

Modelos Matemáticos y Aritmética Computacional

Javier Giacomantone - Oscar Bria

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

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

Resumen

Los modelos matemáticos determinísticos y probabilísticos permiten el análisis, diseño e implementación de distinto tipo de sistema. Los métodos computacionales y el desarrollo de técnicas aritméticas discretas en hardware y de algoritmos específicos nos permiten abordar problemas y plantear soluciones numéricas viables. El objetivo principal de las líneas de investigación y desarrollo descriptas es estudiar y evaluar modelos matemáticos, métodos numéricos y la implementación aritmética computacional que permita abordar problemas específicos en ingeniería. Los modelos abordados son dependientes del tipo de sistema estudiado y del fenómeno analizado. Determinar el método para evaluar el rendimiento y las soluciones numéricas óptimas o sub-óptimas forma parte de los objetivos generales.

Palabras Clave: modelos matemáticos aplicados, métodos computacionales, aritmética computacional, desempeño de sistemas, confiabilidad de sistemas.

Contexto

Las líneas de investigación y desarrollo (I/D) forman 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 “Mode-

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

1. Introducción

Los modelos matemáticos nos permiten predecir fenómenos naturales y el comportamiento de estructuras, dispositivos, procesos y sistemas diseñados por el hombre. Los métodos computacionales asociados a modelos determinísticos y probabilísticos permiten estudiar el dominio del problema considerando distintas condiciones estructurales y funcionales. El análisis aritmético computacional es esencial no sólo para el diseño de hardware específico sino para comprender el alcance y limitaciones efectivas de un determinado modelo en su implementación. A medida que el objeto o fenómeno real se aleja de las hipótesis fundamentales es necesario evaluar su validez y su utilidad respecto a los objetivos iniciales [1][2]. Este abordaje permite implementaciones en *hardware* o *software* que ofrezcan soluciones viables. Determinar si una solución es viable con fundamento científico, es una tarea compleja y dependiente del problema particular analizado [3]. Este proyecto tiene como primer objetivo analizar y proponer modelos computacionales, métodos y las soluciones particulares derivadas de los mismos [4]. La evaluación de rendimiento es un aspecto fundamental para poder validar las soluciones propuestas o los modelos analizados [5]. Por lo tanto, otro aspecto fundamental es el estudio de las métricas y pa-

radigmas 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.

2. Líneas de Investigación

2.1 Modelos Probabilísticos

El primer objetivo de esta línea de investigación es estudiar si un determinado modelo es viable en el contexto de un sistema particular. El segundo objetivo general es determinar si es robusto cuando compromisos de diseño implican apartarse de las hipótesis iniciales del modelo.

2.1.1 Imágenes de Tiempo de Vuelo (ToF)

Las cámaras de ToF permiten obtener imágenes de rango, también denominadas $2 \frac{1}{2} D$. El ruido y los artefactos en este tipo de imagen requieren de modelos probabilísticos adecuados para caracterizar, filtrar y eventualmente reducir efectos indeseados. Los filtros no lineales útiles en otro tipo de imágenes requieren determinar sus parámetros críticos de forma particular en imágenes ToF. Segmentar imágenes de tiempo de vuelo requiere modelos de segmentación con características específicas [6][7][8]. En particular métodos estadísticamente robustos.

2.1.2 Datos Fuertemente Desbalanceados

Cuando el conjunto de patrones de entrenamiento de un clasificador probabilístico es marcadamente asimétrico, esta línea de investigación estudia el dominio específico del problema y la capacidad de generalización del sistema de clasificación. Se analizan paradigmas de aprendizaje automático estadístico supervisado y semi-supervisado [9][10][11].

2.2 Desempeño de Sistemas de Posicionamiento, Navegación y Vigilancia.

En los sistemas de posicionamiento, de navegación y de localización [12][13], el concepto de desempeño excede al habitual que está limitado a la calidad nominal de la estimación de ubicación y eventualmente a la confiabilidad [14][15]. 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 [16][17].

Un tema relacionado con el desempeño de los sistemas vigilancia es el volumen de transacciones con características aleatorias [18].

Otro tema de interés es la integración de sensores, no a través de la fusión de las estimaciones sino de la cooperación en etapas previas del procesamiento o en funciones particulares o en los límites del volumen de cobertura [19]. Esta línea de trabajo se avoca al estudio de problemas puntuales de desempeño en los sistemas mencionados, utilizando criterios y métodos diversos de modelado y procesamiento de señales [20].

2.3 Generación de Descriptores

El objetivo de esta línea de trabajo es mejorar la calidad de los descriptores obtenidos a partir de modelos probabilísticos y modelos espectrales, considerando: unicidad, invariancia, sensibilidad y su impacto en el sistema de clasificación.

