

# **Sistemas Inteligentes. Aplicaciones.**

**Leonardo Corbalán**

Becario de Formación Superior UNLP.  
corbalan@lidi.info.unlp.edu.ar.

**Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI).**

Facultad de Informática.  
Universidad Nacional de La Plata.

**Director: Armando De Giusti<sup>1</sup>    Co-director: Laura Lanzarini<sup>2</sup>**

## **Resumen**

En su aspecto teórico esta línea de investigación está centrada en el estudio de procesos adaptativos para la obtención de Sistemas Inteligentes que deban operar en entornos de información dinámicos con alta probabilidad de cambios. Incluye el tratamiento de metaheurísticas propias de la Inteligencia Artificial Subsimbólica: Redes Neuronales Artificiales, Optimización basada en Colonia de Hormigas y Algoritmos Evolutivos.

El aspecto aplicado de esta investigación recae sobre la problemática relacionada con la búsqueda eficiente de recursos en redes Peer-to-Peer completamente descentralizadas. Características claves de estos sistemas incluyen: descentralización, auto-organización, dinamismo y tolerancia a fallas, que los hacen naturalmente escalables y atractivos para compartir información y otras clases de recursos. Sin embargo, los mecanismos para la búsqueda de recursos en un sistema totalmente distribuido aún son tema de investigación. El aporte de la presente línea de investigación se sustenta en la necesidad de encontrar variantes eficientes para compartir recursos en sistemas dinámicos totalmente descentralizados.

**Palabras Claves:** Redes Neuronales, Colonias de Hormigas, Algoritmos Evolutivos, Sistemas Distribuidos, Redes Peer-to-Peer.

## **Introducción**

Esta línea de investigación está centrada en el estudio, desarrollo y aplicación de Sistemas Inteligentes utilizando técnicas subsimbólicas de la Inteligencia Artificial (IA), principalmente Redes Neuronales Artificiales (RNA) y optimización basada en Colonias de Hormigas (ACO, por Ant Colony Optimization). También supone la utilización de Algoritmos Evolutivos (AE).

Por Sistema Inteligente se entiende a aquel que es capaz de adaptarse por medio de la experiencia, interactuando con su entorno y aprendiendo, para cada situación, cuáles son las acciones que se deben tomar para alcanzar el objetivo propuesto.

La Inteligencia Artificial subsimbólica comprende distintas disciplinas de las cuales las RNAs constituye la más representativa. Las RNAs emulan a las redes neuronales biológicas, y se han utilizado para aprender estrategias de solución basadas en ejemplos típicos de patrones. A diferencia de los sistemas de cómputo tradicionales, las redes neuronales artificiales no ejecutan instrucciones sino que responden en paralelo a las entradas que se les presentan. El conocimiento de una red neuronal no se almacena en instrucciones, sino que se representa a través de su topología y de los valores de las conexiones -pesos- entre neuronas. A diferencia de los sistemas basados en conocimiento simbólico-deductivos, las redes neuronales artificiales no basan su funcionamiento en la ejecución de reglas definidas a priori a través de un programa sino que son capaces de extraer sus propias reglas a partir de los ejemplos de aprendizaje. Esto es lo que les permite modificar su comportamiento en función de la experiencia.

---

<sup>1</sup> Investigador Principal del CONICET.

<sup>2</sup> Profesor Titular UNLP.

Las RNAs han demostrado un alto rendimiento como dispositivos reconocedores de patrones. Una vez completado el aprendizaje, son capaces de clasificarlos correctamente aún en presencia de ruido o con información incompleta.

La optimización basada en Colonias de Hormigas es otra metaheurística muy difundida. Las estrategias ACO están inspiradas en el estudio del comportamiento social de las hormigas, realizado principalmente por Pierre Paul Grassé y Edgard O. Wilson. Estos investigadores entienden a la colonia como el organismo, y a las hormigas como sus componentes u órganos.

Pierre Paul Grassé introdujo el concepto de estigmergia para explicar cómo se lograban realizar las tareas en insectos sociales sin necesidad de planificación ni de un poder central. Estigmergia significa colaboración a través del medio físico.

En sistemas descentralizados, tales como las colonias de hormigas, los diferentes componentes colaboran a través de pautas o hitos dejados en el medio como por ejemplo feromonas, acumulación de objetos o cualquier otro tipo de cambio físico, como la temperatura. De esta forma se puede explicar la realización de obras colectivas sin necesidad de la intervención de una autoridad central.

