

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA Y COMPUTACIONAL

Del 11 al 15 de Agosto del 2025

Universidad Nacional del Altiplano



P
U
N
O



SOCIEDAD PERUANA DE MATEMÁTICA
APLICADA Y COMPUTACIONAL



XII Congreso Internacional
de Matemática Aplicada
y Computacional.

Universidad Nacional del Altiplano
Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional

ISBN:

Cuidado de edición en LaTeX:

Jesús Roberto Ticona Parisaca — Fray Li Pandia Villanueva

Diseño y concepto de cubierta: *Dr. Obidio Rubio Mercedes*

Puno, Agosto 2025



XII CIMAC 2025

Comité Científico

Internacional

1. José Castillo, Universidad Estatal de San Diego, EE.UU.
2. Bernardo Cockburn, Universidad de Minnesota, EE.UU.
3. Liliane Basso Barichello, UFRGS, Brasil
4. Fabián Flores Bazán, Universidad de Concepción, Chile
5. Domingo Tarzia, CONICET, Argentina
6. Thomas Wick, Leibniz Universität Hannover, Alemania
7. Ernst P. Stephan, Leibniz University Hannover, Alemania
8. Eduardo González Olivares, PUCPV, Chile.
9. Edith Seier, Universidad Estatal del Este de Tennessee, EE. UU.

Nacional

1. Roxana López Cruz, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
roximat@spmac.org, rlopezc@unmsm.edu.pe
2. Adelaida Otazu Conza, Universidad Nacional de Puno. aotazu@unap.edu.pe
3. Edmundo Vergara Moreno, Universidad Nacional de Trujillo. evergara@unitru.edu.pe
4. Alfredo Palomino Infante, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
rpalominoi@unmsm.edu.pe
5. Emma Cambillo Moyano, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
cambilom@unmsm.edu.pe
6. Luis Lara Romero, Universidad Nacional de Trujillo. lara@unitru.edu.pe
7. María Del Pilar Álvarez R., Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
malvarezr1@unmsm.edu.pe



XII CIMAC 2025

8. Mirtha Trejo López, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
mtrejo@unjfsc.edu.pe
9. Faustino Murillo, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. fmurillo@unap.edu.pe



XII CIMAC 2025

Comité Organizador

Nacional

1. **Presidente:** Obidio Rubio Mercedes - SPMAC, Universidad Nacional de Trujillo - Perú. orubio@unitru.edu.pe
2. **Vicepresidenta:** Roxana López Cruz - SPMAC, UNMSM, Lima. rlopezc@unmsm.edu.pe

Miembros

1. Gladys Cruz Yupanqui, UNTELS, Lima. gladyscy60@gmail.com
2. Franco Rubio López, UNT, Trujillo. frubio@unitru.edu.pe
3. Juan Montealegre Scott, PUCP, Lima. jmscott@pucp.edu.pe
4. Guido Álvarez Jáuregui, UNSAAC, Cuzco. guido.alvarez@unsaac.edu.pe
5. Humberto Vargas Pichón, UNJBG, Tacna. humberto.vargas@unjbg.edu.pe
6. Betty Rimarachín López, UNPRG, Lambayeque. brimarachin@unprg.edu.pe
7. David Andrés Sumire Qquena, UPEU, Lima. dsumire@upeu.edu.pe
8. Flabio Gutiérrez Segura, UNP, Piura. flabiogs@yahoo.es
9. Melva Valverde Ayala, UNMSM, Lima. gmvalverde@yahoo.com
10. Martha Nina Escalante, UNSCH, Ayacucho. marthanina@hotmail.com
11. Irla Mantilla Núñez, UNI, Lima. irlamn@uni.edu.pe
12. Walter Julio Columna Rafael, UNTRM, Chachapoyas, waltercolumna3@hotmail.com
13. Jaime Melquiades Lizárraga, UNAS, Tingo María, jaime.melquiades@unas.edu.pe
14. Luis Caucha Morales, UNTUMBES, Tumbes, betto2020@hotmail.com
15. Juan Carlos Curi Gamarra, UNAS, Tingo María, juan.curi@unas.edu.pe
16. Joel Chavarri Becerra, UPEU, Lima, jchavarri@upeu.edu.pe



XII CIMAC 2025

17. Yessica Zárate Pedrera, UNT, Trujillo, yessica.zp@gmail.com
18. Carlos Deudor Gomez, URP, Lima, carlos.deudor@urp.edu
19. Alan Chávez Obregón, UNT, Trujillo, ajchavez@unitru.edu.pe
20. Jaime Collantes Santisteban, UNPRG, Lambayeque.

Internacional

1. Alberto Bersani, Sapienza, Università di Roma - Italia.
2. Paulo Martín Rodríguez, Universidad Federal de Pernambuco - Brasil.
3. Mario Primicerio, Universidad de Florencia, Italia.
4. Haroldo Fraga de Campos Velho, INPE, Brasil.
5. Stefan Frei, Universidad de Konstanz – Alemania.
6. Yurilev Chalco Cano, UTA, Arica, Chile.
7. José Arzola Ruiz, IPSJAE, La Habana, Cuba.
8. Jorge Zavaleta, Universidad Federal de Río de Janeiro - Brasil.
9. Rommel Bustinza Pariona, Universidad de Concepción, Chile.

Local

Presidenta:

Juana Idelza Zavaleta Gómez, Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
jzavaleta@unap.edu.pe

Miembros

1. Martín Condori Concha, Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
mcondoric@unap.edu.pe
2. Julio Cesar Villalta Pacori, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. juvipa11@unap.edu.pe



XII CIMAC 2025

3. Adelaida Otazu Conza, Universidad Nacional de Puno. aotazu@unap.edu.pe
4. Juan Carlos Benavides Huanca, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. jcbenavides@unap.edu.pe
5. Luis Huber Venturo Orbegoso, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. lhventuro@unap.edu.pe
6. Daniel Rubén Condori Balcona, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. dcondori@unap.edu.pe
7. Richar Mollinedo Chura, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. rmollinedo@unap.edu.pe
8. Jesús Roberto Ticona Parisaca, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. jrticona@unap.edu.pe
9. Fray Li Pandía Villanueva, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. flpandia@unap.edu.pe
10. Noemí Alarcón Cárdenas, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. ngalarcon@unap.edu.pe
11. Mirsa Dolores Cruz Cuentas, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. md-cruz@unap.edu.pe
12. Víctor Manuel Yanarico Coaquira, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. vmyanarico@unap.edu.pe
13. Flor Gil Luque, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. dfgil@unap.edu.pe
14. Yoner Huarcaya Ccamapaza, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. yhuarcaya@unap.edu.pe
15. Eva Genoveva Mendoza Mamani, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. emendoza@unap.edu.pe
16. Eulalia Ramos Chura, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. eramos@unap.edu.pe



PRESENTACIÓN

El Congreso Internacional de Matemática Aplicada y Computacional – CIMAC es un evento emblema de la Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional – SPMAC. Evento que se realiza cada dos años, este año se lleva a cabo la XII versión en la ciudad de Puno, teniendo como anfitriona a la Universidad Nacional del Altiplano-Puno en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ciencias Físico Matemáticas, tiene como principal objetivo promover a través de la organización de Cursos cortos, mini Workshops, sesiones especiales y el concurso de iniciación científica, la difusión de la matemática y sus aplicaciones y principalmente el encuentro entre académicos de diferentes partes del mundo que hacen matemática, computación y aplicaciones de la matemática en en las diferentes áreas del conocimiento, pues en esencia, se puede interpretar a la matemática como la abstracción del mundo, como el lenguaje de la ciencia.

Presentamos este libro de resúmenes como parte de la divulgación de la temática que se trata en el presente CIMAC y que cubrirá las expectativas en gran parte de los grupos de interés en su diversidad. El Congreso Internacional de Matemática Aplicada y Computacional - CIMAC, evento bianual que está en su décima segunda versión, viene integrando a los científicos de la matemática, de la computación, en todas las ciencias; quienes de una u otra manera usan la matemática como instrumento básico y fundamental en la interpretación y caracterización de su naturaleza intrínseca, ya sea estructural o como fenomenológica.

El CIMAC se organiza desde el año 2001 en diferentes ciudades del País y teniendo como sede alguna de las universidades localizadas en las siguientes ciudades, que podemos mencionar en orden cronológico: la Universidad Nacional de Trujillo(UNT), Universidad Nacional Mayor de San Marcos(UNMSM), Universidad Nacional del Callao(UNC), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo(UNPRG) en Lambayeque, Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cuzco(UNSAAC), Universidad Nacional Jorge Basadre Groghman (UNJBG) en Tacna, Universidad Nacional de Ingeniería(UNI) en Lima, Universidad Nacional Agraria de la Molina(UNALM) en Lima, Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) en Tingo Maria, Universidad Peruana Unión (UPeU) en Ñaña Lima y actualmente en la Universidad Nacional del Altiplano (UNAP) en Puno, ubicada en los bordes del lago navegable más alto del mundo, el Lago Titicaca en la región aymara.

En el CIMAC XII participan como expositores académicos de diferentes continentes del mundo como Europa, USA, Centro y Sud America, con plenarias, cursos cortos como el curso de Introduction to Numerical Modeling, Discretization, and Solution with



XII CIMAC 2025

Differential Equations Applied to Poro–Elasticity, Fundamentos y Aplicaciones de Aprendizaje Automático, Modelado Estocástico de Fenómenos Aleatorios: Teoría y Simulación Numérica con Python, de la misma manera se presentan sesiones con énfasis en aplicaciones de una variedad de áreas, el siguiente cuadro presenta una composición del Congreso:

Plenarias (18)
Biomatemática(8)
Economía Matemática (3)
Ecuaciones Diferenciales Parciales Aplicadas (16)
Educación Matemática(4)
Estadística Aplicada (7)
Computación Científica (8)
Modelamiento Matemático(12)
Optimización(4)
Temas Diversos ++
Concurso nacional de INICIACIÓN CIENTÍFICA (alumnos de pregrado)

Estamos seguros que este libro servirá para quienes lo consultan como una motivación para iniciar u orientarse por alguna temática de las que han sido tratadas en el presente CIMAC; además podemos mencionar que después de haber tenido dos CIMAC en el sistema virtual, el CIMAC XII se caracterizó por volver a ser un evento de carácter presencial, después de pasar la pandemia del COVID-19, sin embargo, por el efecto de este fenómeno, el evento tuvo plenarias y algunas presentaciones virtuales, es decir podría decirse que fue un evento híbrido; por tanto ponemos a disposición de ustedes queridos lectores el presente documento.

Dios los Bendiga

Dr. Obidio Rubio Mercedes
Presidente SPMAC
Puno - Perú
Agosto 2025.



Semblanza por los 25 años de la Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional

Dr. Obidio Rubio Mercedes

<https://orcid.org/0000-0002-9380-4301>

Universidad Nacional de Trujillo. Presidente de la SPMAC. Perú.
(orubio@unitru.edu.pe).

Resumen

El objetivo de este artículo es contribuir con algunas ideas sobre las actividades realizadas por la Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional - SPMAC, durante sus 25 años de existencia en este año 2025, y que de alguna manera a tenido impacto en la sociedad peruana inoamericana.

Palabras clave. Matemática, matemática aplicada, computación científica.

1. Introducción

El propósito de esta nota es informar sobre el proceso evolutivo de y la presencia de la *Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional*, desde su creación como institución académica hasta la actualidad, pues el 26 de abril del 2025 acaba de cumplir sus 25 años de creación, y esta vez se conmemora con ocasión del congreso internacional de matemática aplicada y computacional.

Presentamos esta nota basados en documentos previamente como al artículo que se publicó con ocasión de el Encuentro de Sociedades Latinoamericanas de Matemáticas, realizado en Santiago de Compostela, España, 2003 y que fue publicado en el Libro Blanco de la Real Sociedad Matemática Española - RESME[1] y también en la presentación oral de la semblanza con ocasión del 25 aniversario, y la publicación hecha por el Prof. Alejandro Ortiz en *Selecciones Matemáticas en 2025* [2].

Iniciamos con una mirada al desarrollo de la matemática en el Perú, El Perú tiene una buena y fuerte tradición matemática, como se evidencia con la presencia de algunos matemáticos:

Federico Villareal(1850 – 1923) Ingeniero y después matemático, publicó 256 artículos hasta el 1909, en astronomía, física, geometría [4],[6][8].

Alfred Rosembat(1880–194..), Llega al Perú en los en el año 1936, trajo toda la actualización de la matemática de Europa, encuentra gente deseosa de aprender matemática



y volca sus conocimientos en ellos [5]. En realidad se puede decir que el desarrollo de la matemática en el Perú, pues trajo mucha información de su patria, Polonia, así como de los progresos habidos en Europa. Como profesor en la Universidad de San Marcos (la única que formaba matemáticos en el país) comenzó a dictar cursos que por primera vez se dictaban y así se introdujeron en el Perú cursos como: álgebra moderna, variable compleja, ecuaciones diferenciales, análisis matemático, mecánica celeste; la topología se introdujo en seminarios.

Rosenblatt también publicó algunas aplicaciones de la matemática, en la mecánica celeste, que también fue cultivado por Godofredo García. La estadística y áreas relacionadas aún no se cultivaba.

Godofredo García (1888 – 1970) Matemático, Ingeniero, discípulo de Rosemblat, llegó a ser Rector de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos [7].

Estamos en las décadas de los años 1950's y 60's; en ese entonces la matemática se enseña en las universidades de San Marcos, de Ingeniería y en la Pontificia Universidad Católica del Perú; el relativamente pequeño grupo de profesores fue liderado por el Profesor José Tola P., pero a partir de entonces surgieron nuevos profesores, algunos con nuevas ideas traídas de post-grado hechos en el extranjero; surge la estadística y algunas áreas relacionadas y la matemática aplicada se desarrolla a través de su enseñanza.

En estas circunstancias se puede mencionar la presencia del Instituto de Matemática de la Universidad Nacional de Ingeniería -IMUNI, creado al final de los años 50, en esta época, la matemática en Perú, tuvo un gran auge llegando a ser una de las mejores en sud américa, pues venían estudiantes del exterior a capacitarse allí. Tuvo poco tiempo de duración, en los años 60 fué expulsado de la UNI por un movimiento político que no comprendió la magnitud de este desarrollo.

En los últimos 50 años la matemática se ha desarrollado en el Perú al ritmo de las circunstancias, a los esfuerzos de pequeños grupos, a veces a esfuerzos personales, de entusiastas por mejorar el nivel y la enseñanza de nuestra ciencia. Actualmente esta labor la vienen haciendo algunas universidades, tanto públicas como privadas, lo que es muy meritorio y merecen todo nuestro apoyo. Es un reto para los colegas del presente, y del futuro, luchar para que la matemática tenga el lugar de importancia en el desarrollo de nuestro país, la historia así lo confirma!

A partir de entonces algunos estudiantes salen a hacer su post-grado en el extranjero y traen una mejor formación matemática y algunos de ellos con intereses en las aplicaciones. Esta tendencia se hace mayor, tanto en calidad como en número, podríamos decir que en este cuarto de siglo se está produciendo una gran inquietud por aplicar la matemática a problemas del mundo físico, así como de las enfermedades que nos aquejan. Por razones de que no disponemos de una amplia información sobre este aspecto solo vamos a tratar dos contribuciones, de las cuales tenemos alguna información; esto con la disculpa del



caso si omitimos alguna otra contribución en esta dirección[2].

En los tiempos finales del siglo pasado podemos mencionar que hay varias universidades que forman matemáticos en diferentes partes del Perú, tales como:

- Universidad Nacional Mayor de San Marcos(UNMSM)
- Universidad Nacional de Ingeniería(UNI)
- Pontificia Universidad Católica del Perú(PUCP)
- Universidad Nacional de Trujillo(UNT)
- Universidad Nacional San Agustín de Arequipa(UNSA)
- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo(UNPRG) en Lambayeque
- Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cuzco(UNSAAC)
- Universidad Nacional de Piura(UNP)
- Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica(UNSLG)
- Universidad Nacional del Callao(UNC)
- Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo(UNASAM) en Huaráz,
- Universidad Nacional del Altiplano de Puno(UNAP)

En este tiempo tenían una población aproximada de 1500 estudiantes de Pre-grado, unos 40 Estudiantes de Maestría, y 9 estudiantes de Doctorado. Agregamos que la población de Doctores existentes al año 2000 era aproximadamente de 35 en el País.

2. La Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional. (SPMAC)

En los albores del siglo XXI en estas circunstancias, un grupo de profesores de diversas áreas se reunieron en la ciudad de Trujillo y el 26 de abril del 2000 fundaron la “SOCIEDAD PERUANA DE MATEMÁTICA APLICADA Y COMPUTACIONAL”, (SPMAC), con el objetivo de estimular, estudiar e investigar problemas que surgen en el mundo físico haciendo uso de las matemáticas y de la computación. La motivación de esta feliz idea, entre otras, fue lo que en forma similar se hacía en países vecinos como es la “Sociedad



Brasileira de Matemática Aplicada y Computacional” y Trujillo fue precisamente la sede del III Panamerican Workshop on Applied and Computational Mathematics realizada del 20 al 26 de abril de ese año, con 74 socios fundadores.

La SPMAC es una institución legalizada y su partida de nacimiento No. 11006831 fue registrada en Trujillo, Perú en 03-12-2001. La SPMAC Es una sociedad sin fines de lucro, de carácter científico, cultural y con proyecciones hacia la comunidad en general. Sus objetivos son: reunir a las personas interesadas en el uso de las matemáticas y la computación en diversas áreas; propiciar el trabajo conjunto del matemático con profesionales de otras áreas; promover y realizar eventos, nacionales e internacionales, para difundir los últimos avances producidos en distintas áreas ; formar grupos de estudios e investigación para abordar problemas donde la matemática y la computación tienen un rol fundamental. Es decir, se desea cumplir el sueño de N. Wiener quien introdujo la cibernética en donde se realiza un trabajo interdisciplinario.

La SPMAC planifica diversas acciones como son: celebrar distintos tipos de eventos científicos con el fin de intercambiar experiencias entre sus participantes; formar comisiones de trabajo para realizar distintas actividades en pro de la sociedad[3, 2].

2.1. Eventos

Para cumplir sus objetivos la SPMAC lleva a cabo varios tipos de eventos, algunos están establecidos en el estatuto, otros son parte de la actividad de difusión y presencia en las instituciones educativas y productivas, teniendo un propósito definido.

2.1.1. Congresos Internacionales de Matemática Aplicada y Computacional – CIMAC

Este congreso es el evento emblema de la SPMAC, y fue establecida en el estatuto y se lleva cabo bianualmente, eligiendo como sede diferentes ciudades del País, En estos CIMAC se realizan:

- Conferencias plenarias,
- Minicursos,
- Sesiones técnicas especializadas,
- Simposios de propósito definido ,
- Seminarios sobre temas específicos,
- Minitalleres,



- La sesión de **Iniciación científica**: donde participan estudiantes de pregrado, cuyo propósito es promover la formación de investigadores en los futuros profesionales y tiene un comité científico especial.

Hasta ahora se han llevado a cabo los siguientes CIMAC:

1. CIMAC - I. 2001, 20 - 24 marzo, contando como sede, la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo.
2. Simposio Nacional de Matemática Aplicada y Computacional. UNALM. 2002, 5 - 10 agosto. Lima.
3. CIMAC - II. 2003, 11 - 15 agosto. UNMSM - Facultad de Sistemas. Lima.
4. CIMAC - III. 2005. U.N. del Callao. Facultad de Sistemas. Callao.
5. CIMAC - IV. 2008, agosto. UNPRG. Lambayeque.
6. CIMAC - V. 2010, 2 - 6 agosto. UNSAAC. Cusco.
7. CIMAC - VI. 2012, 27 - 29 agosto. UNJBG. Tacna.
8. CIMAC - VII. 2014, 08 - 13 octubre. UNT. Trujillo.
9. CIMAC - VIII. 2016, 23 - 26 agosto, UNI. Lima.
10. CIMAC - IX. 2019, 21 - 24 agosto. UNALM. Lima.
11. CIMAC - X. 2021, 19 - 28 agosto. UNAS. Tingo María.
12. CIMAC - XI. 2023, 1 - 4 agosto. UNAS. Tingo María.
13. CIMAC - XII. En proceso; UNAP. Puno.

Además, la SPMAC ha organizado otros eventos como:

1. Seminario Nacional de Ondículas ("Wavelets") - SEWA
SEWA I. 2002, 3 - 4 junio. UNT. Trujillo.
SEWA II. 2003, 12 - 13 agosto. UNMSM. Lima.
2. Italiana Latin América Conference on Applied and Industrial Mathematics - ITLA.
2007, diciembre. UNT. Trujillo. VI - 2012. Rosario. ITLA. IV - VI.



2.1.2. Seminario Internacional de Biomatemática.

Es un evento que ha logrado posicionarse como el segundo evento emblemático pasamos a describir:

1. I Seminario de Biomatemática. 2003, 7-8 Agosto, UNMSM
2. II Seminario de Biomatemática. 2004, 11 - 13 agosto. UNMSM. Lima.
3. III Seminario Internacional de Biomatemática.
4. IV Seminario Internacional de Biomatemática. 2007, 16 - 18 agosto. UNPRG. Chiclayo.
5. V. Seminario Internacional de Biomatemática. 2009, 8 - 10 enero. UNT. Trujillo.
6. VI Seminario Internacional de Biomatemática. 2010, 4 - 8 enero. UNMSM . Lima.
7. VII Sembomat. 2011. Previniendo enfermedades con las matemáticas.
8. VIII Sembomat. 2012, 7 - 10 agosto. UNSAM. Huaraz. Perú.
9. IX Sembomat. 2013, 7 - 9 agosto. Cusco. Perú.
10. X Sembomat. 6 - 8 agosto. Tingo Maria. Perú.
11. XI Sembomat . 2015 , 6-8 agosto . Piura . Perú .
12. XII Seminario Internacional de Biomatemática. 2016, 2 - 5 agosto. Universidad de Lima. Lima.
13. XIV Seminario Internacional de Biomatemática. Primera Escuela Sembomat. 2018, 3 - 5 diciembre. Lima.
14. Coloquio Internacional de Biometría en Ciencias de la Vida. 2018, 5 - 7 diciembre. UNMSM. Lima.
15. XV Sembomat. 2020, 11 - 26 setiembre. UNMSM. Lima.
16. XVI Seminario Internacional de Biomatemática. 2021, 17 - 22 diciembre. Cusco.
17. XVII Seminario Internacional de Biomatemática. 2023, 13 - 16 diciembre. Perú.
18. XVIII Seminario Internacional de Biomatemática- En honor al Prof. Eduardo González Olivares. 2025, 20 - 21 marzo. Lima.



2.2. Auspicio de actividades en diferentes ciudades y tiempos

la SPMAC auspicia diversos eventos sobre temas afines.

- XVI Conferencia de las Américas en Dinámica no lineal (Trujillo) 2012.
- Seminario Euro Latinoamericano en Sistemas de Ingeniería para la preparación y toma de decisiones - SELASI, desde la version I, 2005 hasta su versio IV en 2012.
- Panamerican Workshop on Applied and Computational Mathematics - PANAM – desde su versio IV, 2002 - hasta la version IX en Cuba.
- Peruvian conference on Scientific Computing (PEC3)- CUZCO; 3-6 Octubre 2022
- Fast Workshop on Applied and Computational Mathematics - en la Universidad Nacional de Trujillo, desde el I FAST, Trujillo, Diciembre 2005 (UNT) hasta la actualidad, la cual se encuentra en su XIX version.
- Peruvian Conference on Scientific Computing(PEC3)- Cuzco, 3-6 Octubre, 2022.

