 26 pp. 270-284, 2007.

42. Ajuste de un modelo de una ecuación de difusión a datos experimentales de liberación de fármacos

Stefan Berres

Fitting a diffusion equation model to experimental drug release data

Stefan Berres

Stefan.Berres@gmail.com

Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile

2

Resumen

La liberación controlada de un extracto herbal a partir de membranas biopoliméricas puede utilizarse para el tratamiento de lesiones cutáneas. En el estudio experimental, se obtuvieron perfiles de cantidades de liberación de fármacos, que salen de cuatro tipos diferentes de membranas, que se clasifican como membranas porosas y no porosas.

En un primer enfoque de modelado, los datos experimentales de la cinética de liberación se ajustaron a cinco modelos clásicos de la literatura, que corresponden a funciones lineales, funciones de potencia (en la literatura conocidas como: modelo de Higuchi y Korsmeyer-Peppas) y funciones exponenciales (aquí: función de Weibull). Los mejores modelos se identifican optimizando una función de costo que compara diferentes modelos con los datos experimentales [1].

Sin embargo, el desafío del modelado consiste en encontrar una mejor descripción de la difusión dentro de una membrana hinchable y a través de una malla de red llena de agua, considerando eventualmente que las membranas no porosas tienen una geometría fractal y que las membranas porosas tienen estructuras altamente desorganizadas. Por lo tanto, en un segundo enfoque de modelado, el modelo se formula en términos de una ecuación de difusión, donde el coeficiente de difusión depende de la concentración del extracto. En la presentación, se discuten los diferentes enfoques de modelado y resultados de simulación.

Referencias

- [1] CONCHA, L.; RESENDE PIRES, A.L.; MORAES, A.M.; MAS-HERNÁNDEZ, E.; BERRES, S.; HERNÁNDEZ-MONTELONGO, J., *Cost Function Analysis Applied to Different Kinetic Release Models of Arrabidaea chica Verlot Extract from Chitosan/Alginate Membranes*, Polymers **14**, (2022). 1109. <https://doi.org/10.3390/polym14061109>
- [2] CONCHA, LUIS, *Simulación de la liberación de extracto de Arrabidaea chica desde membranas hinchables de quitosana/alginate*, Actividad de Formación Equivalente (AFE); Universidad Católica de Temuco, (2021). <http://tiny.cc/afe-liberacion>

43. Sobre la resolubilidad de un problema inverso para un modelo de flujo bioconvectivo

Alex Tello Huanca

[On the solvability of an inverse problem for a bioconvective flow model](#)

Alex Tello Huanca
alextello21@gmail.com

Universidad de Bío-Bío, Concepción, Chile

Resumen

Estudiamos el problema inverso de determinar la función densidad que modela el vector fuente externo para el momento lineal de las partículas, en un modelo matemático para el problema del flujo bioconvectivo. El modelo consta de tres ecuaciones: momento lineal de las partículas, una ley de conservación para los microorganismos y la condición de incompresibilidad. Analizamos el problema directo obteniendo resultados para su buen planteamiento. Demostramos la existencia de soluciones débiles bajo supuestos generales y la unicidad de soluciones débiles para una clase particular de funciones densidad. Para resolver el problema inverso, suponemos que se da una condición de sobre-especificación integral.

Luego, demostramos la unicidad local del problema inverso. La prueba se basa en la caracterización de las soluciones del problema inverso mediante una ecuación de operador de segundo tipo, la introducción de varias estimaciones a priori y la aplicación del teorema del punto fijo de Tikhonov.

Referencias

- [1] A. CORONEL, A. TELLO, F. HUANCAS, M. ROJAS-MEDAR, *Application of Tikhonov fixed point theorem to analyze an inverse problem for a bioconvective flow model.*, J. Fixed Point Theory Appl. 25, 75 (2023).
- [2] J. L. BOLDRINI, M. A. ROJAS-MEDAR, M. D. ROJAS-MEDAR, *Existence and uniqueness of stationary solutions to bioconvective flow equations.* Electron. J. Differential Equations (2013), No. 110, 15 pp.

44. Una caracterización del isomorfismo natural de los bifuntores

$Mor_{\mathfrak{C}}(-, \mathcal{G}-)$ y $Mor_{\mathfrak{D}}(\mathcal{F}-, -)$

Carlos Mejía Alemán

A characterization of the natural isomorphism of bifunctors $Mor_{\mathfrak{C}}(-, \mathcal{G}-)$ y $Mor_{\mathfrak{D}}(\mathcal{F}-, -)$

Carlos Mejía Alemán
camejia@ulima.edu.pe
 Universidad de Lima, Perú

Resumen

En esta exposición presentaremos algunos conceptos básicos de la teoría de categorías; como por ejemplo, los funtores, las transformaciones naturales, los bifuntores y los isomorfismos naturales. Definiremos los funtores $Mor_{\mathfrak{C}}(-, \mathcal{G}D) : \mathfrak{C}^{op} \longrightarrow \mathbf{Set}$, $Mor_{\mathfrak{C}}(C, \mathcal{G}-) : \mathfrak{D} \longrightarrow \mathbf{Set}$, $Mor_{\mathfrak{D}}(\mathcal{F}C, -) : \mathfrak{D} \longrightarrow \mathbf{Set}$ y $Mor_{\mathfrak{D}}(\mathcal{F}-, D) : \mathfrak{C}^{op} \longrightarrow \mathbf{Set}$, los cuales surgen gracias a los bifuntores $Mor_{\mathfrak{C}}(-, \mathcal{G}-) : \mathfrak{C}^{op} \times \mathfrak{D} \longrightarrow \mathbf{Set}$, $Mor_{\mathfrak{D}}(\mathcal{F}-, -) : \mathfrak{C}^{op} \times \mathfrak{D} \longrightarrow \mathbf{Set}$.

Esta caracterización que veremos, tiene su importancia en los funtores adjuntos, gracias a ella se demuestra la caracterización más importante de tales funtores.

Referencias

- [1] MACLANE S. Categories for the working mathematician. Second Ed, Departament of Mathematics, University of Chicago. Springer - Verlag, 1998.
- [2] LEINSTER T. Basic Category Theory. Cambridge Studies in Advanced Mathematics, Vol. 143, Cambridge University Press, ISBN 978-1-107-04424-1, 2014.
- [3] ADÁMEK J, HERRLICH H, STRECKER GE. Abstract and Concrete Categories The Joy of Cats. KatMAT Seminar, University of Bremen, 2004.

45. El operador diferencial en el espacio distribucional periódico

Yolanda Silvia Santiago Ayala

The differential operator on the periodic distributional space

Yolanda Silvia Santiago Ayala

ysantiagoa@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Resumen

In this work, we study the differential operator on the distributional space. We determine the resolvent of this operator and its characterization through convolution. This theory allows us to solve differential equations. Finally, we give some applications and generalizations.