Marco Dorigo fue quien propuso el primer algoritmo inspirado en el comportamiento de las hormigas para resolver problemas de optimización combinatoria en un reporte técnico en 1991 [Dorigo1991] y en su tesis doctoral en 1992. [Dorigo1992]

Se puede decir que los algoritmos ACO implementan un conjunto de agentes concurrentes -las hormigas- que se mueven aplicando políticas de decisión locales estocásticas a través de un espacio de estados correspondientes a soluciones parciales del problema a resolver. En estos sistemas es necesario simular la acción de las hormigas que van depositando feromonas pero también el efecto de evaporación de estas partículas que ocurre como consecuencia del transcurso del tiempo.

Los Algoritmos Evolutivos también representan un área importante dentro de la Inteligencia Artificial Subsimbólica. Constituyen un proceso de búsqueda estocástico que emula la teoría darwiniana de evolución por selección natural para resolver problemas de búsqueda y optimización. Trabajan con una población de potenciales soluciones representadas en una estructura de datos denominada cromosoma.

Los Algoritmos Evolutivos procesan similitudes en el genotipo -cromosoma- junto con la valoración del fenotipo correspondiente -solución buscada-. Al explotar una información tan fácilmente disponible, estos algoritmos se pueden aplicar en prácticamente cualquier problema. Para Goldberg [Goldberg1989], este hecho es también el responsable de su eficiencia, ya que al operar en el nivel de código genético, son difíciles de "engañar" aun cuando la función que codifican los cromosomas sea difícil para los enfoques tradicionales. A lo largo de las generaciones, las buenas características se propagan a través de la población favoreciendo el cruce de las mejores soluciones explotando las áreas más prometedoras del espacio de búsqueda.

Existe mucha evidencia empírica sobre la capacidad de los Algoritmos Evolutivos para realizar una buena exploración del espacio de búsqueda. Así, cuando se usan para problemas de optimización, se ven menos afectados por los máximos locales que las técnicas tradicionales.

## **Línea de Investigación**

Esta línea de investigación comprende el estudio, propuesta y experimentación de procesos adaptativos para la obtención de Sistemas Inteligentes capaces de funcionar adecuadamente en entornos de información sumamente cambiantes. Incluye la aplicación de diversas arquitecturas de Redes Neuronales a la solución de problemas de agrupamiento -*clustering*- y el estudio de arquitecturas competitivas dinámicas para la recuperación de información en sistemas distribuidos de gran escala en forma eficiente. Es precisamente este enfoque, aplicado en el área de Sistemas Distribuidos, el tema de la tesis sobre la que el becario está trabajando para obtener el grado de Magister en Redes de Datos.

El eje de la investigación teórica está centrado en las estrategias de adaptación al entorno utilizando principalmente Redes Neuronales Artificiales, Colonias de Hormigas y Algoritmos Evolutivos sin descartar otras posibles metaheurísticas. Los resultados que puedan obtenerse de esta investigación se encuentran comprendidos en el marco del subproyecto del III-LIDI titulado Sistemas Inteligentes apoyado por la UNLP.

El becario ha realizado una amplia investigación con respecto a la aplicación de algoritmos evolutivos, redes neuronales y sistemas multiagentes. Sin embargo, en entornos de información sumamente cambiantes, se hace necesario explorar también otras metaheurísticas. Se pretende implementar alguna forma de optimización basada en Colonias de Hormigas para mejorar la capacidad de adaptación del sistema ante las perturbaciones del ambiente.

Aunque se ha trabajado en extenso sobre el área de control de procesos y procesamiento digital de imágenes, la clase principal de aplicaciones elegidas actualmente para el trabajo experimental son las relacionadas con los sistemas *Peer-to-Peer* (P2P). Estos sistemas son redes virtuales con sus propios mecanismos de ruteo en las que nodos vecinos pueden no estar conectados físicamente, hallarse a miles de kilómetros de distancia y pertenecer a organizaciones diferentes. Se trata de un sistema distribuido, descentralizado y sumamente dinámico, donde la información disponible varía a cada instante, al igual que la topología de la red que cambia con mucha rapidez. Por ello, las redes P2P constituyen un campo de prueba propicio y funcional a los intereses de esta línea de investigación.

La recuperación de información y en general la búsqueda de recursos en estos sistemas totalmente descentralizados es compleja y motivo de investigación actual. El problema consiste en grafos, nodos, *links* y recursos. Un nodo conoce sólo sus propios recursos y un conjunto reducido de nodos vecinos. Cualquier nodo en el grafo puede iniciar una solicitud de requerimiento *-query-* lo que implica atravesar algunos *links* en base a decisiones locales. La meta es localizar una predeterminada cantidad de recursos usando la menor cantidad de paquetes de *query* como sea posible.