2.3. Algunas Publicaciones

- Boletín del SPMAC, números 1 y 2, año 2021 y 2022.
- Revista Matem pli, vol 1. Nro 1 , 2002, luego dejó de editarse, porque era impresa y no había financiamiento.
- Ensayo, Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional, Libro Blanco de la RSME, 2003. Como resultado del Encuentro de Sociedades Latinoamericas de Matemática realizado del 22-25 de Setiembre del 2003 en Santiago de Compostela-España, donde se narra las actividades hechas por el SPMAC en los primeros dos años de fundación^[1]
- Libro de Resúmenes que se publica en forma digital con ocasión de cada Evneto CIMAC.

2.3.1. Asociación Institucional

La SPMAC es miembro de la The International Council for Industrial and Applied Mathematics (ICIAM) <https://iciam.org>

Esta membresía se realizó con el apoyo de Sociedades amigas como



La ASSAMASI- Asociación Argentina de Matematica aplicada computacional e industrial (siendo presidente - Domingo Tarzia).

La SIMAI – Società Italiana de Matematica applicata e Industriale (siendo presidente - Mario Primicerio)

Se logró en ingreso en 2014 y somos miembros hasta la actualidad.

Agradecemos por su lectura, y compartimos con ustedes la pagina web del SPMAC donde puede informarse y hacerse miembro de dicha institucion; <https://spmac.org>

Referencias

- [1] Rubio O. Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional. en al libro blanco de la Gaceta de la RSME, 2003: pags. 1–8
- [2] Ortiz A. La matemática aplicada, su importancia en desarrollarla en el Perú. Seleccion Matemáticas. 2025: vol 12(1):218-242.
- [3] Presentación con ocasión de los 25 años de fundación de la SPMAC, 26 de abril 2025, <https://sites.google.com/site/obidior/publicaciones>
- [4] Nuñez, Tomás. Biografía del Dr. Federico Villarreal. Rev. Ciencias de la UNMSM, Lima.
- [5] Ortiz, A. Artistas Científicos y Maestros, Lima, 1999.
- [6] Ramos Gerardo. La Universidad Peruana en el Siglo XXI, Universidad Ricardo Palma, Lima, 1999.
- [7] Samame B. Mario. Godofredo García, Discurso, Lima, 1988.
- [8] Tomas Nuñez B. : Biografia del Dr. Federico Villarreal : Revista de Ciencias. UNMSM, Lima.



Índice

1. Introducción	x
2. La Sociedad Peruana de Matemática Aplicada y Computacional. (SP-MAC)	xii
2.1. Eventos	xiii
2.1.1. Congresos Internacionales de Matemática Aplicada y Computacional – CIMAC	xiii
2.1.2. Seminario Internacional de Biomatemática.	xv
2.2. Auspicio de actividades en diferentes ciudades y tiempos	xvi
2.3. Algunas Publicaciones	xvi
2.3.1. Asociación Institucional	xvi
PLENARIA	1
Toma de decisiones multicriterio bajo incertidumbre numérica y lingüística: Yurilev Chalco Cano	1
Un problema de transmisión para la Ecuación de onda con disipación en los bordes: Yurilev Chalco Cano	2
Space-time modeling and efficient numerical solutions with multirate schemes and model order reduction applied to porous media applications: Thomas Wick	3
Uso de refugio por las presas dependiendo de la presencia de los depredadores. Su influencia en modelos de depredación de tipo Leslie-Gower: Eduardo González-Olivares	4
Energy Preserving High Order Mimetic Methods For Hamiltonian Equations: José E. Castillo	5
A review on different optimal control problems governed by elliptic variational and hemivariational inequalities with a parameter and their asymptotic behaviors: Domingo Alberto Tarzia	6
Aplicación del método Híbrido de Alto Orden para el problema de autovalores de Steklov: Rommel Bustinza Pariona	7
Bifurcaciones en un modelo SI con retroalimentación positiva débil e infertilidad parcial: Renato Benazic	8
Algunas consideraciones sobre el sistema de Boussinesq con conductividad térmica no lineal: Sebastián Lorca Pizarro	9
Modelo de optimización difusa para minimizar el costo de fertilización del cultivo de árboles frutales: Maximiliano Asís - López	10



Resolviendo Ecuaciones Diferenciales Parciales con Diferencias Miméticas: Miguel Dumett	11
¿as allá del R0: Explorando nuevas alternativas: Ignacio Barradas	12
Aprendizaje profundo y modelos matemáticos: hacia una validación basada en datos: Karina Vilches-Ponce	13
Application of Deep Learning and Reservoir Computing to Time Series Analysis in the Primary Sector: Ángel Cobo, Iñigo Altuna	14
El problema de Ambrosetti-Prodi, multiplicidad de soluciones: Marco Vinicio Calahorrano Recalde	15
Modelos socio-ecológicos basados en el turismo de naturaleza: ¿escenarios sostenibles son posibles: José G. Villavicencio	16
MINICURSOS	18
Optimización Difusa: Flabio A. Gutierrez Segura	18
Modelado Estocástico de Fenómenos Aleatorios: Teoría y Simulación Numérica con Python: Dennis Quispe Sánchez	18
Introduction to Numerical Modeling, Discretization, and Solution with Differential Equations Applied to Poro-Elasticity: Thomas Wick	19
Fundamentos y Aplicaciones de Aprendizaje Automático: Jorge Zavaleta	20
BIOMATEMÁTICA	22
A coupled mathematical model for the biological control of Dengue: Roxana López Cruz	22
Patrones de Turing en un modelo depredador-presa Leslie-Gower con difusividad heterogénea: Christian Cortés-García	23
Análisis de un modelo matemático para la detección temprana de un neumotórax: Javier Orlando Valeriano-Mamani	24
Modeling Disease Spread Under Uncertainty Using Stochastic Differential Equations with Perturbations	25
Disruption of a biological control model of malaria considering species competition: Marco Antonio Tamariz Milla	26
Analysis of the solution of the sir model for different contagian rates by the deep neural network method and Euler method: Otazu Conza Adelaida	27
Modelado para conchas de Gasterópodos mediante parametrización de superficies: Mauro Alonso Ttito Huamanhuillca	28
Sensitivity analysis of a mathematical model for the transmission and spread of cystic echinococcosis: Richard Lagos	29



ECONOMÍA MATEMÁTICA	31
Las transformaciones lineales y modelos económicos en la región Ica: Cesar Loza Rojas	31
Evaluación de Impactos Económicos mediante Derivadas Parciales: Un Enfoque Estático-Comparativo: Seminario Morales María Verónica	32
Deep Learning to Reproduce the Black-Scholes Model: Rodríguez Otazú Juan Bladimiro	33
ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES	35
On the Existence of Solutions to Active Scalar Equations: Edison Fausto Cuba Huamani	35
Mixed-VEM for the Boussinesq problem on polygonal meshes: Edgar Mauricio Munar Benitez	36
Freak wave emergence from soliton turbulence and irregular wave fields: Marcelo V. Flamarion	37
Pressure Estimation in Stenosed Arteries Using Finite Element Schemes for the Navier–Stokes Equations with Navier–Slip Conditions: Carlos Andrés Marín Ospina	38
Análisis numérico de una formulación no lineal del modelo de corrientes inducidas en términos de potenciales: Christian Camilo Gómez Mosquera . . .	40
Solución analítica y numérica de la difusión del calor en una placa en régimen estacionario: caso particular: Humberto Vargas Pichon	41
Análisis Numérico de Problemas Parabólicos Mixtos No Lineales de Tipo- $\begin{pmatrix} 0 \\ g \end{pmatrix}$: Beatriz Rojas García	42
Numerical Solution of the One-Dimensional Euler-Bernoulli Beam Equation with a Moving Load: Stability and Convergence Analysis Using the Implicit Finite Difference Method: Santos Alberto Enriquez-Remigio	44
On the first-passage time problem for jump-diffusion processes: Mario Lefebvre	45
Semi-explicit Discretization of Thermo-poroelasticity: Jochewed Schmeck . . .	45
Solution of a parabolic differential equation to model heat flow and diffusion problems: Luis Jaime Collantes	46
Learning integrability of differential equations through Sparse Identification of Lax Operators: Jimmie Adriaola	47
Formulación HHO mixta para problemas de transmisión acoplados: Jonathan Alfredo Munguia La Cotera	49
Periodic self-propulsion of a swimmer: Joris Edelmann	50



Efficient Neural Network Training in the Deep Ritz Method via Importance Sampling: Saskia Kahl	51
Efficient Neural Network Training in the Deep Ritz Method via Importance Sampling: Médard Govoeyi	51
Enfoque Variacional y Simulación Numérica a la Ecuación de Difusión no Lineal de Perona Malik: Luis Huber Venturo Orbegoso	52
EDUCACIÓN MATEMÁTICA	55
GeoGebra 3D: herramienta investigativa digital en la construcción y resolución de funciones vectoriales en estudiantes universitarios: Edison Laderas Huillcahuari	55
IA y Cálculo Simbólico y Algebraico con Python en Google Colaboratory: Recursos para la Educación Matemática Universitaria: Carlos Ramon Deudor Gomez	56
La constante siniestra en la enseñanza— aprendizaje de la matemática, en las universidades de la región Huánuco: Máximo Alfredo Dionisio Garma	57
De la Recta a las Trayectorias Ortogonales: Un Viaje Visual con GeoGebra: Eddy Olinda Ludeña Cuba	58
ESTADÍSTICA APLICADA	60
Modelo Tucker3 para evaluar el progreso de ODS 5 en los departamentos del Perú, 2018-2023: Emma N. Cambillo Moyano	60
ESTADÍSTICA APLICADA	61
Modelo de Regresión Binomial con Enlace t de Dos Piezas: Un Estudio de la Participación Laboral Femenina: Adriana Cardenas Soria	61
Una Clase Flexible de Enlaces Asimétricos en Regresión Binomial: Teoría, Estimación y Aplicaciones: Alejandro Cardenas Soria	62
Estimation of the Ultraviolet Solar Radiation Index in the city of Puno: Matías Huillca Arbieto	62
Estimating childhood anemia in Peru: A comparative study of statistical and machine learning techniques: Anthony Mamani Mamani	64
CNN-based multimodel statistical downscaling of coastal winds in the Peruvian upwelling system under SSP5-8.5 scenario: André Ruiz Ccori	65
Un nuevo algoritmo para determinar la cobertura espacial del algarrobo (<i>Neltuma piurensis</i>) por piso ecológico: caso de la cuenca del río Chira-Piura: Cristhian Aldana Yarlequé	66



COMPUTACIÓN CIENTÍFICA	69
Some Cryptosystems using Elliptic Curves: Jaime Edmundo Apaza Rodriguez .	69
Optimización Bayesiana para los Hiperparámetros de un Modelo de Aprendizaje Automatizado de Riesgo de Crédito: Walter Quispe Vargas	70
Algoritmo Gradient Boosting: Fundamentos Matemáticos y ventajas de Cat- boost en Machine Learning: Jesus Adalberto Zelaya Contreras	71
Aplicación de Algoritmos Genéticos a Problemas de Optimización y Machine Learning: Richard Javier Cubas Becerra	72
Kinetic evaluation of the Arrhenius equation for artificial ageing of polymers: David Lázaro	73
Representación del bucle while y la estructura condicional en el cálculo lambda con reducción beta estricta: Ivar Wiligran Vilca Quispe	74
Shear-induced assembly and breakup in suspensions of magnetic Janus particles with laterally shifted dipoles: Ronal A. DeLaCruz	75
Ocean Circulation Model for Southern Pacific: Thomas Hartmann	77
MODELAMIENTO MATEMÁTICO	78
Aproximación Numérica del Modelo de Combustión insitu Usando el Método de Complementariedad Mixta No Lineal: Julio César Agustín Sangay . . .	78
Métodos geométricos para la controlabilidad de modelos elásticos: Alexis Ro- driguez Carranza	79
Modelación matemática del flujo del agua subterránea del acuífero Moche: Rocío del Pilar Rojas Jara	80
Modeling Random Wave Propagation over Variable Bathymetry: A Boussinesq- Based Monte Carlo Approach: Alekza Salazar Leiva	81
Estudio espacio-tiempo de la dinámica de colisión entre dos solitones en aguas poco profundas con fondo de geometría variable usando simulaciones numéricas: Luis Antonio Navarro Guerrero	82
Application of Artificial Intelligence Techniques for Predicting PCL/Gelatin Na- nofiber Diameters in Tissue Scaffold Engineering: Reyniel Gómez González	83
Simulation of stochastic rumor propagation models in complex networks: Daniel Alexis Gutierrez	84
Una revisión sobre modelos semiteóricos y empíricos de la cinética de secado para los secadores solares: José Quiñonez Choquecota	85
Modelación de Evapotranspiración en Caña de Azúcar y su Impacto en el Dre- naje Subterráneo: Julio César Peralta Castañeda	87
Aplicativo para el análisis espectral de especies vegetales de bosque seco: Carlos Oballe Neyra	88



Evaluación espectral de la radiación solar y los rayos ultravioleta Tipo UVA y UVB, en periodo estacional lluvioso, en la ciudad de Juliaca: Pedro Yulian Puma Roque	90
Aplicación del Principio del Máximo de Pontryagin al modelo de crecimiento de Ramsey-Cass-Koopmans de dinámica no lineal: Luis Francisco Laurente Blanco	91
.	92
OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICO	94
Fuzzy Optimization Model for Decision-Making in Single Machine Construction Project Planning: Nilthon Arce Fernández	94
Método multicriterio analytic hierarchy procesos para la selección de proveedores: Santos Santiago Javez	95
Stability management–dynamic change in hierarchical organizational structures using the generalized proximal algorithm for bilevel optimization: Elsa Marisa Quispe	96
Optimización Bayesiana para los Hiperparámetros de un Modelo de Aprendizaje Automatizado de Riesgo de Crédito: Walter Quispe	97
TEMAS DIVERSOS	99
Benito Leonardo Ostos Cordero	99
TEMAS DIVERSOS	99
Teorema de Morse-Sard, Generalización en Variedades con Borde: Richar Marlon Mollinedo	99
Métodos geométricos para la controlabilidad de modelos elásticos: Alexis Rodríguez Carranza	101



Toma de decisiones multicriterio bajo incertidumbre numérica y lingüística

Yurilev Chalco Cano

ychalco@academicos.uta.cl

Departamento de Matemática, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile

Resumen

Los problemas de toma de decisiones multicriterio (TDM) se refieren a situaciones en las que es necesario tomar decisiones considerando diversos criterios o factores para seleccionar la mejor opción (donde “mejor” puede interpretarse como “la alternativa preferida” por quien toma las decisiones) entre diversas alternativas, en función del resultado deseado. Esto puede implicar elegir entre diferentes opciones con diversas ventajas y desventajas en diversas dimensiones, como el coste, la medición y el tiempo.

Un desafío que enfrentan los tomadores de decisiones es describir los criterios relevantes en los problemas de toma de decisiones con números exactos debido a las incertidumbres intrínsecas en TDM, como los generados por información numérica y vaga (difusa). La información numérica generalmente proviene de datos cuantificables como mediciones o calificaciones. Por otro lado, la información vaga puede provenir de evaluaciones cualitativas o variables inciertas.

En esta presentación, formulamos el problema de TDM bajo incertidumbre numérica y lingüística, presentamos los métodos usuales para resolverlo e introducimos un nuevo método. Finalmente damos ejemplos para ilustrar los resultados.

Referencias

- [1] CHALCO-CANO Y., COSTA T.M., BEDREGAL B., CHALCO-CANO A.G., *A new family of metrics in interval space and their applications to multicriteria decision-making theory*. IEEE Transaction on Fuzzy Systems 32, 7086-7095, 2024.
- [2] COSTA T.M. , OSUNA-GÓMEZ R., CHALCO-CANO Y., *New preference order relationships and their application to multiobjective interval and fuzzy interval optimization problems*. Fuzzy Sets Syst. 447, 108812, 2024.



- [3] PALCZEWSKIA K., SALABUN, W., *The fuzzy TOPSIS applications in the last decade*. Procedia Computer Science 159, 2294-2303, 2019.
- [4] J. WIECKOWSKI, W. SALABUNA, *How to handling with uncertain data in the TOPSIS technique?*. Procedia Computer Science 176, 2232-2242, 2020.

Dependencia espacial y diagnóstico de influencia utilizando el modelo t-Student reparametrizado

Miguel Angel Uribe Opazo

miguel.opazo@unioeste.br

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil.

Rosangela Carline Schemmer

roschemmer@hotmail.com

Parque Científico Tecnológico Biopark, Toledo, Paraná, Brasil.

Fernanda De Bastiani

fernanda.bastiani@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

Manuel Galea

manuel.galea@uc.cl

Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Resumen

Comprender y caracterizar la dependencia espacial de los datos agrícolas es de gran interés en el ámbito de la Agricultura de Precisión, especialmente en el monitoreo del suelo y en el aumento de la productividad. Modelar la estructura de dependencia espacial mediante métodos geoestadísticos resulta fundamental para estimar los parámetros que la definen y para realizar interpolaciones basadas en kriging. Este trabajo presenta técnicas de diagnóstico de influencia global y local, utilizadas para identificar la presencia de observaciones influyentes que pueden interferir en estimación de los parámetros, selección del modelo geoestadístico y elaboración de mapas de variabilidad espacial. Para el estudio de datos espacialmente correlacionados, se emplea la distribución t-Student reparametrizada, propuesta como alternativa a la distribución normal cuando los datos presentan



valores atípicos. Además, el parámetro de forma de la distribución t-Student reparametrizada está acotado y, al asumir la existencia del segundo momento finito, se viabiliza la estimación de los parámetros por máxima verosimilitud, así como la implementación de un algoritmo iterativo. La metodología desarrollada fue aplicada a un conjunto de datos reales y los resultados permiten concluir que la presencia de observaciones influyentes tiene un impacto relevante en la modificación de la estructura de dependencia espacial.

Referencias

- [1] LANGE KL, LITTLE RJA, TAYLOR, JM. . *Robust statistical modeling using the t distribution*. Journal of the American Statistical Association, 84(408):881–89, 1989.

Space-time modeling and efficient numerical solutions with multirate schemes and model order reduction applied to porous media applications

Thomas Wick

Leibniz University Hannover

Resumen

In this presentation, we propose and computationally investigate monolithic space-time multirate schemes and space-time MORE DWR (Model Order Reduction with Dual-Weighted Residual error estimates) for coupled problems. Specifically, our problem statement is the Biot system which consists of vector-valued displacements (geomechanics) coupled to a Darcy flow pressure equation. First, in multirate schemes, the novelty lies in the monolithic formulation of the multirate approach as this requires a careful design of the functional framework, corresponding discretization, and implementation. Our method of choice is a tensor-product Galerkin space-time discretization. Then, different time step sizes can be applied to the different subproblems, which allow to reduce computational cost complexities. Second, in space-time model order reduction, the MORE DWR method introduces a goal-oriented adaptive incremental proper orthogonal decomposition



(POD) based-reduced-order model (ROM). The error in the reduced goal functional is estimated during the simulation, and the POD basis is enriched on-the-fly if the estimate exceeds a given threshold. This results in a reduction of the total number of full-order-model solves for the simulation of the porous medium, a robust estimation of the quantity of interest and well-suited reduced bases for the problem at hand. We demonstrate the efficiency of our methods on the well-known two-dimensional Mandel benchmark and a three-dimensional footing problem.

Uso de refugio por las presas dependiendo de la presencia de los depredadores. Su influencia en modelos de depredación de tipo Leslie-Gower.

Eduardo González-Olivares

ejgonzal@ucv.cl

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

Alejandro Rojas-Palma

amrojas@ucm.cl

*Departamento de Matemática, Física y Estadística,
Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.*

Paulo C. Tintinago-Ruiz

pctintinago@uniquindio.edu.co

Universidad del Quindío, Colombia.

Resumen

En esta presentación mostraremos la dinámica de dos modelos depredador-presa de tiempo continuo del tipo Leslie-Gower [4, 5], considerando el uso de un refugio físico por una fracción de la población de presas [2]. Se asume que la cantidad de presas ocultas es proporcional al número de depredadores presentes en el entorno [3]. Además, suponemos que los depredadores pueden disponer de alimento alternativo o carecer de ello. Entre otras propiedades, se establecen las condiciones para la existencia de puntos de equilibrio y su estabilidad local. En particular, mostramos que el punto $(0; 0)$ desempeña un papel crucial en la dinámica del modelo, ya que genera una curva separatriz Σ que divide el comportamiento de las trayectorias en el plano de fase [1]. Las soluciones por encima de esta curva tienen el punto origen como su ω -límite. Las trayectorias con condiciones iniciales por debajo de



esta curva pueden tener un punto de equilibrio atractor o un ciclo límite estable [1]. Por lo tanto, la extinción de ambas poblaciones puede ser posible según las condiciones iniciales, o coexistir a largo plazo. Para reforzar nuestros resultados analíticos, se presentarán algunas simulaciones numéricas.

Referencias

- [1] C. CHICONE *Ordinary differential equations with applications* 2nd edition, Texts in Applied Mathematics 34, Springer, 2006.
- [2] E. GONZÁLEZ-OLIVARES, R. RAMOS-JILIBERTO, Dynamic consequences of prey refuges in a simple model system: more prey, fewer predators and enhanced stability, *Ecological Modelling* 166 (2003) 135-146.
- [3] E. GONZÁLEZ-OLIVARES, A. ROJAS-PALMA, R. LÓPEZ-CRUZ, Influencia del uso de refugios por las presas en el modelo de depredación de Volterra (Influence of the prey refuge on the Volterra predation model), *Selecciones Matemáticas* 11(1) (2024) 56-68
- [4] P. H. LESLIE, Some further notes on the use of matrices in population mathematics, *Biometrika* 35 (1948) 213-245.
- [5] P. H. LESLIE, J. C. GOWER, The properties of a stochastic model for the predator-prey type of interaction between two species, *Biometrika* 47 (1960) 219-234.

Energy Preserving High Order Mimetic Methods For Hamiltonian Equations

José E. Castillo

[orcid=0000-0001-9215-1559](https://orcid.org/0000-0001-9215-1559)

Resumen

Hamiltonian equations possess a Hamiltonian function that governs the conserved physical property for the system. Obtaining a discretization scheme that satisfies the intrinsic geometric properties of its continuum problem is often a



challenge. Spatial schemes that discretely mimic a conservation law are known to result in accurate discretizations of partial differential equations. The mimetic methods considered in this paper for spatial discretization we are considering are the work of Castillo & co-authors. These methods construct high order mimetic operators which, by construction, result in a discrete equivalent to a conservation law. These operators work on staggered spatial grids and produce even orders of accuracy at the boundaries and interiors, while avoiding the use of ghost nodes. The high order mimetic operators **D** and **G** are discrete approximations of their continuum counterpart vector calculus identities of divergence and gradient. The resulting discretizations are therefore said to mimic the underlying physics. The preservation of the spatio-temporal energy evolution requires a corresponding time integration scheme that is structure preserving, such as the staggered leapfrog scheme. The traditional leapfrog scheme, however, is limited to second order accuracy. In this work, we study the high order composition temporal methods with the mimetic operators to investigate the energy preserving aspects of Hamiltonian systems. Fourth and sixth order spatio-temporal energy preserving schemes are presented for both linear and non-linear Hamiltonian systems. The novelty of this work includes the validation of a sixth order mimetic energy preserving numerical scheme for non-linear Hamiltonian systems. Numerical examples that illustrate our findings are also presented in this work.