Referencias

- [1] IORIO, R. AND IORIO V. , *Fourier Analysis and partial Differential Equations*, Cambridge University, 2001.
- [2] REED, MICHAEL AND SIMON, BARRY, *Methods of Mathematical Physics*, Vol 1, Functional Analysis. Academic Press, 1980.
- [3] SANTIAGO AYALA, Y., *Results on the well posedness of a distributional differential problem* Selecciones Matemáticas. 2021; 08(02): 348-359.
- [4] SANTIAGO AYALA, Y., *Resolvente del operador diferencial en el espacio $L^2([-\pi, \pi])$* . Construção e difusão do conhecimento matemático 2. 2023; 1-13.

46. Dinámica de un modelo de población bajo efecto Allee para la especie *Hippocamelus bisulcus*

Aaron Guajardo Alvarez

Dinámica de un modelo de población bajo efecto Allee para la especie *Hippocamelus bisulcus*

Aaron Guajardo Alvarez

aguajardo@utem.cl

Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile

Resumen

El propósito de este trabajo consiste en analizar la dinámica de un modelo matemático que aborda la conservación de la especie Huemul en condiciones de efecto Allee, teniendo en cuenta la migración. Para abordar este fenómeno ecológico, proponemos un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales para modelar la dinámica de la población. Se realizará un análisis cualitativo del sistema, obteniendo sus puntos de equilibrio y procediendo luego a la linealización del sistema. Finalmente se determinará la estabilidad de los puntos de equilibrio obtenidos.

Referencias

- [1] Eduardo González-Olivares, Jaime Mena-Lorca, Alejandro Rojas-Palma, and José D. Flores. Dynamical complexities in the leslie gower predator prey model as consequences of the allee effect on prey. *Applied Mathematical Modelling*. 2011.
- [2] Fred Brauer and Carlos Castillo-Chavez. *Mathematical models in population biology and epidemiology*, volume 2. Springer. 2012.
- [3] Gustavo A Ossandón and Ricardo Castro Santis. Population dynamics with density – dependent immigrations and allee effect. *Revista Colombiana de Matemáticas*. 2018.
- [4] Ludek Berec, Elena Angulo, and Franck Courchamp. Multiple allee effects and population management. *Trends in Ecology and Evolution*. 2007.
- [5] Warder Clyde Allee. Co-operation among animals. *American Journal of Sociology*. 1931

47. Análisis de Propagacao de ondas planas através de um dieléctrico nao homogéneo usando o FEM

Maria Luisa Militao Bernardo

Analysis of plane wave propgation through a non-homogeneous dielectric using the MEF

Maria Luisa Militao Bernardo

mluizamilitaob@hotmail.com

Unidade de Dourados, Dourados-MS, Brasil

48. Análise da distribuição da temperatura em uma barragem de concreto usando o Método dos Elementos Finitos (FEM)

Matheus Nunes Ortlieb

Analysis of temperature distribution in a concrete dam using the Finite Element Method (FEM)

Matheus Nunes Ortlieb

matheus.n.ortlieb@gmail.com

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Campus de Dourados, MS, Brasil

C. E. Rubio-Mercedes

cosme@uems.br

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Campus de Dourados, MS, Brasil

Resumen

Este trabalho apresenta uma metodologia para a análise numérica do comportamento térmico em estruturas de concreto massa, com foco em barragens de concreto, considerando variações térmicas que podem resultar em fissuras. Utilizando equações de condução de calor e contemplando a geração de calor interno durante a hidratação do cimento, o estudo aborda o comportamento térmico do concreto, estabelecendo limites para gradientes de temperatura. Apresentamos equações de condução de calor, cálculos para determinar a taxa de geração de calor interno, e a resolução numérica por meio do método dos elementos finitos (FEM). O objetivo é analisar a distribuição da temperatura em barragens, visando prevenir problemas de fissuração causados por variações térmicas.

Referencias

- [1] COELHO, N. A. DE ET AL., *Um Estudo Numérico dos Efeitos Térmicos Provocados Pelo Calor de Hidratação do Cimento em Barragens*. Maceió, 2012.
- [2] HUANG, H. C. USMANI, A. S., *Finite Element Analysis for Heat Transfer*. United Kingdom, 1993.
- [3] KAVAMURA, E. E., *Estudo do comportamento termo-estrutural bidimensional de barragens de concreto utilizando o Método dos Elementos Finitos*. Curitiba, 2005.

49. Modelagem Flexível para Dados Ambientales y Financieros con una nueva distribución Gumbel bivariada generalizada *Cira E.G. Otiniano*

Flexible Modeling for environmental and financial data with a new generalized bivariate Gumbel distribution

Cira E.G. Otiniano

cira@unb.br

Universidade de Brasília, Brasil.

Yasmin L. Souza de Oliveira

lirio.yasmin@aluno.unb.br

Universidade de Brasília, Brasil

Resumen

Diversos datos ambientales y financieros muestran un comportamiento heterogéneo con una posible combinación de eventos raros con eventos extremos. En el caso bivariado, esto corresponde a densidades de datos con más de una moda. Esto es, sus curvas de contorno presentan más de un cluster. Con el propósito de modelar datos de esse tipo, en este trabajo proponemos una nueva generalización de la distribución de valores extremos bivariada Gumbel. Esta nueva distribución puede acomodar uno, dos, tres y cuatro clusters.

Referencias

- [1] AL-AQTASH, RAID, FAMOYE Y F E LEE, C, *On generating a new family of distributions using the logit function*. Journal of Probability and Statistical Science 13.1, pp. 135?152, 2015.
- [2] ARAKELIAN, V. Y KARLIS, D., *Clustering dependencies via mixtures of copulas*. Communications in Statistics - Simulation and Computation 43(7), 1644?1661, 2014.
- [3] COLES, S. G. Y TAWN, J. A., *Statistical methods for multivariate extremes: an application to structural design*. Appl. Statist 43, 1?48, 1994.

50. O Sistema FitzHugh-Nagumo como Modelo do Potencial de Ação no Tecido Cardíaco Humano

Emerson Geraldo de Matos

The FitzHugh-Nagumo System as a Model of Action Potential in Human Heart Tissue

Emerson Gerald de Matos

emerson@uems.br, 01599779161@academicos.uems.br

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Brasil

C.E. Rubio-Mercedes

cosme@uems.br

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Brasil

Resumen

Tanto os humanos quantos os animais possuem um órgão responsável por distribuir o fluxo sanguíneo por todo o corpo, sendo este órgão o coração. Durante o ciclo da vida de um ser vivo, o coração recebe impulsos elétricos a partir do nó sinoatrial (SA), sendo estes, responsáveis por fazer a contração do órgão e gerar o bombeamento do sangue. Dessa forma, nesse tecido cardíaco, temos o interesse de simular e analisar computacionalmente esses impulsos elétricos no coração. Utilizando o modelos como o sistema de FitzHught-Nagumo (FHN) e o método de Runge-Kutta. Para as simulações computacionais foram utilizados códigos escritos na linguagem *PHYTON* considerando diversas condições iniciais como por exemplo: correntes externas continua e alternada por meio de interferências ou perturbações externas. Os resultados analisados são o potencial de ação, limiar de ação, potencial de repouso, sinal externo e as propriedades caóticas do sistema que representa a propagação de impulsos elétricos em membranas cardíacas em resposta a uma voltagem aplicada. Futuramente iremos analisar os fenomenos de reentradas arritmicas (taquicardias) e fibrilação atrial cardíacas.