2.4 Aritmética de Precisión Finita

El análisis de los errores debidos a la aritmética de precisión finita utilizada es necesario para asegurar sistemas robustos y confiables. El análisis de los errores de propagación y de la inestabilidad de un determinado sistema, forman parte de los objetos de análisis necesario para la implementación en *hardware* o *software* de los modelos propuestos. Por la importancia y por su carácter transversal respecto a las líneas de investigación del proyecto, es el tema

adoptado para evaluar, objetivamente, modelos y métodos particulares de enseñanza-aprendizaje.

3. Resultados y Objetivos

3.1 Resultados publicados

- Se estudiaron y propusieron métodos para detección en series temporales de fMRI [21][22].
- Se desarrollaron métodos de segmentación de imágenes de rango y supresión del plano de fondo [23][24][25][26].
- Se analizaron y propusieron alternativas para el agrupamiento de objetos de interés en video [27].
- Se estudió el desempeño de un método de exclusión de satélites en un sistema de ayuda a la aeronavegación basado en GNSS [28].
- Se presentaron resultados experimentales de un método de aprendizaje en aritmética computacional [29].
- Se propuso un método de segmentación espectral para imágenes ToF [30].
- Se estudió el comportamiento bajo carga de un algoritmo para programar transacciones de radares aeroportuarios [31].

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.
- Diseñar y evaluar técnicas híbridas de vigilancia SSR/ADS-B.
- Evaluar la monitorización de la integridad de los sistemas de ayuda a la navegación aérea basados en sistemas GNSS.

- Estudiar métodos de selección y extracción de características.
- 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

La formación de recursos humanos en primer lugar implica la transferencia de los resultados de cada línea de investigación a las asignaturas de grado y cursos de postgrado que los integrantes dictan. Los alumnos también tienen la posibilidad de realizar trabajos supervisados de investigación, resultantes en tesis y tesis en el área. Debido al carácter trans-disciplinar de las líneas de I/D expuestas, se espera orientar y brindar apoyo a investigadores y alumnos de otras líneas de investigación relacionadas.

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. Gustafsson B. Fundamentals of Scientific Computing Springer, 2011.
5. Aslak T., et al. Elements of Scientific Computing. Springer, 2010.
6. Von Luxburg U. A Tutorial on Spectral Clustering. Statistics and Computing, v.17(4), 2007.
7. 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.
8. Han Y., Feng X., Baciú G. Variational and PCA based natural image segmentation. Pattern Recognition 46, pp. 1971-1984, 2013.
9. Cortes C, Vapnik V, Support vector networks. Machine Learning v.20, pp.273-297, 1995.

10. Vapnik, V. *The Nature of Statistical Learning Theory*. N. Y. Springer, 1995.
11. Aytug H. Feature selection for support vector machines using Generalized Benders Decomposition. *European Journal of Operational Research*, v. 244(1), pp. 210-218, 2015.
12. Partap Misra, Per Enge. *Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance*, Ganga-Jamuna Press, 2010.
13. Hakan Koyuncu, Shuang Hua Yang. *A Survey of Indoor Positioning and Object Locating Systems Indoor Positioning System*, *International Journal of Computer Science*, 2010.
14. Petevelo Mark. *Quantifying the performance of Navigation Systems and Standards for assisted-GNSS*, Inside GNSS, 2008.
15. Morurikis A., Roumeliotis S. *Performance Analysis of Multirobot Cooperative Localization*, IEEE, 2005.
16. Murphy T., et. al., *Fault Modeling for GBAS Airworthiness Assessments*, Navigation, 2012.
17. 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.
18. Pengfei Duan, Maarten Uijy De Haa. *Flight Test Results of a Measurement-Based ADS-B System for Separation Assurance*, Navigation, 2013.
19. Paolo Mariano, Patrizio De Marco, Claudio Giacomini, *Data Integrity Augmentation by ADS-B SSR Hybrid Techniques*, *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference*, ICNS, 2018.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Lorenti L., Giacomantone J., De Giusti A. *Agrupamiento de trayectorias vía clustering espectral incremental*. XXII CACIC, pp. 222-231, 2016.
28. Bria, O., Giacomantone, J., Lorenti, L., *Excluding Ionosphericly Unsafe Satellite Geometries in GBAS CAT-I*. XXII CACIC. CCIS 790: Revised CACIC Selected Papers, 790, pp. 243-252, 2018.
29. Giacomantone, J., Bria, O., *Proactive Independent Learning Approach: A case study in computer arithmetic*. XXII CACIC. La Plata, Argentina, 2017.
30. Lorenti L., Giacomantone J., Bria O., *Unsupervised ToF Image Segmentation through Spectral Clustering and Region Merging*. *Journal of Computer Science & Technology*, v.18(2), pp. 97-104, 2018.
31. Bria O., Giacomantone J., Villagarcía H., *Compound Interleaving Scheduling Algorithm for SLM Transactions in Mode S Surveillance Radar*. *Communications in Computer and Information Science* 995, pp. 297-312. Springer, 2019.