A review on different optimal control problems governed by elliptic variational and hemivariational inequalities with a parameter and their asymptotic behaviors

Domingo Alberto Tarzia

dtarzia@austral.edu.ar

Universidad Austral and CONICET, Rosario Argentina

Resumen

We consider an n -dimensional bounded domain D whose regular boundary consists of the union of three disjoint portions. We study different optimal control problems (distributed, boundary and simultaneous distributed-boundary) for systems governed through an elliptic variational equality or elliptic hemivariational



inequalities. For both cases, we also consider a parameter, like a heat transfer coefficient on a portion of the boundary, who tends to infinity. We prove an existence result for the three different optimal control problems, and we show the asymptotic behavior results for the corresponding optimal controls and system states.

Aplicación del método Híbrido de Alto Orden para el problema de autovalores de Steklov

Rommel Bustinza Pariona

rbustinza@udec.cl

Universidad de Concepción, Chile.

Matteo Cicuttin

matteo.cicuttin@polito.it

Politecnico di Torino, Torino, Italia.

Ariel L. Lombardi

ariel@fceia.unr.edu.ar

Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina.

Resumen

En este trabajo, discutimos la aproximación del espectro del problema de autovalores de Steklov, aplicando el método Híbrido de Alto Orden (HHO en inglés). Para esto, se adaptan las ideas descritas en un trabajo previo para aproximar el problema espectral clásico. Como es de esperar en este esquema, en este caso también se pueden eliminar las incógnitas volumétricas, introduciendo un operador discreto adecuado. Esto nos permite resolver el problema de autovalores matricial (generalizado) en el esqueleto de la malla, reduciendo el costo computacional. Esto lo hace competitivo con esquemas de elementos finitos conformes. El análisis de error a priori nos permite obtener tasas de convergencia óptimas para los valores propios y las funciones propias, cuando estas últimas son suficientemente suaves. Ejemplos numéricos, en 2D y 3D, los cuales corroboran nuestros resultados teóricos, serán incluidos en esta charla.

Referencias

- [1] BABUŠKA, I.; OSBORN, J., *Eigenvalue problems, Handbook of Numerical Analysis*, volume II of *Handb. Numer. Anal.*, North-Holland, Amsterdam, (1991), 641-787.



- [2] BUSTINZA, R.; CICCUTIN, M.; LOMBARDI, A.-L., *A hybrid high-order method for the mixed Steklov eigenvalue problem*. Numerische Mathematik, **157 (2)**, (2025), 47-475.
- [3] CALO, V.; CICCUTIN, M.; DENG, Q.; ERN, A., *Spectral approximation of elliptic operators by the Hybrid High-Order method*. Mathematics of Computation, **88 (318)**, (2019). 1559-1586.
- [4] MONK, P.; ZHANG, Y., *An HDG method for the Steklov eigenvalue problem*. IMA Journal of Numerical Analysis, **42 (3)**, (2022), 1929-1962.

Bifurcaciones en un modelo SI con retroalimentación positiva débil e infertilidad parcial

Renato Benazic

rbenazic@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Roxana López Cruz

rlopezc@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Resumen

En esta ponencia, estudiamos una extensión [López, 2023] del modelo matemático que describe la dinámica de transmisión de enfermedades con un efecto débil de retroalimentación positiva sobre la tasa de crecimiento. Este modelo SI modificado viene dado por el sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dT} = r(S + kI)^q(1 - \frac{S+I}{K}) - \beta IS, \\ \frac{dI}{dT} = \beta IS - \alpha I \\ \frac{dR}{dT} = \alpha I \end{cases}$$



en donde $S(t)$, $I(t)$ y $R(t)$ denotan, respectivamente a los individuos susceptibles, infectados y recuperados. Los parámetros usados son r (tasa de nacimiento per cápita), K (capacidad de carga),

β (tasa de incidencia), α (tasa de recuperación), q efecto de retroalimentación positivo y κ (tasa parcial de infertilidad de infectados). Nos proponemos hablar sobre la existencia, unicidad, positividad y acotación de las soluciones, así como del número de estados estacionarios del modelo, las condiciones para su estabilidad local y la existencia de bifurcaciones.

Referencias

- [1] LÓPEZ, R., Implications of the delayed feedback effect on the stability of a SIR epidemic model. *Selecciones Matemáticas*, Vol. 10, No. Extra 1, 2023, p'ags. 29-40.
- [2] THIEME, H.R., *Mathematics in population biology*. Princeton University Press. 2003.

Algunas consideraciones sobre el sistema de Boussinesq con conductividad térmica no lineal

Sebastián Lorca Pizarro

slorca@academicos.uta.cl

Universidad de Tarapacá, Arica - Chile.

Resumen

Las ecuaciones clásicas de Boussinesq modelan el transporte de calor por convección natural dentro de un fluido viscoso e incompresible, se considera un acoplamiento entre las ecuaciones de Navier-Stokes y la ecuación de termodinámica. Las ecuaciones son:

$$\begin{cases} \partial_t \mathbf{u} - \nu \Delta \mathbf{u} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \nabla p = \alpha \theta \mathbf{g} + \mathbf{f} & \Omega \times (0, T), \\ \partial_t \theta - \kappa \Delta \theta + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \theta = h & \Omega \times (0, T), \\ \operatorname{div} \mathbf{u} = 0 & \Omega \times (0, T), \end{cases} \quad (1)$$



donde $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ ($n = 2$ o 3) es un dominio acotado con frontera suave $\partial\Omega$ y $(0, T)$ un intervalo de tiempo, con $0 < T < +\infty$. Las variables desconocidas en el sistema son: $\mathbf{u} := \mathbf{u}(x, t) \in \mathbb{R}^n$, $\theta := \theta(x, t) \in \mathbb{R}$, $p := p(x, t) \in \mathbb{R}$. La velocidad del fluido está representada por $\mathbf{u}$; θ la temperatura y $p := p(x, t)$ la presión hidrostática. Las funciones $\mathbf{f}$ y h son dadas y representan fuerzas externas actuando sobre el fluido y sobre la fuente del calor respectivamente; $\mathbf{g}$ es la aceleración de la gravedad y la constante positiva α está asociada al coeficiente de expansión del volumen. Las constantes positivas ν y κ representan la viscosidad y la conductividad térmica del fluido.

Consideraremos aquí una situación mas general en la que κ es una función no negativa que depende de la temperatura. Mostraremos como esa situación presenta un desafío desde el punto de vista matemático.

Referencias

- [1] DUARTE, C.; LORCA, S.; MALLEA, E., *Existence of Weak Solutions for a Generalized Boussinesq Model in Steady-State* sometido

Modelo de optimización difusa para minimizar el costo de fertilización del cultivo de árboles frutales

Maximiliano Asís - López

masisl@unasam.edu.pe

Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Perú.

Jesús E. Espinola

jespinol@math.uc3m.es

Departamento de Matemáticas. Universidad Carlos III de Madrid

Vladimir Cáceres-Salazar

acaceress@unasam.edu.pe

Innovaciones Tecnológicas S.A.C.

Resumen



Este artículo presenta un modelo de optimización matemática basado en programación lineal difusa, diseñado para minimizar los costos de fertilización en el cultivo de árboles frutales. El desarrollo del modelo abarcó las etapas tradicionales del proceso de modelado: formulación del problema, definición de variables y parámetros, construcción del modelo matemático, resolución y análisis de resultados. La incorporación de programación lineal difusa permite gestionar la incertidumbre inherente a los requerimientos nutricionales del cultivo. La validación del modelo se llevó a cabo utilizando datos de campo. Además de optimizar los costos, el modelo promueve un uso eficiente y responsable de los fertilizantes, reduciendo su impacto negativo en el suelo y fomentando prácticas agrícolas sostenibles. Los resultados destacan el potencial de esta herramienta para mejorar la rentabilidad de los agricultores y contribuir a la gestión eficiente de recursos en la producción frutícola.

Referencias

- [1] SAHINIDIS, NIKOLAOS V., *Optimization under uncertainty: state-of-the-art and opportunities*. Computers & chemical engineering, 2004, vol. 28, no 6-7, p. 971-983.
- [2] YOUNG-JOU, LAI; HWANG, C., *Fuzzy mathematical programming: Methods and applications*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1992, vol. 394, p. 74-186.
- [3] ŽGAJNAR, JAKA; KAVČIČ, STANE. Farm management support based on mathematical programming; an example of fertilization planning. *Agroeconomia Croatica*, 2012, vol. 2, no 1, p. 8-15.

Resolviendo Ecuaciones Diferenciales Parciales con Diferencias Miméticas

Miguel Dumett

mdumett@sdsu.edu

San Diego State University, California, Estados Unidos.



Resumen

Los métodos miméticos se usan para resolver numéricamente Ecuaciones Diferenciales Parciales (EDPs). Además de procurar obtener una aproximación a la solución con cierto orden de aproximación buscan replicar algunas de las propiedades del problema continuo como simetrías, conservación de cantidades como masa, momentos, energías, etc. Diferencias miméticas es una de esas técnicas. Utiliza mallas escalonadas para representar campos escalares y vectoriales, y los análogos de los operadores diferenciales espaciales del cálculo vectorial tales como gradiente, divergencia, rotacional, y Laplaciano son obtenidos a partir de una aproximación de alto orden de la forma extendida del teorema de la divergencia de Gauss. Las representaciones matriciales de estos operadores verifican las identidades del cálculo vectorial. Además de mostrar como se escriben las versiones miméticas de las EDPs, incluyendo sus condiciones de frontera), en esta charla, también se presentará la librería de software libre llamada MOLE (Mimetic Operators Library Enhanced), desarrollada en San Diego State University, y con ella se resolverán diversas EDPs de forma simple.

Referencias

- [1] CORBINO, J. Y CASTILLO, J. E., *High-order mimetic difference operators satisfying the extended Gauss divergence theorem*, Journal of Computational and Applied Mathematics, 364, 2020.
- [2] CASTILLO, J. E. Y GRONE, R. D., *Using Kronecker products to construct mimetic gradients* SIAM J. Matrix Anal. Appl., Vol. 25, No 1., pp. 128-142, 2003.

Más allá del R0: Explorando nuevas alternativas.

Ignacio Barradas

barradas@cimat.mx

Centro de Investigación en Matemáticas, Cimat

José Geiser Villavicencio Pulido

j.villavicencio@correo.ler.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana, Lerma

Andrei Alain González Galeano



andrei.gonzalez@cimat.mx

Centro de Investigación en Matemáticas, Cimat

Resumen

La principal herramienta en el diseño de políticas de control de epidemias es el valor umbral R_0 , el cual se aplica en diagramas de bifurcación contra el nivel de equilibrio de la infección. Dado que para la obtención de dichos diagramas se requiere conocer tanto la fórmula explícita del R_0 , como una ecuación explícita para los niveles de equilibrio de las clases infectadas, se busca una alternativa que permita hacerlo con otro parámetro epidemiológicamente relevante. Tal papel lo representa el número objetivo de reproducción, lo que es siempre una alternativa calculable. Se demuestra que ambos diagramas comparten cualidades esenciales, como son, puntos de bifurcación, estabilidad y número de puntos de equilibrio, etc. Se generalizan los resultados obtenidos a una familia mucho más amplia de transformaciones, lo que permitirá en el futuro obtener los diagramas de bifurcación para cualquier modelo y diseñar políticas de control más específicas. Hacia el final se utilizan las herramientas obtenidas para estudiar un modelo epidemiológico con estructura de edad. Este capítulo es conceptualmente independiente del resto y constituye por sí mismo una aportación interesante en la comprensión de epidemias en sistemas con estructuras demográficas.

Aprendizaje profundo y modelos matemáticos: hacia una validación basada en datos

Karina Vilches-Ponce

kvilches@ucm.cl

Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Resumen

Las leyes físicas expresadas mediante ecuaciones diferenciales parciales (EDP) no lineales espacio-temporales proporcionan un marco sólido para modelar procesos biológicos complejos, como el crecimiento tumoral o la regeneración ósea. Sin



embargo, su aplicación práctica enfrenta dos grandes obstáculos: la complejidad analítica de sus soluciones, que limita el desarrollo de simulaciones robustas, y la falta de validación empírica que confirme su capacidad para representar con precisión interacciones biológicas reales, especialmente cuando los datos provienen de tecnologías avanzadas. Aunque los métodos numéricos tradicionales ofrecen cierta capacidad de simulación, tienden a fallar en escenarios realistas, como los que involucran geometrías irregulares o múltiples dimensiones. En este contexto, surgen nuevas arquitecturas de redes neuronales profundas, como las Redes Neuronales Informadas por la Física (PINNs) y las Redes Generativas (GANs), que se han desarrollado en diversos contextos, y podrían ser integradas para la validación de modelos matemáticos. Revisaremos que estas redes integran coherencia física y precisión basada en datos experimentales de alta resolución, lo que podría ser adaptado para incrementar la interpretabilidad y aplicabilidad de los modelos matemáticos. Esta presentación abordaremos los desarrollos actuales en la integración de métodos computacionales y matemáticos para la calibración, validación y mejora de modelos, y discutiremos los desafíos y oportunidades emergentes para el desarrollo de la investigación científica con una mirada interdisciplinaria.

Referencias

- [1] Kazunari Wada, Katsuyuki Suzuki, and Kazuo Yonekura. "Physics-guided training of GAN to improve accuracy in airfoil design synthesis". In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 421 (2024),
- [2] Zhongjian Wang, Jack Xin, and Zhiwen Zhang. "A DeepParticle method for learning and generating aggregation patterns in multi-dimensional Keller–Segel chemotaxis systems". In: Physica D: Nonlinear Phenomena 460 (2024), p. 134082
- [3] Han Liu, Xinyue Zhang, and Weiqiang Sun. "A physics-informed GAN framework based on model-free data-driven computational mechanics". In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 412 (2023), p. 116026.

Application of Deep Learning and Reservoir Computing to Time Series Analysis in the Primary Sector



Ángel Cobo, Iñigo Altuna

acobo@unican.es

Universidad de Cantabria, Spain

Resumen

The primary sector increasingly relies on data analysis to optimize operations and support informed decision-making. A key challenge is price forecasting, essential for producers, and distributors. However, price dynamics are highly complex due to seasonal, logistical, and climatic factors, making accurate prediction difficult.

This work explores artificial intelligence models for time series forecasting, focusing on reservoir computing as a computationally efficient alternative to traditional recurrent neural networks (RNNs), which require significant resources for training. Echo State Networks (ESNs), a type of reservoir computing model, use sparsely connected recurrent architectures with fixed weights. They offer a simpler implementation and lower computational cost compared to deep learning models commonly applied to time series analysis. The study includes comparative analyses of various neural network approaches, evaluating both predictive accuracy and computational efficiency. Results show that ESNs perform particularly well in medium-term forecasting tasks involving complex time series data. The findings highlight the potential of reservoir computing for regression problems in the primary sector, emphasizing its balance between performance and efficiency.

Referencias

- [1] LUKOSEVICIUS, M., JAEGER, H., Reservoir computing approaches to recurrent neural network training. *Computer Science Review*, 3(3), 127–149, 2009.
- [2] VERSTRAETEN, D., SCHRAUWEN, B., DHAENE, M., STROOBANDT, D., An experimental unification of reservoir computing methods. *Neural Networks*, 20(3), 391–403, 2007.

El problema de Ambrosetti-Prodi, multiplicidad de soluciones



Marco Vinicio Calahorrano Recalde

marco.calahorrano@epn.edu.ec

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

Resumen

En esta conferencia presentaremos un problema con condiciones de frontera Dirichlet no homogéneas, del tipo Ambrosetti-Prodi. En el caso presente nos interesa mostrar la existencia de al menos tres soluciones no nulas. Usaremos varias técnicas para alcanzar nuestro objetivo, esto es, las sub y super soluciones, métodos variacionales (el paso de montaña de Ambrosetti-Rabinowitz) y el método del descenso rápido.

Referencias

- [1] AMBROSETTI, A. Y PRODI, G., On the inversion of some differentiable mappings with singularities between Banach spaces. *Annali di Matematica Pura ed Applicata*, Vol. 93, 231–246, 1972.
- [2] AMBROSETTI, A. Y RABINOWITZ, P., Dual variational methods in critical point theory and applications. *Journal of Functional Analysis*, Vol. 14, 349–381, 1973.
- [3] CALAHORRANO, M. Y DOBARRO, F., Multiple solutions for inhomogeneous elliptic problems arising in astrophysics. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, Vol. 3, 217–230, 1993.
- [4] CALAHORRANO, M. Y MENA, H., Multiple solutions for inhomogeneous nonlinear elliptic problems arising in astrophysics. *Electronic Journal of Differential Equations*, Vol. 2004, 1–10, 2004.
- [5] DE FIGUEIREDO, D., On the superlinear Ambrosetti-Prodi problem. *Nonlinear Analysis theory Methods and Applications*, Vol. 8, 655–665, 1984.
- [6] REVELO, G. Y CALAHORRANO, M., Ambrosetti-Prodi type problem with non-homogeneous Dirichlet boundary conditions. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, Vol. 548, 2, 129407, 2025.



Modelos socio-ecológicos basados en el turismo de naturaleza: ¿escenarios sostenibles son posibles?

José Geiser Villavicencio Pulido

j.villavicencio@correo.ler.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Lerma, México.

Resumen

El turismo es una de la actividades económicas más rentables a nivel global. Muchos países se han esforzado por integrar la industria turística con la conservación de especies y sus hábitats. En los últimos años, el número de turistas que visitan sitios con un valor biológico alto ha incrementado, lo que incentiva la conservación de estos sitios. Sin embargo, la presencia de turistas en estos sitios conlleva tanto beneficios como perjuicios sobre la biodiversidad del sitio. La matemática con su versatilidad ha sido aplicada para comprender los efectos antropogénicos sobre la vida silvestre y sus hábitats. En esta plática, a través de modelos matemáticos mostramos que bajo ciertas condiciones de los parámetros escenarios sostenibles y/o catastróficos pueden ocurrir cuando los efectos antropogénicos derivados del turismo son moderados.

Referencias

- [1] CASAGRANDE R. Y RINALDI S., *A theoretical approach to tourism sustainability*. Ecology and society, 6 (1), 2002, 1-19.
- [2] LACITIGNOLA D., PETROSILLO I., CATALDI M. Y ZURLINI G., *Modelling socio-ecological tourism-based systems for sustainability*. Ecological Modeling, 206, 2007, 191-204.
- [3] VILLAVICENCIO-PULIDO J. G., VÁZQUEZ-HIPÓLITO V. Y GARCÍA-CRUZ J., *Catastrophic or sustainable scenarios might occur when the carrying capacities of a tourism-based socioecological system vary*. Natural Resource Modeling, 36 (2), 2023, e12365.



Optimización Difusa

Flabio A. Gutierrez Segura

flabio@unp.edu.pe

Universidad Nacional de Piura, Perú

Resumen

En los problemas de optimización, algunos parámetros y/o variables de la función objetivo y/o restricciones pueden ser imprecisos (vagos a ambiguos), este tipo de problemas pueden ser modelados y resueltos con la Optimización difusa. En este minicurso hacemos una revisión de los modelos de Optimización Difusa, los métodos de solución y algunas aplicaciones a problemas reales como problemas de inventarios, programación de tareas.

Referencias

- [1] BELLO, RAFAEL AND FALCON, RAFAEL AND VERDEGAY, JOSÉ LUIS, *Uncertainty Management with Fuzzy and Rough Sets* Springer, 2019.
- [2] FIDANOVA, STEFKA, *Recent advances in computational optimization*. Springer, 2023.

Modelado Estocástico de Fenómenos Aleatorios: Teoría y Simulación Numérica con Python

Dennis Quispe Sánchez, Obidio Rubio Mercedes

dquispe@unitru.edu.pe, orubio@unitru.edu.pe

Institución: Universidad Nacional de Trujillo, Perú



Resumen

Este curso introduce al participante en el estudio de fenómenos aleatorios mediante el modelado con ecuaciones diferenciales estocásticas (EDEs). A partir de una revisión del movimiento browniano, se presenta la necesidad de extender el cálculo clásico, introduciendo la integral y fórmula de Itô como herramientas clave. Se abordan criterios de existencia y unicidad de soluciones, y se complementa con el estudio de métodos numéricos y simulaciones en Python para ilustrar el comportamiento de sistemas estocásticos.

Referencias

- [1] HIGHAM, D., *An Introduction to the Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations*, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2021.
- [2] OKSENDAL, B., *Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications*, 6th ed., Springer, 2003.
- [3] RUBIO, O., *Ecuaciones Diferenciales Estocásticas*, Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, (sin fecha).

Introduction to Numerical Modeling, Discretization, and Solution with Differential Equations Applied to Poro-Elasticity

Thomas Wick

Leibniz Universität Hannover, Alemania

Resumen

This course is devoted to an introduction of numerical modeling of partial differential equations. In the first part, coupled systems are considered in which coupling conditions are discussed in detail. In the second part, first, weak formulations are derived. Then, the basics of discretization in time (via finite differences)



and discretization in space with Galerkin finite elements are introduced. Practical aspects will be briefly discussed as well. In the third part, numerical solution schemes will be addressed. Finally, some numerical simulations in poro-elasticity demonstrate modeling, discretization and solution schemes.

Fundamentos y Aplicaciones de Aprendizaje Automático

Jorge Zavaleta

zavaleta@pet-si.ufrj.br

Departamento de Ciencias Ambientales

Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro (UFRRJ)

Investigador de Postdoctorado en el CNPq, Brasil

Resumen

Este curso intensivo de cuatro días, con dos horas de clase por día, tiene como objetivo introducir los conceptos fundamentales de aprendizaje automático y sus aplicaciones en la matemática aplicada y computacional. Los participantes aprenderán desde conceptos básicos hasta técnicas avanzadas, centrándose en problemas prácticos e implementación en Python [5]. Se abordarán temas como aprendizaje supervisado [1] y no supervisado [3], redes neuronales [2], optimización de modelos y aplicaciones [4] en análisis de datos. Además, discutiremos los desafíos del área y las tendencias futuras del aprendizaje automático. El enfoque será interactivo, fomentando debates y ejercicios prácticos para la fijación de los conceptos estudiados. El curso está dirigido a investigadores, estudiantes y profesionales interesados en profundizar sus conocimientos en esta área.

Referencias

- [1] GERON, A., *Hands-OnMachineLearningwithScikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*, 3 ef., O'Reilly Media, Inc., 2023.
- [2] AGGARWAL, C., *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*, Springer International Publishing, 2018.



- [3] MILLSTEIN, F., *Deep Learning with Keras: Beginner's Guide To Deep Learning With Keras.*, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018.
- [4] PLANET, C., *Machine Learning with Python: A comprehensive guide to algorithms, techniques, and Practical Applications.*, Code Planet, 2025.
- [5] PINE, D., *Introduction to Python for Science and Engineering.*, CRC Press, 2024.



A coupled mathematical model for the biological control of Dengue

Roxana López Cruz

rlopezc@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Resumen

This work aims to study the dynamical behavior of a dengue epidemics model by introducing biological control. The first model represents the SEIR-SEI model of dengue epidemics and the second model corresponds to coupling a model of biological control. Controlling mosquitoes is considered by an infestation of bacteria that inhibit the transmission of dengue in humans. We determine an analytic expression of replacement ratios that depends on biological control. The results obtained show that the global stability of the disease-free equilibrium is determined by the value of a certain threshold parameter called the basic reproductive number R_0 and of the replacement ratios of the biological model R_U , R_W . The sensitivity analysis shows that the vector to human transmission rate promotes more changes to the biological control system than the other parameters. The simulation analysis of the last model shows the efficiency of the biologic control of dengue transmission.

Referencias

- [1] Pandey A, Mubayi A, Medlock J, Comparing vector host and SIR models for dengue transmission. *Mathematical biosciences* **246(2)**:252-259, 2013.
- [2] Diekmann O, Heesterbeek JAP, *Mathematical epidemiology of infectious diseases: model building, analysis and interpretation* (Vol. 5). John Wiley and Sons, 2000.
- [3] López Cruz R, A mathematical model for mosquito infestation, *Selecciones Matemáticas*, **6(01)**:14-18, 2019.