Los lineamientos de esta investigación incluyen el estudio y la aplicación de sistemas inteligentes que sean capaces de encontrar soluciones eficientes al problema de búsqueda de recursos en redes P2P totalmente descentralizadas. El becario está trabajando en la posibilidad de utilizar en cada nodo del sistema P2P una red neuronal competitiva de características similares a los mapas autoorganizativos (SOM) y redes LVQ para determinar, dado un requerimiento particular, cuál es el conjunto de vecinos más apropiados para retransmitir una consulta determinada. Se intenta dotar a cada nodo del sistema con la "inteligencia" precisa para conducir la búsqueda sólo hacia los vecinos más apropiados, disminuyendo así la cantidad de paquetes necesarios haciendo más eficiente la utilización del ancho de banda disponible.

El desafío planteado consiste en encontrar una forma eficiente de entrenamiento de estas redes neuronales y de actualización del conocimiento adquirido frente a los cambios tan característicos de estos sistemas altamente dinámicos. Nodos nuevos que se unen y otros que se retiran del sistema, o recursos que se ocupan o liberan en un sitio de la red P2P representan el tipo de cambio más frecuente con los que el sistema de búsqueda debe aprender a lidiar.

Se está estudiando la definición de un mecanismo para ajustar el conocimiento *-pesos de las conexiones de su red neuronal-* que posee cada nodo sobre su vecindario adaptándose a los cambios del entorno. Se intenta utilizar como opción un mecanismo basado en la metaheurística ACO donde un conjunto de agentes móviles *-hormigas-* recorre la red intercambiando información de actualización entre los nodos. Este paradigma ha sido utilizado con buenos resultados para controlar el tráfico generado por el intercambio de tablas de ruteo IP [Amin 2003]. Se espera que con algunas modificaciones también funcione adecuadamente llevando información de los pesos de conexión de las redes neuronales de cada nodo del sistema.

Además, en forma paralela y complementariamente, se están estudiando distintas particularidades de las metaheurísticas analizadas en otras áreas de aplicación tales como el procesamiento de imágenes y el control de procesos.

### **Resultados parciales obtenidos**

Los primeros resultados logrados por esta línea de investigación fueron en el área de control de procesos con la publicación de una estrategia neuro-evolutiva para la generación de controladores multiagentes de tamaño ajustable.

También se han obtenido importantes resultados en el área de procesamiento digital de imágenes -filtro adaptativo, segmentación y esqueletización-, aplicando estrategias supervisadas y no supervisadas basadas en Redes Neuronales que dieron origen a varias publicaciones en congresos nacionales y del exterior. Entre estas publicaciones se destaca el artículo "*Image Recovery Using a New Nonlinear Adaptive Filter Based on Neural Networks*" publicado en ITI2006. Cavtat/Dubrovnik. Croatia. IEEE Catalog Number 06EX1244 ISBN 953-7138-05-4 ISSN 1330-1012, seleccionado y finalmente incluido en el Journal of Computing and Information Technology CIT Vol 14, Nro.4. 2006. pp. 307-312.

Más recientemente, el enfoque hacia las aplicaciones relacionadas con el postgrado del becario, lo han conducido a la conclusión del trabajo final titulado "Sistemas Inteligentes Aplicados a Redes de Datos" con el que alcanzó el grado de Especialista en Interconexión de Redes y Servicios.

También ha comenzado la redacción de la tesis "Búsqueda de recursos en redes Peer-to-Peer totalmente descentralizadas basada en Redes Neuronales Artificiales" con la que pretende alcanzar el grado de Magister en Redes de Datos.

Además se han conseguido dos patentes de software: "*Entorno para generación y prueba de controladores neuroevolutivos*" y "*Segmentación de imágenes con Redes Neuronales Artificiales*" producto de la actividad de esta investigación.

### **Resultados esperados**

Se espera transferir los resultados obtenidos de la investigación teórica a la recuperación de recursos en redes P2P desarrollando y evaluando distintas herramientas de Inteligencia Artificial subsimbólica y así culminar la redacción de la Tesis para la obtención del grado de Magister en Redes de Datos.

Se implementará un ambiente de simulación y testeo para redes P2P que permita configurar distintas topologías de redes y escenarios de distribución y estado de recursos. Tendrá facilidades para simular y visualizar la evolución de la red P2P ante los cambios de estado producido por la actividad normal de la red como así también por el alta y baja aleatoria de nodos en el sistema.

