

## Modelos y Métodos Computacionales Aplicados I

Javier Giacomantone<sup>1</sup>, Oscar Bria<sup>1</sup>, Luciano Lorenti<sup>1</sup>, Armando De Giusti<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>**Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)**  
**Facultad de Informática – UNLP**  
**Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)**  
**La Plata, Buenos Aires**

<sup>2</sup>**CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas**

{jog, onb, llorenti, degiusti}@lidi.info.unlp.edu.ar

### Resumen

Este trabajo describe una línea de investigación y desarrollo (I/D) y los resultados esperados de la misma. El objetivo principal es analizar, generar y evaluar modelos matemáticos y métodos numéricos, para abordar problemas en ingeniería y ciencias. Se estudian problemas, que por su nivel de complejidad, requieren abordajes y trabajo multidisciplinario de investigación. Los modelos abordados son dependientes del tipo de sistema estudiado, del fenómeno analizado y del área particular de ingeniería que originó el requerimiento. Determinar el tipo de sistema, el método para evaluar su rendimiento y las soluciones numéricas óptimas o sub-óptimas forma parte de los objetivos en esta línea de I/D.

**Palabras Clave:** métodos computacionales, análisis de sistemas, cálculo numérico, reconocimiento estadístico de patrones, análisis de imágenes, aprendizaje estadístico, desempeño y confiabilidad de sistemas.

### Contexto

Esta línea de I/D forma parte del proyecto “Computación de Alto Desempeño: Arquitecturas, Algoritmos, Métricas de rendimiento y Aplicaciones en HPC, Big Data, Robótica, Señales y Tiempo Real”. En particular del sub-proyecto “Modelos y

métodos computacionales. Procesamiento de señales y reconocimiento de patrones”.

### 1. Introducción

Modelar un problema requiere estudiar los detalles del proceso, del fenómeno, o del sistema que se pretende analizar o diseñar. Es necesaria la construcción de modelos matemáticos, métodos computacionales y técnicas numéricas que ofrezcan soluciones viables [1][2]. Las magnitudes que intervienen, escalares o vectoriales, eventualmente, cambian en el tiempo o espacio. Los sistemas estudiados pueden ser lineales o no lineales requiriendo modelos sofisticados [3][4]. Determinar si una solución es viable con fundamento científico, es una tarea compleja y dependiente del problema particular analizado [5]. Este proyecto tiene como primer objetivo analizar y proponer modelos computacionales, métodos y soluciones particulares derivadas de los mismos. Alcanzar los objetivos anteriores requiere estudiar los fundamentos que subyacen a cada modelo, evitando soluciones, que por su nivel de encapsulamiento, limiten una verdadera comprensión y abordaje científico de las mismas [6]. El tipo de problema de interés en esta línea de I/D requiere la integración de soluciones de tres áreas, ciencias de la computación, matemáticas aplicadas y un área de ingeniería o ciencia básica en particular. La evaluación

de rendimiento es un aspecto fundamental para poder validar las soluciones propuestas o los modelos analizados [7]. Por lo tanto, otro aspecto fundamental de esta línea de I/D es el estudio de las métricas y paradigmas de desempeño en sistemas específicos.

En la sección 2 se presenta un breve resumen de los temas de I/D específicos en el período actual. La sección 3 enumera resultados obtenidos y esperados. Finalmente, la sección 4 resume los objetivos con respecto a la formación de recursos humanos en el contexto de esta línea de I/D.

## 2. Líneas de Investigación

### 2.1 Reconocimiento de patrones

El trabajo actual lo podemos clasificar en tres tópicos principales bien diferenciados correspondientes a sub-disciplinas dentro de reconocimiento estadístico de patrones [8][9]. La primera sub-disciplina es clasificación supervisada donde el énfasis de nuestro trabajo se centra en el estudio de métodos de clasificación basados en núcleos dispersos, en particular máquinas de soporte vectorial [10][11].

La segunda es clasificación no supervisada donde la principal línea de trabajo son las técnicas de agrupamiento. Actualmente con énfasis en detección de valores atípicos y métodos basados en teoría espectral de grafos [12][13]. El tercer tópico de fundamental importancia es el de reducción de dimensión en particular selección de características [14].