- [4] Qu Z, Xue L, Hyman JM, Modeling the transmission of Wolbachia in mosquitoes for controlling mosquito-borne diseases. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, **78(2)**:826-852, 2018.
- [5] McMeniman CJ, Lane RV, Cass BN, Fong AW, Sidhu M, Wang YF, O'Neill SL, Stable introduction of a life-shortening Wolbachia infection into the mosquito *Aedes aegypti*. *Science*, **323(5910)**:141-144, 2009.
- [6] Thieme HR. *Mathematics in population biology*. Princeton University Press, 2018.

Patrones de Turing en un modelo depredador-presa Leslie-Gower con difusividad heterogénea

Christian Cortés-García

christian.cortes@usco.edu.co

Universidad Surcolombiana, Colombia.

Juan Sebastian Salas-García

garciajuansebastian1199@gmail.com

Universidad Surcolombiana, Colombia.

Resumen

Este trabajo analiza un modelo ecológico depredador-presa tipo Leslie-Gower que incorpora una fuente de alimento alternativo para el depredador y una respuesta funcional Holling tipo II, considerando una difusividad heterogénea. Tradicionalmente, los modelos de reacción-difusión empleados en el estudio de interacciones ecológicas asumen una difusividad constante, lo cual puede ser una simplificación poco realista, ya que la movilidad de las especies varía según la región. A través del análisis de estabilidad local y global del sistema sin difusión, se determina la región donde emergen patrones de Turing bajo condiciones de difusividad homogénea. Posteriormente, al introducir una matriz de difusividad que representa la heterogeneidad espacial, se identifican nuevos patrones de Turing, distintos a los del caso homogéneo. Se concluye que la difusividad heterogénea tiene un papel crucial en la dinámica espacial del sistema, ya que da lugar a patrones más complejos que pueden entenderse como combinaciones de aquellos que se presentan bajo condiciones homogéneas.



Referencias

- [1] WANG, R. Y YANG, R., *Spatial pattern formation driven by the cross-diffusion in a predator-prey model with Holling type functional response*, Chaos, Solitons & Fractals 174 (2023) 113890.
- [2] ARANCIBIA-IBARRA, C., BODE M., FLORES G., PETTET P., Y S. A. VAN HEIJSTER LEVIN, *Turing patterns in a diffusive Holling–Tanner predator-prey model with an alternative food source for the predator*, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation 99 (2021) 105802
- [3] GAO X., ISHAG S., FU S., LI W. Y WANG W., *Bifurcation and Turing pattern formation in a diffusive ratio-dependent predator–prey model with predator harvesting*, Nonlinear Analysis: Real World Applications 51 (2020) 102962.

Análisis de un modelo matemático para la detección temprana de un neumotórax

Javier Orlando Valeriano-Mamani

javier.valeriano@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Roxana López-Cruz

rlopezc@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Resumen

Cuando se esta frente a un posible caso de neumotórax, los criterios para intervenir a una cirugía u operación se basan en gran parte en exámenes medicos como pruebas de sangre y tomografía. Los que indican una fotografía del problema real que se presenta y que tan crítico es el caso en particular. Sin embargo, no indica como seguirá complicandose la condición del pulmón involucrado, o si sera posible revertirse su estado.



Si un paciente aun no tiene la enfermedad pero sí los sintomas, tampoco podría concluirse si desarrollara un caso de neumotórax con los exámenes médicos mencionados.

En este trabajo se analizara un modelo matemático descrito en [1], en el cual se tiene una relación entre la estabilidad estructural del órgano con la estabilidad matemática del Sistema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias que se estudiara de forma analítica y numérica, apoyandonos de las técnicas descritas en [2].

Referencias

- [1] BHANDARKAR, A. R., BANERJEE, R., & SESHAIYER, P., *On the stability of lung parenchymal lesions with applications to early pneumothorax diagnosis*. Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2013.
- [2] DAVID, G., & HUMPHREY, J. D. (2003), *Further evidence for the dynamic stability of intracranial saccular aneurysms*. Journal of biomechanics, 36(8), 1143-1150.

Modeling Disease Spread Under Uncertainty Using Stochastic Differential Equations with Perturbations

Viswanathan Arunachalam

varunachalam@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Department of Statistics

Resumen

Mathematical modeling plays a fundamental role in understanding and controlling the transmission dynamics of infectious diseases within populations. In this study, we incorporate stochasticity into the modeling framework using stochastic differential equations (SDEs) with perturbation terms to capture the inherent



randomness and environmental variability affecting disease spread. We propose a stochastic epidemic model characterized by nonlinear differential equations subject to stochastic perturbations. The existence and uniqueness of a global positive solution to the system are established using stochastic analysis techniques.

Model parameters are estimated through an enhanced data assimilation approach, leveraging recent epidemiological datasets. Numerical simulations are performed to illustrate the dynamic behavior of the system under various stochastic scenarios. The model is validated against real-world data, with case studies focusing on COVID-19 and acute respiratory infections. Statistical analysis—including goodness-of-fit metrics and confidence interval estimation—confirms the robustness and predictive capability of the proposed stochastic framework.

Disruption of a biological control model of malaria considering species competition

Marco Antonio Tamariz Milla

2018825032@upc.edu.pe

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú

Resumen

Based on the proposal by Ghosh, Lashari, and Li[4], we present a mathematical model that describes the dynamics involving both human-vector interaction and predator-prey in teraction between mosquito larvae and larvivorous fish. We introduce perturbations to ac count for intraspecific competition within the human-vector interaction. For the proposed model, we establish the existence of a compact attracting set. We verify the existence and uniqueness of the disease-free equilibrium point D and the endemic equilibrium point E. Additionally, we analyze their local asymptotic stability by determining the epidemiologi cal threshold R_0 . If $R_0 \leq 1$, the disease-free equilibrium D is locally asymptotically sta ble; whereas if $R_0 > 1$, the disease-free equilibrium D becomes unstable and the endemic equilibrium E becomes asymptotically stable. Finally, the model's dynamics are



illustrated through simulations in Python, showing plots of the populations of humans, mosquitoes, larvivorous fish, and mosquito larvae, as well as phase planes with vector fields and the implications of variations in the intraspecific competition parameters on malaria dynamics.

Analysis of the solution of the sir model for different contagian rates by the deep neural network method and Euler method

Adelaida Otazu Conza

aotazu@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Resumen

In recent years, due to the pandemic, interest in the study of epidemiological models has increased, as they allow us to understand, predict, and control the spread of infectious diseases. The SIR model consists of systems of coupled non-linear ordinary differential equations. The objective of this work is to analyze the solution of the SIR model for different infection rates using the deep neural network method and the Euler method. The literature shows that, for high infection rates, the SIR model is rigid. For the analysis, the SIR model was compared for different infection rates and for the same time step. Results were obtained for low infection rates using both methods, and a numerical solution was found. For the SIR model for reproductive rates, the deep neural network method presented no problems in obtaining a solution except that the final time step is no longer a good approximation, while the Euler method requires a small time step. It is concluded that, for the SIR model for high infection rates, the Euler method must choose an appropriate time step to obtain the numerical solution, while for deep neural networks, it does not require a time step, and the computational cost is a little more expensive compared to the Euler method.

Referencias

- [1] BEZERRA MARIAS H. M., *Análise da incidência de casos de COVID-19 no estado do Rio Grande do Norte utilizando o Modelo matemático SIR*, Tesis de graduación . Instituto Federal Rio Grande do Norte Campus Macau, 2023



- [2] ILHA DA SILVA, M., CHAVES MARQUES, J., OTAZU CONZA, A., DE CEZARO, A., AND FERREIRA NICOLA GOMES, A. C., *The Stiffness Phenomena for the Epidemiological SIR Model: a Numerical Approach*, Latin- American Journal of Computing, 10(2), 32-45. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8067335>
- [3] SIRIGNANO J. AND SPILIOPOULOS K, *a deep learning algorithm for solving partial differential equations*. Journal of Computational Physics, 375, 1339-1364, 2018.

Modelado para conchas de Gasterópodos mediante parametrización de superficies

Mauro Alonso Ttito Huamanhuilca

sacredc123@gmail.com

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

Resumen

La investigación plantea un modelo matemático para describir el comportamiento de conchas de gasterópodos, cuya estructura se caracteriza por un comportamiento auto-semejante. La forma de la concha se modela desplazando una curva cerrada C a lo largo de una hélico-espiral $\mathcal{H}$, con una razón de decrecimiento equivalente a la reducción del radio $e^{\theta d}$ de una espiral logarítmica. Se hace uso de la parametrización de superficies considerando un sistema de referencia fijo; con apoyo del software de diseño Archicad se estima el valor de los parámetros y con Maple se diagrama las superficies. El modelo desarrollado consta de 22 parámetros y considera ornamentación (nervaduras, protuberancias, nódulos y espinas); permite la rotación independiente de la curva generatriz en las tres dimensiones y la variación en su forma. La aplicabilidad del modelo se refleja al modelar exitosamente 24 especies diferentes, demostrando su versatilidad en la generación de una amplia gama de formas y patrones ornamentales en conchas.

Palabras Claves: Conchas de Gasterópodos, modelado matemático, parametrización de superficies.



Referencias

- [1] Contreras-Figueroa, G., & Aragón, J. L. (2023). A Mathematical Model for Mollusc Shells Based on Parametric Surfaces and the Construction of Theoretical Morphospaces. *Diversity*, 15(3), 431.
- [2] Cortie, M. B. (1989). Models for mollusc shell shape. *South African Journal of Science*, 85, 454-460.
- [3] Moseley, H. (1838). XVII. On the geometrical forms of turbinated and discoid shells. *Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London*, 128, 351-370.
- [4] Picado, J. (2009). Seashells: the plainness and beauty of their mathematical description. *MAA Mathematical Sciences Digital Library*, 1-18.
- [5] Raup, D. M. (1966). Geometric Analysis of Shell Coiling: General Problems. *Journal of Paleontology*, 40(5), 1178–1190.

Sensitivity analysis of a mathematical model for the transmission and spread of cystic echinococcosis

Richard Lagos

richard.lagos@umag.cl

Universidad de Magallanes, Chile.

Resumen

Cystic echinococcosis is a parasitic zoonosis, involving a biological cycle between dogs, sheep, and humans. This work introduces a mathematical model to study the transmission and spread of the disease among these three groups. A sensitivity analysis of the basic reproductive number (R_0) was performed using elasticity indices to quantify the impact of parameters. The analysis revealed that the rate at which infected dogs progress to susceptible and the transmission rates between dogs and sheep are the most influential parameters affecting R_0 . These findings suggest that targeted measures, such as increasing the frequency of canine deworming, could significantly mitigate the spread of cystic echinococcosis. The elasticity-based approach provides a framework for prioritizing intervention strategies and control of this disease.



Referencias

- [1] EDMUNDO LARRIEU, CESAR M. GAVIDIA, AND MARSHALL W. LIGHTOWLERS, *Control of cystic echinococcosis: Background and prospects*, *Zoonoses and Public Health* 68(8), (2019). 889-899.
- [2] BIRHAN GETACHEW BITEW, JUSTIN MANANGO W. MUNGANGA, AND ADAMU SHITU HASSAN, *Mathematical modelling of echinococcosis in human, dogs and sheep with intervention*, *Journal of Biological Dynamics*, 16(1), (2022), 439-463.
- [3] CHACHA S. CHACHA, MUSSA A. STEPHANO, AND JACOB I. IRUNDE ET AL., *Cystic echinococcosis dynamics in dogs, humans and cattle: Deterministic and stochastic modeling* *Results in Physics*, 51, (2023).
- [4] JUAN PABLO GUTIÉRREZ-JARA, MARÍA TERESA MUÑOZ QUEZADA, AND FERNANDO CÓRDOVA-LEPE ET AL., *Mathematical model of the spread of hantavirus infection*, *Pathogens*, 12(9), (2023).
- [5] P. VAN DEN DRIESSCHE AND JAMES WATMOUGH, *Reproduction numbers and subthreshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission*, *Mathematical Biosciences*, 180(1), (2002), 29-48.



Las transformaciones lineales y modelos económicos en la región Ica

Cesar Loza Rojas

cesar.loza@unica.edu.pe

Universidad San Luis Gonzaga, Ica, Perú.

Luz Veronica Altamirano Conteña

veroacl1012@gmail.com

Universidad San Luis Gonzaga, Ica, Perú.

Resumen

En el presente estudio, se emplean funciones matemáticas en teoría económica de la región Ica, al plantearnos un problema de optimización, es decir maximización o minimización[4]; nos basamos en teoría fundamentada, técnica de investigación del tipo cualitativo. Las transformaciones lineales en espacios vectoriales de dimensión finita son representadas por matrices el cual pueden ser cuadradas y no cuadradas[3], ello nos ayuda en los planteos de nuestros problemas, pues podemos ingresar diversas variables, y así se forma un sistema finito de desigualdades lineales, en la obtención de solución se ocupa el teorema de solubilidad, haciendo un problema de programación lineal analizarla mediante dualidad en transporte, dieta, mezcla optima de producción[2]. Estos resultados se deben a las utilidades del Álgebra lineal, transformaciones lineales, matrices, programación lineal y lema de Farkas: Sea $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $b \in \mathbb{R}^m$, S es un cono convexo cerrado en $\mathbb{R}^n$ y el doble cono de S es $S^* = \{z \in \mathbb{R}^n : z^T x \geq 0, \forall x \in S\}$. Si el cono convexo $C(A) = \{Ax : x \in S\}$ está cerrado, entonces exactamente una de las dos afirmaciones siguientes es verdadera: 1. Existe un $x \in \mathbb{R}^n$ tal que $Ax=b$; $x \in S$; 2. Existe un $y \in \mathbb{R}^m$ tal que $A^T y \in S^*$ y $b^T < 0$, [1] en modelos económicos a situaciones cotidianas de nuestra región propiciando un algoritmo (optimización) en su solución y así aplicarlas a las industrias agroexportadoras, textilera, pesquería de nuestra región a fin de optimizar nuestros recursos humanos y materiales.



Referencias

- [1] ESCOBAR U, D. *Economía matemática*. Ediciones Uniandes: alfaomega colombiana. Bogotá. 2005.
- [2] GULER, O, *Foundation of Optimization*, editorial Springer.Londres. 2010.
- [3] HOFFMAN, K; KUNZE, R., *Algebra lineal*. Editorial Prentice/Hall internacional. Madrid. 1972.
- [4] HOLEY T., WIEDEMANN, A. *Analysis and Linear Algebra. An introduction for economists*. Editorial Springer. Berlin.2023.

Evaluación de Impactos Económicos mediante Derivadas Parciales: Un Enfoque Estático-Comparativo

María Verónica Seminario Morales

mseminario@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Perú.

Resumen

Las derivadas parciales son una herramienta clave para entender cómo los cambios en una variable afectan a un sistema que depende de otras variables, manteniendo constantes las demás. Esta herramienta es crucial en economía, ya que muchos fenómenos económicos dependen de múltiples factores que interactúan entre sí. Al usar derivadas parciales, podemos analizar de manera precisa cómo una variable influye sobre otras, lo que nos ayuda a tomar decisiones más informadas, especialmente cuando se trata de evaluar los efectos de distintos cambios en la economía. El análisis estático comparativo se centra precisamente en esto: cómo las variaciones en las variables exógenas (las que no dependen del modelo) afectan a las variables endógenas (las que sí dependen del modelo). Este tipo de análisis es fundamental en modelos económicos clásicos, como los de oferta y demanda y el modelo de ingreso nacional. En estos modelos, las derivadas parciales



tienen un papel central para comprender cómo interactúan las principales variables que determinan el equilibrio económico, lo que resulta fundamental para diseñar políticas que optimicen los resultados en diferentes escenarios.

Referencias

- [1] ÁVALOS, E. , *Fundamento y límite de la estática comparativa en el análisis económico. Documento de trabajo. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Económicas.* , 2013.
- [2] CHIANG, A. C., Y WAINWRIGHT, K. , *Métodos fundamentales de economía matemática* , 4a Ed. McGraw-Hill, 2006.
- [3] MARRERO PRIETO, F. , *Algunas reflexiones sobre el análisis de estática comparativa como un tema de Economía Matemática. Revista de Ciencias Sociales (Redalyc)*, 19 (56), 175-192. , 2013.

Deep Learning to Reproduce the Black-Scholes Model

Juan Bladimiro Rodríguez Otazú

juan.rodriguez@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Resumen

Deep learning have changed the landscape of artificial intelligence in the modern era. There have been several research advancements which dramatically increase the quality of projects related to artificial intelligence. These deep neural networks help developers to achieve more sustainable and high-quality results. On the other hand, one of the most discussed problems in the financial world is stock option pricing. The Black-Scholes Equation is a Parabolic Partial Differential Equation which provides an option pricing model. The present work proposes to implement, train and optimize a deep learning neural network to reproduce the Black-Scholes option pricing formula to a high degree of accuracy.



Referencias

- [1] BLACK, F. AND SCHOLES, M., *The pricing of options and corporate liabilities*. The Journal of Political Economy, v. 81, n. 3, p. 637–654, 1973.
- [2] CULKIN, R AND DAS, S. R., *Machine Learning in Finance: The Case of Deep Learning for Option Price*. Santa Clara University, 2017.



On the Existence of Solutions to Active Scalar Equations

Edison Fausto Cuba Huamani

ecubah@ime.unicamp.br

Department of Mathematics, State University of Campinas,

Rua Sérgio Buarque de Holanda, 651,

Cidade Universitária, 13083 – 859, Campinas, Sao Paulo, Brazil

Lucas C. F. Ferreira

lcff@ime.unicamp.br

Resumen

In this talk, we investigate the existence of a finite number of vortex patches for the generalized surface quasi-geostrophic (gSQG) equations with $\alpha \in [1, 2)$, focusing on configurations that may rotate uniformly, translate, or remain stationary. Using a desingularization technique, we reformulate the problem to resolve singularities arising in the point vortex limit. Assuming a nondegenerate equilibrium of the point vortices, we apply the implicit function theorem to construct time-periodic solutions to the gSQG equation, offering asymptotic descriptions of the vortex patch boundaries. Our results extend recent work by Hassainia and Wheeler [5] to $\alpha \in [1, 2)$, addressing more singular velocity fields and filling an open gap in the α range. This work is based on [3].

Referencias

- [1] V. ANGULO-CASTILLO, E. CUBA AND L. C. F. FERREIRA,, *Existence of stationary vortex patches for the gSQG in bounded domains*. arXiv preprint arXiv:2405.07427v1, 2024.
- [2] E. CUBA., *Existence of Vortex Patch Equilibria for Active Scalars Equations*, (2024) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.00236>.



- [3] E. CUBA AND L. C. F. FERREIRA., *Existence of asymmetric vortex patch for the generalized SQG equations*, SIAM J. Math. Anal., 57 (1) (2025), 118–152.
- [4] Z. HASSAINIA AND T. HMIDI., *Steady asymmetric vortex pairs for euler equations*. Discrete Contin. Dyn. Syst., 41(4):1939–1969, 2021.
- [5] Z. HASSAINIA, M. WHEELER., *Multipole Vortex Patch Equilibria for Active Scalar Equations*. SIAM J. Math. Anal., 54(6)(2022), 6054–6095.

Mixed-VEM for the Boussinesq problem on polygonal meshes

Edgar Mauricio Munar Benitez

edgar.munar@unimilitar.edu.co

Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Resumen

In this talk we introduce and analyze a mixed virtual element method (mixed-VEM) for the two-dimensional stationary Boussinesq problem. The continuous formulation is based on the introduction of a pseudostress tensor depending nonlinearly on the velocity, which allows to obtain an equivalent model in which the main unknowns are given by the aforementioned pseudostress tensor, the velocity and the temperature, whereas the pressure is computed via a postprocessing formula. In addition, an augmented approach together with a fixed point strategy is used to analyze the well-posedness of the resulting continuous formulation. We use a mixed-VEM for the scheme associated with the fluid equations in such a way that the pseudostress and the velocity are approximated on virtual element subspaces of $H(\text{div})$ and H^1 , respectively, whereas a VEM is proposed to approximate the temperature on a virtual element subspace of H^1 . Next, the corresponding solvability analysis is performed using again appropriate fixed-point arguments. Further, Strang-type estimates are applied to derive the a priori error estimates for the components of the virtual element solution as well as for the fully computable projections of them and the postprocessed pressure. The corresponding rates of convergence are also established. Finally, several numerical examples illustrating the performance of the mixed-VEM scheme and confirming these theoretical rates are presented.



Referencias

- [1] E. COLMENARES, G.N. GATICA AND R. OYARZÚA., *An augmented fully-mixed finite element method for the stationary Boussinesq problem*. Calcolo 54 (2017), no. 1, 167–205.
- [2] G. N. GATICA, M. MUNAR, AND F. A. SEQUEIRA, *A mixed virtual element method for the Navier-Stokes equations*. Math. Models Methods Appl. Sci. 28 (2018), no. 14, 2719–2762.
- [3] G. N. GATICA, M. MUNAR, AND F. A. SEQUEIRA, *A mixed virtual element method for a nonlinear Brinkman model of porous media flow*. Calcolo, 55 (2018), no. 2, Art. 21, 36 pp.
- [4] G. N. GATICA, M. MUNAR, AND F. A. SEQUEIRA, *A Mixed Virtual Element Method for the Boussinesq Problem on Polygonal meshes*. Journal of Computational Mathematics (2021) Volume 39, Issue 3 pp. 392–427

Freak wave emergence from soliton turbulence and irregular wave fields

Marcelo V. Flamarion

mvellosoflamarionvasconcellos@pucp.edu.pe
Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

Efim Pelinovsky

pelinovsky@appl.sci-nnov.ru
Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Russia
and HSE University, Russia

Ekaterina Didenkulova

edidenkulova@appl.hse.ru
Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Russia
and HSE University, Russia



Resumen

In this talk, we will begin by exploring the formation of monstrous ocean waves, which are commonly known as freak waves—which pose significant dangers to coastal areas, small vessels, and beachgoers [1, 2, 3, 4]. Interestingly, similar wave phenomena have also been observed in fields such as plasma physics and financial markets. Freak waves formation are studied using Monte Carlo simulations, either as soliton ensembles with random amplitudes—referred to as soliton turbulence—or as irregular wave fields represented by the superposition of harmonic waves with random phases. Additionally, key statistical characteristics of the wave field—such as the spectrum, moments, and distribution functions—are analyzed and discussed.

Referencias

- [1] FLAMARION, M. V. AND PELINOVSKY, E., *Evolution and statistical analysis of internal random wave fields within the Benjamin–Ono equation*. Journal of Marine Science and Engineering, 11(2023), 1853.
- [2] FLAMARION, M. V., PELINOVSKY, E. AND DIDENKULOVA, E., *Non-integrable soliton gas: The Schamel equation framework*. Chaos, Solitons & Fractals, 180(2024), 114495.
- [3] FLAMARION, M. V. AND PELINOVSKY, E., *Nonlinear random wave fields within a Boussinesq system*. Physics Letters A, 520(2024), 129677.
- [4] FLAMARION, M. V., PELINOVSKY, E. AND DIDENKULOVA, E., *Dynamics of irregular wave fields in the Schamel equation framework*. Physics of Wave Phenomena, 33(2025), 9–19

Pressure Estimation in Stenosed Arteries Using Finite Element Schemes for the Navier–Stokes Equations with Navier–Slip Conditions



Carlos Andrés Marín Ospina

cmarin@eafit.edu.co

Cristhian David Montoya Zambrano

cdmontoyaz@eafit.edu.co

Grupo de Investigación Aplicaciones Matemáticas en Ciencias e Ingeniería, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.