Referencias

- [1] MURRAY, J. D. , *Mathematical Biology*, Vol. 1 y 2, 2nd edit., Springer, 2002.
- [2] OKUBO, A. Y LEVIN, S. A., *Diffusion and Ecological Problems, Modern Perspectives*. Interdisciplinary and Applied Mathematics, Springer, 2001.

51. Medición difusa de la pobreza multidimensional: Caso distrito de Santiago de Chuco

Edmundo Rubén Vergara Moreno

Fuzzy measurement of multidimensional poverty: Santiago de Chuco district case

Edmundo Rubén Vergara Moreno

evergara@unitru.edu.pe

Universidad Nacional de Trujillo, Perú

Juana María González Moreno

juanamaria.gonzalez@gm.uca.es

Universidad de Cádiz, España.

Rafael Marcel Asmat Uceda

rasmat@unitru.edu.pe

Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Jiuliana Soledad More Ayala

jiuliana.more@upn.pe

Universidad Privada del Norte, Perú

Resumen

En este trabajo realizamos la medición de la pobreza con enfoque multidimensional utilizando la metodología difusa. Para la medición individual de indicadores se utiliza una función de pertenencia seccionalmente lineal no creciente y para determinar los indicadores colectivos o dimensionales se adopta la homogeneidad de todos los indicadores. Para ilustrar la metodología utilizamos la encuesta de ENAHO correspondiente al distrito de Santiago de Chuco en los años 2019 y 2021.

Referencias

- [1] GONZALEZ-MORENO, J. M. *Una propuesta conceptual y empírica para medir la pobreza mutidimensional en el Perú.*, En Gonzalez Moreno (Ed) Pobreza multidimensional: Aportaciones conceptuales y metodológicas a partir del caso peruano, 119-149. 2023.
- [2] INEI. *Instituto Nacional de Estadística e informática*, Encuesta nacional de hogares (ENAHO) 2019 y 2021. Disponible en <https://www.gob.pe/institucion/inei/campa%C3%B1as/8600-encuesta-nacional-de-hogares-enaho>.
- [3] VERGARA-MORENO, E. R. Y ASMAT-UCEDA, R. M. *Métodos Difusos de Medición Multidimensional de la pobreza: Una Revisión del Estado del Arte.*, El Trimestre Económico, por aparecer 2023.
- [4] VERGARA-MORENO, E. R., ASMAT-UCEDA, R. M. Y GONZALEZ-MORENO, J. M. *Aplicación de un modelo difuso a la medición de la pobreza multidimensional.*, En Gonzalez-Moreno (Ed) Pobreza multidimensional: Aportaciones conceptuales y metodológicas a partir del caso peruano, 187-209. 2023.

52. El problema de Weber sobre variedades Riemannianas: Algunas cotas Superiores para el mínimo de la función de Weber

Patricia Edith Álvarez Rodríguez

Weber's problem on the Riemannian Manifolds: Some upper bounds for the minimum Weber's function

Patricia Edith Álvarez Rodríguez
patriciaalvarezrodriguez16@gmail.com
Universidad Nacional de Trujillo, Perú

Franco Rubio López
frubio@unitru.edu.pe
Universidad Nacional de Trujillo, Perú

Resumen

Se obtienen algunas cotas superiores para el mínimo de la función de Weber sobre una bola fuertemente convexa en una variedad Riemanniana con curvatura seccional positiva; dicho mínimo se alcanza sobre la mediana geométrica pesada de "m" puntos dados en la bola fuertemente convexa.

Referencias

- [1] AFTAB, K., HARTLEY, R. AND TRUMPF, J., *Generalized Weiszfeld Algorithms for L_q Optimization*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 37(4), 728-745, 2015.
- [2] DREZNER, W. AND WESOŁOWSKY, G.O., *Facility Location on the Sphere*, Journal of the Operational Research Society, 29, 997-1004, 1978.
- [3] DREZNER, W., *A Solution to the Weber Location Problem on the Sphere*, Journal of the Operational Research Society, 36, 333-338, 1985.
- [4] FLETCHER, T., VENKATASUBRAMANIAN, V AND JOSHI, S., *The geometric median on Riemannian manifolds with application to robust atlas estimation*, NeuroImage 45, s143-s152, 2009.
- [5] HANSEN, P., JAUMARD, B. AND KRAU, S., *A Algorithm for Weber's Problem on the Sphere*, Location Science 3(4), 217-237, 1995.
- [6] P. DO CARMO, M., *Geometría Riemanniana*, IMPA, Rio de Janeiro, 1979.
- [7] WEISZFELD, E.V., *Sur le point pour lequel la Somme des distances de n point donnés est minisum*, The Tohoku Mathematical Journal, 43, 335-386, 1937.
- [8] WENDEL, R. AND HURTER, A., *Location Theory, dominance and concecity*, Operations Research, 21(1), 314-320, 1973.
- [9] WESOŁOWSKY, G.O., *Location Problem on a Sphere*, Regional Science and Urban Economics, 12, 495-508, 1982.

53. Soluciones para una ecuación parabólica del tipo $(P_1(x), P_2(x))$ -Kirchhoff con término de convección y condición no lineal en la frontera

Eugenio Cabanillas Lapa

Solutions for $(P_1(x), P_2(x))$ -Kirchhoff type parabolic equation with convection term and nonlinear boundary condition

Eugenio Cabanillas Lapa
cleugenio@yahoo.com

Instituto de Investigación, FCM, UNMSM, Perú

Resumen

The object of this work is to study the existence of weak solutions for $(P_1(x), P_2(x))$ -Kirchhoff type parabolic equation with convection term and nonlinear boundary condition. We establish our results by using the degree theory for operators of the form $T + S + C$, where T is a maximal monotone, S is bounded pseudomonotone and C is compact on $D(T) \subseteq D(C)$ and satisfies a sublinearity condition, in the framework of variable exponent Sobolev spaces.

