

Sistemas Inteligentes. Aplicaciones en Optimización de Procesos, Minería de Datos, Procesamiento de señales y Robótica Evolutiva

Laura Lanzarini¹, Waldo Hasperue², Leonardo Corbalán³, Javier López⁴, César Estrebow⁵, Franco Ronchetti⁶, Juan Maulini⁷, Augusto Villa Monte⁸

Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)⁹ -Facultad de Informática. UNLP

{laural, whasperue, corbalan}@lidi.info.unlp.edu.ar, lopezjavierhernan@gmail.com, {cesarest, fronchetti, jmaulini, avillamonte}@lidi.info.unlp.edu.ar

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 Sistemas Inteligentes basados en mecanismos de adaptación.

En el área del procesamiento de señales, el énfasis está puesto en el reconocimiento de patrones biométricos combinando las técnicas habitualmente utilizadas con estrategias adaptativas inteligentes que permitan desarrollar aplicaciones con capacidades para reconocer e identificar personas en tiempo real.

La identificación de personas se efectúa a través de dos medidas biométricas: la imagen del rostro y la señal de voz.

La Optimización de Procesos, también forma parte de las líneas de investigación aquí presentadas. En especial se han desarrollado varias alternativas del método PSO las cuales fueron aplicadas en la optimización de funciones com-

plejas así como al ruteo de vehículos para mejorar el servicio en una empresa de emergencias médicas.

Se están desarrollando también otras estrategias de Minería de Datos basadas principalmente en redes neuronales competitivas. Estas estrategias están siendo probadas en áreas como el procesamiento masivo de texto y la búsqueda de recursos en redes Peer-to-Peer descentralizadas.

En el área de la robótica evolutiva, el énfasis está puesto en la construcción de controladores neuronales con capacidad de adaptación a entornos dinámicos. El objetivo planteado es reducir los costos computacionales que presupone el proceso de evolución de los mismos. Para ello se desarrollaron estrategias de evolución con tamaño variable de población y técnicas de especiación.

Palabras claves: Redes Neuronales, Algoritmos Evolutivos, Minería de Datos, Optimización mediante Cúmulos de Partículas, Robótica Evolutiva.

1. Introducción

Los Sistemas Inteligentes han demostrado ser herramientas sumamente útiles en la resolución de problemas complejos. Su capacidad de adap-

¹ Profesor Titular. Facultad de Informática. UNLP

² Becario de Postgrado Tipo II CONICET – Ayudante Diplomado Facultad de Informática. UNLP

³ Profesor Adjunto. Facultad de Informática. UNLP

⁴ Alumno del Doctorado en Cs. Informáticas. Facultad de Informática. UNLP

⁵ Jefe de Trabajos Prácticos SD. Facultad de Informática. UNLP

⁶ Becario de Iniciación UNLP. Ayudante Alumno. Facultad de Informática

⁷ Becario III-LIDI. Ayudante Diplomado. Facultad de Informática. UNLP

⁸ Becario III-LIDI. Ayudante Alumno. Facultad de Informática. UNLP

⁹ Calle 50 y 120 1er Piso, (1900) La Plata, Argentina, TE/Fax +(54) (221) 4227707. <http://weblidi.info.unlp.edu.ar>

tación al entorno de información les permite brindar buenos resultados en distintas áreas.

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 Algoritmos Evolutivos aplicables al Reconocimiento de Patrones así como al control de agentes autónomos. Se definieron y desarrollaron varias estrategias basadas en redes neuronales competitivas con aplicaciones concretas en distintas áreas.

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

1.1. Técnicas de Optimización basadas en metaheurísticas poblacionales

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 [Ken95] y se han propuesto variantes del algoritmo alcanzando resultados satisfactorios. En [Lan08] 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 [Lop09] 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 [Lan11a] 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 existentes para abordar la solución de estos problemas de optimización multiobjetivo [Zit09].

La solución en este tipo de problemas esta constituida por un conjunto 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) [Dur09].

Dentro del ámbito del trabajo realizado por el laboratorio 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 [Lop10] se propone una variante del algoritmo PSO con población variable, basado en la propuesta realizada en [Lan08]. Esta versión del algoritmo demostró la obtención de muy buenos resultados, superando a técnicas de optimización referentes en este campo de investigación.

En [Lop11] 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.

