

Sistemas Inteligentes

Laura Lanzarini¹, Leonardo Corbalán², Germán Osella Massa³, Waldo Hasperue⁴, Cecilia De Vito⁵
{laural, corbalan, gosella, whasperue, cdevito}@lidi.info.unlp.edu.ar

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)⁶.
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 basados en estrategias de adaptación de Redes Neuronales y Sistemas Difusos.

Interesa especialmente la transferencia de tecnología a las áreas de minería de datos, robótica y sistemas distribuidos peer-to-peer (P2P).

Los temas centrales se encuentran relacionados con la investigación de nuevas estrategias de clustering basadas en redes neuronales competitivas que permitan conocer la topología de la información disponible. Los resultados obtenidos son aplicados tanto a la Minería de Datos como a la búsqueda eficiente de recursos en sistemas distribuidos P2P completamente descentralizada.

En el área de la robótica, el énfasis está puesto en el estudio, investigación y desarrollo de aplicaciones de tiempo real basadas en redes neuronales evolutivas, especialmente aplicadas 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.

Resulta también de interés el estudio de métodos para la generación automática de Sistemas Difusos adecuados para la resolución de diversos tipos de problemas. El objetivo central es la aplicación de estrategias evolutivas para la construcción de Sistemas con reglas compactas, adecuadas y de fácil interpretación.

Palabras claves

Redes Neuronales, Estrategias Evolutivas, Lógica Difusa, Adaptación, Soft Computing,

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la resolución de problemas del mundo real se ha basado en la aplicación de herramientas de procesamiento de datos clásicas a modelos físicos. Sin embargo, este enfoque resulta difícil de generalizar cuando se incrementa tanto el volumen de la información disponible como la complejidad e imprecisión del problema y más aún cuando se trata de situaciones caóticas, multidimensionales y multiobjetivo donde intervienen muchos parámetros que modifican completamente la solución obtenida ante pequeñas variaciones. Para resolver problemas de esta envergadura es necesario el uso de estrategias con capacidad de adaptación al entorno de información. Tal es el caso de las soluciones basadas en la evolución de redes neuronales y de sistemas difusos caracterizadas por su tolerancia a la imprecisión, la incertidumbre y la verdad parcial.

En la actualidad, el avance de la Informática permite contar con grandes volúmenes de datos obtenidos como resultado de la observación y/o el muestreo de diferentes procesos cuyo valor está en la posibilidad de procesamiento inteligente para la toma de decisiones.

Existen diferentes técnicas dentro de la Ciencia de la Computación que permiten obtener conocimiento a partir de la información almacenada. Estos procesos conocidos como “Data Mining” o Minería de Datos permiten la extracción de conocimiento útil y comprensible, previamente desconocido, desde grandes cantidades de datos almacenados en distintos formatos.

Las técnicas “inteligentes” o “adaptativas” de minería de datos constituyen una de las temáticas en plena evolución dentro de la Ciencia Informática actual [Mit02] [Mit03], especialmente las que permiten extraer información de manera no supervisada [Azu00] [Koh97] ya que pueden descubrir por sí solas características, regularidades, correlaciones o categorías en los datos de entrada [Koh00] [Bar04] [Su01]. A esta categoría pertenecen las redes neuronales competitivas cuya característica principal radica en la obtención de información de la topología de los datos de entrada [Aup03]

¹ Profesor Titular. Facultad de Informática. UNLP

² Becario de Perfeccionamiento de la UNLP. Ayudante Diplomado - Facultad de Informática. UNLP

³ Becario Doctoral de CONICET. Ayudante Dipomado - Facultad de Informática. UNLP

⁴ Becario de Estudio de la CIC - Facultad de Informática. UNLP

⁵ Becario Doctoral del Proyecto PAV-076. Jefe de Trabajos Prácticos - Facultad de Informática. UNLP

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

facilitando, por ejemplo, su visualización [Hsu01] [Jin04].

En especial, las redes competitivas dinámicas mantienen estas características e incorporan la posibilidad de definir la arquitectura durante el entrenamiento [Fri96] [Mar02] mejorando de esta forma su desempeño. Si bien existen soluciones en esta línea [Ala00] [Ama04] [Hol02], aun es necesario perfeccionar las estrategias de aplicación de RNA en los procesos de Minería de Datos [Has05].

Por otro lado, las Estrategias Evolutivas resultan una herramienta fundamental para resolver problemas para los cuales la respuesta esperada varía en función de estados anteriores [Xin99]. Su combinación con las RNA ha dado lugar a un nuevo paradigma denominado Redes Neuronales Artificiales Evolutivas (RNAE) o simplemente Neuroevolución [Bru01].