Referencias

- [1] ASFAW T.M. , *A Degree Theory for Compact Perturbations of Monotone Type Operators and Application to Nonlinear Parabolic Problem*, Abstr. Appl. Anal., (2017), Article ID 7236103, <https://doi.org/10.1155/2017/7236103>.
- [2] ALLAOUI M., O. DARHOUCHE O., *Existence results for a class of nonlocal problems involving the $(p_1(x); p_2(x))$ -Laplace operator*, Complex Var. Elliptic Equ., (63), N°1, (2018), 76-89.
- [3] AZROUL E., BENKIRANE A., CHUNG N.T., SHIMI M., *Existence results for anisotropic fractional $(p_1(x, \cdot); p_2(x, \cdot))$ -Kirtchhoff type problems*, J. Appl. Anal. Comput., (11), N°5 ,(2021), 2363-2386.
- [4] CHUNG N.T., *Multiple solutions for a class of $(p_1(x); p_2(x))$ -Laplacian problems with Neumann boundary conditions*, Acta Universitatis Apulensis, (56), (2018), 125-141.
- [5] FU Y., XIANG M., *Existence of solutions for parabolic equations of Kirchhoff type involving variable exponent*, Appl. Anal.,(95), N°3, (2016), 524-544.
- [6] KHALDI A., OUAOUA A., MAOUNI M., SKIKDA, *Global existence and stability of solution for a nonlinear kirchhoff type reaction-diffusion equation with variable exponents*, Mathematica Bohemica, (2021), DOI: 10.21136/MB.2021.0122-20.

54. Sobre el Control Óptimo del equilibrio de una placa con fisura en condiciones de Fluencia

José Angel Dávalos Chuquipoma

On the Optimal Control of the Equilibrium of a plate with a crack under Creep Conditions

José Angel Dávalos Chuquipoma

jadc13@ufsj.edu.br

Universidade Federal de São João del Rei, Campus Santo Antônio, MG, Brazil.

Resumen

Consideramos el control óptimo para el modelo que describe el equilibrio de una placa con una fractura en su interior, bajo la ley de fluencia, [3]. La peculiaridad del problema está determinada por la presencia de una desigualdad impuesta en la solución, que representa un confinamiento mutuo de no penetración de las caras de la grieta, esto implica que el problema de control óptimo sea definido por una desigualdad variacional, [1], [2], [3]. El costo funcional caracteriza la apertura de una grieta en la placa. La principal dificultad proviene de la no diferenciabilidad de la aplicación control-estado y de la naturaleza de las condiciones de optimalidad, que aún no se han podido obtener de manera eficiente. Utilizando el método de la penalización, establecemos la existencia de soluciones del problema de control óptimo, [4],[5].

Referencias

- [1] V. Barbu. Optimal Control of Variational Inequalities. Research Notes in Mathematics 100, Pitman Advanced Publishing Program, Iasi (1983).
- [2] Chuquipoma, J.A.D., Raposo, C.A. & Bastos, W.D. Optimal control problem for deflection plate with crack. J. Dyn. Control Syst 18, 397-417 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10883-012-9150-7>
- [3] A. Khudnev and V. Kovtunenkov, Analysis of Cracks in Solids. WIT Press, Southampton-Boston (2000).
- [4] A. Khudnev and J. Sokolowski, Modelling and Control in Solid Mechanical. Birkäuser, Verlag, Basel (1997).
- [5] J. L. Lions, Contrôle Optimal des Systèmes Gouvernés par des Équations aux Dérivées Partielles. Dunod - Gauthiers - Villars, Paris (1968).

55. Fortalezas y debilidades de los softwares matemáticos en la resolución de problemas de optimización de funciones en dos variables

Nancy Saravia Molina

Strengths and weaknesses of mathematical software in solving optimization problems of functions in two variables

Nancy Saravia Molina

nsaravi@m.pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú

Clever Flores Huanca

clever.flores@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú

Miguel Urquiza Ruíz

a20234719@pucp.edu.pe
Pontificia Universidad Católica del Perú

Resumen

La enseñanza y aprendizaje de las funciones multivariantes, particularmente las de dos variables, resulta complicado para los estudiantes debido a la dificultad que se presenta al tratar con más de una variable y visualizar el objeto matemático en tres dimensiones, por lo que se suele recurrir a softwares, a modo de apoyo o complemento, para realizar cálculos y gráficas de estas funciones. En esta charla, se presentarán algunas herramientas necesarias aplicables en problemas de optimización de funciones de dos variables, así como se recurrirá al uso de los softwares GeoGebra y Mathematica para validar los resultados obtenidos en los problemas propuestos y se mostrarán las potencialidades y dificultades que se tienen al trabajar con uno y otro software teniendo en cuenta el problema propuesto.

Referencias

- [1] PITA, CLAUDIA, *Cálculo Vectorial*. Segunda edición. México: Prentice Hall. 1995.
- [2] ROGAWSKI, JON, *Cálculo. Varias Variables*, Vol. 2, Barcelona. Editorial Reverté, 2012.
- [3] STEWART, JAMES, *Cálculo de varias variables: conceptos y contextos*. Cengage, Learning, México, D.F., 2010.
- [4] THOMAS, GEORGE, *Cálculo, varias variables*. México, Pearson, 2015.

56. Algoritmo K-means y análisis multicriterio para determinar zonas de drenaje en una región geográfica

Julio César Peralta Castañeda

[K-means algorithm and multicriteria analysis to determine drainage zones in a geographic region](#)

Julio César Peralta Castañeda
jperaltac@unitru.edu.pe
Universidad Nacional de Trujillo, Perú

Resumen

This research work presents the results of the external analysis of the problem of the management of the lower Moche river basin in the valley of the same name. These results are framed in the construction of a multicriteria objective function, to determine a partition of the basin in particular study zones called cluster. The objective function involves the main hydrogeological parameters and some external parameters such as coefficients that involve socio-political criteria and some too specific such as evapotranspiration of different types of plants cultivated in the valley on the underground aquifer.

Keywords: Multicriterial Analysis, Fundamentals hidrogeologic parameters, Underground Aquifer

Referencias

- [1] ANDEBERG MICHEL R., *Cluster Analysis for Applications*, Air Force System Command United States Air Force, Academic Press New York, 111 Fifth Avenue, New York, New York 10003, 1973.
- [2] ARZOLA RUIZ JOSÉ., *Selección de Propuestas*, Ministerio de Cultura, Editorial Científico Técnica, Calle 2 - 58 entre 3ra. y 5ta. Ciudad de La Habana, 1985
- [3] ARZOLA RUIZ JOSÉ., *Sistemas de Ingeniería*, Editorial Felix Varela, San Miguel No. 1111 e/Mazón y Basarrate, El Vedado Ciudad de la Habana, 959-258-079-0, 2000.
- [4] BASS, R.E., HERSON, A.I., *Mastering NEPA: a step-by-step approach*, Solano Press Books, Point Arena, California, USA, 1993.

