

# Sistemas Inteligentes basados en Neurocomputación

Laura Lanzarini<sup>1</sup>, Leonardo Corbalán<sup>2</sup>, Germán Osella Massa<sup>3</sup>, Waldo Hasperue<sup>4</sup>, Hernán Vinuesa<sup>5</sup>  
{laural, corbalan, gosella, whasperue, hvinuesa}@lidi.info.unlp.edu.ar

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)<sup>6</sup>.  
Facultad de Informática. UNLP

## CONTEXTO

Esta presentación corresponde al Subproyecto “Sistemas Inteligentes” perteneciente al Proyecto “Algoritmos Distribuidos y Paralelos. Aplicación a Sistemas Inteligentes y Tratamiento Masivo de Datos” del Instituto de Investigación en Informática LIDI.

## RESUMEN

Esta línea de investigación se centra en el estudio y desarrollo de Sistemas Inteligentes implementados a partir de mecanismos de adaptación basados en Neurocomputación. Interesa especialmente la transferencia de tecnología a las áreas de minería de datos, robótica evolutiva y procesamiento de imágenes digitales.

Los temas centrales se encuentran relacionados con la investigación de nuevas estrategias basadas en redes neuronales a fin de poder representar la información disponible. Los resultados obtenidos han sido aplicados tanto a la Minería de Datos como al procesamiento digital de imágenes.

En el área de la robótica evolutiva, el énfasis está puesto en el estudio, investigación y desarrollo de controladores basados en redes neuronales evolutivas, especialmente aplicados a situaciones cuya solución requiere del aprendizaje de estrategias. Se trabaja en el desarrollo de nuevos métodos para la resolución de problemas utilizando agentes capaces de percibir y actuar en entornos complejos cuyos resultados son aplicados directamente en esta área.

### Palabras claves

Redes Neuronales, Algoritmos Evolutivos, Adaptación.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Neurocomputación es la rama subsimbólica de la Inteligencia Artificial que basa su funcionamiento en la emulación de procesos biológicos. Sus herramientas principales son las Redes Neuronales y los Algoritmos Evolutivos. Por tal motivo, los Sistemas Inteligentes basados en Neurocomputación se caracterizan por su capacidad de adaptación al entorno de información facilitando de esta manera la resolución de problemas complejos. Su aplicación en diversas áreas ha demostrado ser exitosa.

En el Instituto de Investigación en Informática LIDI se está trabajando desde hace varios años en el uso de Redes Neuronales y Algoritmos Evolutivos aplicados al Reconocimiento de Patrones [Lan00, Lan04] y al control de agentes autónomos [Cor03a, Cor03b, Cor03c]. Además, en los últimos dos años se ha estudiado especialmente la capacidad de caracterización de este tipo de estrategias tendientes a establecer un modelo de la información disponible. Esto ha permitido obtener resultados importantes aplicables a Minería de Datos.

---

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

<sup>2</sup> Becario de Perfeccionamiento de la UNLP. Ayudante Diplomado - Facultad de Informática. UNLP

<sup>3</sup> Becario Doctoral de CONICET. Ayudante Dipomado - Facultad de Informática. UNLP

<sup>4</sup> Becario de Estudio de la CIC - Facultad de Informática. UNLP

<sup>5</sup> Becario III-LIDI - Facultad de Informática. UNLP

<sup>6</sup> Calle 50 y 115 1er Piso, (1900) La Plata, Argentina, TE/Fax +(54) (221) 422-7707. <http://weblidi.info.unlp.edu.ar>

Los nuevos métodos de adaptación propuestos así como los resultados obtenidos de su aplicación se relacionan con las investigaciones del III-LIDI, en particular dentro del PAV 076 “Sistemas Inteligentes de apoyo a los procesos productivos” apoyado por la SECTIP y la Agencia.

A continuación se detallan brevemente los avances realizados últimamente.