Una característica distinguible de las RNAE es su capacidad de adaptabilidad a un ambiente dinámico ya que, además del entrenamiento, cuentan con la evolución como mecanismo de aprendizaje. Han demostrado ser una excelente herramienta para la resolución de tareas complejas, entendiendo como tales aquellas cuya solución no es directa sino que involucra el aprendizaje de una estrategia para lograr el objetivo esperado. Tal es el caso de un robot que debe trasladar distintos tipos de elementos dentro de un escenario con obstáculos.

También es importante considerar que existen situaciones que no pueden ser resueltas por un único agente [Bry03], como ocurre en el juego de fútbol robótico donde varios jugadores combinan sus acciones para lograr un único objetivo. Es importante notar que, más allá de las diferencias entre los agentes, es el grupo el que debe llevar a cabo la estrategia. Diversas investigaciones han demostrado que este tipo de situaciones pueden ser resueltas dividiendo el problema original en partes más simples, llamadas subtareas, permitiendo de esta forma un aprendizaje gradual de la respuesta buscada. En esta dirección se han desarrollado distintas soluciones que combinan técnicas de Evolución Incremental con Redes Neuronales Evolutivas [Gom97] con el objetivo de proveer un mecanismo adaptivo que minimice el conocimiento previo necesario para obtener un buen desempeño dando lugar a controladores formados por varias redes [Bru01]. Otro aspecto a tener en cuenta es la forma de determinar cual es la red neuronal que debe ejecutarse en cada instante de tiempo; en esta línea existen diferentes alternativas que van desde el uso de un árbol de decisión diseñado ad-hoc [Whi03] [Oli05] hasta mecanismos que organizan la estructura en forma automática [Cor02a] [Cor04] [Cor05].

Por otro lado, los sistemas difusos han demostrado ser una herramienta útil para resolver problemas en

varios dominios, principalmente en las áreas de clasificación [Set00], minería de datos [Bee04] [Del03] y control [Abo03]. Esto se debe a su capacidad para manejar la imprecisión que los caracteriza y su facilidad de incorporar conocimiento previo de un experto humano o de extraer el conocimiento adquirido.

Dos de los paradigmas más exitosos son los Sistemas Neuro-Difusos y los Sistemas Difusos Evolutivos. Mientras que el primero busca combinar los sistemas difusos con las redes neuronales, el segundo busca mejorar la capacidad de adaptación de los sistemas difusos mediante Algoritmos Evolutivos, convirtiéndolos en excelentes procesos de búsqueda.

Diferentes Algoritmos Evolutivos han sido aplicados para producir Sistemas Difusos: desde el Algoritmo Genético Clásico, que emplea codificación binaria, hasta técnicas evolutivas que proponen codificaciones específicas para algún determinado tipo de problemas junto con operadores adecuados para ellas [Ang03] [Yuc05].

En la actualidad, los Sistemas Difusos Evolutivos más destacados son los Sistemas Difusos Evolutivos basados en Reglas, cuyo proceso de adaptación aprende o ajusta distintas componentes de un sistema difuso [Pir04] [Kay04]. Sin embargo, el proceso de obtención de reglas compactas, adecuadas y de fácil interpretación para un problema dado es todavía un tema de investigación [Ose05].

Poseer la capacidad de demostrar el correcto funcionamiento de las Redes Neuronales Artificiales Evolutivas o de los Sistemas Difusos Evolutivos generados automáticamente es algo deseable. La comprobación de modelos es una técnica utilizada para verificar si determinadas propiedades son cumplidas en el modelo de un sistema, encontrando contraejemplos cuando esto no ocurra [Hol97] [Hol03]. El uso de esta técnica de Ingeniería de Software a la validación de RNAE o Sistemas Difusos es algo novedoso y con resultados aplicables más que interesantes.

2. TEMAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- Aplicación de diversas arquitecturas de Redes Neuronales a la solución de problemas de agrupamiento (clustering) especialmente en lo referido a la variación de la cantidad de características utilizadas en el espacio de entrada.
- Estudio de arquitecturas competitivas dinámicas poniendo énfasis en su utilización como herramienta de visualización de la información disponible y como medio para implementar sistemas inteligentes que lleven a cabo la búsqueda distribuida de recursos en ambientes P2P de gran escala en forma eficiente.