57. Un problema de frontera libre que involucra al operador bi-armónico

Marco Calahorrano Recalde

[A free boundary value problem with biharmonic operator](#)

Marco Calahorrano Recalde

marco.calahorrano@epn.edu.ec

Escuela Politécnica Nacional, Campus Rubén Orellana, Quito, Ecuador

Abstract

En este trabajo nos proponemos estudiar algunos ejemplos de problemas de frontera libre que pueden ser trabajados con técnicas usadas para la búsqueda de soluciones de ecuaciones semilineales elípticas con datos en la frontera, en específico, buscamos la existencia de soluciones para un problema de frontera libre que involucra al operador bi-armónico.

Referencias

- [1] AMBROSETTI, A., *Critical Points and Nonlinear Variational Problems*, Cours de la Chaire Lagrange, Mémoire (nouvelle série) N° 49, Supplément au Bulletin de la Société Mathématique de France, **120**, (1992), 1–139.
- [2] AMBROSETTI, A. Y BADIALE, M., *The dual variational principle and elliptic problems with discontinuous nonlinearities*, J. Math. Anal. Appl., **140** (1989), 363–373.
- [3] AMBROSETTI, A.; CALAHORRANO, M. Y DOBARRO, F., *Global branching for discontinuous problems* Comment Math. Univ. Carolinae, **31**, (1990), 213–222.
- [4] ARIAS, E.; CALAHORRANO, M. Y CASTRO, A. , *A aparecer*,

- Special Session -

- Almost Periodicity and Related Topics -

58. Remotely Almost Periodic Motions of Dynamical Systems and Solutions of Differential Equations

David Nikolai Cheban

Remotely Almost Periodic Motions of Dynamical Systems and Solutions of Differential Equations

David Nikolai Cheban

david.cean@usm.md, davidcheban@yahoo.com

Moldova State University

Resumen

This talk is dedicated to the study the remotely almost periodic motions of dynamical systems and solutions of differential equations.

I. Remotely Almost Periodic Motions.

Let $(X, \mathbb{T}, \pi)$ be a dynamical system on the complete metric space (X, ρ) , where $\mathbb{T} \in \{\mathbb{R}_+, \mathbb{R}\}$, $\mathbb{R} := (-\infty, +\infty)$ and $\mathbb{R}_+ := [0, +\infty)$.

A subset A from $\mathbb{T}$ is said to be relatively dense in $\mathbb{T}$ if there exists a positive number $l \in \mathbb{T}$ such that $[a, a + l] \cap A \neq \emptyset$ for any $a \in \mathbb{T}$, where $[a, a + l] := \{t \in \mathbb{T} \mid a \leq t \leq a + l\}$.

A point $x \in X$ (respectively, a motion $\pi(t, x)$) is said to be:

1. almost periodic [3, Ch.I] if for arbitrary positive number ε there exists a relatively dense subset $\mathcal{P}(\varepsilon, x) \subseteq \mathbb{T}$ such that

$$\rho(\pi(t + \tau, x), \pi(t, x)) < \varepsilon$$

for any $t \in \mathbb{T}$ and $\tau \in \mathcal{P}(\varepsilon, x)$.

2. remotely almost periodic [6] if for arbitrary positive number ε there exists a relatively dense subset $\mathcal{P}(\varepsilon, x) \subseteq \mathbb{T}$ such that for any $\tau \in \mathcal{P}(\varepsilon, x)$ there exists a number $L(\varepsilon, x, \tau) > 0$ for which we have

$$\rho(\pi(t + \tau, x), \pi(t, x)) < \varepsilon$$

for any $t \geq L(\varepsilon, x, \tau)$.

Below we give some examples of remotely almost periodic motions.

1. Every almost periodic motion is remotely almost periodic (the converse is not true).
2. Recall [2, Ch.I] that a point $x \in X$ (respectively, motion $\pi(t, x)$) is called asymptotically almost periodic if there exists an almost periodic point $p \in X$ such that $\lim_{t \rightarrow \infty} \rho(\pi(t, x), \pi(t, p)) = 0$.

Every asymptotically almost periodic motion is remotely almost periodic, but the converse is not true.

3. We will call a point $x \in X$ (respectively, a motion $\pi(t, x)$) remotely τ -periodic if $\lim_{t \rightarrow \infty} \rho(\pi(t + \tau, x), \pi(t, x)) = 0$. If the point x is S remotely τ -periodic for any $\tau \in \mathbb{T}$, then it is called remotely stationary.

Every remotely τ -periodic (respectively, remotely stationary) point is remotely almost periodic.

Let $M \subset X$ be a positively invariant subset of $(X, \mathbb{T}, \pi)$.

A subset M is said to be equi-almost periodic if for any $\varepsilon > 0$ there exists a relatively dense subset $\mathcal{P}(\varepsilon, M)$ such that

$$\rho(\pi(t + \tau, p), \pi(t, p)) < \varepsilon$$

for any $t \in \mathbb{T}$, $\tau \in \mathcal{P}(\varepsilon, M)$ and $p \in M$.

Lemma 1. Let M be a compact invariant minimal set consisting of almost periodic motions. Then the set M is equi-almost periodic.

A point x is said to be Lagrange stable if its trajectory $\Sigma_x := \{\pi(t, x) \mid t \in \mathbb{T}\}$ is precompact.

Lemma 2. [6] Let $x \in X$ be a Lagrange stable point of the dynamical system $(X, \mathbb{R}_+, \pi)$. The motion $\pi(t, x)$ is remotely almost periodic if and only if its ω -limit set ω_x is equi-almost periodic.

Denote by $\mathfrak{L}_x := \{\{t_n\} \mid t_n \rightarrow +\infty \text{ as } n \rightarrow \infty \text{ and } \{\pi(t_n, x)\} \text{ converges as } n \rightarrow \infty\}$.

Let $(X, \mathbb{R}_+, \pi)$ and $(Y, \mathbb{R}_+, \sigma)$ be two dynamical systems. A point $x \in X$ is said to be comparable by the character of recurrence in the limit with the point $y \in Y$ if $\mathfrak{L}_y \subseteq \mathfrak{L}_x$.

Theorem 1. Let $y \in Y$ be Lagrange stable and remotely stationary (respectively, remotely τ -periodic or remotely almost periodic) point. If the point $x \in X$ is comparable by the character of recurrence in the limit with the point y , then the point x is also remotely stationary (respectively, remotely τ -periodic or remotely almost periodic).

II. Remotely Almost Periodic Functions.

Let $(\mathfrak{B}, |\cdot|)$ be a Banach space. Denote by $C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ the space of all continuous functions $\varphi : \mathbb{T} \rightarrow \mathfrak{B}$ equipped with the distance

$$d(\varphi, \psi) := \sup_{L>0} \min\left\{ \max_{|t| \leq L, t \in \mathbb{T}} \rho(\varphi(t), \psi(t)), L^{-1} \right\}.$$

The space $(C(\mathbb{T}, \mathfrak{B}), d)$ is a complete metric space (see, for example, [3, ChI]). The distance d generates on the space $C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ the compact-open topology.