### **1.1. Minería de Datos**

Esta disciplina hace uso de la gran cantidad de información existente para obtener, a partir de ella, conocimiento útil y comprensible, previamente desconocido. Sus tareas centrales son: predicción, segmentación y descripción. Las herramientas de Neurocomputación cubren muy bien las dos primeras pero presentan serios problemas a la hora de describir el conocimiento adquirido [Cho93, Tah99]. Su funcionamiento de “caja negra” es aceptable cuando a partir de un estado actual se deduce un próximo estado (predicción) o cuando se indica para cada muestra disponible el grupo al cual pertenece (segmentación). Lamentablemente, estas decisiones deben ir acompañadas de una justificación que permita su comprensión por parte de quien debe tomar las decisiones correspondientes. Es precisamente en este punto donde el enfoque biológico falla.

Por tal motivo, se han investigado los mecanismos de aprendizaje y adaptación de las redes neuronales competitivas en aplicaciones de Minería de Datos. La elección de este tipo de redes se debe a su capacidad para definir la arquitectura durante el proceso adaptativo [Fri96, Koh97]. Se ha desarrollado una nueva estrategia que mejora la preservación de la topología de los datos de entrada respecto de las soluciones existentes [Has05]. También se ha investigado el uso de acumulación de evidencia con el objetivo de definir una caracterización más adecuada [Aup03, Fre02, Yag04].

Finalmente, a partir de la red entrenada, se han investigado las opciones existentes y se ha desarrollado una estrategia nueva para extraer reglas de clasificación [Has06b].

### **1.2. Robótica Evolutiva**

En el III-LIDI se está trabajando desde el año 2002 en el desarrollo de controladores para agentes autónomos utilizando Redes Neuronales y Algoritmos Evolutivos. Las investigaciones realizadas han demostrado la importancia de la descomposición de la tarea a resolver. Los primeros controladores buscaban resolver este aspecto atacando la solución del problema en cada una de sus etapas utilizando aprendizaje incremental [Cor03c, Cor05]. Sin embargo, este tipo de soluciones sólo resultaban viables para aquellos problemas que así lo permitieran.

El siguiente paso fue la división de la tarea en capas [Oli05]. En esa oportunidad, si bien el aprendizaje entre las capas requería de un orden específico, se lograron excelentes resultados con un costo computacional menor ya que la complejidad de los entrenamientos parciales resultó inferior al enfoque anterior. El inconveniente del aprendizaje por capas reside en la integración de los módulos. La estrategia sólo contempla la parte de adaptación pero no de integración. Este paso final, no siempre es una tarea fácil de resolver.

Como solución a esto, se ha desarrollado un mecanismo de integración automática de módulos que permite combinar comportamientos básicos aprendidos previamente [Ose06]. El objetivo de este enfoque es construir un repositorio de módulos neuronales que puedan combinarse para obtener distintos comportamientos, reduciendo de esta forma el costo de entrenamiento. En especial, resulta de interés analizar situaciones donde participan varios agentes con objetivos distintos. En estos casos, la evolución modular puede combinar comportamientos generales con otros específicos de cada tarea a desarrollar.

### **1.3. Otras áreas de aplicación**

Algunos resultados de esta línea de investigación han sido utilizados en el procesamiento de imágenes digitales.

En particular, en el área de restauración de imágenes, se ha desarrollado un nuevo filtro adaptativo no lineal basado en una red neuronal feed-forward con capacidad de reducir significativamente el ruido aditivo presente en una imagen [Cor06a]. La restauración es un proceso que pretende recuperar los datos originales de la imagen considerando la degradación (ruido en la adquisición, problemas de transmisión, etc.) que ha sufrido la misma. Su utilización es de fundamental importancia para diversas disciplinas tales como: Medicina, Biología, Física e Ingeniería.