- Estudio de las estrategias existentes que permiten determinar, durante la adaptación, el tamaño de la arquitectura y la forma de conexión de los elementos que componen una red neuronal competitiva dinámica.
- Estudio y aplicación de diferentes métricas que permitan analizar la preservación de la topología de los datos tanto en el espacio de los patrones de entrada como en el espacio de salida de la red.
- Estudios de performance de los algoritmos desarrollados. Análisis de eficiencia en la resolución de problemas concretos.
- Estudio de estrategias que permitan realizar la segmentación de redes competitivas a fin de llevar a cabo un procesamiento distribuido de la información disponible.
- Análisis de los frameworks existentes para Robótica Evolutiva en lo que hace a definición de escenarios, interacción con robots específicos, plataformas de desarrollo y posibilidades de desarrollos multi-agentes.
- Desarrollo de estrategias evolutivas aplicables a la definición de controladores basados en RNA.
- Análisis de codificaciones para la representación de Sistemas Difusos utilizando Algoritmos Evolutivos.
- Diseño del conjunto de operadores genéticos apropiados para la preservación de la semántica de las reglas de un Sistema Difuso.
- 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.
- Estudio y aplicación de diferentes métricas que permitan analizar la complejidad del conjunto de reglas difusas obtenidas por evolución.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ ESPERADOS.

- Desarrollo e implementación de controladores basados en redes neuronales evolutivas obtenidas a partir de la información del entorno con el objetivo de resolver problemas de estrategia.
- Desarrollo de soluciones a problemas concretos de Minería de Datos utilizando redes neuronales competitivas dinámicas. Evaluar la preservación de la topología de los datos de entrada.
- Utilización de redes neuronales competitivas para conducir la búsqueda de recursos hacia los nodos más prometedores en un sistema distribuido Peer-to-Peer totalmente descentralizado.
- Desarrollo de métodos de búsqueda automáticos basados en evolución capaces de producir sistemas difusos adecuados para la resolución de diversos problemas.
- Análisis de diferentes maneras de representar, combinar y alterar a los Sistemas Difusos sometidos al proceso evolutivo de forma que no se pierda la semántica de las reglas que componen a los sistemas.
- Validación de las estrategias aprendidas por las redes neuronales propuestas. Uso de herramientas de Ingeniería de Software para simular y verificar el modelo que representa su comportamiento.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Dentro de los temas involucrados en esta línea de investigación se están desarrollando actualmente 3 tesis de doctorado, 1 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

[Abo03] Abonyi J., "Fuzzy Model Identification for Control", Springer, 2003.

[Ala00] Alahakoon, D., Halgamuge, S.K. & Srinivasan B. Dynamic Self-Organizing Maps with Controlled Growth for Knowledge Discovery. IEEE Transactions On Neural Networks, Vol. 11 (3), pp. 601-614. 2000.

[Ama04] Amarasiri, R., Alahakoon, D. & Smith, K.A. HDGSOM: A Modified Growing Self-Organizing Map for High Dimensional Data Clustering. Proceedings of the Fourth International Conference on Hybrid Intelligent Systems. 2004.

[Ang03] Angelov P., "An evolutionary approach to fuzzy rule-based model synthesis using indices for rules", Fuzzy Sets and Systems, Volume 137, Issue 3, 325-338, 2003

[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.

[Azu00] Azuaje, F., Dubitzky, W., Black, N. & Adamson, K. Discovering relevance knowledge in data: a growing cell structures approach. Systems, Man and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on Vol. 30 (3), pp: 448-460. 2000.

[Bar04] Barreto, G.A. & Araujo, A.F.R. Identification and Control of Dynamical Systems Using the Self-Organizing Map. Neural Networks, IEEE Transactions on, Vol. 15 (5), pp. 1244-1259. 2004.

[Bee04] Been-Chian Chien; Chih-Hung Hu; Hsu, S.-J.; "Generating hierarchical fuzzy concepts from large databases" Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on Volume 4, 10-13 Oct. 2004 Page(s):3128 - 3133 vol.4

[Bru01] Bruce J. and Miikkulainen R "Evolving Populations Of Expert Neural Networks" Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin To appear in Proceedings of the

