

## Técnicas de Soft Computing aplicadas a Biometría, Predicción y Ruteo de Vehículos

Laura Lanzarini<sup>1</sup>, Franco Ronchetti<sup>2</sup>, César Estrebou<sup>3</sup>, Juan Maulini<sup>4</sup>

Javier López<sup>5</sup>, Juan Martín Iglesias Caride<sup>6</sup>, Luciana Lens<sup>7</sup>

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)<sup>8</sup> -Facultad de Informática. UNLP

{laural, fronchetti, [cesarest](mailto:cesarest@lidi.info.unlp.edu.ar), [jmaulini](mailto:jmaulini@lidi.info.unlp.edu.ar)}@lidi.info.unlp.edu.ar,

jlopez@telefe.com.ar, jmartinigulesias@yahoo.com.ar, lucianasollens@gmail.com

Aurelio Fernández Bariviera<sup>9</sup>

Depto.de Gestión de Empresas, Universitat Rovira i Virgili, Reus, España

aurelio.fernandez@urv.net

### Contexto

Esta presentación corresponde al Subproyecto “Sistemas Inteligentes” perteneciente al Proyecto “Procesamiento paralelo y distribuido. Fundamentos y aplicaciones en Sistemas Inteligentes y Tratamiento de imágenes y video” acreditado por la UNLP.

### Resumen

Esta línea de investigación se centra en el estudio y desarrollo de técnicas de *Soft Computing*. El énfasis está puesto en Redes Neuronales, Lógica Difusa y Optimización por cúmulo de partículas aplicadas al procesamiento de señales (audio e imágenes) para efectuar reconocimiento biométrico, predicción de índices de bolsa y toma de decisiones en problemas del tipo VRP (Vehicle Routing Problem).

En lo referido a biometría se ha desarrollado un nuevo reconocedor basado en una red neuronal competitiva difusa y una red neuronal feedforward que no sólo mejora la tasa de acierto

con respecto a soluciones previas sino que además, incorpora el concepto de clase de rechazo.

En el área de predicción se han utilizado redes neuronales feedforward para operar sobre series temporales económicas. Se han obtenido resultados levemente mejores que la conocida estrategia de comprar y esperar (*buy-and-hold*). También se han comparado los distintos niveles de memoria a largo plazo que introduce el índice de Hurst con la respuesta obtenida a partir de diferentes redes neuronales *feedforward*.

En lo que respecta a la toma de decisiones en problemas del tipo VRP se ha completado la presentación de una tesis de Doctorado en Ciencias Informáticas la cual incluye el diseño e implementación de varias alternativas del método PSO que fueron aplicadas en la optimización de funciones complejas así como al ruteo de vehículos para mejorar el servicio en una empresa de emergencias médicas.

**Palabras claves:** Redes Neuronales, Lógica Difusa, Optimización mediante Cúmulos de Partículas.

<sup>1</sup> Profesor Titular. Facultad de Informática. UNLP

<sup>2</sup> Becario de Postgrado UNLP. Ayudante Alumno. Facultad de Informática.

<sup>3</sup> Jefe de Trabajos Prácticos SD. Facultad de Informática. UNLP

<sup>4</sup> Ayudante Diplomado. Facultad de Informática. UNLP

<sup>5</sup> Mg.en Administración de Empresas. Tesista del Doctorado en Cs.Informáticas. Fac.Informática UNLP

<sup>6</sup> Lic.en Administración de Empresas. Tesista de la Maestría en Explotación de Datos y Descubrimiento del Conocimiento. Fac.de Ingeniería. UBA.

<sup>7</sup> Tesista de la Lic. en Sistemas. Fac.de Ingeniería. UNPSJB.

<sup>8</sup> Calle 50 y 120 2do Piso, (1900) La Plata, Argentina, TE/Fax +(54) (221) 4227707. <http://weblidi.info.unlp.edu.ar>

<sup>9</sup> Profesor Titular. Depto de Gestión de empresas. Universitat Rovira i Virgili

## 1. Introducción

Las técnicas de *Soft Computing* han sido utilizadas exitosamente para resolver numerosos problemas que manejan información incierta, incompleta e imprecisa.

En el Instituto de Investigación en Informática LIDI se está trabajando en este tema desde hace varios años. Inicialmente se desarrollaron estrategias basadas en Redes Neuronales y Técnicas de Optimización. En especial, se han propuesto nuevos métodos para determinar la arquitectura y entrenar Redes Neuronales competitivas. La incorporación de la Lógica Difusa a estos modelos ha permitido mejorar su desempeño.