También se abordó el estudio sobre cómo explotar la combinación de redes neuronales con distintas clases de aprendizaje en la resolución de un único problema. En especial se comprobó que la utilización coordinada de una red competitiva con redes feed-forward convencionales reduce el tiempo de convergencia en la fase de entrenamiento. Esta idea fue aplicada con éxito en la segmentación de imágenes digitales [Cor06b].

Otro aspecto importante alcanzado por esta línea de investigación ha sido la obtención del esqueleto de una forma presente en una imagen. Con ello se reduce la cantidad de información disponible facilitando la extracción de características para su posterior reconocimiento y clasificación. En esta dirección se ha propuesto una nueva estrategia de *esqueletización*, aplicable a imágenes esparcidas [Has06a], que utiliza una red neuronal competitiva dinámica entrenada con el método AVGSOM [Has06a].

## **2. TEMAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

- Estudio de las estrategias existentes que permitan determinar, durante la adaptación, el tamaño de la arquitectura y la forma de conexión de los elementos que componen una red neuronal competitiva dinámica.
- Análisis de los resultados obtenidos de la combinación de distintas arquitecturas para resolver un único problema. Interesa especialmente la reducción del tiempo de adaptación.
- Investigación y aplicación de técnicas de minería de datos para la obtención del modelo de la información disponible y su post-procesamiento con el fin de facilitar la transferencia del conocimiento adquirido.
- Estudio de estrategias que permitan obtener, a partir de la información del beneficio esperado, las acciones necesarias para modificar los datos y por lo tanto, lograr cambiar el modelo adecuadamente.
- Estudio e investigación de experiencias realizadas en la obtención de controladores en el área de la robótica evolutiva haciendo hincapié en el dinamismo de la representación y en el conocimiento previo necesario para resolver el problema.
- Análisis de la construcción de un único controlador a partir de módulos evolucionados. Estudio de la incidencia del desempeño individual respecto del grupal.
- Estudios de performance de los algoritmos desarrollados. Análisis de eficiencia en la resolución de problemas concretos.

## **3. RESULTADOS OBTENIDOS/ ESPERADOS.**

- Desarrollo e implementación de módulos evolutivos generales aplicables a control robótico capaces de resolver tareas sencillas.
- Desarrollo de una estrategia de integración de los módulos evolutivos. Interesa especialmente mantener el dinamismo de la arquitectura a fin de no limitar sus capacidades.
- Desarrollo e implementación de una estrategia para la obtención de reglas de clasificación a partir de una red neuronal competitiva.

- Desarrollo de herramientas gráficas que faciliten la visualización del modelo obtenido a partir de una red neuronal evolutiva.
- Desarrollo de mecanismos que permitan la especificación de un conjunto de acciones a seguir a fin de disminuir la subjetividad de la información modelizada.
- Análisis y ampliación de los frameworks existentes para Robótica Evolutiva en lo que hace a la definición de escenarios, interacción con robots específicos, plataformas de desarrollo y posibilidades de desarrollos multi-agentes.
- Desarrollo de algoritmos evolutivos aplicables a la definición de controladores basados en RNA.
- Resolución de problemas concretos, tanto en ambientes simulados como en el mundo real. En este último caso, resulta de fundamental importancia la optimización del algoritmo propuesto.

#### **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

Dentro de los temas involucrados en esta línea de investigación se están desarrollando actualmente 2 tesis de doctorado, una de maestría y al menos 2 tesinas de grado de Licenciatura.

También participan en el desarrollo de las tareas becarios y pasantes del III-LIDI.