- Genetic and Evolutionary Computation Conference. (GECCO-2001, San Francisco, CA), 251--257. San Francisco, CA: Kaufmann, 2001.
- [Bry03] Bryant, B., Miikkulainen, R. "Neuroevolution for Adaptive Teams". Congress on Evolutionary Computation (CEC-2003). 2003
- [Cor04] Corbalán L., Osella Massa G., Lanzarini L., De Giusti A. "ANELAR. Arreglos Neuronales Evolutivos de Longitud Adaptable Reducida". X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2004.. ISBN 987-9495-58-6.
- [Cor05] "Controlador Multiagente generado por Evolución". Corbalan, Osella Massa, Lanzarini y De Giusti. Jornadas Chilenas de Computación 2005. Valdivia, Chile. Noviembre de 2005.
- [Del03] Delgado, M.; Marin, N.; Sanchez, D.; Vila, M.-A.; "Fuzzy association rules: general model and applications" Fuzzy Systems, IEEE Transactions on Volume 11, Issue 2, April 2003 Page(s):214 – 225
- [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.
- [Gom97] Gomez, F. and Miikkulainen, R. "Incremental Evolution Of Complex General Behavior" Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin. Adaptive Behavior. Vol 5. pp.317-342. 1997
- [Has05] "Dynamic Self-Organizing Maps. A new strategy to enhance topology preservation". Hasperué, Lanzarini. XXXI Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2005).
- [Hol02] Holmström, J. Growing neural Gas: Experiments with GNG, GNG with utility and supervised GNG. Uppsala Master's Thesis in Computer Science. Uppsala University. Department of Information Technology. Computer Systems, Uppsala, Sweden. 2002.
- [Hol97] Holzmann, G.J. "The Model Checker Spin", IEEE Trans. on Software Engineering, Vol. 23, No. 5, pp. 279-295, 1997.
- [Hol03] Holzmann, G.J., "The Spin Model Checker: Primer and Reference Manual". Addison-Wesley, 2003.
- [Hsu01] Hsu, A.L. & Halgamuge, S.K. Enhanced topology preservation of dynamic self-organizing maps for data visualization. IEEE, pp. 1786-1791. 2001.
- [Jin04] Jin H., Shum, W., Leung K. & Wong M. Expanding Self-Organizing Map for data visualization and cluster analysis. Information Sciences, Vol. 163, pp. 157-173. 2004.
- [Kay04] Kaya, M.; Alhajj, R.; "Genetic algorithms based optimization of membership functions for fuzzy weighted association rules mining" Computers and Communications, 2004. Proceedings. ISCC 2004. Ninth International Symposium on Volume 1, 28 June-1 July 2004 Page(s):110 - 115 Vol.1
- [Koh97] Kohonen, T. Self-Organizing Maps. 2nd Edition. Springer. ISSN 0720-678X. 1997.
- [Koh00] Kohonen, T., Kaski, S., Lagus, K., Salojarvi, J., Honkela, J., Paatero, V. & Saarela, A. Self organization of a massive document collection. Neural Networks, IEEE Transactions on, Vol. 11 (3), pp. 574-585. 2000.
- [Mar02] Marsland, S., Shapiro, J. & Nehmzow, U. A self-organising network that grows when required. Neural networks, Vol. 15, pp. 1041-1058. 2002.
- [Mit02] Mitra, S. K. Pal, and P. Mitra, "Data mining in soft computing framework: A survey," IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 13, pp. 3-14, 2002.
- [Mit03] Mitra S. & T. Acharya, "Data Mining: Multimedia, Soft Computing, and Bioinformatics", John Wiley & Sons. 2003.
- [Oli05] Olivera H y 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.
- [Ose05] "Evolving Fuzzy Systems. A new strategy for rule semantics preservation". Osella Massa, Corbalan, Lanzarini, De Giusti. Jornadas Chilenas de Computación 2005. Valdivia, Chile. 2005.
- [Pir04] Pires, M.G.; Camargo, H.A.; "Genetic learning and optimization of fuzzy sets in fuzzy rule-based system" Information Reuse and Integration, 2004. IRI 2004. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on 8-10 Nov. 2004 Page(s):623 – 628
- [Set00] Setnes M., Roubos H., "GA-fuzzy modeling and classification: complexity and performance", IEEE Trans. Fuzzy Systems 8 (5), 509–522, 2000
- [Su01] Su, M. & Chang, H. A new model of self-organizing neural networks and its application in data projection. Neural Networks, IEEE Transactions on, Vol. 12 (1), pp. 153-158. 2001.
- [Whi03] Whiteson S., Stone P. "Concurrent Layered Learning". Second International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems - AAMAS'03 pp 14-18. Julio 2003.
- [Xin99] Xin Yao. "Evolving Artificial Neural Networks" School of Computer Science The University of Birmingham. United Kingdom. Proceedings of the IEEE, 87(9):1423-1447, September 1999.
- [Yuc05] Yu-Chiun Chioua, Lawrence W. Lan, "Genetic fuzzy logic controller: an iterative evolution algorithm with new encoding method", Fuzzy Sets and Systems 152, 617-635, 2005