A continuación se detallan en forma breve los avances realizados últimamente.

### 1.1. Reconocimiento de Patrones Biométricos

Dentro de este tópico se viene trabajando en el III-LIDI sobre dos líneas de investigación que incluyen el procesamiento y reconocimiento de señales de audio e imagen

En cuanto a la primera línea de investigación, se ha trabajado sobre el problema de identificación de locutor. El tratamiento digital de señales de audio es una de las técnicas biométricas que puede utilizarse para realizar las tareas de identificación y verificación. El reconocimiento de voz es una herramienta sumamente útil en el área de seguridad ya que permite validar que la persona es quien dice ser o bien identificar por algún motivo específico que persona es la que está hablando.

Se han desarrollado varios métodos para lograr un modelado que resuelva el problema de identificación. En esta línea de investigación se ha propuesto y desarrollado un algoritmo de tres etapas, llamado ProbSOM [1], que genera un único modelo para identificar varias personas por medio del análisis de voz con mejores resultados que los alcanzados en [2].

Por otro lado, desde 2008 se ha trabajado en el reconocimiento de rostros analizando si la imagen del rostro de una persona se corresponde o no con alguna de las imágenes existentes en una base de datos. Este problema es difícil de resolver automáticamente debido a los cambios que distintos factores, como la expresión facial, el envejecimiento e incluso la iluminación, produ-

cen en la imagen. Para resolverlo se han utilizado los descriptores SIFT definidos en [3] y seleccionado utilizando una técnica de optimización. Los resultados obtenidos fueron publicados en [4] y [5].

Actualmente se está desarrollando un reconocedor biométrico general que puede utilizarse tanto para voz como para imágenes. Esto se debe a que la caracterización de la señal de entrada la convierte en un conjunto de vectores que luego pueden ser procesados directamente. El nuevo reconocedor está basado en la combinación de una red SOM difusa con un multiperceptrón. El reconocimiento tiene dos partes: la red SOM difusa identifica la persona de la base de datos que posee la señal más parecida a la entrada y el multiperceptrón decide si se trata efectivamente de esa persona. De esta forma, eventualmente el reconocedor podrá indicar si la señal de entrada corresponde a una persona desconocida o no.

### 1.2. Predicción de series temporales económicas

Esta línea de investigación se centra en la aplicación de distintas arquitecturas de redes *backpropagation* para la predicción del movimiento de índices de bolsa. En particular en [7] se ha explorado la capacidad predictiva en mercados alcistas, bajistas o constantes (*bull, bear and constant markets*). Los resultados obtenidos permiten afirmar que las Redes Neuronales tienen un poder predictivo que permite superar la estrategia pasiva de comprar y esperar. Sin embargo el poder predictivo dista de ser perfecto. (entre el 2,5% y el 36% de una predicción perfecta). Además se ha encontrado que la red se comporta mejor para mercados estables o bajistas.

En [8] se ha analizado la relación entre el poder predictivo de la Red neuronal y el nivel de memoria de largo plazo medido por el exponente de Hurst. En dicho trabajo se realizó una prueba empírica sobre dos series temporales, una de un índice de acciones y otra de un índice bonos de empresas privadas. El primer índice presenta un exponente de Hurst estable y cercano a 0,5 (ausencia de memoria de largo plazo). El segundo índice presenta una etapa de ausencia de memoria de largo plazo y una se-

gunda etapa con un exponente de Hurst superior a 0,5 lo que indicaría memoria de largo plazo. Se ha probado la performance de la red en ambos subperíodos para los dos índices. Se ha encontrado que la capacidad predictiva de la red es mejor en ausencia de la memoria de largo plazo, aunque la diferencia no es significativa. En forma consistente con [7], se ha encontrado que la red predice mejor las bajadas del índice que las subidas.

En base a los resultados obtenidos, actualmente se está analizando el uso de arquitecturas alternativas para encontrar un modelo óptimo de predicción haciendo énfasis en la incorporación del exponente de Hurst como variable predictiva de la red, con el objetivo de mejorar el resultado total.

### 1.3 Optimización utilizando PSO

Esta línea de trabajo está basada en la investigación y aplicación de metaheurísticas poblacionales para la resolución de problemas mono-objetivo y multi-objetivo.