### **Bibliografía**

- [Amin 2003] Amin Kaizar A. Y Mikler Armin R. Dynamic Agent Population in Agent-Based Distance Vector Routing. Neural, Parallel & Scientific Computations. Pp 127-142 (2003)
- [Colouris 2001] Colouris, G. F.; Dollimore, J. y T. Kindberg;"Distributed Systems: Concepts and Design". 3rd Edition. Addison-Wesley, 2001.
- [Dan 2004] Dan, Wang. A Resource Discovery Model based on Multi-Agent Technology in P2P System. Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT '04)
- [Di Caro 1998] Di Caro, Gianni; Dorigo, Marco. Two ant colony algorithms for best-effort routing in datagram networks. Tenth IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS'98), pp.541-546 IASTED/ACTA Press.

- [Dorigo 1991] Dorigo, M. Maniezzo, V., Colomi, A. The Ant System: An Autocatalytic Optimizing Process. Tech. Rep. 91-016, Dipartimento di Elettronica ed Informatica. Politecnico di Milano (IT), 1991.
- [Dorigo 1992] Dorigo, Marco. Optimization, Learning and Natural Algorithms. PhD thesis, Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano IT, 1992.
- [Dorigo 1999] Dorigo Marco; Di Caro, Gianni; Gambardella, Luca M. Ant Algorithms for Discrete Optimization. *Artificial Life* 5, 137-172, 1999 Massachusetts Institute of Technology.
- [Freeman 1993] Freeman, James A. & Skapura, David M. "Redes neuronales Algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación". Addison-Wesley, 1991. Versión en español de: Rafael García -Bermejo Giner. Addison-Wesley Iberoamericana 1993.
- [Goldberg 1989] Goldberg, David.E. "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning", Addison-Wesley, 1989.
- [Hecht-Nielsen 1991] Hecht-Nielsen, Robert. "Neurocomputing". Addison-Wesley Publishing Company.1991
- [Kalogeraki 2002] V. Kalogeraki, D. Gunopulos, and D. Zeinalipour-Yatzi, A Local Search Mechanism for Peer-to-Peer Networks, in Proceedings of the 11th International Conference on Information and Knowledge Management, ACM Press, 2002, pp. 300-307.
- [Kohonen 1997] Kohonen Teuvo. Self-Organizing Maps. ISBN 3-540-62017-6 2nd Edition Springer-Verlag. 1997
- [Konak 2005] Konak Abdullah, Smith Alice. "Designing resilient networks using a hybrid genetic algorithm approach" Proceedings of the 2005 conference on Genetic and evolutionary computation, June 25-29, 2005 (GECCO'05), Washington DC, USA
- [Lv 2002] Q. Lv, P. Cao, E. Cohen, K. Li, and S. Shenker, "Search and Replication in Unstructured Peer-to-Peer Networks", 16th Int. Conf. on Supercomputing, ACM Press, 2002, pp.84-95.
- [Maxim 2003] Maxim, Rodionov and Hui, Siu Cheung. Intelligent Content-Based Retrieval for P2P Networks. Proceedings of the 2003 International Conference on Cyberworlds (CW' 03) 2003 IEEE.
- [Morris 1994] Morris, Robert J. T.; Samadi, Behrokh. Neural Network Control of Communications Systems. *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 5 nro. 4 (1994).
- [Tsoumakos 2003] D. Tsoumakos and N. Roussopoulos, Adaptive Probabilistic Search for Peer-to-Peer Networks, in Proceedings of the Third IEEE International Conference on P2P Computing (P2P2003), IEEE Press, 2003, pp. 102-109
- [Vapa 2004] Vapa M., Kotilainen N., Auvinen A., Töyrylä J.,Hyytiälä H., Vuori J., NeuroSearch: evolutionary neural network resource discovery algorithm for peer-to-peer networks, University of Jyväskylä, 2004
- [Wooldridge 2002] Wooldridge, M. An Introduction to Multiagent Systems. John Wiley & Sons, LTD. 2002.
- [Yang 2002] B. Yang and H. Garcia-Molina, "Improving search in peer-to-peer networks," 22nd IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'02), 2002.
- [Yao 1999] Yao, Xin. "Evolving Artificial Neural Networks" School of Computer Science The Univ.of Birmingham. UK. Proceedings of the IEEE, 87(9):1423-1447, September 1999.