1.2. Reconocimiento de Patrones Biométricos

Dentro de este tópico se viene trabajando en el III-LIDI sobre dos líneas de investigación que incluyen tanto el audio como la imagen: el reconocimiento de voz y el reconocimiento de rostros.

En cuanto a la primera línea de investigación, se ha trabajado sobre el problema de identificación de locutor. 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. El tratamiento digital de señales de audio es una de las técnicas biométricas que puede utilizarse para realizar las tareas de identificación y verificación [Che07, Mez05, Ras08]. Se han desarrollado varios métodos para lograr un modelado que resuelva el problema de identificación [Has05, Mez05, New08].

En esta línea de investigación se ha propuesto y desarrollado un algoritmo de tres etapas, llamado ProbSOM [Est10], que genera un único modelo para identificar varias personas por medio del análisis de voz. La primera etapa consiste en el pretratamiento de la señal y extracción de componentes característicos; la segunda consiste en el entrenamiento de una red SOM dinámica usando [Has07] y la última etapa establece, para cada neurona de la red, la probabilidad de que reconozca a cada uno de los candidatos. Una vez armado el modelo es posible realizar las tareas de identificación y validación de personas. Los resultados obtenidos con ProbSOM han sido mejores que los alcanzados en [Est09].

La segunda línea de este tópico se ha centrado en el reconocimiento de rostros. Se trata de identificar 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, producen en la imagen.

En general, puede observarse que las representaciones utilizadas presentan una tasa elevada de falsos positivos. Este aspecto dificulta el reconocimiento a la hora de establecer un umbral de corte. En [Lan10] se propuso una estrategia que utiliza, para cada rostro, los descriptores SIFT más representativos [Low04]. Para seleccionarlos se utilizó una variante de PSO definida en [Moj07]. Si bien los resultados obtenidos en su momento fueron satisfactorios, actualmente se está trabajando en la aplicación del método descrito en [Lan11a] al problema de detección de rostros. Con esto se espera mejorar la selección de los vectores SIFT más representativos.

1.3 Minería de Datos. Modelización utilizando Redes Neuronales Competitivas

Esta línea de investigación está centrada en la definición de estrategias adaptativas que permitan extraer conocimiento de grandes bases de datos a partir de un modelo dinámico capaz de adaptarse a los cambios de la información, así como en el estudio de la optimización de la respuesta de los algoritmos a partir de su paralelización.

En especial se estudian métodos de clustering y clasificación de patrones para lograr asociar respuestas dinámicas con los datos de entrada obtenidos. Así, se espera conseguir métodos y técnicas de minería de datos que sean capaces de generar conocimiento útil, produciendo resultados que sean de provecho al usuario final.

Además, dado el gran volumen de información a procesar (que puede estar físicamente distribuida), resulta de interés investigar la arquitectura y paradigma de programación paralela utilizable de modo de minimizar el tiempo de cálculo del proceso adaptativo.

Los resultados de esta investigación pueden aplicarse en áreas tales como análisis de suelos, análisis genético, robótica, economía, medicina y comunicación de sistemas móviles. En estos casos es importante la obtención de un resultado óptimo, de modo de mejorar la calidad de las decisiones que se toman a partir del procesamiento. Desde el punto de vista informático estos problemas son un desafío interesante debido al volumen y distribución de los datos a analizar (incluso su complejidad) para obtener el conocimiento buscado.

Se ha desarrollado una estrategia que utiliza hipercubos creados a partir de los vectores de pesos de las neuronas de un SOM entrenado para realizar tareas de clustering [Has10b]. Esta estrategia crea hipercubos agrupando los vectores de pesos de neuronas vecinas y luego mediante la expansión, contracción, unión y separación de hipercubos determina la cantidad de clusters del conjunto de datos inicial y como están conformados cada uno de ellos. La gran ventaja de utilizar hipercubos en problemas de clustering es que estos de manera sencilla dan como resultado las reglas que los describen con respecto al resto de hipercubos y de esa manera ofrecen al usuario final reglas de asociación

para la comprensión de los datos y su uso ante nuevos datos obtenidos.