En el III-LIDI se ha investigado en profundidad la metaheurística PSO (Particle Swarm Optimization) definida originalmente en [6] y se han propuesto variantes del algoritmo alcanzando resultados satisfactorios. En [9] se incorporó a PSO el concepto de población variable. Este aspecto permite terminar con la relación que existe entre el tamaño de la población y la calidad de los resultados obtenidos. En [10] se redujo el tiempo de convergencia de PSO mediante la detección de las oscilaciones que habitualmente se producen alrededor del óptimo a medida que la partícula se frena al lograr la convergencia. En [13] se ha definido una nueva versión de PSO Binario combinando una representación discreta (o binaria) con otra continua que al ser utilizada para resolver problemas de optimización de funciones ha demostrado ser capaz de brindar resultados superadores.

Existe un tipo especial de problemas de optimización caracterizados por requerir la minimización o maximización simultánea de más de un objetivo a la vez, estando generalmente estos objetivos en conflicto. Se han desarrollado variantes de las diferentes metaheurísticas existen-

tes para abordar la solución de estos problemas de optimización multiobjetivo.

La solución en este tipo de problemas está constituida por un conjunto de soluciones óptimas, conocido como el frente de Pareto, y no por una única solución como en los problemas mono-objetivo. Existen diferentes versiones de la metaheurística PSO adaptadas para la resolución de problemas con más de un objetivo (MOPSO – Multi Objective Particle Swarm Optimization).

Dentro del ámbito del trabajo realizado por el III-LIDI se han propuesto versiones originales de algoritmos del tipo MOPSO, aplicando las mismas a la resolución de problemas de laboratorio y del mundo real. En [11] se propone una variante del algoritmo PSO con población variable, basado en la propuesta realizada en [9]. Esta versión del algoritmo demostró la obtención de muy buenos resultados, superando a técnicas de optimización referentes en este campo de investigación.

En [12] se evalúan un conjunto de técnicas multi-objetivo aplicadas a un caso de negocio de la industria de la salud, la optimización del proceso de asignación de móviles a emergencias médicas. En este caso, se persigue la minimización simultánea del tiempo de atención a cada prestación y la reducción en la utilización de móviles de terceros. Ofrecer al responsable de la toma de decisiones el conjunto de soluciones óptimas encontradas (Frente de Pareto) le permite entender el problema, visualizar el compromiso entre los diferentes objetivos, y aprender acerca de la interacción entre los criterios en juego. Es importante destacar que el trabajo realizado no se limitó solo a la investigación y evaluación de alternativas, si no que la solución propuesta se implementó para resolver el problema en el mundo real.

## 2. Líneas de investigación y desarrollo

- Estudio de representaciones vectoriales numéricas aplicables a señales biométricas.
- Desarrollo e implementación, a partir de los métodos existentes, de estrategias adaptativas capaces de construir y mantener modelos adecuados en entornos de información dinámicos.

- Diseño y adaptación de redes neuronales aplicables a series temporales financieras.
- Estudio del índice de Hurst como memoria a largo plazo y su relación con el aprendizaje de las redes neuronales.
- Optimización mono y multi objetivo. Desarrollo de nuevas variantes de algoritmos tipo PSO y evaluación de rendimiento.
- Estudio, evaluación y aplicación de metaheurísticas evolutivas multi-objetivo a la resolución del problema de ruteo de vehículos y en especial a la asignación de ambulancias de una empresa de emergencias médicas.
- Estudios de performance de los algoritmos desarrollados. Análisis de eficiencia en la resolución de problemas concretos.
- Análisis de los distintos tipos de Redes Neuronales competitivas dinámicas.

### 3. Resultados obtenidos

- Diseño y desarrollo de un reconocedor biométrico aplicable a señales de audio e imagen haciendo énfasis en los siguientes aspectos:
  - Representación adecuada de la señal de entrada (coeficientes cepstrales para audio y descriptores SIFT para imagen).
  - Diseño y entrenamiento de la red neuronal difusa encargada de sugerir una respuesta.
  - Diseño y entrenamiento de una red feed-forward que a partir de un cambio del espacio de entrada realizado por la RN difusa decide si la respuesta sugerida es correcta o no.
- Diseño y entrenamiento de una red neuronal que, operando sobre series temporales económico-financieras, posee una capacidad de estimación ligeramente mejor que la estrategia *buy-and-hold*.
- Se comprobó que la memoria a largo plazo del índice de Hurst no incide significativamente en la capacidad de predicción de una red neuronal feedforward.
- Desarrollo e implementación de estrategias basadas en cúmulos de partículas (PSO) aplicables a la optimización de funciones y a

la asignación de recursos. Se trabaja sobre los siguientes conceptos

- Población variable.
  - Movimiento de partículas discretas (representación binaria) utilizando vectores de velocidad continuos.
  - Aplicación de PSO a problemas multiobjetivos
- Investigación, desarrollo, y puesta en marcha de optimización multi-objetivo en un caso real de negocios en la industria de la salud.