### 2.2 Análisis de Imágenes

Se estudian métodos de segmentación estáticos y modelos deformables. En particular en imágenes 2 ½ D obtenidas por cámaras de tiempo de vuelo, resonancia magnética funcional y otras modalidades con estructuras de datos similares [15]. El objetivo principal es mejorar la calidad de los descriptores obtenidos en función de su impacto en el sistema de clasificación [16][17]. En el caso de

modelos deformables es posible estudiar el comportamiento temporal y medir magnitudes indirectamente. Se analizan métodos de generación de características a partir de señales en general y de imágenes digitales en particular de rango e intensidad. Se abordan sistemas de análisis de pseudo-imágenes a partir de campos vectoriales, series temporales, una modalidad particular de imagen o fusión de modalidades.

### 2.3 Desempeño de Sistemas de Posicionamiento, Navegación y Localización.

En los sistemas de posicionamiento, de navegación y de localización [18][19], el concepto de desempeño excede al habitual que está limitado a la calidad nominal de la estimación de ubicación y eventualmente a la confiabilidad [20][21]. En estos sistemas deben considerarse además los parámetros de integridad y continuidad que le garanticen al usuario que la información proporcionada por el sistema es correcta para que una operación crítica pueda realizarse en forma segura [22][23].

La integridad y la continuidad dependen en gran medida de la aplicación y del entorno específico y su aseguramiento afecta a otro parámetro de desempeño del sistema que es la disponibilidad [24].

Esta línea de trabajo se avoca al estudio de problemas puntuales de desempeño en los sistemas mencionados, utilizando criterios y métodos diversos de modelado, procesamiento y análisis [25][26].

## 3. Resultados y Objetivos

### 3.1 Resultados publicados recientemente

- Se estudiaron y propusieron métodos para detección en series temporales de fMRI [27][28].
- Se desarrollaron métodos de segmentación de imágenes de rango y supresión del plano de fondo [29][30][31][32].

- Se analizaron y propusieron alternativas para el agrupamiento de objetos de interés en video [33].
- Se estudió el desempeño de un método de exclusión de satélites en un sistema de ayuda a la aeronavegación basado en GNSS [34].
- Se propuso y se presentaron resultados experimentales de un método de aprendizaje basado en problemas para aritmética computacional [35].

### 3.2 Objetivos generales

- Desarrollar modelos y optimizar algoritmos particulares de clasificación supervisada y no supervisada.
- Evaluar métodos de análisis de desempeño y su aplicación sobre los clasificadores y conjuntos de datos particulares.
- Evaluar la monitorización de la integridad de los sistemas de ayuda a la navegación aérea basados en sistemas GNSS (Global Navigation Satellite Systems).
- Estudiar métodos de selección y extracción de características.
- Investigar modelos y métodos computacionales en procesamiento y análisis de imágenes.
- Promover la interacción con otros grupos y líneas de I/D resultando en un mecanismo de permanente consulta y transferencia.

### 4. Formación de Recursos Humanos

Se dictan asignaturas optativas en Ingeniería en Computación y cursos de postgrado que tienen por objetivo formar alumnos en temas específicos y fundamentos. Los alumnos tienen la posibilidad de realizar trabajos de investigación asociados a esta línea de trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Zalizniak V. Essentials of Scientific Computing – Numerical Methods for Science and Engineering. Woodhead Publishing, 2008.
2. Juergen G. Coupled Systems: Theory, Models, and Applications in Engineering. CRC, 2014.
3. Torokhti A., Howlett P. Computational Methods for Modelling of Nonlinear Systems. Elsevier, 2007.
4. Canuto C., et al. Spectral Methods. Evolution of Complex Geometries and Applications to Fluids Dynamics Scientific Computation. Springer, 2007.
5. Ciurpina G. Scientific Computing in Electrical Engineering Springer, 2007.
6. Gustafsson B. Fundamentals of Scientific Computing Springer, 2011.
7. Aslak T., et al. Elements of Scientific Computing. Springer, 2010.
8. Fukunaga K. Introduction to Statistical Pattern Recognition. Second Edition. Academic Press, 1990.
9. Devijer P, Kittler, J. Pattern Recognition: theory and applications. Springer, 1986.
10. Corte C, Vapnik V, Support vector networks. Machine Learning v.20, pp.273-297, 1995.
11. Vapnik, V. The Nature of Statistical Learning Theory. N. Y. Springer, 1995.
12. Von Luxburg U. A Tutorial on Spectral Clustering. Statistics and Computing, 17(4), 2007.
13. Shi J., Malik J. Normalized cuts and image segmentation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 22(8), 888-905, 2000.
14. Aytug H. Feature selection for support vector machines using Generalized Benders Decomposition. European Journal of Operational Research, 244(1), 210-218, 2015.
15. Kim H.Y., Giacomantone J. O., Cho, Z. H. Robust Anisotropic Diffusion to Produce Enhanced Statistical Parametric Map, Computer Vision and Image Understanding, v.99, pp.435-452, 2005.
16. Han Y., Feng X., Baciú G. Variational and PCA based natural image segmentation. Pattern Recognition 46, pp. 1971-1984, 2013.