Let $\tau \in \mathbb{T}$ and $\tau > 0$. A function $\varphi \in C(\mathbb{T}, X)$ is said to be:

1. asymptotically τ -periodic (respectively, asymptotically stationary) if there exist $p \in C_\tau(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ and $r \in C_0(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ such that $\varphi(t) = p(t) + r(t)$ for any $t \in \mathbb{T}$;
2. S -asymptotically τ -periodic [4, 5] (respectively, S -asymptotically stationary) if

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \rho(\varphi(t + \tau), \varphi(t)) = 0$$

(respectively, S -asymptotically τ -periodic for any $\tau > 0$);

3. remotely almost periodic [1, 6, 7] if for every $\varepsilon > 0$ there exists a relatively dense subset $\mathcal{P}(\varepsilon, \varphi)$ such that for any $\tau \in \mathcal{P}(\varepsilon, \varphi)$ we have a positive number $L(\varepsilon, \varphi, \tau)$ so that

$$\rho(\varphi(t + \tau), \varphi(t)) < \varepsilon$$

for any $t \geq L(\varepsilon, \varphi, \tau)$.

Every S asymptotically τ -periodic function is remotely almost periodic.

Every asymptotically τ -periodic (respectively, asymptotically stationary) function $\varphi \in C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ is S -asymptotically τ -periodic [4, 5] (respectively, S -asymptotically stationary).

A function $\varphi \in C(\mathbb{T}, X)$ is said to be positively Lagrange stable if the motion $\sigma(t, \varphi)$ is so in the shift dynamical system $(C(\mathbb{T}, X), \mathbb{T}, \sigma)$.

Lemma 3. Let $\varphi \in C(\mathbb{T}, X)$ and $\omega \in \mathbb{T}$ be a positive number. The following statements are equivalent:

- 1.

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \rho(\varphi(t + \tau), \varphi(t)) = 0;$$

- 2.

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} d(\sigma(t + \tau, \varphi), \sigma(t, \varphi)) = 0.$$

Let $h \in \mathbb{T}$, $\varphi \in C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ and φ^h be the h -translation, i.e., $\varphi^h(t) := \varphi(t + h)$ for any $t \in \mathbb{T}$. Denote by σ_h the mapping from $C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ into itself defined by equality $\sigma_h \varphi := \varphi^h$ for any $\varphi \in C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$. Note that $\sigma_0 = Id_{C(\mathbb{T}, X)}$ and $\sigma_{h_1} \sigma_{h_2} = \sigma_{h_1 + h_2}$ for any $h_1, h_2 \in \mathbb{T}$. The triplet $(C(\mathbb{T}, \mathfrak{B}), \mathbb{T}, \sigma)$, where $\sigma(h, \varphi) := \sigma_h \varphi$, is a dynamical system (shift dynamical system or Bebutov's dynamical system [3, Ch.I]) on the space $C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$.

A function $\varphi \in C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ is called remotely almost periodic (respectively, remotely τ -periodic or remotely stationary) if the motion $\sigma(h, \varphi)$, generated by φ in the shift dynamical system $(C(\mathbb{T}, \mathfrak{B}), \mathbb{T}, \sigma)$, is remotely almost periodic (respectively, remotely τ -periodic or remotely stationary).

Lemma 4. Let $\varphi \in C(\mathbb{T}, X)$. The following statement are equivalent:

- (a) the motion $\sigma(t, \varphi)$ generated by the function φ in the shift dynamical system $(C(\mathbb{T}, X), \mathbb{T}, \sigma)$ is remotely almost periodic;
- (b) the function φ is remotely almost periodic.

Denote by

1. $C_b(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ the Banach space of all bounded on $\mathbb{T}$ functions $\varphi \in C(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ equipped with the sup-norm;
2. $SAS(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ the family of all S -asymptotically stationary functions $\varphi \in C_b(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$;
3. $SAP_\tau(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ the family of all S -asymptotically τ -periodic functions $\varphi \in C_b(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$;
4. $RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ the family of all remotely almost periodic functions $\varphi \in C_b(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$.

Some properties of remotely almost periodic functions.

1. Let $h \in \mathbb{T}$ and $\varphi \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$, then $\varphi^h \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$;
2. $RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ is a closed subspace of the space $C_b(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$;
3. For any $f \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ we have $\overline{H(f)} \subset RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$, where by bar the closure in the space $C_b(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ is denoted;
4. If $f_i \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B}_i)$ ($i = 1, \dots, m$), then the function $F \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$, where $\mathfrak{B} := \mathfrak{B}_1 \times \dots \times \mathfrak{B}_m$ and $F := (f_1, \dots, f_m)$;
5. If $f_i \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ ($i = 1, \dots, m$), then the function $F \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$, where $F := f_1 + \dots + f_m$;
6. If $f_1, f_2 \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ and $\alpha, \beta \in P$ ($P \in \{\mathbb{R}, \mathbb{C}\}$), then $F \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$, where $F := \alpha f_1 + \beta f_2$;
7. If the functions $\varphi \in RAP(\mathbb{T}, P)$ (a scalar function) and $f \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$, then $F \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$, where $F = \varphi \cdot f$;
8. Assume that the following conditions are fulfilled:
 - a) $f \in RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ and $\overline{f(\mathbb{T})} = Q$ is a compact subset of $\mathfrak{B}$;
 - b) $g \in C(Q, \mathfrak{D})$, where $\mathfrak{D}$ is a Banach space.

Then the function F , defined by the equality $F(t) := g(f(t))$ for any $t \in \mathbb{T}$, belongs to $RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{D})$.

Remark 1. The properties listed above remains true if we replace everywhere the space $RAP(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ by $SOS(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$ (respectively, $SAP_r(\mathbb{T}, \mathfrak{B})$).

III. Remotely Almost Periodic Solutions of Differential Equations.

Ordinary Differential Equations.

Denote by $[\mathfrak{B}]$ the Banach space of all linear bounded operators A acting on the space $\mathfrak{B}$ and equipped with the norm $\|A\| := \sup_{|x| \leq 1} |Ax|$ and by $(C(\mathbb{T}, [\mathfrak{B}]), \mathbb{T}, \sigma)$ the shift dynamical system on $C(\mathbb{T}, [\mathfrak{B}])$. Assume

that $A \in C(\mathbb{T}, [\mathfrak{B}])$ is a Lagrange stable operator-function, i.e., $H(F) := \{\overline{A^h} \mid h \in \mathbb{T}\}$ is a compact subset of $C(\mathbb{T}, [\mathfrak{B}])$. If $\mathbb{T} = \mathbb{R}_+$, then we denote $H(A)$ by $H^+(A)$, i.e., $H^+(A) = \{\overline{A^h} \mid h \in \mathbb{R}_+\}$.