Resumen

Cardiovascular diseases are the leading cause of death worldwide. Accurate diagnosis of coronary stenoses requires estimating pressure drops along blood vessels, typically done through invasive procedures like fractional flow reserve (FFR). To reduce reliance on costly and invasive methods, we explore a numerical strategy that integrates phase-contrast MRI data with incompressible Navier–Stokes equations to estimate pressure drop non-invasively.

This work focuses on improving the Poisson Pressure Estimator (PPE) by incorporating variable viscosity models and Navier-slip boundary conditions, aiming for more accurate blood pressure estimations in stenosed arteries. Using finite element methods and the FEniCS software, we implement and compare several numerical schemes, including Chorin’s projection method and pressure-correction schemes with viscosity variation and Neumann lift. Our approach includes energy-based CFL conditions to ensure stability in L^2 and H^1 norms.

Preliminary results suggest that Navier-slip conditions improve pressure estimation near arterial walls, especially under complex hemodynamic scenarios. This contribution lays the foundation for future implementations of fully non-invasive computational indices similar to FFR, offering significant potential for clinical diagnostics and treatment planning.

Referencias

- [1] PLASMAN, L., DETEIX, J. Y YAKOUBI, D., *A projection scheme for Navier–Stokes with variable viscosity and natural boundary condition*. International Journal for Numerical Methods in Fluids, vol. 92, no. 12, pp. 1845–1865, 2020.
- [2] TAHAR, H. O., HAGGAR, M. S. D. Y MBEHOU, M., *On the two-step BDF finite element methods for the incompressible Navier–Stokes problem under boundary conditions of friction type*. Results in Applied Mathematics, vol. 17, 2023.



- [3] SHA, K., WANG, Y. Y XIE, C., *On the Steady Navier–Stokes system with Navier slip boundary conditions in two-dimensional channels*. Preprint disponible en arXiv:2210.15204, 2022.
- [4] MBEHOU, M., HAGGAR, M. S. D. Y TAHAR, H. O., *Stability Analysis of the Crank-Nicolson Finite Element Method for the Navier-Stokes Equations Driven by Slip Boundary Conditions*. Journal of Applied Mathematics, vol. 2022, Hindawi, 2022.
- [5] BERTOGLIO, C., NUÑEZ, R., GALARCE, F., NORDSLETTEN, D. Y OSSES, A., *Relative pressure estimation from velocity measurements in blood flows: State-of-the-art and new approaches*. International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering, vol. 34, no. 2, 2018.
- [6] LAMATA, P., PITCHER, A., KRITTIAN, S., NORDSLETTEN, D. ET AL., *Aortic relative pressure components derived from four-dimensional flow cardiovascular magnetic resonance*. Magnetic Resonance in Medicine, vol. 72, no. 4, pp. 1162–1169, 2014.
- [7] FEZZI, S., HUANG, J., LUNARDI, M., DING, D. ET AL., *Coronary physiology in the catheterisation laboratory: an A to Z practical guide*. AsiaIntervention, vol. 8, no. 2, pp. 86–109, 2022.

Análisis numérico de una formulación no lineal del modelo de corrientes inducidas en términos de potenciales

Christian Camilo Gómez Mosquera

chgomez@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Colombia.

Beatriz Rojas García

brojasg@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Colombia.

Maria José Lara Argote

laraargotemariajose@gmail.com

Universidad de los Llanos, Colombia.



Resumen

El objetivo de esta charla es analizar, desde un punto de vista matemático y numérico, una formulación de un problema transitorio de corrientes inducidas en términos de una primitiva temporal del campo eléctrico en un dominio acotado con conductores ferromagnéticos. Con este fin, se introduce un multiplicador de Lagrange para imponer la condición de libre divergencia en el dominio aislado. De este modo, se obtiene un problema parabólico degenerado no lineal en forma mixta y se demuestra su bien planteamiento. Luego, se propone un esquema completamente discreto utilizando un esquema de Euler implícito para la discretización temporal y un método de elementos finitos basado en elementos de borde y nodales para la discretización espacial. Se demuestran estimaciones de error cuasi-óptimas para la aproximación y se incluyen algunos ejemplos numéricos que confirman los resultados teóricos obtenidos.

Referencias

- [1] ACEVEDO, R., GÓMEZ, C., NAVIA, P., *Numerical analysis of nonlinear degenerate parabolic problems with application to eddy current models*, to appear in: Adv. Comput. Math. (2023).
- [2] ALONSO-RODRÍGUEZ, A., VALLI, A., *Eddy Current Approximation of Maxwell Equations: Theory, Algorithms and Applications*, MS&A. Modeling, Simulation and Applications, vol. 4, Springer-Verlag Italia, Milan, 2010.
- [3] BACHINGER, F., LANGER, U., SCHÖBERL, J., *Numerical analysis of nonlinear multiharmonic eddy current problems*, Numer. Math. 100 (4) (2005) 593–616.
- [4] BOSSAVIT, A., *Computational Electromagnetism. Variational Formulations, Complementarity, Edge Elements*, Academic Press Inc., San Diego, CA, 1998.
- [5] CAMAÑO, J., RODRÍGUEZ, R., *Analysis of a FEM-BEM model posed on the conducting domain for the time-dependent eddy current problem*, J. Comput. Appl. Math. 236 (13) (2012) 3084–3100.



Solución analítica y numérica de la difusión del calor en una placa en régimen estacionario: caso particular

Dr. Humberto Vargas Pichon

Humberto.vargas@unjbgu.edu.pe

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú

Resumen

En esta investigación se describe la difusión del calor de una placa en régimen estacionario con condiciones de frontera en dos dimensiones y, a través de un ejemplo, se presenta la Solución analítica, solución numérica e implementación computacional usando el método de Diferencias Finitas (DF) y Elementos Finitos (EF).

Palabras claves: Difusión del calor, Solución analítica, Solución numérica, Diferencias finitas, Elementos finitos

Referencias

- [1] Incropera, F. & De Witts, D. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor (4ta ed.). Prentice Hall.
- [2] Salas, R. Solución de la ecuación del calor a dos dimensiones <https://www.youtube.com/watch?v=jcPm09FgtrA>
- [3] Salas, R. Solución numérica de la Ecuación del Calor en 2-d: Método de diferencias finitas <https://www.youtube.com/watch?v=AP5wfmsVSEM>
- [4] Burden R. & Faires J. (2017). Análisis Numérico (10ma ed.). México: Cengage Learning



Análisis Numérico de Problemas Parabólicos Mixtos No Lineales de Tipo- $\begin{pmatrix} 0 \\ g \end{pmatrix}$

Beatriz Rojas García

brojasg@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Colombia.

Christian Camilo Gómez Mosquera

chgomez@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Colombia.

Maria José Lara Argote

laraargotemariajose@gmail.com

Universidad de los Llanos, Colombia.

Resumen

El estudio de problemas parabólicos mixtos es fundamental en el análisis numérico de ecuaciones en derivadas parciales. En Boffi y Gastaldi introducen los problemas de tipo- $\begin{pmatrix} 0 \\ g \end{pmatrix}$ y tipo- $\begin{pmatrix} f \\ 0 \end{pmatrix}$; los de tipo- $\begin{pmatrix} f \\ 0 \end{pmatrix}$ presentan la derivada temporal en la primera ecuación, como en el problema de Stokes no estacionario. Este trabajo aborda problemas no lineales degenerados de tipo- $\begin{pmatrix} 0 \\ g \end{pmatrix}$, proponiendo un marco abstracto para su análisis, un esquema completamente discreto considerando la no linealidad y condiciones de contorno, así como estimaciones de error. La teoría se aplica finalmente a la ecuación de calor no lineal. Se presentan resultados numéricos que corroboran los resultados obtenidos.

Referencias

- [1] BOFFI, D., GASTALDI, L., *Analysis of finite element approximation of evolution problems in mixed form*, SIAM J. Numer. Anal., 42(4):1502–1526, 2004.
doi:10.1137/S0036142903431821.
- [2] SHOWALTER, R. E., *Monotone operators in Banach space and nonlinear partial differential equations*, 1996.
- [3] BREZZI, F., FORTIN, M., *Mixed and hybrid finite element methods*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1991. ISBN 0387975829.



- [4] PARONETTO, F., *Homogenization of degenerate elliptic-parabolic equations*, Asymptot. Anal., 37(1):21–56, 2004.
- [5] RUDIN, W., *Functional Analysis*, International Series in Pure and Applied Mathematics, McGraw-Hill, 1991. ISBN 9780070542365.
https://books.google.com.co/books?id=Sh_vAAAAMAAJ.

Numerical Solution of the One-Dimensional Euler-Bernoulli Beam Equation with a Moving Load: Stability and Convergence Analysis Using the Implicit Finite Difference Method

Santos Alberto Enriquez-Remigio

santos.er@ufu.br

Instituto de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

Lucas de Melo Fazan

lucasdemelo.fazan@hotmail.com

Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

Cristina Navarro Flores

cnavarrof@uni.edu.pe

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Flor Norma Quiñonez Cuyubamba

fquinonezc@uni.edu.pe

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Resumen

In this work, the numerical solution of the one-dimensional Euler-Bernoulli equation is presented using the implicit finite difference method. The approach provides a stable and second-order convergent scheme, with stability established through Von Neumann analysis. Furthermore, the convergence rate of the method is verified computationally, along with the influence of the Dirac delta function approximation on the beam's dynamics. The moving concentrated load is modeled by the Dirac delta, and different approximations are considered to assess its



impact on the position and magnitude of the deflection. The results show that the numerical model is capable of reproducing the dynamic behavior of the beam and that the treatment of the concentrated force affects both the accuracy and stability of the solution.

On the first-passage time problem for jump-diffusion processes

Mario Lefebvre

mlefebvre@polymtl.ca

Polytechnique Montréal, Canada.

Resumen

The problem of finding the moment-generating function of the first-passage time to a given boundary for one-dimensional diffusion processes with jumps is considered. We are also interested in the expected value of the first-passage time, as well as in the probability that the process will leave the continuation region through a given side of the interval. Various cases are treated. The integro-differential equation satisfied by the moment-generating function is solved, subject to the appropriate boundary conditions. The problem of optimally controlling the jump-diffusion processes is also considered. The aim is either to minimize or maximize the expected time that the controlled process spends in the interval. The equation satisfied by the value function is derived, and particular problems are solved explicitly.

Semi-explicit Discretization of Thermo-poroelasticity



Jochewed Schmeck

jochewed.schmeck@ovgu.de

Otto-von-Guericke-University Magdeburg, Germany.

Robert Altmann

Otto-von-Guericke-University Magdeburg, Germany.

Roland Maier

Karlsruhe Institute of Technology, Germany.

Resumen

We present an approach to solve the equations of thermo-poroelasticity. This system describes the dynamics of an elastic solid, which contains pores which are filled with a liquid. The model gives a coupled system that consists of one elliptic equation, describing the elastic deformation of the solid under physical stress and two parabolic equations, for the flow and the temperature of the liquid arising from pressure gradients. Within this talk, we concentrate on the time discretization of such a system. In particular, we are interested in semi-explicit methods which decouple the equations. By considering the pressure and the temperature as one vector-valued unknown, we regain the structure of linear poroelasticity. By applying known methods for weakly coupled poroelasticity, we derive a novel partially decoupled integration scheme for thermo-poroelasticity under certain assumptions on the coupling strength.

Solution of a parabolic differential equation to model heat flow and diffusion problems

Luis Jaime Collantes Santisteban

lcollantes@unprg.edu.pe

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.



Resumen

The following initial-boundary-value problem (IBVP), where $\beta > 0, h > 0$, is solved:

$$\begin{cases} u_t = \alpha^2 u_{xx} - \beta u; & 0 < x < 1; \quad 0 < t < \infty \\ \begin{cases} u(0, t) = k_1 \\ u_x(1, t) + hu(1, t) = k_2 \end{cases}; & 0 < t < \infty \\ u(x, 0) = \sin(\pi x) + x; & 0 \leq x \leq 1. \end{cases}$$

This parabolic partial differential equation (PDE) is used to model heat flow and diffusion type problems. The boundary on the left side is specified at temperature k_1 , while on the right side is placed in contact with the surrounding medium at temperature k_2 . On the one hand, the PDE $u_t = \alpha^2 u_{xx} - \beta(u - u_0)$ describes heat flow in a rod with both diffusion $\alpha^2 u_{xx}$ along the rod and heat loss (or gain) across the lateral sides of the rod. Heat loss ($u > u_0$) or gain ($u < u_0$) is proportional to the difference between the temperature of the rod $u(x, t)$ and the surrounding medium u_0 (with β the proportionality constant). On the other hand, in chemistry, where $u(x, t)$ may stand for concentration, the PDE $u_t = \alpha^2 u_{xx} - \beta(u - u_0)$ says that the rate of change u_t of the substance is due both to the diffusion $\alpha^2 u_{xx}$ (in the x - direction) and to the fact that the substance is being created ($u < u_0$) or destroyed ($u > u_0$) by a chemical reaction proportional to the difference between two concentrations u and u_0 .

To solve the IBVP, the convective term u is first eliminated through a transformation, resulting in a PDE with non-homogeneous boundary conditions. The problem is then transformed into one with homogeneous boundary conditions. The new PDE is non-homogeneous, of the form $W_t = \alpha^2 W_{xx} + f(x, t)$, which is solved using the eigenfunction expansion method. This last PDE corresponds to the situation where the rod is being supplied with an internal heat source $f(x, t)$.

Referencias

- [1] FARLOW, S. J. , *Partial Differential Equations for Scientists and Engineers*, Dover Publications, 1993.
- [2] YOUNG, D. L., CHEN, C. W., FAN, C. M. AND TSAI, C. C., *The method of fundamental solutions with eigenfunction expansion method for nonhomogeneous diffusion equation*. Numerical Methods for Partial Differential Equations, Wiley, 2006.



Learning integrability of differential equations through Sparse Identification of Lax Operators

Jimmie Adriazola

jimmie.adriazola@asu.edu

School of Mathematical and Statistical Sciences, Arizona State University

Wei Zhu

weizhu@gatech.edu

School of Mathematics, Georgia Institute of Technology

Panayotis Kevrekidis

kevrekid@umass.edu

Department of Mathematics, University of Massachusetts, Amherst

Resumen

In this talk, we introduce a novel scientific machine learning framework for the computer assisted discovery of integrability in Hamiltonian dynamical systems. Integrability is a mathematically rich topic and often the starting point for analyzing more complex, nonintegrable equations. However, it is difficult to even recognize if a given system is integrable before investing effort into studying it. Therefore, we formulate the automated discovery of integrability in dynamical systems, specifically as a symbolic regression problem. Our approach is tested on a variety of systems ranging from nonlinear oscillators, rigid bodies, to canonical Hamiltonian PDEs. We test robustness of the framework against nonintegrable perturbations, and, in all examples, reliably confirm or deny integrability. Moreover, using a thresholded regularization to promote sparsity, we recover expected and discover new Lax pairs despite wide hypotheses on the operators. Because of this sparse identification, we also interpret our Lax pairs in the context of computer-assisted discovery of integral transform pairs for PDEs. Time permitting, we will discuss future directions for adapting our framework toward further computer-assisted discoveries in mathematical physics and their potential to build reduced-order models and digital twins of complex physical scenarios.

Referencias

- [1] J. ADRIAZOLA, W. ZHU, P. KEVREKIDIS, AND A. ACEVES., *Computer Assisted Discovery of Integrability via SILO: Sparse Identification of Lax Operators*, arXiv preprint arXiv:2503.00645, (to appear in the SIAM Journal of Applied Dynamical Systems) 2025.



Formulación HHO mixta para problemas de transmisión acoplados

Jonathan Alfredo Munguia La Cotera

jmunguial@uni.edu.pe

Instituto de Matemática y Ciencias Afines (IMCA)

Universidad de Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Rommel Andrés Bustinza Pariona

rbustinz@ing-mat.udec.cl

Centro de Investigación en Ingeniería Matemática (CIMA)

Universidad de Concepción, Concepción, Chile

Resumen

Este trabajo resuelve numéricamente una clase de problemas de transmisión lineal y no lineal elíptico, haciendo uso de una formulación variacional mixta sobre una clase de espacio de Sobolev fraccionario para tratar dominios no convexos. Se diseña un esquema numérico siguiendo la filosofía de los métodos Híbridos de Alto Orden con sus siglas en inglés (HHO), el cual posee las siguientes características: i) aproximación polinomial de orden arbitrario sobre los elementos y sus fronteras correspondiente a mallas poliédricas generales, ii) diseño de un operador discreto llamado gradiente reconstructivo local (elemento a elemento) y un término de estabilización local, que impone débilmente el salto entre los polinomios definidos en el elementos y sus respectivos bordes, iii) costo computacional barato gracias a una condensación estática, que nos permite trabajar solo sobre el esqueleto de la malla. Se realiza un análisis a priori, obteniéndose la estimación de error de las variables potenciales y de sus flujos y se muestra algunos ensayos numéricos.

Referencias

- [1] BUSTINZA, R. Y MUNGUIA-LA-COTERA, J., *Revisión del método Híbrido de Alto Orden para un problema elíptico de transmisión interior* REVCUNI, 23(1), 53–60 (2020).



- [2] BUSTINZA, R. Y MUNGUÍA-LA-COTERA, J., *A hybrid high-order formulation for a Neumann problem on polytopal meshes*. Numerical Methods for Partial Differential Equations, 36(3), 524–551 (2020).
- [3] DI PIETRO, D. A. Y DRONIOU, J., *The Hybrid High-Order Method for Polytopal Meshes: Design, Analysis, and Applications* MS&A– Modeling, Simulation and Applications, vol. 19, Springer, Cham, 2020.

Periodic self-propulsion of a swimmer

Joris Edelmann

joris.edelmann@ovgu.de

Otto-von-Guericke-University Magdeburg, Germany.

Thomas Richter

thomas.richter@ovgu.de

Otto-von-Guericke-University Magdeburg, Germany.

Resumen

A body immersed in a fluid (swimmer) can move by shifting its centre of mass. We assume that the action is periodic and that the resulting force acting on the body is zero. For simplicity, we assume that the problem has cylindrical symmetry. Considering a linear fluid-solid model, the body will exhibit oscillatory motion, but with a mean velocity of zero. This changes when nonlinearities by the Navier-Stokes equations are introduced. We aim to identify configurations that lead to large average velocities. The numerical approximation of this problem is challenging due to two problems: First, the average velocity is always orders of magnitude smaller than the amplitude of the oscillation. Second, the transition of the dynamical problem to the periodic limit, where the average can be observed with certainty, can take many iterations. The convergence is slow because it depends only on the viscous damping, and usually convergence is not monotonic. We present the numerical modeling of this problem using an ALE formulation of the fluid-solid interaction problem. We also present ideas and realizations to improve the convergence towards the periodic limit cycles.



A multi-scale approach to model sea ice in climate models

Saskia Kahl

saskia.kahl@ovgu.de

Otto-von-Guericke Universität, Germany.

Carolyn Mehlmann

carolin.mehlmann@ovgu.de

Otto-von-Guericke Universität, Germany.

Resumen

Large-scale sea-ice dynamics are typically simulated using the viscous–plastic sea-ice model in climate models. However, small-scale processes— such as fast-ice and polynya formation, or sea ice–iceberg interactions— which may influence large-scale sea-ice dynamics are typically unresolved. Although interest in these processes within the climate modelling community is growing, progress has been hindered by the absence of efficient numerical methods.

We introduce a hybrid model that extends the continuum viscous–plastic framework by incorporating subgrid-scale processes using particle mechanics. The resulting modified momentum equation is shown to be equivalent to a convex energy minimisation problem, ensuring both numerical stability and efficiency. Test cases demonstrate that the model captures small-scale dynamics within a large-scale context, offering improved representation of sea-ice behaviour in climate simulations.

Efficient Neural Network Training in the Deep Ritz Method via Importance Sampling



Médard Govoeyi

medard.govoeyi@ovgu.de

Otto-von-Guericke Universität, Germany.

Thomas Richter

thomas.richter@ovgu.de

Otto-von-Guericke Universität, Germany.

Resumen

Machinelearning provides various approaches for solving differential equations. Among them, the Deep Ritz Method is particularly suitable when the solution can be formulated as the minimizer of an energy functional. While this method is mesh-free and flexible, it often suffers from slow convergence rates, similar to Physics-Informed Neural Networks (PINNs). To address this limitation, we propose leveraging the Dual Weighted Residual (DWR) technique—commonly used in the numerical analysis of partial differential equations—to guide the selection of training data. This targeted data selection strategy aims to accelerate convergence by emphasizing regions that are most influential to the accuracy of the solution.

Enfoque Variacional y Simulación Numérica a la Ecuación de Difusión no Lineal de Perona Malik

Msc. Luis Huber Ventura Orbegoso

lhventura@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano

Resumen

En este trabajo se realizó el estudio analítico y computacional al problema de difusión no lineal de Perona Malik, esta técnica de Perona Malik es usada para el procesamiento y análisis de imágenes modeladas mediante ecuaciones diferenciales



parciales, las cuales abarcan diversas aplicaciones como: La eliminación del ruido, restauración de imágenes, la detección de bordes así también como el registro y el análisis de movimiento. Para el estudio analítico se considero un escenario estático al problema de difusión no lineal de Perona Malik, el cual garantiza la solución débil mediante el enfoque variacional y, bajo ciertas condiciones adecuadas el cual proporciona una imagen suavizada sin cambios temporales.

Sin embargo se resuelve numericamente el modelo de la ecuación de difusión no lineal anisotrópica de Perona Malik, mediante el esquema de diferencias finitas miméticas dadas en [5] [6], Esta técnica mimética preserva propiedades continuas de los operadores diferenciales del gradiente y divergencia que aparecen usualmente en ecuaciones de procesamiento y análisis de imágenes. Los experimentos numéricos obtenidos para los diferentes valores de la constante que aparece en la función de difusión con ruido gaussiano y con una varianza de (0,01) se observa que las imágenes de referencia se restauraron, mostrando una calidad aceptable en comparación con la imagen original.

Referencias

- [1] G. M. Figueiredo and V. Radulescu, *Positive solutions of the prescribed mean curvature equation with exponential critical growth*, Annali di Matematica Pura ed Applicata (1923-) (2021) 200:2213 - 2233.
- [2] T. H. Keller and M. A. Dumett, *Mimetic differences for the Perona - Malik equations*, Computational science and engineering. CSRCR2023-06.
- [3] C. Bazan, M. Abouali, J. Castillo and P. Blomgren *Mimetic finite difference methods in image processing*, Computational and Applied Mathematics. Volume 30, N. 3, pp. 701–720, 2011.
- [4] P. Perona and J. Malik *Scale space and edge detection using anisotropic diffusion*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 12(7) pp. 629–639, 1990.
- [5] J. Castillo and R. Grone *A matrix analysis approach to higher-order approximations for divergence and gradients satisfying a global conservation law*, SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications pp. 128–142, (2003).
- [6] J. Castillo and M. Yasuda *Linear systems arising for second-order mimetic divergence and gradient discretizations*, Journal of Mathematical Modeling and Algorithms pp. 67–82, (2005).



- [7] J. Carrillo and M. Dumett *Image Shock Filtering With Mimetic Differences*, Computational Science and Engineering Publication Number: CSRCR2024-04.



GeoGebra 3D: herramienta investigativa digital en la construcción y resolución de funciones vectoriales en estudiantes universitarios

Edison Laderas Huillcahuari

edison.laderas@unsch.edu.pe

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú.

Víctor Alcides Coaquira Cárdenas

victor.coaquira@unsch.edu.pe

Universidad de Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú.

Hugo Ángel Vilchez Peña

angel.vilchez@unsch.edu.pe

Universidad de Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú.