#### **5. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- [Aup03] Aupetit M. “Robust topology representing networks”. ESANN’2003 proceedings. European Symposium on Artificial Neural Networks Bruges (Belgium), ISBN 2-930307-03-X, pp. 45-50. 2003.
- [Cho93] Chowdhury F.N. “Decision making with neural networks”. Southeastcon '93, Proceedings., IEEE. 4-7 April 1993 Page(s):3 p.
- [Cor03a] Corbalán L., Lanzarini L., De Giusti A. “ANES. Arreglos Neuronales basados en la Evolución de Superpoblaciones”. IX Congreso Argentino de Ciencias de Computación. CACIC 2003. La Plata, Argentina. 2003. ISBN: 950-34-0366-9.
- [Cor03b] Corbalán L., Lanzarini L. “GNE. Grupos Neuronales Evolutivos”. XXIX Conferencia Latinoamericana de Informática. CLEI 2003. Bolivia. Septiembre del 2003
- [Cor03c] Corbalán L. Lanzarini L. “Evolving Neural Arrays A new mechanism for learning complex action sequences”. Special Issue of Best Papers presented at CLEI’2002. Volumen 6. Number 1, December 2003. Montevideo, Uruguay.
- [Cor05] Corbalán L., Lanzarini L. De Giusti A. “ALENA. Adaptive-Legth Evolving Neural Arrays”. Journal of Computer Science and Technology. Vol 5, nro. 4. 2005. Pags. 59-65.
- [Cor06a] Corbalán L., Osella Massa G., Russo C., Lanzarini L. “Image recovery using a new nonlinear Adaptive Filter based on Neural Networks”. 28th International Conference Information Technology Interfaces (ITI 2006). Dubrovnik. Croatia. Junio de 2006.
- [Cor06b] Corbalán L., Hasperue W., Osella Massa G., Lanzarini L. “BPNn-CPN. Nuevo método para segmentación de Imágenes basado en Redes Neuronales Artificiales”. IV Workshop de Computación Gráfica, Imágenes y Visualización (WCGIV). CACIC 2006. San Luís. Argentina. Octubre de 2006.
- [Fre02] Fred A.L.N., Jain A.K. “Data clustering using evidence accumulation”. Proceedings. 16th International Conference on Pattern Recognition 2002. 4: 276-80.
- [Fri96] Fritzke B. “Growing self-organizing networks – Why?”. En M. Verleysen (edit.), ESANN ’96: European Symposium on Artificial Networks, D-Facto Publishers, Brussels. pp. 61-72. 1996.
- [Has05] Hasperué W., Lanzarini L. “Dynamic Self-Organizing Maps. A new strategy to enhance topology preservation”. XXXI Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2005).

- [Has06a] Hasperué W, Corbalán L, Lanzarini L, Bría O. "Skeletonization of Sparse Shapes using Dynamic Competitive Neural Networks". VII Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI). San Luis. Argentina. Octubre de 2006.
- [Has06b] Hasperué W, Lanzarini L. "Classification Rules obtained from Dynamic Self-organizing Maps". VII Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI). San Luis. Argentina. Octubre de 2006.
- [Koh97] Kohonen T. "Self-Organizing Maps". 2<sup>nd</sup> Edition. Springer. ISSN 0720-678X. 1997.
- [Lan00] Lanzarini L. "Reconocimiento de Patrones en Imágenes Médicas utilizando Redes Neuronales". Journal of Computer Science and Technology. Vol.4 . Dic 2000.
- [Lan04] Lanzarini L., Yanivello D. "Reconocimiento de Comandos Gestuales utilizando GesRN". X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2004. Bs.As. Argentina. Oct/04. ISBN 987-9495-58-6
- [Oli05] Olivera H., Lanzarini L. "Cyclic Evolution. A new strategy for improving controllers obtained by layered evolution". Journal of Computer Science and Technology. Vol 4, nro. 1. 2005. Pags 211-217.
- [Ose06] Osella Massa G., Vinuesa H., Lanzarini L. "Modular Creation of Neuronal Networks for Autonomous Robot Control". 3rd IEEE Latin American Robotics Symposium. LARS 2006. Chile. Oct/06.
- [Tah99] Taha I.A., Ghosh J. "Symbolic Interpretation of Artificial Neural Networks". IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 1999. 11(3): 448-63.
- [Yag04] Yager R.R. "Modeling prioritized multicriteria decision making". IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B, Vol. 34(6): 2396-2404. 2004.