17. Li S., Fevens L., Krzyzak A., Li S. Automatic Clinical Image Segmentation Using Pathological Modelling, PCA and SVM, MLDN, LNAI 3587 pp.314-324, 2005.
18. Partap Misra, Per Enge. Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance, Ganga-Jamuna Press, 2010.
19. Hakan Koyuncu, Shuang Hua Yang. A Survey of Indoor Positioning and Object Locating Systems Indoor Positioning System, International Journal of Computer Science, 2010.
20. Petevelo Mark. Quantifying the performance of Navigation Systems and Standars for assisted-GNSS, Inside GNSS, 2008.
21. Morurikis A., Roumeliotis S. Performance Analysis of Multirobot Cooperative Localization, IEEE, 2005.
22. Murphy T., et. al., Fault Modeling for GBAS Airworthiness Assessments, Navigation, 2012.
23. Cosmen-Schortmann J., Azaola-Sáenz, Martínez-Olagüe M. A., Toledo-López M., Integrity in Urban and Road Environments and its use in Liability Critical Applications, IEEE, 2008.
24. Shuo-Ju Yeh1, Shau-Shiun, GBAS airport availability simulation tool, GPS Solutions, 2015.
25. Pengfei Duan, Maarten Uijy De Haa. Flight Test Results of a Measurement-Based ADS-B System for Separation Assurance, Navigation, 2013
26. Sam Pullen, Todd Walter, Per Enge. SBAS and GBAS Integrity for Non-Aviation Users: Moving Away from "Specific Risk," International Technical Meeting of The Institute of Navigation, 2011.
27. Giacomantone J., Tarutina T. Diffuse Outlier Detection Technique for Functional Magnetic Resonance Imaging. Computer Science and Technology Series. XVI Argentine Congress of Computer Science Selected Papers. pp. 255-265, 2011.
28. Giacomantone J., De Giusti A. Detección de áreas de interés bajo la hipótesis de relación espacial de voxels activados en fMRI. XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. San Justo. Argentina, 2014.
29. Lorenti L., Giacomantone J. Segmentación espectral de imágenes utilizando cámaras de tiempo de vuelo. XI Workshop Computación Gráfica, Imágenes y Visualización. pp. 430-439. Mar del Plata, Argentina, 2013.
30. Lorenti L., Giacomantone J. Time of flight image segmentation through co-regularized spectral clustering. Computer Science & Technology Series. XX Argentine Congress of Computer Science. Selected papers. La Plata, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, 2015.
31. Giacomantone J., et al. Supresión del plano de fondo en imágenes de tiempo de vuelo. VII Workshop Procesamiento de Señales y Sistemas de Tiempo Real, 2016.
32. Lorenti, L., Giacomantone, J., Bria, O. N., De Giusti, A. E. (2017). Fusión de información de geometría e intensidad para segmentación de imágenes TOF. XXIII CACIC. La Plata, Argentina, 2017.
33. Lorenti L., Giacomantone J., De Giusti A. Agrupamiento de trayectorias vía clustering espectral incremental. XXII CACIC, pp. 222-231, 2016.
34. Bria, O., Giacomantone, J., Lorenti, L., Excluding Ionospherically Unsafe Satellite Geometries in GBAS CAT-I. XXII CACIC. La Plata, Argentina, 2017.
35. Giacomantone, J., Bria, O., Proactive Independent Learning Approach: A case study in computer arithmetic. XXII CACIC. La Plata, Argentina, 2017.