Otra línea de investigación que se lleva a cabo en el III-LIDI se ha centrado en la minería de texto (Text Mining) obteniendo buenos resultados al aplicar redes neuronales competitivas en el análisis de correos electrónicos como herramienta de apoyo para el área de educación a distancia [Vil10]. La estrategia desarrollada combina procesamiento estadístico, una red SOM y reglas de asociación, para analizar los correos electrónicos correspondientes a cursos realizados a través de una plataforma de educación a distancia. Esta estrategia ha demostrado ser útil para determinar los grupos de palabras relevantes y las relaciones que existen entre ellas. De esta manera pueden descubrirse cuáles son los tópicos de interés en las comunicaciones, permitiendo asistir a los estudiantes en forma más eficiente. Dado lo difícil que resulta procesar texto no estructurado y de escasa longitud, se ha desarrollado la versión difusa de la estrategia anteriormente mencionada buscando reducir la cantidad de palabras relevantes [Lan11b]. Actualmente se está trabajando en mejorar la representación inicial de los mensajes y en resolver el problema de la saturación neuronal utilizando una red FSOM dinámica.

Otra área en donde se ha utilizado una técnica de agrupamiento ha sido en la implementación de una estrategia de búsqueda de recursos en redes P2P descentralizadas [Cor09]. Aquí una arquitectura neuronal LVQ es utilizada en cada nodo de la red para aprender qué clases de recursos pueden ser encontrados con facilidad a partir de cada uno de sus vecinos. Cada nodo de la red P2P realiza una clasificación de los recursos compartidos en tantas clases como vecinos posea el nodo. El entrenamiento se hace en línea, a medida que los nodos van participando en procesos de búsquedas. De esta forma la red neuronal LVQ se utiliza para dirigir las búsquedas sólo hacia los nodos vecinos más prometedores, obteniéndose así una reducción drástica en el tráfico generado para estos fines. Esto redundará en un mayor rendimiento del sistema P2P en general.

1.4. Robótica Evolutiva

En el III-LIDI se ha trabajado en este tema desde hace varios años. En general se trata de procesos que requieren un tiempo computacional elevado. Sin duda, uno de los aportes más significativos ha sido la definición de un mecanismo de integración automática de módulos que permitió combinar comportamientos básicos aprendidos previamente, reduciendo de esta forma el costo de entrenamiento [Ose06]. También se han definido mecanismos para mejorar el desempeño del controlador continuando con su evolución en la fase de ejecución [Vin07a].

Actualmente se está trabajando en la obtención de controladores robóticos por medio de metaheurísticas tendientes a reducir los costos computacionales. Para ello se ha desarrollado una nueva estrategia evolutiva con población de tamaño variable que promueve la especiación para obtener un controlador robótico basado en una mínima arquitectura neuronal [Ron10].

Una estrategia de población variable puede favorecer los niveles de diversidad genética si se permite la incorporación de nuevos cromosomas, pero también permite ajustar los costos computacionales por medio de la eliminación adecuada de individuos con su consecuente reducción de procesamiento.

La pérdida de diversidad también es atenuada con un mecanismo de especiación que evoluciona en paralelo grupos dentro de la misma población promoviendo la aparición de nuevos grupos con capacidades exploratorias distintas sobre el espacio de búsqueda.

Esta estrategia ha sido puesta a prueba en el problema de alcance de objetivos y evasión de obstáculo utilizando el robot Khepera II y un entorno adecuado de simulación. Ha mostrado ser capaz de obtener rápida y eficientemente un controlador neuronal fácil de instalarse en el robot real [Ron11].

Actualmente se está trabajando en diferentes estrategias para utilizar esta solución en arquitecturas más complejas.

2. Líneas de investigación y desarrollo

- Desarrollo e implementación, a partir de los métodos existentes, de estrategias adaptativas capaces de construir y mantener mode-

los adecuados en entornos de información dinámicos.

- Desarrollo e implementación de técnicas utilizando hipercubos sobre el espacio de entrada, midiendo la separación entre clases, y la obtención de reglas de asociación y de clasificación.
- Optimización mono y multi objetivo. Desarrollo de nuevas variantes de algoritmos tipo PSO y evaluación de rendimiento.
- Estudio, evaluación y aplicación de meta-heurísticas 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.
- Estudio de distintos métodos de caracterización de textos haciendo énfasis en su longitud.

3. Resultados obtenidos

- 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.
- Desarrollo e implementación de un mecanismo para reconocimiento de rostros basado en características SIFT y una variante original de PSO Binario con el fin de reducir el tamaño de la base de datos.
- Desarrollo de una aplicación, basada en FSOM y reglas de asociación para identificar los temas relevantes dentro de un conjunto de e-mails.
- Adaptación de un entorno de simulación con el objeto de incorporar una estrategia capaz de obtener un controlador neuronal a partir

de una estrategia evolutiva paralela que permita reducir el costo computacional habitualmente requerido.