Resumen

Esta investigación evalúa el impacto del software educativo interactivo GeoGebra 3D en el fortalecimiento de las habilidades matemáticas en cálculo vectorial y en el desarrollo de competencias investigativas en estudiantes universitarios. El objetivo fue analizar cómo la integración de esta herramienta tecnológica influye en la construcción y resolución de funciones vectoriales, promoviendo un aprendizaje más significativo y participativo. Se adoptó un enfoque cuantitativo con diseño cuasi experimental, conformado por un grupo experimental ($n = 27$) y un grupo control ($n = 20$). La recolección de datos se realizó mediante cuestionarios, escalas de valoración y pruebas objetivas. Para el análisis se aplicaron técnicas de estadística no paramétrica. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, destacando una mejora notable en el desempeño del grupo experimental tras el uso de GeoGebra 3D. El estadístico U de Mann-Whitney ($U = 1.500$, $Z = -5.833$, $p < 0.000$) confirmó una diferencia altamente significativa a un nivel de confianza del 95



Referencias

- [1] ALBORNOZ TORRES, A. C., *Curvas y lugares geométricos con GeoGebra*. Instituto GeoGebra de Andalucía, 19(1), 39–51, 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3AUZ3RN>
- [2] ALSINA, Á., GARCÍA, M., & TORRENT, E., *La evaluación de la competencia matemática desde la escuela y para la escuela*. Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 55, 85–108, 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3kh1CI7>
- [3] ARIAS, F. G., *El proyecto de investigación*, 6a ed., Episteme, 2012. Disponible en: <https://bit.ly/3cTgjvg>
- [4] CALVO BALLESTERO, M. M., *Enseñanza eficaz de la resolución de problemas en matemáticas*. Revista Educación, 32(1), 123–138, 2008. <https://doi.org/10.1080/00207217008900136>

IA y Cálculo Simbólico y Algebraico con Python en Google Colaboratory: Recursos para la Educación Matemática Universitaria

Carlos Ramon Deudor Gomez

cdeudor@cientifica.edu.pe

Universidad Científica del Sur, Perú.

Resumen

Este trabajo propone una introducción accesible y aplicada al uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) combinadas con cálculo simbólico y algebraico en Python, a través del entorno gratuito y colaborativo de Google Colaboratory, con un enfoque específico en la Educación Matemática universitaria. Durante seis horas distribuidas en sesiones teórico prácticas, los participantes explorarán el uso de bibliotecas como SymPy (para álgebra y cálculo simbólico) y modelos de IA



generativa para apoyar la resolución simbólica de problemas matemáticos, la visualización y la automatización de tareas didácticas. Se abordarán estrategias para integrar estas tecnologías en la enseñanza del cálculo, álgebra y modelación, fomentando el desarrollo del pensamiento matemático y computacional en el aula. Los temas incluyen:

- Introducción a Python, Google Colab y SymPy
- Derivadas, integrales, ecuaciones y sistemas simbólicos
- Generación de contenidos didácticos con IA (textos, ejemplos, problemas, visualizaciones)
- Buenas prácticas para la integración de la IA y la computación simbólica en contextos educativos.

El trabajo mostrado está dirigido a docentes, estudiantes de licenciatura y posgrado, y profesionales interesados en renovar sus enfoques didácticos mediante el uso de tecnología abierta y reproducible. No se requiere experiencia previa en programación. Se proporcionarán cuadernos interactivos, plantillas reutilizables y ejemplos adaptables al currículo universitario. Estamos buscando fortalecer el papel de la inteligencia artificial y el cálculo simbólico como aliados en la enseñanza moderna de las matemáticas, promoviendo el uso crítico, pedagógico y ético de estas herramientas.

Referencias

- [1] MEURER, A., SMITH, C. P., PAPROCKI, M., CERTÍK, O., KIRPICHEV, S. B., ROCKLIN, M, *PeerJ Computer Science* 3ra ed., Springer, 2017.
- [2] STEWART, J., CLEGG, D. K., WATSON, S., *Calculus Early Transcendentals* 9th ed. Cengage Learning, Springer, 2020.

La constante siniestra en la enseñanza— aprendizaje de la matemática, en las universidades de la región Huánuco



Máximo Alfredo Dionisio Garma

máximo.dionisio @unas.edu.pe

Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

Resumen

El alto porcentaje de estudiantes desaprobados en matemática en el nivel universitario, es una preocupación de la comunidad educativa mundial, nacional y regional, por ello merece una especial atención, el de diagnosticar dentro de sus causas que lo originan, las actitudes que asumen los docentes en la enseñanza-aprendizaje de la matemática en las universidades de la Región Huánuco y su grado de influencia en este alto porcentaje de estudiantes desaprobados y así mismo proponer actitudes o alternativas de cambio, que debe asumir el docente, a fin de elevar el rendimiento académico y reducir el porcentaje de estudiantes desaprobados. El estudio se realizó dentro del enfoque no experimental investigación por encuesta. Se han realizado 2057 encuestas (validadas) entre docentes (45) y estudiantes (2012). A las distintas respuestas de las encuestas de estudiantes (43 interrogantes) y de docentes (80 interrogantes), se le ha aplicado frecuencias relativas y porcentuales. Los resultados y conclusiones ponen de manifiesto las actuales actitudes que utilizan los docentes, los cuales desmotivan a los estudiantes en el aprendizaje de tales cursos, estas son: No ejercen tutoría estudiantil, críticas destructivas, poca oportunidad de intervención en el aprendizaje, muestran actitudes sentimentalistas hacia los estudiantes, plantean preguntas difíciles en los exámenes, escasa utilización de los recursos informáticos, no respetan las horas programadas para la teoría y la práctica, no entregan oportunamente las calificaciones y las resoluciones de los exámenes, no motivan a los estudiantes de la importancia de la matemática en su formación profesional, siguen utilizando el mismo sistema educativo de la formación profesional que recibieron; entre otros.

De la Recta a las Trayectorias Ortogonales: Un Viaje Visual con GeoGebra

Eddy Olinda Ludeña Cuba



eludeña@unaj.edu.pe
Universidad Nacional de Juliaca, Perú.

Resumen

Esta exposición presenta un recorrido didáctico y visual por conceptos fundamentales del cálculo diferencial, culminando en la comprensión de las trayectorias ortogonales. Iniciaremos explorando la recta y su pendiente, para luego avanzar a las rectas perpendiculares y las nociones de recta tangente y recta normal a una curva, junto con la pendiente de una curva. Utilizando GeoGebra como herramienta principal, visualizaremos dinámicamente cómo estos conceptos se entrelazan.

El objetivo central es desmitificar las trayectorias ortogonales de una curva y, posteriormente, de una familia de curvas, mostrando su construcción y propiedades de forma interactiva. A través de la exploración visual en GeoGebra, los asistentes no solo comprenderán los principios matemáticos subyacentes, sino que también apreciarán la belleza geométrica de estas relaciones, facilitando un aprendizaje intuitivo y profundo de un tema esencial en diversas ramas de la ciencia y la ingeniería.

Referencias

- [1] BRONSON, R. Y COSTA, G., *Ecuaciones Diferenciales*, 3ra ed., Schaum, McGrawHill.
- [2] BRAUN, M. *Ecuaciones Diferenciales y sus aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamericano, Mexico, 1990.
- [3] ESPINOZA, E, *Ecuaciones Diferenciales*, 1ra ed., Universidad Autónoma Metropolitana, 2010.



Modelo Tucker3 para evaluar el progreso de ODS 5 en los departamentos del Perú, 2018-2023

Emma N. Cambillo Moyano

ecambillom@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Resumen

Los métodos multivariados tradicionales como el Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis Factorial (AF), Análisis Discriminante (AD), etc, denominados dentro de los últimos métodos avanzados de análisis multivariado, como métodos a dos vías pueden ser generalizados a tres vías, entre ellos se considera al método Tucker3 que se utilizará para extraer información valiosa en la evaluación del progreso de las ODS5. El análisis exploratorio de los indicadores de la ODS5, igualdad de género en el periodo 2018-2023, como un paso previo de aplicación del modelo Tucker3 permite identificar tendencias en las relaciones entre departamentos, indicadores y tiempo, mostrando la heterogeneidad que existe entre departamentos frente a los avances en el cumplimiento de las metas ODS que fomentan la igualdad de género.

Referencias

- [1] ALDÁS, J. Y URIEL, E., *Análisis Multivariante aplicado con R*, 2ª Edición. Paraninfo, 2017.
- [2] AMAYA, J., Y PACHECO, P. , *Análisis factorial dinámico mediante el método Tucker3*. Revista Colombiana de Estadística. 25 (1), 43-57, 2002.
- [3] BAUTISTA, G., *Comparación de los métodos Tucker3 y Análisis Factorial Múltiple para el análisis de datos tres vías*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- [4] BRO, *Multi-way analysis in the food industry: models, algorithms, and applications* , 1998.



- [5] GALLO, M. , *Tucker3 Model for Compositional Data. Communications in Statistics - Theory and Methods*, 44:21, 4441-4453. doi:10.1080/03610926.2013.798664, 2015.
- [6] GIORDANI, P., KIERS, H. A. L., & FERRARO, M. A. D., *Three-Way component analysis using the RPackageThreeWay*, Journal of Statistical Software, 57(7), 1–23. <https://doi.org/10.18637/jss.v057.i07>, 2014.
- [7] KIERS, H. A. L., & VAN MECHELEN, I., *Three-way component analysis: Principles and illustrative application*, Psychological Methods, 6(1),84–110. <https://doi.org/10.1037/1082-989x.6.1.84>, 2001.

Modelo de Regresión Binomial con Enlace t de dos Piezas: Un Estudio de la Participación Laboral Femenina

Adriana Cardenas Soria

acardenass3@fcpn.edu.bo

Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Resumen

En este artículo se introduce un nuevo modelo de regresión binomial con un enlace basado en la distribución t de dos piezas, el cual incorpora dos parámetros adicionales: uno para controlar la asimetría y otro para regular la presencia de colas pesadas. La función de enlace propuesta generaliza tanto el enlace probit de dos piezas como el enlace t, proporcionando una mayor flexibilidad en la especificación de modelos para datos de respuesta binaria. Se establecen las propiedades teóricas del modelo, incluyendo su definición y la expresión de la matriz de información esperada. La estimación de los parámetros se lleva a cabo mediante máxima verosimilitud, y el desempeño del modelo se evalúa utilizando datos sobre participación laboral femenina en Bolivia. La comparación con enlaces tradicionales evidencia que el modelo propuesto ofrece un mejor ajuste, según los criterios de información y el análisis de residuos. Finalmente, se discuten posibles extensiones del modelo, incluyendo su formulación bayesiana y su integración en modelos de regresión binomial generalizados.



Palabras claves: Modelo de regresión binomial, enlace t de dos piezas, asimetría, modelos flexibles, participación femenina en la fuerza laboral, colas pesadas, estimación de máxima verosimilitud.

Una Clase Flexible de Enlaces Asimétricos en Regresión Binomial: Teoría, Estimación y Aplicaciones

Alejandro Cardenas Soria

acardenass2@fcpn.edu.bo

Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Resumen

Este artículo propone una clase flexible de modelos de regresión binomial con funciones de enlace asimétricas, construidas mediante transformaciones de dos piezas aplicadas a enlaces simétricos. La propuesta incluye extensiones de los enlaces probit, logit, Cauchy, slash, Laplace y t, y admite tanto datos binomiales como binarios, mediante una formulación con variables latentes en este último caso. Se estudian propiedades teóricas relevantes, como continuidad, simetría, comportamiento límite y medidas de asimetría basadas en correlaciones entre la densidad y la función de distribución acumulada. La estimación de parámetros se realiza mediante máxima verosimilitud condicional, obteniendo expresiones para la función de puntuación y la matriz de información esperada. A través tres estudios de simulación, se evalúan el sesgo, la variabilidad, la cobertura y la capacidad de los modelos para aproximar enlaces no estándar, como el cloglog y el loglog. Finalmente, se aplican los modelos a datos reales sobre la edad de menarquia. Los resultados indican que los modelos propuestos logran ajustes superiores a los enlaces clásicos y variantes asimétricas existentes, según distintos criterios de información.



Estimation of the Ultraviolet Solar Radiation Index in the city of Puno

Matías Huillca Arbieto

mhuillca@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.

Ciro william Taipe Huaman

c.taipe@unaj.edu.pe

Universidad de Nacional de Juliaca Puno, Perú.

Fabiola Loayza torreblanca

floayza@unap.edu.pe

Universidad de Nacional del Altiplano Puno, Perú.

Resumen

The laws of radiative transfer, with certain restrictions, lead to a mathematical model, where empirical formulas are shown, subject to statistical rigor, obtaining models for the Ultraviolet Index and Global Solar Irradiance. Due to its geographical

Index in certain seasons of the year, which are harmful to the health of the population. Therefore, it is important to estimate the Index based on atmospheric and geometric factors. The data were provided by the Davis station. In the methodology, the data analysis at the winter station shows stability, since cloudless skies predominate. Likewise, an acceptable compromise between the Index and global solar irradiation is observed, with the coefficient of determination for cloudless skies in 2017, 2018, and 2019 being 0.998, 0.982, and 0.990, respectively. While the model's correlation for cloudless skies is 0.988, for partly cloudy skies in 2018, statistical indicators such as the correlation were 0.97, MBE = -1.15 %, MABE = 8.78 %, and RMSE = 12.9 %. These results indicate that the model underestimates the measurements and is classified as good for partly cloudy skies.

Referencias

- [1] CHANDRASEKHAR, *Radiative Transfer*. Dover publications, 1960.
- [2] MCKINLAY, AF Y BL DIFFEY., *Un espectro de acción de referencia para el eritema inducido por radiación ultravioleta en la piel humana*. Editado por WF Passchier y BF Bosnjakovic), págs . 83-87 . Elsevier, Ámsterdam, Países Bajos, 1987.



- [3] YANFENG, *Classification of solar radiation zones and general models for estimating the daily global solar radiation on horizontal surfaces in China*, Energy Conversion and Management, 154(September), 168–179., 2017.

Estimating childhood anemia in Peru: A comparative study of statistical and machine learning techniques

Anthony Mamani Mamani

anthony.mamani@ucsp.edu.pe

Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Daniel Alexis Gutierrez-Pachas

dgutierrezp@ucsp.edu.pe

Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Anna Sikov

asikov@uni.edu.pe

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

José Javier Cerda-Hernández

jcerdah@uni.edu.pe

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Resumen

Making accurate estimates across different geographic areas is a crucial challenge with great application potential. However, data scarcity makes it difficult to generate reliable estimates. Small Area Estimation (SAE) has emerged as an effective statistical solution to address these challenges, leveraging auxiliary information and data from related areas to enhance the accuracy of estimates, even with small sample sizes. While SAE has traditionally focused on statistical methods [1, 2], models based on machine learning algorithms have recently been incorporated. However, the low interpretability of these algorithms and their high complexity



have limited their adoption in this field. For this reason, our proposal aims to conduct a comparative analysis of the results obtained using classical statistical techniques and machine learning models. To do so, we will evaluate the estimation of childhood anemia in Peruvian districts as a case study, [3].

Referencias

- [1] SUGASAWA, S. Y KUBOKAWA, T., *Small area estimation with mixed models: a review*, Japanese Journal of Statistics and Data Science, 2020.
- [2] JIANG, J. Y RAO, J. S., *Robust Small Area Estimation: An Overview*, Annual Review of Statistics and Its Application, 2020.
- [3] CERDA-HERNÁNDEZ, J. J., SIKOV, A. Y VIDAL-VALENZUELA, L. Y., *Spatial analysis of childhood anemia in Peru, 2022: construction of district-level maps for public policy*, Salud Pública de México, 2024.

CNN-based multimodel statistical downscaling of coastal winds in the Peruvian upwelling system under SSP5-8.5 scenario

André Ruiz Ccori

victor.ruiz@upch.pe

Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

Adolfo Chamorro

achamorro@pucc.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

Resumen



Convolutional Neural Networks (CNNs) have become powerful tools for addressing complex environmental modeling problems. This study presents the application of CNN-based statistical downscaling to improve the spatial resolution of surface wind fields over the Peruvian Upwelling System, using multimodel data from the CMIP6 climate projections under the SSP5-8.5 scenario. The objective is to establish statistical relationships between coarse-resolution wind outputs (100 km) and high-resolution observations (25 km), separately modeling the zonal and meridional wind components. A set of CNN architectures was evaluated, analyzing different optimization algorithms (SGD, RMSProp, Adam), activation functions (linear, ReLU, Leaky ReLU), learning rates, and convolution types. The best results were achieved with Adam and RMSProp optimizers combined with ReLU and Leaky ReLU functions, depending on the wind component. These optimized models were applied to downscale 12 CMIP6 models across four periods: historical (1995-2014), near future (2021-2040), mid-century (2046-2065), and late century (2081-2100). Results indicate minimal and non-robust wind changes in near and mid-future projections. However, by late century, significant wind weakening (20%) and reduced wind stress curl (15%) are projected north of 8°S, especially during the summer season. These changes could have important implications for the regional upwelling system.

Referencias

- [1] BAÑO MEDINA, J., MANZANAS, R., Y GUTIÉRREZ, J. M., *Configuration and intercomparison of deep learning neural models for statistical downscaling*. Geoscientific Model Development, 13 (4), 2109–2124. doi: 10.5194/gmd-13-2109-2020. 2020.
- [2] BAÑO MEDINA, J., MANZANAS, R., CIMADEVILLA, E., FERNÁNDEZ, J., GONZÁLEZ-ABAD, J., COFIÑO, A. S., Y GUTIÉRREZ, J. M., *Downscaling multi-model climate projection ensembles with deep learning (deepesd): contribution to cordex eur-44*. Geoscientific Model Development, 15 (17), 6747–6758. doi: 10.5194/gmd-15-6747-2022. 2022.

Un nuevo algoritmo para determinar la cobertura espacial del algarrobo (*Neltuma piurensis*) por piso ecológico: caso de la



cuenca del río Chira-Piura

Cristhian Aldana Yarlequé

caldana@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Wilmer Moncada Sosa

wilmer.moncada@unsch.edu.pe

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

Yesenia Saavedra Navarro

ysaavedra@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Carlos Oballe Neyra

2014101053@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Resumen

El algarrobo piurano (*Neltuma piurensis*), soporta eventos climáticos extremos que afectan su distribución de cobertura a diferentes altitudes. El desarrollo de un algoritmo determinó la Cobertura Espacial de Algarrobo por Piso Ecológico (CEAPE) en la cuenca del río Chira-Piura-Perú. Para ello, a partir de técnicas geoestadísticas y teledetección espacial, se identificó la firma espectral del algarrobo medida con el espectrorradiómetro FieldSpec4 (FSP4) en zonas muestrales ubicadas en diferentes pisos ecológicos, validando con la prueba U de Mann-Whitney-Wilcoxon la correlación significativa de las firmas espectrales extraídas de las imágenes satelitales y las medidas con el FSP4; concluyendo que, la CEAPE disminuye en cada piso ecológico a medida que aumenta su altitud.

Referencias

- [1] ALDANA, C.; REVILLA, M.; GONZALES, J.; SAAVEDRA, Y.; MONCADA, W.; MAICELO, J. , *Spectral signatures for the identification of dry forest using Sentinel-2 images over the Lower Basin of the Chira river, Piura region.*, *Revista de Teledetección* 2020.



- [2] ALDANA, C., LLORET, J., MONCADA, W., ROJAS, J., SAAVEDRA, Y., TIRADO-KULIEVA, V., *New algorithm to determine the spatial coverage of carob (Neltuma piurensis) by ecological floor: Chira-Piura River Basin case*. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 36, 2024.



Some Cryptosystems using Elliptic Curve

Jaime Edmundo Apaza Rodriguez

jaime.rodriguez@unesp.br

Universidade Estadual Paulista- UNESP

Resumen

In this work we will discuss and compare some Cryptosystems based on Elliptic Curves. And why use Elliptic Curves in Cryptography? The main reason is that they provide equivalent security to classical systems using fewer bits. For example, in [1] it was estimated that a key size of 4096 bits for the RSA system provides the same level of security as 313 bits in a system using Elliptic Curves. This means that the implementation for systems with Elliptic Curves requires smaller chips, lower power consumption, among other factors. In [4], the authors performed an experiment on a small portable device (3Com's Palm Pilot) larger than a smart card but smaller than a laptop. They found that generating a 512-bit RSA key takes 3.4 minutes, while generating a 163-bit key in the ECC-DSA system takes 0.597 seconds. Although certain procedures, such as signature verification, were slightly faster for RSA, Elliptic Curve methods such as ECC-DSA offer greater speed in many situations.

Referencias

- [1] BLAKE I. F., SEROUSSI G. AND SMART N. P, *Elliptic Curves Cryptography*, Vol. 265 of London Mathematical Society Lecture Notes Series, Cambridge University Press, Cambridge, 2000. Springer, 2002.
- [2] WASHINGTON L. C., *Elliptic Curves Number Theory and Cryptography*, CRC Press A Chapman and Hall, Book 2008.



- [3] THE ORACLE DIFFIE-HELLMAN ASSUMPTION AND AN ANALYSIS OF DHIES, Topics in Cryptology - CT RSA, vol. 2020 of Lectures Notes in Computer Science, Springer, Berlin, 2001, pp. 143-158.
- [4] THE DECISION DIFFIE-HELLMAN PROBLEM, In Algorithm number theory (portland OR, 1998), vol. 1423 of Lectures Notes in Computer Science, pp. 48-63, Springer-Verlag, Berlin, 1998.

Optimización Bayesiana para los Hiperparámetros de un Modelo de Aprendizaje Automatizado de Riesgo de Crédito

Walter Quispe Vargas, PhD.

wquispev@continental.edu.pe

Universidad Continental sede Cusco, Perú.

Resumen

La optimización Bayesiana ha emergido como una técnica poderosa para el ajuste de hiperparámetros en modelos de *Machine Learning*, especialmente en el contexto de aplicaciones financieras, donde la precisión y la eficiencia son cruciales. Este trabajo explora la implementación de la optimización Bayesiana para ajustar los hiperparámetros de un modelo de riesgo de crédito (*Probability of Default*) de clasificación supervisada, usando el algoritmo de XGBoost. Presentamos una comparación de rendimiento entre la optimización Bayesiana y métodos tradicionales como búsqueda en cuadrículas y búsqueda aleatoria, demostrando que la primera ofrece una mejora en términos de precisión y tiempo de cómputo. Además, analizamos el impacto de diferentes configuraciones de hiperparámetros sobre la capacidad de predicción de XGBoost en un conjunto de datos reales. Este enfoque representa una herramienta eficiente y precisa para la toma de decisiones en el sector financiero, proporcionando modelos que se adaptan mejor a la variabilidad inherente.



Referencias

- [1] Hutter, F., Kotthoff, L., & Vanschoren, J. (2019). *Automated Machine Learning: Methods, Systems, Challenges*. Springer.
- [2] Wang, X., Jin, Y., Schmitt, S., & Olhofer, M. (2023). *Recent advances in Bayesian optimization*. ACM Computing Surveys, 55(13s), 1-36.
- [3] Bellini, T. (2019). *IFRS 9 and CECL Credit Risk Modelling and Validation: A Practical Guide with Examples Worked in R and SAS*. Academic Press.

Algoritmo Gradient Boosting: Fundamentos Matemáticos y ventajas de Catboost en Machine Learning

Jesús Adalberto Zelaya Contreras

jesus.zelaya@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Carlos Alberto Peña Miranda

cpenam@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Resumen

Este artículo presenta una visión general sobre el algoritmo Gradient Boosting, enfocándose especialmente en CatBoost, una de las variantes más destacadas. Se explica el principio fundamental de Gradient Boosting, un método iterativo que combina modelos débiles (como árboles de decisión) para minimizar una función de pérdida mediante el gradiente negativo. Además, se analiza el fundamento matemático detrás de este algoritmo y su implementación en CatBoost, que destaca por su capacidad para manejar eficientemente variables categóricas sin necesidad de transformaciones complicadas. Finalmente, se discuten las principales ventajas de CatBoost, como su velocidad de entrenamiento, su manejo de grandes volúmenes de datos y su capacidad para reducir el sobreajuste, lo que lo convierte en una herramienta poderosa para diversas aplicaciones de machine learning.