### 4. Formación de Recursos Humanos

Dentro de los temas involucrados en esta línea de investigación se están desarrollando actualmente 2 tesis de doctorado, 1 de maestría y al menos 3 tesinas de grado de Licenciatura. También participan en el desarrollo de las tareas becarios y pasantes del III-LIDI.

### Referencias

- [1] "Voice recognition based on probabilistic SOM". Estrebou C., Lanzarini L., Hasperué W. Conferencia Latinoamericana de Informática. CLEI 2010. Paraguay. Octubre 2010.
- [2] "Voice Recognition based on vote-SOM". Estrebou C., Hasperué W., Lanzarini L. I Chilean Workshop on Pattern Recognition: Theory and Applications (CWPR). Jornadas Chilenas de Computación 2009. pag.89-93. Santiago de Chile. Noviembre de 2009.
- [3] "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints". Lowe D. International Journal of Computer Vision. Springer Netherlands. ISSN 0920-5691. Vol. 60, nro. 2/2004. Pages 91-110.
- [4] "Face recognition using SIFT and binary PSO descriptors". Lanzarini L., La Battaglia J., Maulini J., Hasperué W. 32th International Conference on Information Technology Interfaces. Publicado por IEEE Computer Society Press. June 2010. Association. Pags.SA-002-1 a SA-002-5. ISBN: 978-602-99359-0-5. Junio 2011. Surabaya and Bali Island Indonesia.

- [5] "Face Recognition using SIFT descriptors and Binary PSO with velocity control". Maulini, Lanzarini. Publicado en el Libro *Computer Science & Technology Series – XVII Argentine Congress of Computer Science Selected Papers*. ISBN 978-950-34-0885-8. Pags. 43-53. EDULP, 2012.
- [6] "Particle Swarm Optimization". Kennedy J., Eberhart R. In Proceedings of the IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp 1942-1948, IEEE Press, 1995.
- [7] "Are Technical Trading Rules Useful to Beat the Market? Evidence from the Brazilian Stock Market". Laura Lanzarini, Martín Iglesias y Aurelio Fernández. IFSA 2011 - World Congress of International *Fuzzy Systems*
- [8] "The effect of changes of the hurst exponent in return predictability: the case of the dutch market". Lanzarini, Fernández Bariviera, Guercio, Tomás-Monterde. Publicado en el libro *Methods for Decision Making in an uncertain environment*. World Scientific Proceedings Series on Computer Engineering and Information Science. Proceedings of the XVII SIGEF Congress. Volume 6, pags.384-393. ISBN 978-981-4415-76-7. Reus -Cambrils. España. Junio 2012.
- [9] "Particle Swarm Optimization with Variable Population Size". Lanzarini L., Leza V., De Giusti A. Lecture Notes in Computer Science. Vol 5097/2008. Artificial Intelligence and Soft Computing. Pags. 438-449. Junio de 2008. ISBN 987-3-540-69572-1. Springer.
- [10] "Particle Swarm Optimization with Oscillation Control". López J., Lanzarini L., De Giusti A. ACM Special Interest Group on Genetic and Evolutionary Computation. Pages: 1751-1752. 2009. ISBN:978-1-60558-325-9
- [11] "Evolutionary Multiobjetive Optimization for Emergency Medical Services". López J., Lanzarini L., De Giusti A. Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2011. Dublin – Irlanda. July 12-16, 2011.
- [12] "Variable Population MOPSO applied to Medical Visits". López, Lanzarini, Fernández Bariviera. Journal *Fuzzy Economic Review*. Vol XVII, nro 1. International Association for Fuzzy Set Management and Economy (SIGEF). Mayo 2012. Pags.3-14. ISSN 1136-0593
- [13] "A new Binary PSO with velocity control". Lanzarini L., López J., Maulini J., De Giusti A. Advances in Swarm Intelligence. Lecture Notes in Computer Science. 2011, Volume 6728/2011, 111-119. Springer 2011.