Consider a linear differential equation

$$x' = A(t)x, \quad (58.1)$$

where $A \in C(\mathbb{R}[\mathfrak{B}])$. Along with the equation (58.1) consider the family of equations

$$x' = B(t)x, \quad (58.2)$$

where $B \in H(A)$.

Denote by $U(t, B)$ the Cauchy operator of the equation (58.2). Under the conditions above every equation (58.2) has a unique (mild) solution $\varphi(t, v, B) = U(t, B)v$ defined on $\mathbb{R}_+$ and passing through the point v at the initial moment.

The linear differential equation (58.1) is said to be *hyperbolic* (or equivalently, satisfies the condition of *exponential dichotomy*) on the semi-axis $\mathbb{R}_+$ if there exists a continuous projection valued function $P : H^+(A) \rightarrow [\mathfrak{B}]$ satisfying:

1. $P(B^\tau)U(\tau, B) = U(\tau, B)P(B)$ for any $(\tau, B) \in \mathbb{R}_+ \times H^+(A)$;
2. there exist constants $\nu > 0$ and $\mathcal{N} > 0$ such that

$$\|U(t, B)P(B)U^{-1}(\tau, B)\| \leq \mathcal{N}e^{-\nu(t-\tau)} \quad (t > \tau \geq 0)$$

and

$$\|U(t, B)Q(B)U^{-1}(\tau, B)\| \leq \mathcal{N}e^{-\nu(t-\tau)} \quad (0 \leq t < \tau)$$

for any $B \in H^+(A)$ and $t, \tau \in \mathbb{R}_+$, where $Q(B) := I - P(B)$.

Theorem 2. Assume that $(A, f) \in C(\mathbb{R}, \mathfrak{B}) \times C(\mathbb{R}, \mathfrak{B})$ and the following conditions are fulfilled:

1. $A \in RAP(\mathbb{R}_+, \mathfrak{B})$ and $f \in RAP(\mathbb{R}_+, \mathfrak{B})$;
2. the functions A and f are Lagrange stable;
3. the equation (58.1) is hyperbolic on the semi-axis $\mathbb{R}_+$.

Then the equation

$$x' = A(t)x + f(t)$$

admits at least one remotely almost periodic solution $\varphi \in RAP(\mathbb{R}_+, \mathfrak{B})$.

Theorem 3. Assume that $(A, F) \in C(\mathbb{R}, [\mathfrak{B}]) \times C(\mathbb{R} \times \mathfrak{B}, \mathfrak{B})$ and the following conditions are fulfilled:

1. $(f, A) \in RAP(\mathbb{R}_+, \mathfrak{B}) \times RAP(\mathbb{R}_+[\mathfrak{B}])$ and the function F is remotely almost periodic in time on the semi-axis $\mathbb{R}_+$ uniformly with respect to x on every compact subset Q from $\mathfrak{B}$;
2. the functions A and F are Lagrange stable;
3. the equation (58.1) is hyperbolic on the semi-axis $\mathbb{R}_+$;
4. the function F satisfies the condition of Lipschitz with respect to x with the constant of Lipschitz $L < \frac{\nu}{2N}$.

Then the equation

$$x' = A(t)x + f(t) + F(t, x)$$

admits at least one remotely almost periodic solution $\varphi \in RAP(\mathbb{R}_+, \mathfrak{B})$.

Semi-Linear Differential Equations.

Consider a linear differential equation

$$x' = Ax, \tag{58.3}$$

where $A : D(A) \rightarrow \mathfrak{B}$ is a linear closed operator with dense domain $D(A)$ which generates a C_0 semigroup $\{U(t)\}_{t \geq 0}$ on the space $\mathfrak{B}$.

Along with equation (58.3) consider a linear nonhomogeneous equation

$$\dot{x} = Ax + f(t) \tag{58.4}$$

on the space $\mathfrak{B}$, where $f \in C(\mathbb{R}, \mathfrak{B})$ and A is an infinitesimal generator which generates a C_0 -semigroup $\{U(t)\}_{t \geq 0}$ acting on $\mathfrak{B}$.

Recall that a continuous function $u : [0, a) \rightarrow \mathfrak{B}$ ($a > 0$) is called a weak (mild) solution of equation (58.4) passing through the point $x \in \mathfrak{B}$ at the initial moment $t = 0$ if

$$u(t) = U(t)x + \int_0^t U(t-s)f(s)ds$$

for all $t \in [0, T]$ and $0 < T < a$.

A semigroup of operators $\{U(t)\}_{t \geq 0}$ is said to be hyperbolic if there is a projection $\mathcal{P}$ and constants $N, \nu > 0$ such that each $U(t)$ commutes with $\mathcal{P}$, $U(t) : Im \mathcal{Q} \mapsto Im \mathcal{Q}$ is invertible and for every $x \in E$

$$|U(t)\mathcal{P}x| \leq Ne^{-\nu t}|x|, \quad \text{for } t \geq 0;$$

$$|U_{\mathcal{Q}}(t)x| \leq Ne^{\nu t}|x|, \quad \text{for } t < 0;$$

where $\mathcal{Q} := I - \mathcal{P}$ and, for $t < 0$, $U_{\mathcal{Q}}(t) := [U(-t)\mathcal{Q}]^{-1}$.

Theorem 4. Assume that $(f, F) \in C(\mathbb{R}, \mathfrak{B}) \times C(\mathbb{R} \times \mathfrak{B}, \mathfrak{B})$ and the following conditions are fulfilled:

1. $f \in RAP(\mathbb{R}_+, \mathfrak{B})$ and the function F is remotely almost periodic in time on the semi-axis $\mathbb{R}_+$ uniformly with respect to x on every compact subset Q from $\mathfrak{B}$;
2. the functions f and F are Lagrange stable;
3. the semigroup of operators $\{U(t)\}_{t \geq 0}$ is hyperbolic;
4. the function F satisfies the condition of Lipschitz with respect to x with the constant of Lipschitz $L < \frac{\nu}{2N}$.

Then the equation

$$x' = Ax + f(t) + F(t, x)$$

admits at least one remotely almost periodic solution $\varphi \in RAP(\mathbb{R}_+, \mathfrak{B})$.

Referencias

- [1] Baskakov A. G., Analysis of linear differential equations by methods of the spectral theory of difference operators and linear relations. *Uspekhi Matematicheskikh Nauk*, 2013, Vol. 68, No.1 (409), pp.77-128 (in Russian) [English translation: Russian Mathematical Surveys, 2013, Vol.68, No.1, pp.69-116.
- [2] D. N. Cheban, *Asymptotically Almost Periodic Solutions of Differential Equations*. Hindawi Publishing Corporation, New York, 2009, ix+186 pp.