Referencias

- [1] BREIMAN, L., *Random forests*, Machine Learning, 45, 5-32, 2001.
- [2] DOROGUSH, A. V., ERSHOV, V., Y GULIN, A., *Catboost: gradient boosting with categorical features support*, arXiv preprint arXiv:1810.11363, 2018. <https://arxiv.org/abs/1810.11363>. doi: 10.48550/arXiv.1810.11363.
- [3] MENARD, S., *Applied logistic regression analysis*, Thousand Oaks: Sage Publications, 2002.
- [4] PROKHORENKOVA, L., GUSEV, G., VOROBEV, A., DOROGUSH, A. V., & GULIN, A., *Catboost: Unbiased boosting with categorical features*, arXiv preprint, v5, 2019. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.09516>.

Aplicación de Algoritmos Genéticos a Problemas de Optimización y Machine Learning

Richard Javier Cubas Becerra

rcubas@cientifica.edu.pe

Universidad Científica del Sur, Perú

Resumen

Los algoritmos genéticos (AG) son una metaheurística evolutiva inspirada en la selección natural, ampliamente utilizada en problemas complejos de optimización. Su capacidad para explorar espacios de búsqueda de alta dimensionalidad y adaptarse a funciones no lineales los hace útiles en matemática aplicada y aprendizaje automático. En este trabajo se presentan los fundamentos teóricos de los AG y su aplicación en optimización de hiperparámetros, selección de características y diseño de arquitecturas en machine learning. Mediante casos de estudio recientes, se muestra cómo los AG mejoran la precisión y eficiencia de modelos supervisados y no supervisados, superando en algunos contextos a técnicas clásicas. Finalmente, se discuten tendencias como la hibridación con metaheurísticas y algoritmos cuánticos, junto a desafíos en escalabilidad y generalización.



Referencias

- [1] LONDE, M. A., PESSOA, L. S., ANDRADE, C. E., & RESENDE, M. G. C (2024), *Biased Random Key Genetic Algorithms*. A Review. *European Journal of Operational Research*, 321(1), 1–22.
- [2] AZEVEDO, B. F., ROCHA, A. M. A. C., & PEREIRA, A. I. (2023), *Hybrid approaches to optimization and machine learning methods: a systematic literature review* *Machine Learning*, 112, 681–718.
- [3] SILVA, G., LEITE, A., NETO, D., GONCALVES, J., & ROCHA, H. (2023), *BRKGA with Local Search Applied to the Maximum Diversity Problem*. *Mathematics*, 11(14), 3072.
- [4] BARATCHI, M., WANG, C., LIMMER, S., VAN RIJN, J. N., & HOOS, H. (2024), *Integrating Machine Learning and Genetic Algorithms to Optimize Building Design*. *Sustainability*, 16(21), 9324.

Kinetic evaluation of the Arrhenius equation for artificial ageing of polymers

David Lázaro, María Gonzalez-Alvear, Maria Pereda, Ángel Cobo

lazarod@unican.es

Universidad de Cantabria, Spain

Eugenia Morgado, Miguel Á. Jimenez,

Concejo de Seguridad Nuclear, Spain

Resumen

Artificial ageing of polymers is a crucial and complex issue, especially considering that critical infrastructures such as nuclear power plants have lifespans varying from 40 to 60 years or even more. A proper artificial ageing can allow to establish lifetime of polymers maintaining its properties. Nevertheless, a unified validated methodology to artificially ageing materials is still lacking.



One of the most extended methodologies for the artificial ageing of polymers is the Arrhenius methodology [1]. This methodology is based on the application of the Arrhenius equation, which is widely employed in the study of thermal decomposition reactions. Nevertheless, the Arrhenius methodology requires the estimation of activation energy, and the lack of a unified method leads to variation in results obtained through different approaches [2]. Furthermore, Arrhenius ageing methodology assumes that kinetic parameters remain constant during the artificial ageing period.

The present work aims to analyse the hypothesis of constant kinetic parameters during ageing. This has been assessed through the study of a new and artificially aged PVC samples, evaluating the kinetic parameters using various methods based on thermogravimetric analysis.

Referencias

- [1] GILLEN, K.; CELINA, M. ,CLOUGH, R., Limitations of the Arrhenius methodology, SANDIA National Laboratories, 1998
- [2] VYAZOVKIN, S.; BURNHAM, A. K.; CRIADO, J. M.; PÉREZ-MAQUEDA, L. A.; POPESCU, C.; SBIRRAZZUOLI, N., ICTAC Kinetics Committee recommendations for performing kinetic computations on thermal analysis data, Thermochimica Acta, 520 (2011)

Representación del bucle while y la estructura condicional en el cálculo lambda con reducción beta estricta

Ivar Wiligran Vilca Quispe

ivilca@est.unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Resumen

En el presente trabajo de investigación se muestran algunas representaciones del bucle “while” y condicionales de programas estructurados o imperativos en



forma de expresiones lambda, para lo cual se usa la estrategia de reducción β estricta que siempre evalúa el argumento de una abstracción lambda, encontrándose que las condicionales se representan haciendo uso de combinadores $\mathbf{K} \equiv \lambda xy.x$ y $\mathbf{K}_* \equiv \lambda xy.y$ formándose una expresión condicional que decide si retorna una u otra expresión. La representación del bucle while es mediante los nuevos combinadores **while** $\equiv \mathbf{Y} (\lambda y.\lambda t.\mathbf{L}_j(\lambda u.u(yt))t)$ y $\mathbf{L}_j \equiv \lambda fl.(\lambda x_1\dots x_j.f(lx_1\dots x_j))$, estos combinadores junto al combinador de punto fijo $\mathbf{Y} \equiv UU$ forman una expresión que se inserta así mismo y a su argumento dentro de si mismo creando así un bucle.

Referencias

- [1] PEYTON-JONES, S. Y WADLER, P., *Imperative functional programming*. Proceedings of the 20th ACM SIGPLAN-SIGACT symposium on Principles of programming languages, Pág. 71-84, 1993.
- [2] SCOTT, P., OBUA, S. Y FLEURIOT, J., *Compiling Purely Functional Structured Programs*. University of Edinburgh, ArXiv, 2017.
- [3] RICCIOTTI, W., STOLAREK, J., PERERA, R. Y CHENEY, J., *Imperative Functional Programs that Explain their Work* Proc. ACM Program. Lang., University of Edinburgh, 2017.
- [4] SESTOFT, P., *Demonstrating lambda calculus reduction*. The essence of computation: complexity, analysis, transformation, Springer, Pág. 420-435, 2002.
- [5] HINDLEY R. Y SELDIN J., *Lambda-Calculus and Combinators: An Introduction*. Cambridge University Press, 2008.

Shear-induced assembly and breakup in suspensions of magnetic Janus particles with laterally shifted dipoles

Ronal A. DeLaCruz-Araujo

ronal.delacruz@unat.edu.pe

Department of Civil Engineering, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Huancavelica, Perú.



Joysy R. Tafur-Ushiñahua

joysy.tafur@upr.edu

Department of Chemical Engineering, University of Puerto Rico- Mayaguez, PR 00681, USA.

Ubaldo M. Córdova-Figueroa

ubaldom.cordova@upr.edu

Department of Chemical Engineering, University of Puerto Rico- Mayaguez, PR 00681, USA.

Resumen

We use Brownian dynamics simulations to study the shear-induced assembly and breakup of aggregates in dilute suspensions of magnetic Janus particles with laterally shifted dipoles. By systematically displacing the magnetic dipole from its geometric center, given by the dipolar shift s , and the strength of magnetic interactions relative to flow- and Brownian-induced forces, given by the Péclet number Pe and the dipolar coupling constant λ , respectively, distinct aggregation regimes are revealed. At low dipolar shifts ($s \leq 0,1$) and low Pe , shear-enhanced diffusion promotes particle collisions, leading to faster aggregation of particles forming loop-like clusters that align with the flow. As Pe increases, these structures fragment into smaller aggregates and eventually disperse into gas-like arrangements. In contrast, particles with medium dipolar shifts ($s \geq 0,2$) exhibit significant stability, forming compact vesicle- and micelle-like assemblies that resist shear-induced breakup even at high Pe , provided λ is sufficiently large. The transition to gas-like dispersion occurs when hydrodynamic and Brownian torques on the particles overcoming the torques resulting from the interparticle interactions. These findings provide fundamental insights into the non-equilibrium self-assembly of anisotropic colloids, offering a framework for designing advanced materials with tunable microstructural properties in microfluidics, drug delivery, and magnetorheological applications.

Referencias

- [1] DE LA CRUZ-ARAUJO, R. A., BELTRAN-VILLEGAS D. J., LARSON R. G., C´ORDOVAFIGUEROA U. M. , *Langmuir*, 2018, Vol. 34, 1051-1060.
- [2] SATOH A., *Introduction to molecular-microsimulation for colloidal dispersions*, Elsevier, 2003.



Ocean Circulation Model for Southern Pacific

Thomas Hartmann

thomas.hartmann@thu.de

University of Applied Sciences Ulm, Germany.

Ernst P. Stephan

wick@ifam.uni-hannover.de

Leibniz University Hannover, Germany.

Thomas Wick

wick@ifam.uni-hannover.de

Leibniz University Hannover, Germany.

Resumen

We consider the primitive equations of the ocean circulation model for the southern pacific, which consists of the time-dependent Navier-Stokes equations in the β -plane coupled with the temperature transport equation. The El Niño phenomenon is simulated by the action of given wind stresses on the ocean surface. We present an approximation scheme with Crank-Nicolson finite differences in time, and in space we take inf-sup stable Galerkin finite elements for the Navier-Stokes part and bilinear elements for the temperature. We solve the resulting, nonlinear monolithic discrete system by Newton's method. Numerical experiments are given which show the practicability of our approach.

Referencias

- [1] LIONS, T., TEMEM, R. AND WANG, S., *On the equations of the large-scale ocean*. Nonlinearity Interdisciplinary and Applied Mathematics, Vol.5, Springer, 1992.
- [2] RUBIO, O., NORIEGA, R., *A Mathematical Model for Oceanic Circulation at "El Niño" Phenomenon* Selecciones Matemáticas Vol. 05(02) 2018, p.249-264.
- [3] WICK, T., *Solving Monolithic Fluid-Structure Interaction Problems in Arbitrary Lagrangian Eulerian Coordinates with the deal.II Library*, Archive of Numerical Software, Vol. 1, p.1-19., 2013.



Aproximación Numérica del Modelo de Combustión insitu Usando el Método de Complementariedad Mixta No Lineal

Julio César Agustín Sangay

julio.agustin@upn.edu.pe

Universidad Privada del Norte-Trujillo, Perú

Alexis Rodriguez Carranza

alexis.rodriguez@upn.edu.pe

Universidad Privada del Norte-Trujillo, Perú.

Resumen

En este trabajo se estudia un método numérico que permite aproximar la solución de un modelo de combustión in situ. Se utiliza el método de complementariedad mixta no lineal, el cual es una variante del método de Newton para sistemas no lineales, basado en un esquema de diferencias finitas implícitas y un algoritmo de complementariedad (FDAMNCP). Este enfoque ofrece convergencia global, a diferencia del método de Newton clásico y del método de diferencias finitas, que solo aseguran convergencia local. El modelo de combustión in situ puede reformularse como un problema de complementariedad mixta, lo que permite aplicar esta técnica de forma eficiente. Finalmente, se presenta una comparación con el método FDA-NCP, evaluando su desempeño y precisión en simulaciones numéricas.

Referencias

- [1] BRUINING J., MARCHESIN D., and VAN DUIJN C.J. Steam injection into watersaturated porous rock. Computational e Applied Mathematics, 22(3):359-395, 2003.
- [2] CHAPIRO, G. ; MAZORCHE, S. R. ; HERSKOVITS, J. ; ROCHE, J. R. . Solution of the Non-linear Parabolic Problems using Nonlinear Complementarity Algorithm (FDA-NCP). Mecánica Computacional, v. XXIX, p. 2141-2153, 2010



- [3] DAKE L.P. Fundamentals of reservoir engineering. Elsevier, 1983.
- [4] HERSKOVITS J., MAZORCHE S. A feasible directions algorithm for nonlinear complementarity problems and applications in mechanics, Structural and Multidisciplinary Optimization, Feb 2009, vol 37, pp. 435-446.
- [5] STRIKWERDA, J. C. Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Philadelphia, EE. UU.: Society for Industrial and Applied Mathematics, SIAM., 2004.

Métodos geométricos para la controlabilidad de modelos elásticos

Alexis Rodriguez Carranza

alexis.rodriguez@upn.edu.pe

Universidad Privada del Norte, Perú

Julio César Agustín Sangay

julio.agustin@upn.edu.pe

Universidad Privada del Norte, Perú

Resumen

En la presente charla mostraremos algunos resultados sobre controlabilidad de modelos elásticos: Onda, cáscaras. Exploraremos las condiciones geométricas para alcanzar la controlabilidad y generalizamos, usando geometría Riemanniana, para objetos más abstractos. Estas ideas serán usadas para obtener la controlabilidad de un modelo elástico tipo Naghdi con disipación localizada[1]

Referencias

- [1] ALEXIS R. CARRANZA, *Exponential stability of the energy in Naghdi shell model with localized internal dissipation and internal exact controllability*, Journal of Mathematical Analysis and Applications, Volume 537, Issue 1, 2024.
- [2] PENG-FEI YAO, *Modeling and Control in Vibrational and Structural Dynamics A Differential Geometric Approach*. (2011) by Taylor Francis Group, LLC.



Modelación matemática del flujo del agua subterránea del acuífero Moche

Rocío del Pilar Rojas Jara

rrojasja@unitru.edu.pe

Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Obidio Rubio Mercedes

orubio@unitru.edu.pe

Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Resumen

En este trabajo se presentará una descripción detallada de los principales componentes que caracterizan al acuífero Moche, entre los cuales, sus materiales y las diferentes capas que lo conforman, su permeabilidad, conductividad hidráulica, transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Se define el dominio de trabajo del acuífero, sus condiciones iniciales y de contorno, así como sus principales recargas y descargas, según el informe técnico del INRENA, 2005. Las características del acuífero Moche conllevan a adoptar una ecuación tridimensional transiente del flujo del agua subterránea que describe los niveles piezométricos de un acuífero libre y saturado. Se realizarán las primeras simulaciones en el caso unidimensional más simple usando la biblioteca deal II de C++.

Referencias

- [1] BRUINING J., MARCHESIN D., and VAN DUIJN C.J. Steam injection into watersaturated porous rock. Computational e Applied Mathematics, 22(3):359-395, 2003.
- [2] BEAR, J , Hydraulics of Groundwater, McGraw-Hill, 1972. Mecánica Computacional, v. XXIX, p. 2141-2153, 2010
- [3] INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (INRENA), Estudio hidrológico del valle Moche, 2005.



- [4] SCHWARTZ, F. W. Y ZHANG, H., Fundamentals of Groundwater., 2nd ed., John Wiley and Sons, 2024.
- [5] VELASCO, A. Y CAPILLA, J. E., Hydrogeological characterization and assessment of anthropic impacts in the Lower Piura Sub-basin Aquifer in Peru. Hydrogeology Journal, 27(8), 2755-2773, 2019.

Modeling Random Wave Propagation over Variable Bathymetry: A Boussinesq-Based Monte Carlo Approach

Alekza Salazar Leiva

asalazarl@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú

Marcelo V. Flamarion

mvellosoflamarionvasconcellos@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú

Resumen

The accurate prediction of coastal wave behavior under extreme events is essential for disaster risk management, especially in regions like the Peruvian coast, which lies in the seismically active Pacific Ring of Fire. This ongoing research aims to develop a numerical framework for wave modeling that incorporates both a random initial free surface and fixed but variable bathymetry, using a Boussinesq-type system. Our approach combines Monte Carlo simulations with a pseudo-spectral numerical method in MATLAB to assess how initial surface randomness interacts with complex seabed profiles—such as canyons or reefs—and impacts wave statistics. Building on the methodology of Flamarion and Peli novsky (2024), which focused on random waves over flat bottoms, this study extends the analysis to more realistic coastal geometries. The goal is to quantify the sensitivity of wave evolution to uncertainty in the initial conditions and to explore its implications for tsunami modeling and early-warning systems. Preliminary implementation is underway, and simulations with synthetic wave spectra (Goda, 2010) are currently being tested.



Referencias

- [1] FLAMARION, M.V., & PELINOVSKY, E. (2024)., *Nonlinear random wave fields within a Boussinesq system*. Physics Letters A, 520, 129677.
- [2] GODA, Y. (2010), *Random Seas and Design of Maritime Structures*. World Scientific.

Estudio espacio-tiempo de la dinámica de colisión entre dos solitones en aguas poco profundas con fondo de geometría variable usando simulaciones numéricas

Luis Antonio Navarro Guerrero

p880301542@unitru.edu.pe

Universidad Nacional De Trujillo, Perú.

Ronal Abel De La Cruz Araujo

ronal.delacruz@unat.edu.pe

Universidad de Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú.

Resumen

Se simula numéricamente la colisión por adelantamiento entre dos solitones hidrodinámicos que se propagan en un canal rectangular, poco profundo y con fondo irregular. Se adopta como modelo de evolución la ecuación tipo Korteweg-de Vries de Karczewska-Rozmej, que incorpora efectos no lineales y topográficos. La resolución se efectúa mediante el esquema de Crank-Nicolson semi implícito. Se considera como condición inicial un par de solitones de distinta amplitud propagándose hacia la derecha bajo condiciones periódicas. Los resultados muestran la conservación de forma y amplitud tras la interacción, y la aparición de trenes de ondas residuales atribuidos a la variación del fondo. El comportamiento observado valida la capacidad del modelo para describir procesos de colisión en entornos no ideales.



Referencias

- [1] Cheng, S., y Liu, H. , Weakly nonlinear waves over the bottom disturbed topography: Korteweg–de Vries equation with variable coefficients., European Journal of Mechanics-B/Fluids, 2023
- [2] Karczewska, A. y Rozmej, P., Shallow-water soliton dynamics beyond the Korteweg–de Vries equation., Physical Review E., 2018
- [3] Manukure, S., y Booker, T. , A short overview of solitons and applications., Partial Differential Equations in Applied Mathematics, 2021

Application of Artificial Intelligence Techniques for Predicting PCL/Gelatin Nanofiber Diameters in Tissue Scaffold Engineering

Reyniel Gómez González

reyniel@tesla.cujae.edu.cu

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría

Cosme Rubio-Mercedes

cosme@uems.br

Mato Grosso do Sul State University

Resumen

A scaffold in tissue engineering is a three-dimensional support structure for the growth of cells that will be in charge of the regeneration of damaged tissues [1]. Scaffolds have been manufactured by the electrospinning technique, a process whose result depends upon the variables used in its production, such as the composition of the polymer solution and the machine parameters (voltage, polymer solution flow and distance from the needle to the collector) [2]. The morphology and properties of the resulting matrix vary, but the diameter of the fibers is crucial to determine its mechanical and biological properties. Artificial Intelligence (AI)



models, specifically artificial neural networks and decision trees, were implemented to model the complex relationship between input and output variables using the PYTHON and KNIME platforms. Comparing the performance of both models allows us to identify the best predictive approach for manufacturing scaffolds with the specific characteristics required for their particular application in tissue engineering, highlighting their relevance in the manufacture of bio-materials.

Referencias

- [1] LIU, W. AND ZHAO, L. AND WANG, C. AND ZHOU, J., *Conductive nanomaterials for cardiac tissues engineering.*, Engineered Regeneration 1 (2020) 88–94.
- [2] GIL-CASTELLA, O. AND BADIAA, J. D. AND ONTORIA-OVIEDO, I. AND CASTELLANO, D AND SEPÚLVEDA, P AND RIBES-GREUS, A., *Polycaprolactone/gelatin-based scaffolds with tailored performance: in vitro and in vivo validation*, Materials Science and Engineering C 107 (2020) 110296.

Simulation of stochastic rumor propagation models in complex networks

Daniel Alexis Gutierrez-Pachas

dgutierrezp@ucsp.edu.pe

Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Rosmery Violeta Quispe Zavala

rvquispe@ucsp.edu.pe

Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Jenny Laura Callo Huayna

jcalloh@unsa.edu.pe

Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

Pablo Martín Rodríguez

pablo@de.ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.



Resumen

The rapid spread of fake news on social media impacts various forms of rumors, including social dynamics, marketing strategies, and political discourse. Therefore, it is crucial to understand the mechanisms of rumor propagation to predict their influence and mitigate their adverse effects. Since rumor propagation is a stochastic process, it is crucial to model it mathematically [1, 2], simulate it computationally, and subsequently evaluate scenarios that mitigate its impact. These models are addressed in the literature only theoretically, that is, as adaptations of the classic models, expressed in terms of differential equations and Markov chains. However, few studies comprehensively address rumor models in complex networks, that is, from both theoretical and practical perspectives, [3]. Our proposal focuses on this comprehensive approach using advanced mathematical and computational foundations. Additionally, we incorporate computational simulations to identify key features of the diffusion process, offering valuable insights into how an individual's behavior influences the process of rumor diffusion in complex networks.

Referencias

- [1] DALEY, D. J. Y KENDALL D. G., *Stochastic Rumours*, IMA Journal of Applied Mathematics, 1965.
- [2] MAKI, D. Y THOMPSON, M, *Mathematical Models and Applications: With Emphasis on the Social, Life, and Management Sciences*, Prentice-Hall, 1973.
- [3] GOMEZ, L.M., V. V. Y RODRIGUEZ, P. M., *The impact of effective participation in stopping misinformation: an approach based on branching processes*, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2024.

Una revisión sobre modelos semiteóricos y empíricos de la cinética de secado para los secadores solares

Jose Quiñonez Choquecota

josequch@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano, Perú.



Resumen

El secado solar se ha convertido en una tecnología muy importante para la producción agrícola sostenible, brindando una alternativa más limpia y eficiente a los métodos tradicionales conocidos como secado al sol abierto. Esta revisión se ocupa de los modelos matemáticos semiteóricos y empíricos utilizados para caracterizar la cinética de secado de un producto agrícola mediante el uso de secadores solares. El modelado es fundamental para desarrollar, aumentar la eficiencia del secado, analizar y predecir el rendimiento de diferentes tipos de sistemas de secado. Las técnicas de modelado matemático se utilizan para probar el comportamiento de secado de los cultivos en el laboratorio o en situaciones reales de uso. Interviene como una herramienta práctica entre científicos e investigadores. Antes de la fabricación del sistema de secador solar, las técnicas de modelado son de gran ayuda en la simulación de diferentes tipos de sistemas de secado solar. Por lo tanto, el análisis basado en técnicas de modelado no solo caracteriza el secado del producto, sino que también ahorra la inversión de capital en la implementación de secadores solares. Se identificó los principales modelos existentes y sus aplicaciones.