- Investigación, desarrollo, y puesta en marcha de optimización multi-objetivo en un caso real de negocios en la industria de la salud.
- Estudio de distintas métricas para medir la separación de clases en el espacio de entrada.
- Implementación de estrategias para obtener reglas de clasificación a partir de hipercubos.

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

- [Cor09] “Búsqueda Neuronal de Recursos con Exploración Incremental en Redes Peer-to-Peer”. Corbalán L., Lanzarini L., De Giusti A. XIII Workshop on Distributed Systems and Parallelism (WSDP). Jornadas Chilenas de Computación 2009. pag.11-20. Santiago de Chile. Noviembre de 2009.
- [Cor10] “Búsqueda Neuronal de Recursos Adaptativa en Sistemas Peer-to-Peer (BNAP2P)”. Corbalán L., Lanzarini L., De Giusti A. Workshop de Procesamiento Distribuido y Paralelo (WPDP). XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2010. Buenos Aires. Octubre 2010.
- [Est09] “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.
- [Est10] “Voice recognition based on probabilistic SOM”. Estrebou C., Lanzarini L., Hasperué W. Conferencia Latinoamericana de In-

- formática. CLEI 2010. Paraguay. Octubre 2010.
- [Has07] “Extracting Actions from Classification Rules”. Hasperué W., Lanzarini L. *Workshop de Inteligencia Artificial. Jornadas Chilenas de Computación 2007*. Iquique, Chile. Noviembre de 2007.
- [Has10a] “Construcción de un árbol balanceado de subclasificadores para SVM multi-clase”. Hasperué W., Lanzarini L. Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI). XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2010. Buenos Aires. Octubre 2010.
- [Has10b] “A New Clustering Strategy for Continuous Data Datasets Using Hypercubes”. Hasperué W., Lanzarini L. Conferencia Latinoamericana de Informática. CLEI 2010. Paraguay. Octubre 2010.
- [Ken95] “Particle Swarm Optimization”. Kennedy J., Eberhart R. In Proceedings of the IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp 1942-1948, IEEE Press, 1995.
- [Lan08] “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.
- [Lan10] “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.
- [Lan11a] “A new Binary PSO with velocity control”. Lanzarini L., López J., Maulini J., De Giusti A. Lectures Notes in Computer Science. Springer. Junio 2011 (en prensa).
- [Lan11b] “E-Mail Processing with Fuzzy SOMs and Association Rules”. Lanzarini L., Villa Monte A., Estrebou C. Journal of Computer Science and Technology. Vol 11, nro. 1. Abril 2011. Pags. 41-46.
- [Lop09] “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
- [Lop10] “VarMOPSO: Multi-Objective Particle Swarm Optimization with Variable Population Size”. López J., Lanzarini L., De Giusti A. Lecture Notes in Computer Science. Vol 6433/2010, pp.60-69. ISBN 978-3-642-16952-6. Springer. Noviembre 2010.
- [Lop11] “Evolutionary Multiobjective 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
- [Low04] “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.
- [Moj07] “A novel Binary Particle Swarm Optimization”. Mojtaba A.K. 18th Mediterranean Conference on Control & Automation. 2007. T33-001.
- [Ose06] “Modular Creation of Neuronal Networks for Autonomous Robot Control”. Osella Massa G., Vinuesa H., Lanzarini L. 3er IEEE Latin American Robotics Symposium. Chile. Octubre 2006. ISBN: 1-4244-0537-8. Pág. 66-73.
- [Ron10] “Controlador Robótico obtenido a través de una metaheurística de población variable”. Ronchetti F, Lanzarini L. Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI). XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2010. Buenos Aires. Octubre 2010.
- [Ron11] “Robotic controller obtained through a speciation based metaheuristic”. Ronchetti F., Lanzarini L. 2011 INNS International Educational Symposium on Neural Networks. Lima, Perú. 25 a 27 de Enero, 2011.
- [Vil10] “E-mail processing using data mining techniques”. Villa Monte A., Estrebou C., Lanzarini L. Workshop de Tecnología Informática aplicada en Educación (WTIAE). XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2010. Buenos Aires. Octubre 2010.