- [3] David N. Cheban, *Nonautonomous Dynamics: Nonlinear Oscillations and Global Attractors*. Springer Nature Switzerland AG 2020, xxii+ 434 pp.
- [4] Hernan R. Henriquez, Michelle Pierri and Placido Taboas, On S-asymptotically ω -periodic functions on Banach spaces and applications. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 343, 2008, pp.1119–1130.
- [5] Kaluzhina N. S., Slow varying functions at infty, periodic functions at infty and their properties. *Vestnik VGU, Seria: Fizika, Matem.*, No.2, 2010, pp.97-102 (in Russian).
- [6] W. M. Ruess and W. H. Summers, Minimal Sets of Almost Periodic Motions. *Math. Ann.*, 276, 1986, pp.145-158.
- [7] Sarason D., Remotely almost periodic functions. *Contemporary Mathematics*, Vol.32, 1984, pp.237-242.

59. Advances in Almost Periodic Differential Equations: From uniqueness of bounded solutions to Massera and Bohr-Neugebauer type results

Brahim Es-sebbar

Advances in Almost Periodic Differential Equations: From uniqueness of bounded solutions to Massera and Bohr-Neugebauer type results

Brahim Es-sebbar
essebbar@live.fr

Cadi Ayyad University, Faculty of Sciences and Technologies, Marrakech, Morocco

Resumen

In this talk, we explore recent developments in the field of almost periodic type differential equations $x' = f(t, x)$, focusing on two distinct yet interconnected directions. The first part delves into equations characterized by a unique bounded solution on $\mathbb{R}$. Various methods employed in understanding and characterizing this uniqueness will be discussed.

The second part of the presentation delves into Massera and Bohr-Neugebauer type theorems. That is, we try to answer the following questions:

- If the differential equation has a bounded solution over $\mathbb{R}^+$, does there exist a solution exhibiting the same oscillatory behavior as the coefficients?
- If such a solution exists, what is the nature of the other solutions that are bounded over $\mathbb{R}$? Do they also exhibit oscillatory behavior similar to that of the coefficients?

60. Massera Theorem for Asymptotic solutions of equations on the half line

Nguyen Van Minh

Remotely Almost Periodic Motions of Dynamical Systems and Solutions of Differential Equations

Nguyen Van Minh
email: mvnguyen1@ualr.edu
University of Arkansas at Little Rock

Resumen

We introduce the concept of asymptotic solutions to an evolution equations (or ODE)

$$x'(t) = A(t)x(t) + f(t) \quad (60.5)$$

to be those functions $y(t)$ that satisfy $y'(t) = A(t)y(t) + f(t) + \epsilon(t)$ with certain function $\epsilon(t)$ with $\lim_{t \rightarrow \infty} \epsilon(t) = 0$. An analog of Massera Theorem for asymptotic solutions of evolution equations in Banach spaces will be discussed. With the spectral theory of functions on the half line coupled with the evolution semigroups associated with the evolution equations we obtained an analog of Massera Theorem saying that if $A(t)$ is 1-periodic and $f(t)$ is asymptotic 1-periodic (that is, $\lim_{t \rightarrow \infty} (f(t+1) - f(t)) = 0$) and the Poincare operator P of the equation has 1 as an isolated point of its part on the unit circle, then Equation (60.5) has an asymptotic 1-periodic solution if and only if it has a bounded asymptotic solution.

Referencias

- [1] VU TRONG LUONG, DO VAN LOI, NGUYEN VAN MINH, HIDEAKI MATSUNAGA, *Massera theorem for asymptotic periodic solutions of periodic evolution equations*, J. Differential Equations. pp. 371-394, Vol. 329 (2022).

61. Spaces of almost periodic functions defined on the complex plane: some old and recent results on their zeros

Juan Matías Sepulcre

Spaces of almost periodic functions defined on the complex plane: some old and recent results on their zeros

Juan Matías Sepulcre
JM.Sepulcre@ua.es
Departamento de Matemáticas, Universidad de Alicante, España

Resumen

In this talk we present an overview on the global distribution of the zeros of certain classes of almost periodic functions defined on the complex plane, particularly exponential polynomials with complex coefficients and real exponents which give rise to applications in many fields. As a continuation of these investigations, we analyze the density properties of the projections of these zeros and we present a thorough extension of Bohr's equivalence theorem for these classes of functions.

Referencias

- [1] BESICOVITCH, A.S., *Almost periodic functions*, Dover, New York, 1954.
- [2] BOHR, H., *Almost periodic functions*, Chelsea Publ., New York, 1947.
- [3] MAS, A.; SEPULCRE, J.M., The projections of the zeros of exponential polynomials with complex frequencies, *Colloq. Math.*, **158** (1), 91–102, 2019.
- [4] RIGHETTI, M.; SEPULCRE, J.M.; VIDAL, T., The converse of Bohr's equivalence theorem with Fourier exponents linearly independent over the rational numbers, *J. Math. Anal. Appl.*, **513** (2), 126240, 2022.
- [5] SEPULCRE, J.M., Cuerdas fractales: Las dimensiones complejas y el conjunto de dimensiones de fractalidad, *Gac. R. Soc. Mat. Esp.*, **23** (1), 104–133, 2020.
- [6] SEPULCRE, J.M.; VIDAL, T., On the real projections of zeros of analytic almost periodic functions, *Carpathian J. Math.*, **38** (2), 489–501, 2022.
- [7] SEPULCRE, J.M.; VIDAL, T., Sets of values of equivalent almost periodic functions, *Ramanujan J.*, **56** (1), 87–102, 2021.
- [8] SEPULCRE, J.M.; VIDAL, T., A generalization of Bohr's equivalence theorem, *Complex Anal. Oper. Theory*, **13** (4), 1975–1988, 2019.

62. Metrically Almost Periodic Functions and Applications

Marko Kostić

Metrically Almost Periodic Functions and Applications

Marko Kostić

marco.s@verat.net

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Trg D. Obradovića 6, 21125 Novi Sad, Serbia

Resumen

The class of almost periodic functions was introduced by Danish mathematician H. Bohr around 1924-1926 and later generalized by many other mathematicians. Any Bohr almost periodic function is continuous, which is not true in the generalization concepts of V. Stepanov, A. S. Besicovitch and H. Weyl.

In this talk, we will present our recent results about metrically almost periodic functions and their generalizations ([1]). We will explain how the notion of metrical almost periodicity can be useful in the qualitative analysis of solutions for various classes of the abstract (degenerate) Volterra integro-differential equations in Banach spaces.

Referencias

- [1] KOSTIĆ, M., *Metrical Almost Periodicity and Applications to Integro-Differential Equations*, W. de Gruyter, Berlin, 2023.