Referencias

- [1] S. VIJAYAN, T. V. ARJUNAN, AND A. KUMAR, *Exergo-environmental analysis of an indirect forced convection solar dryer for drying bitter melon slices*, Renewable Energy, vol. 146, pp. 2210-2223, 2020.
- [2] G. THERE AND R. SHARMA,, *Comprehensive Review of Design and Technological Advancements across Various Types of Solar Dryers*. Energy Engineering, vol. 121, no. 10, pp. 2851-2892, 2024.
- [3] H. S. EL-MESERY, A. I. EL-SEESY, Z. HU, AND Y. LI, *Recent developments in solar drying technology of food and agricultural products: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 157, 2022.
- [4] T. R. F. SINUHAJI, S. SUHERMAN, H. HADIYANTO, A. ARDAN, AND S. RAHMAWATI, *Evaluation and comparison of drying models in open sun drying and photovoltaic and LPG burner assisted hybrid solar drying system*, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, vol. 11, 2025.
- [5] N. I. ROMÁN-ROLDÁN, *A current review: Engineering design of greenhouse solar dryers exploring novel approaches*. Sustainable Energy Technologies and Assessments, vol. 73, 2025.



- [6] O. PRAKASH, V. LAGURI, A. PANDEY, A. KUMAR, AND A. KUMAR, *Review on various modelling techniques for the solar dryers*. *enewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 62, pp. 396-417, 2016.
- [7] O. NNAMCHI, *Solar dryers: A review of mechanism, methods and critical analysis of transport models applicable in solar drying of product*. *Green Energy and Resources*, vol. 3, no. 2, 2025.
- [8] Y. MOHANA, R. MOHANAPRIYA, T. ANUKIRUTHIKA, K. S. YOHA, J. A. MOSES, AND C. ANANDHARAMAKRISHNAN, *Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances*. *Solar Energy*, vol. 208, pp. 321-344, 2020.
- [9] R. PRAKASH, A. GNANASEKARAN, M. RENGASAMY, AND K. RAJARAM, *A review on recent developments in natural convective solar dryer for agricultural products: Methods, collector design, influencing factors, performance and challenges*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 215, 2025.
- [10] V. GOEL, *Solar drying systems for Domestic/Industrial Purposes: A State-of-Art review on topical progress and feasibility assessments*. *Solar Energy*, vol. 267, 2024.

Modelación de Evapotranspiración en Caña de Azúcar y su Impacto en el Drenaje Subterráneo

Julio César Peralta Castañeda

jperaltac@unitru.edu.pe

Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Resumen

Este estudio desarrolla un modelo integrado para cuantificar el impacto de la evapotranspiración (ET) en cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) sobre la dinámica del agua subterránea en regiones semiáridas. Combinando enfoques teóricos y computacionales, se implementaron los modelos de Penman-Monteith y Hargreaves en Python, validándolos con observaciones de campo en el



Valle del Cauca (Colombia). Los resultados revelaron que: 1) Una subestimación del 20 % en la ET conduce a un incremento del 35 % en la extracción de agua subterránea, y 2) La resistencia estomática (r_s) es el parámetro más sensible en el modelo, con un error relativo del 12 % cuando se desprecian sus variaciones diurnas. Se derivó una ecuación de flujo subterráneo acoplada a la ET, resolviéndola numéricamente en C mediante diferencias finitas. El modelo demostró alta precisión (RMSE = 0.82 mm/día para Penman-Monteith) y provee herramientas para optimizar políticas de riego sostenible.

Referencias

- [1] ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., & SMITH, M., *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*, FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO. 1998.
- [2] ANDERSON, M. C., ZOLIN, C. A., SENTELHAS, P. C., & HAIN, C. R., *The Evaporative Stress Index as an indicator of agricultural drought in Brazil: An assessment based on crop yield impacts* Remote Sensing of Environment, 210, 275-287. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.014>, 2018.
- [3] MONTEITH, J. L., *Evaporation and environment*. Symposia of the Society for Experimental Biology, 19, 205-234. 1965.
- [4] ZHAO, W., SÁNCHEZ, N., LU, H., & LI, X., *Remote sensing of terrestrial evapotranspiration: A review of methods using thermal infrared, optical and microwave data* Remote Sensing, 12(18), 3031. <https://doi.org/10.3390/rs12183031>, 2020.

Aplicativo para el análisis espectral de especies vegetales de bosque seco

Carlos Oballe Neyra

2014101053@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.



Wilmer Moncada Sosa

wilmer.moncada@unsch.edu.pe

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

Cristhian Aldana Yarlequé

caldana@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Yesenia Saavedra Navarro

ysaavedra@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Edwin Saavedra Navarro

esaavedran@unf.edu.pe

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

Resumen

El análisis espectral de especies vegetales es fundamental para comprender el estado y evolución de ecosistemas como el bosque seco. En este contexto, se desarrolló un entorno computacional que permitió explorar y comparar firmas espectrales individuales y múltiples, facilitando la identificación, caracterización morfológica y clasificación de especies a partir de fichas técnicas y sensoramiento remoto en trabajos de campo. El cálculo de indicadores biofísicos relacionados con vegetación, humedad y contenido de agua, se obtuvieron a partir de datos estructurados en función de valores de reflectancia obtenidos dentro de rangos específicos del espectro electromagnético, utilizando el espectraloradiómetro FieldSpec4. La implementación combinó principios de diseño de software, algoritmos de programación para distribuir funciones y objetos interactivos, cálculos matemáticos para los indicadores y una métrica de distancia espectral, constituyendo una herramienta versátil para investigadores en biología, geofísica, ciencias ambientales y afines.

Referencias

- [1] GONZALES, J., ALDANA, C., MONCADA, W., SAAVEDRA, Y., PALACIOS, C., ALDANA, W., CHARCAPE, J., GÁLVEZ, L., CORREA, V., *Enfoque espectral de especies vegetales del bosque seco en la región Piura*, Fondo Editorial Universidad Nacional de Frontera 2024.



Evaluación espectral de la radiación solar y los rayos ultravioleta Tipo UVA y UVB, en periodo estacional lluvioso, en la ciudad de Juliaca

Pedro Yulian Puma Roque

py.puma@unaj.edu.pe

Universidad Nacional de Juliaca, Perú.

Resumen

Este estudio tiene como objetivo analizar la irradiancia UVA y UVB durante el periodo lluvioso, utilizando un espectrorradiómetro MS-711N en el campus universitario de Ayabaca, específicamente en la Escuela Profesional de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Juliaca, ubicada en las coordenadas -15.4094307, -70.090659. El análisis se centró en las variaciones de la radiación solar en el rango espectral de 300 nm a 1100 nm, con especial énfasis en los rangos de UVA (315-400 nm) y UVB (300-315 nm). La metodología empleada para la recolección de datos consistió en el uso del espectrorradiómetro MS-711N, que registra la irradiancia en intervalos de un minuto. Los datos fueron procesados mediante un script en Python que permitió filtrar y analizar los datos en función de un rango horario de mayor radiación (10:00 a 14:00 horas), utilizando herramientas como pandas y numpy para la manipulación de los datos. Los resultados fueron exportados a un archivo Excel y posteriormente visualizados mediante Origin Pro 8.5 para identificar patrones y tendencias. Los resultados obtenidos mostraron que la irradiancia en la región estudiada presenta una alta variabilidad durante los meses de lluvia, con fluctuaciones en los niveles de irradiancia debido a la cobertura nubosa. Mientras que la irradiancia UVA se mantiene más constante, la UVB presenta una mayor sensibilidad a las variaciones en la nubosidad. Estos hallazgos son cruciales para la optimización de sistemas fotovoltaicos en la zona, dado que las condiciones meteorológicas impactan directamente en la generación de energía solar. Este estudio ofrece una visión más clara sobre los patrones de radiación solar en Ayabaca, proporcionando datos valiosos para la carrera de Energías Renovables, en particular para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica.



Referencias

- [1] Muñoz, S., Casanca Oscorima, L., & Ronaldo, M. (2022). *Solución tecnológica de monitoreo de radiación UV para la prevención de enfermedades cutáneas a través de un wearable* [Tesis de licenciatura]. Repositorio Académico. <http://hdl.handle.net/10757/661148>
- [2] Orlando, I., Tuya, C., & Ejecutiva, P. (2015). *Radiación Ultravioleta-B, Vulnerabilidad y Riesgos en el Verano*. Ministerio del Ambiente - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Perú.
- [3] Organización Mundial de la Salud. (2022, junio 21). *Radiación ultravioleta*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
- [4] Li, F., Peng, S., Chen, B., & Hou, Y. (2010). A meta-analysis of the responses of woody and herbaceous plants to elevated ultraviolet-B radiation. *Acta Oecologica*, 36(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.09.002>
- [5] Liu, X., Hurren, C. J., & Wang, X. (1988). Compression Properties of Wool and Alpaca Fibres, (4).
- [6] Lonsberry, B. B., Wyles, E., Goodwin, D., Casser, L., & Lingel, N. (2008). Diseases of the Cornea. En *Clinical Ocular Pharmacology* (pp. 483–547). <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7576-5.50031-8>

Aplicación del Principio del Máximo de Pontryagin al modelo de crecimiento de Ramsey-Cass-Koopmans de dinámica no lineal

Luis Francisco Laurente Blanco

flaurentebianco@gmail.com

Universidad Nacional del Altiplano, Perú

Resumen



En el presente trabajo se describe la evolución dinámica no lineal de una economía en función de las decisiones óptimas de consumo y ahorro bajo el modelo de crecimiento neoclásico de Ramsey-Cass-Koopmans (RCK). El modelo se formaliza como un problema de control óptimo continuo. La solución se obtiene aplicando el Principio del Máximo de Pontryagin permitiendo caracterizar las condiciones de primer orden mediante un sistema EDO no lineales de tiempo continuo. Mediante una calibración empírica con datos del Perú se simulaban distintos escenarios de crecimiento tecnológico. Los resultados señalan que la trayectoria de largo plazo del capital y consumo per cápita es altamente sensible a la evolución de la productividad. En el escenario base ($PTF=1.6\%$), ambas variables siguen sendas crecientes y estables. En el escenario de estancamiento tecnológico ($PTF=0\%$) la economía converge a un equilibrio estacionario sin crecimiento sostenido. Por el contrario, el escenario de aceleración tecnológica ($PTF=2.5\%$) conduce a trayectorias más dinámicas generando bienestar económico en el tiempo. Los hallazgos de simulación permiten visualizar los equilibrios de estado estacionario y trayectorias bajo diferentes condiciones estructurales, aportando evidencia numérica de la relevancia de la tecnología como motor del crecimiento endógeno.

Referencias

- [1] PONTRYAGIN, L. S., BOLTYANSKII, V. G., BAMKRELIDZE, R. V., AND MISHCHENKO, E. F. , *The Mathematical Theory of Optimal Processes*, Wiley, 1962
- [2] RAMSEY, F. P. , *A Mathematical Theory of Saving*. The Economic Journal, <https://doi.org/10.2307/2224098>, 1928.

Modeling Evapotranspiration Dynamics in a Packed Bed of Vegetal Matrix under Pulsed Flow during Relaxation Phase

Alfredo Palomino Infante

rpalominoi@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Sergio Luque Mamani

sluquem@posgrad.incc.br



Laboratório Nacional de Computação Científica - LNCC, Brasil.

Leighton Estrada Rayme

rayme.leighton.2025@fgv.edu.br

Escola de Matemática Aplicada da Fundação Getúlio Vargas (FGV/EMAp), Brasil.

Juan C. Woolcott Hurtado

j Woolcott@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Héctor Gómez Ramírez

hgomezr@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Resumen

Evapotranspiration plays a crucial role in various environmental and agricultural applications, including green roofs, living walls, and soil-plant-atmosphere systems. This study focuses on the development of an evapotranspiration model for a packed bed of vegetal matrix subjected to pulsed flow during the relaxation phase. The relaxation phase is characterized by a sudden cessation or reduction of flow, allowing the system to relax and redistribute water. A mathematical model is proposed to capture the dynamics of evapotranspiration during this phase, taking into account the complex interactions between the vegetal matrix, water, and the environment of the stressed packed bed. The model uses a modified form of the classical Penman's equation, incorporating dimensionless numbers to further evaluate the pulsing flow parameters within the packed bed. This study contributes to the understanding of evapotranspiration processes in complex systems and informs the development of more efficient essential oil isolation strategies via pulsed steam flow.

Keywords: *evapotranspiration, packed bed, vegetal matrix, pulsed flow, relaxation phase, essential oils, mathematical modeling.*

Referencias

- [1] CHEN, Y., & ZHANG, X. 2023. *Dynamic Modeling of Evapotranspiration in Intermittently Irrigated Green Infrastructure: Effects of Pulsed Water Supply on Plant Water Uptake and Soil Moisture*. Agricultural and Forest Meteorology, 342, 109731. DOI: 10.1016/j.agrformet.2023.109731.
- [2] LI, W., KUME, T., & STAVI, I. 2024. *Evapotranspiration Dynamics in Engineered Vegetation Systems: Modeling the Role of Pulsed Irrigation and Substrate Properties*. Journal of Hydrology, 630, 130645. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.130645.



Fuzzy Optimization Model for Decision-Making in Single Machine Construction Project Planning

Nilthon Arce Fernández

nilthon_arce@unj.edu.pe

Universidad Nacional de Jaén, Perú.

Resumen

Scheduling for a construction project with a limited number of machines is a critical and well-studied problem. Most studies assume that task processing times are exact; in practice, delays frequently occur, rendering the initial work plan invalid. Therefore, adaptability is crucial to the success of a project. This work introduces a fuzzy optimization model for the planning of construction projects executed simultaneously and having only one backhoe. The model assumes imprecise task processing times, represented by triangular fuzzy sets, that accept delays up to a permitted degree of tolerance. The model solution obtains a fuzzy work plan. This is a robust plan that supports incidents (delays). A method to apply the model was created. The fuzzy model can help construction companies reduce delays in the delivery of their projects and avoid excessive penalties. The model was implemented in the CPLEX solver, which can quickly obtain an optimal solution for small and medium instances. For large instances, the model must be solved with metaheuristics. This scientific contribution is important for future work since it consists of the application of fuzzy optimization in a specific area of civil engineering.

Referencias

- [1] FERNANDEZ, N.A.; SEGURA, F.G.; PINO, M.E.M.; CHAVIL, W.J.Q.; RUIZ, A.D.; SÁNCHEZ, J.L.C., *Optimization Model that Minimizes the Penalty Caused by Delayed Delivery of Construction Projects*. Int. J. Prof. Bus. Rev., CrossRef, 2023.



- [2] NGUYEN, D.-T.; LE-HOAI, L.; TARIGAN, P.B.; TRAN, D.-H., *Tradeoff Time Cost Quality in Repetitive Construction Project Using Fuzzy Logic Approach and Symbiotic Organism Search Algorithm*. Alex. Eng. J. , CrossRef, 2021.
- [3] AL-ZARRAD, M.A. Y FONSECA, D., *A New Model to Improve Project Time-Cost Trade-off in Uncertain Environments*. In Contem-Porary Issues and Research in Operations Management, University of Alabama, 2018.
- [4] ALZARA, M.; KASHIWAGI, J.; KASHIWAGI, D.; AL-TASSAN, A., *Using PIPS to Minimize Causes of Delay in Saudi Arabian Construction Projects: University Case Study*. Procedia Eng., CrossRef, 2016.

Método multicriterio analytic hierarchy procesos para la selección de proveedores

Santos Santiago Javez-Valladares

sjavez@ucvvirtual.com.pe

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú

Resumen

El objetivo general de la investigación fue determinar de qué manera influye el método multicriterio AHP en la selección de proveedores para optimizar el modelo de inventario en una empresa. El tipo de investigación fue aplicada porque se evidenció la implementación de un proceso mejorado. El enfoque fue cuantitativo, pues se aplicaron fórmulas manejando datos de análisis de variables cambiantes en el tiempo. El diseño de investigación fue de tipo pre experimental pues se aplicó a la correcta selección de proveedores, se usaron tres tipos de sistemas de inventarios seleccionado el Heurístico, luego se aplicó un modelo de PL para optimizar el tiempo de entrega y finalmente se aplicó el Teorema de Bayes para elegir un proveedor por característica de manera independiente. Los resultados permitieron identificar al proveedor que cumplía en mayor porcentaje los criterios de calidad, costos, plazo de entrega y experiencia, alcanzando el sistema de inventario heurístico un ahorro de s/1098.26 mensual. Estos resultados fueron validados estadísticamente, logrando demostrar que sí contribuyen en la mejora de la empresa



Referencias

- [1] ÁLVAREZ-OJEDA, V., y RAMOS-ALFONSO, Y. Selección de proveedores, factor de éxito en la gestión de compras del producto restauración, REICOMUNICAR, (2021a),
- [2] AMAITIK, N. Decision Making and the Analytic Hierarchy Process (AHP): A Complete Tutorial. (2023). <https://www.researchgate.net/publication/371599797>

Stability management–dynamic change in hierarchical organizational structures using the generalized proximal algorithm for bilevel optimization

Elsa Marisa Quispe Cárdenas

emquispec@unac.edu.pe

Universidad Nacional del Callao.

Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

Escuela Profesional de Matemática

Resumen

In this paper, we analyze the bilevel equilibrium problem, which involves two correspondingly monotonic functions and the application of the generalized proximal distance computational method, related to the convergence of the sequence of points generated by the algorithm in question. With this analysis, we seek to explain the stability-dynamic change management process of hierarchical organizational structures, which allows us to present a sequence between the leader-follower model as the foundation of decision-making in various hierarchical organizations.

Key words: Equilibrium problem, bilevel optimization, generalized proximal algorithm, variational rationality.



Referencias

- [1] Bento, G. C., Cruzneto J. X., Lopes J. O. Soaresjr P. A., And Soubeyran A. Soubeyran, *Generalized Proximal Distances For Bilevel Equilibrium Problems*, SIAM J. OPTIM. Society for Industrial and Applied Mathematics Vol. 26, No.1, pp. 810–830, 2016.
- [2] Leanna, C. and Barry, B., *Stability and change as simultaneous experiences in organizational life*, Acad. Manag. Rev., pp. 753–759, (25) 2000.
- [3] Chadli, O., Chbani, Z., and Riahi, H., *Equilibrium problems with generalized monotone bi functions and applications to variational inequalities*, J. Optim. Theory Appl., pp. 299–323, (105) 2000.
- [4] Soubeyran, A., *Variational Rationality, a Theory of Individual Stability and Change: Worth while and Ambidextry Behaviors*, preprint, GREQAM, AixMarseille University, Marseille, 2009.
- [5] Moudafi, A., *Proximal methods for a class of bilevel monotone equilibrium problems*, J. Global Optim., pp. 287–292, (47) 2010.

Optimización Bayesiana para los Hiperparámetros de un Modelo de Aprendizaje Automatizado de Riesgo de Crédito

Walter Quispe Vargas, PhD.

wquispev@continental.edu.pe

Universidad Continental sede Cusco, Perú.

Resumen

La optimización Bayesiana ha emergido como una técnica poderosa para el ajuste de hiperparámetros en modelos de *Machine Learning*, especialmente en el contexto de aplicaciones financieras, donde la precisión y la eficiencia son cruciales.



Este trabajo explora la implementación de la optimización Bayesiana para ajustar los hiperparámetros de un modelo de riesgo de crédito (*Probability of Default*) de clasificación supervisada, usando el algoritmo de XGBoost. Presentamos una comparación de rendimiento entre la optimización Bayesiana y métodos tradicionales como búsqueda en cuadrículas y búsqueda aleatoria, demostrando que la primera ofrece una mejora en términos de precisión y tiempo de cómputo. Además, analizamos el impacto de diferentes configuraciones de hiperparámetros sobre la capacidad de predicción de XGBoost en un conjunto de datos reales. Este enfoque representa una herramienta eficiente y precisa para la toma de decisiones en el sector financiero, proporcionando modelos que se adaptan mejor a la variabilidad inherente.

Referencias

- [1] Hutter, F., Kotthoff, L., & Vanschoren, J. (2019). *Automated Machine Learning: Methods, Systems, Challenges*. Springer.
- [2] Wang, X., Jin, Y., Schmitt, S., & Olhofer, M. (2023). *Recent advances in Bayesian optimization*. ACM Computing Surveys, 55(13s), 1-36.
- [3] Bellini, T. (2019). *IFRS 9 and CECL Credit Risk Modelling and Validation: A Practical Guide with Examples Worked in R and SAS*. Academic Press.



Formas normales de campos vectoriales inducidos por acciones holomorfas del grupo $SL(2, \mathbb{C})$ sobre una variedad compleja

Benito Leonardo Ostos Cordero

bostosc@uni.edu.pe

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) e Instituto de Matemática y Ciencias Afines (IMCA), Perú.

Resumen

En este trabajo se estudian las acciones del grupo de Lie $SL(2, \mathbb{C})$ sobre una variedad compleja de dimensión mayor o igual a tres. Se demuestra que este tipo de acciones induce tres campos vectoriales holomorfos completos, uno de los cuales es periódico, y que existe una relación particular entre ellos, dada por el corchete de Lie, que genera una foliación holomorfa singular de codimensión dos. Posteriormente, se clasifican los tipos de singularidades y se obtienen las formas normales de estos campos en una vecindad de cada punto singular de la foliación.

Referencias

- [1] CAMACHO C. AND LINS NETO A., *Geometric theory of foliations*, Birkhauser Boston, INC. (1985).
- [2] COUTINHO H., *Linearizac,ao de acoes do grupo afim* Tesis doctoral, Rio de Janeiro, (2008)

Teorema de Morse-Sard, Generalización en Variedades con Borde



Richar Marlon Mollinedo Chura

rmollinedo@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Perú.

Resumen

En este trabajo, discutimos el Teorema de Morse-Sard para variedades sin borde [1] y con borde [2] es un resultado clásico en análisis, importante especialmente en teoría de transversabilidad y también en topología diferencial, que afirma que la imagen del conjunto de puntos críticos de una aplicación suave f de una variedad a otro tiene medida de Lebesgue cero. Debido a su importancia teórica, el teorema de Morse-Sard fue generalizado en varias direcciones.

Nuestro objetivo, entonces es discutir los puntos críticos de las aplicaciones suaves en variedades M sin borde, luego generalizar a variedades X con borde. Esta generalización es directa pues la derivada de ∂f en un punto $x \in \partial X$ es solo la restricción de df_x al subespacio de $T_x(\partial X) \subset T_x(X)$ necesaria. En muchas aplicaciones importantes de variedades, es útil tener la noción de variedad con un borde así como, el teorema general de Stokes, integración sobre variedades, el teorema de punto fijo de Brouwer. Esta noción se basa en el concepto de semi-espacio euclidiano.

Referencias

- [1] SHAILESH, NATH, *Sard's theorem and its Applications*. International Journal of Multidisciplinary Research, Volume 6, Issue 12, 2020, pp. 13-31.
- [2] GUILLEMIN, V. Y POLLAEK, A., *Differential Topology*, Massachusetts Institute Technology, Prentice-Hall, 1974.



Métodos geométricos para la controlabilidad de modelos elásticos

Alexis Rodriguez Carranza

alexis.rodriguez@upn.edu.pe

Universidad Privada del Norte-Trujillo, Perú.

Julio César Agustín Sangay

julio.agustin@upn.edu.pe

Universidad Privada del Norte-Trujillo, Perú.

Resumen

En la presente charla mostraremos algunos resultados sobre controlabilidad de modelos elásticos: Onda, cáscaras. Exploraremos las condiciones geométricas para alcanzar la controlabilidad y generalizamos, usando geometría Riemanniana, para objetos más abstractos. Estas ideas serán usadas para obtener la controlabilidad de un modelo elástico tipo Naghdi con disipación localizada^[1]

Referencias

- [1] Alexis R. Carranza, Exponential stability of the energy in Naghdi shell model with localized internal dissipation and internal exact controllability, Journal of Mathematical Analysis and Applications, Volume 537, Issue 1, 2024.
- [2] PENG-FEI YAO, Modeling and Control in Vibrational and Structural Dynamics A Differential Geometric Approach. 2011 by Taylor Francis Group, LLC.