

# Evolución de Redes Neuronales Locales

Carlos Kavka y Patricia Roggero

Línea de Redes Neuronales  
Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC)  
Departamento de Informática  
Universidad Nacional de San Luis – Ejército de los Andes 950  
(5700) – San Luis – Argentina

## *Abstract*

*La generación de controladores para agentes autónomos es un problema complejo, principalmente cuando el agente debe aprender comportamientos diferentes a aplicar en distintas áreas del ambiente. Se han realizado muchos desarrollos que involucran el uso de redes neuronales para actuar como controladores. Sin embargo, las redes neuronales son aproximadores globales o locales con restricciones, lo que en general limita su aplicabilidad en estos casos. En este trabajo se plantea un mecanismo evolucionario para obtener controladores formados por redes neuronales locales. El mecanismo es aplicado inicialmente a la aproximación de funciones continuas y no continuas.*

## 1. Introducción

El objetivo del trabajo que se está realizando en el área es crear una herramienta que permita la generación de controladores de agentes autónomos capaces de operar en espacios con características no conocidas y realizando tareas que dependen de condiciones ambientales. La línea de investigación seleccionada consiste en el aprendizaje simultáneo de comportamientos simples para las distintas tareas, junto con la región del espacio de estados en la que ésta debe ser aplicada.

Desde un punto de vista formal, este problema se puede considerar equivalente al problema de aproximación de funciones. Estas funciones pueden ser continuas o discontinuas en un espacio de  $n$  dimensiones.

Las redes neuronales más utilizadas, como los perceptrones de múltiples capas, son aproximadores universales y por lo tanto se pueden utilizar para resolver este problema. Presentan, sin embargo, dos inconvenientes principales: su poder expresivo es demasiado cuando las funciones que se deben aproximar son simples (por ejemplo lineales), generando un conjunto excesivo de parámetros, y el hecho que la aproximación no es adecuada cuando las funciones son discontinuas.

Existen otros modelos de redes neuronales que utilizan aproximación local, como las redes RBF, pero en general exigen conocer a priori el número de clusters en los que se divide el espacio y no son capaces de aprovechar el hecho que en distintas partes del espacio se podrían utilizar aproximadores de distintas características (redes lineales, aproximadores polinomiales, perceptrones, etc.).

El trabajo que se propone consiste en la utilización de un algoritmo evolucionario para obtener un conjunto de aproximadores locales (o redes neuronales) junto con la región en la que cada uno es experto. De esta forma, cada región del espacio puede tener asociado un aproximador de las características requeridas (lineal o más complejo) y cada uno de ellos puede cubrir un área de tamaño variable de acuerdo a las características de la función a aproximar.

## 2. Partición del espacio

Una solución que cumple con los requerimientos especificados anteriormente consiste en particionar el dominio de la función en áreas a las que se le asocia un aproximador local. Una posible forma de particionar el espacio consiste en la utilización de los diagramas de Voronoi.

*Diagramas de Voronoï:* Dado un número finito de puntos  $V_0, V_1, \dots, V_n$  (sitios) de un subconjunto de  $\mathbb{R}^n$ , a cada sitio  $V_i$  se le asocia el conjunto de puntos del espacio que está más cercano a este sitio  $V_i$  que a cualquier otro sitio, y se denomina celda de Voronoï. El diagrama de Voronoï es la partición definida por las celdas de Voronoï. Cada celda define un subconjunto poligonal del espacio de entrada.

### 3. El algoritmo evolucionario

Proponemos la utilización de un algoritmo evolucionario en la que cada individuo está representado por una lista de longitud variable de sitios de Voronoï, en la que cada uno de ellos está asociado con un aproximador local, definido por su conjunto de parámetros.

La evaluación de cada individuo se realiza computando la calidad de la aproximación obtenida por los aproximadores aplicados en sus correspondientes áreas de experiencia, teniendo en cuenta las distribuciones probabilísticas de los datos de entrada.

Los operadores que utiliza el algoritmo evolucionario están definidos teniendo en cuenta la representación. Los operadores de mutación corresponden a operaciones tales como la alteración de uno o más parámetros de aproximadores o sitios, además de las operaciones requeridas cuando los individuos son de longitud variable. Se utilizan operadores de crossover comunes (un punto, etc.) y específicos, tales como el denominado crossover de Voronoï, en el que la idea es intercambiar subconjuntos de sitios vinculados geoméricamente en el diagrama de Voronoï.

### 4. Un ejemplo

En esta sección se presenta el resultado de la aplicación del algoritmo propuesto a un problema de definición muy simple, pero que es normalmente utilizado como benchmark por la dificultad de su resolución, y que consiste en la aproximación de una función formada por dos espirales concéntricas. La figura 1 muestra la representación gráfica del problema.

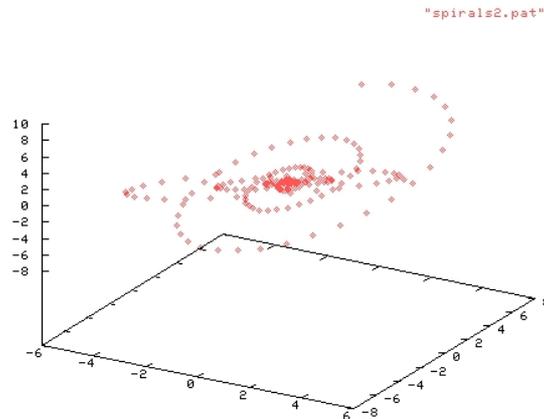


Figura 1: Problema de las dos espirales concéntricas

La figura 2 muestra la desviación en los resultados obtenidos considerando el valor de la coordenada z con un aproximador obtenido con el algoritmo evolucionario descrito, compuesto por 30 (en promedio) aproximadores lineales.

El algoritmo evolucionario encuentra un conjunto de aproximadores lineales que permiten resolver el problema con adecuada precisión. Claramente se pueden obtener mejores resultados con aproximadores no lineales, pero el ejemplo muestra que el algoritmo evolucionario es capaz de manejar esta restricción particionando adecuadamente el espacio de entrada, de forma tal que cada celda de Voronoï contiene aquellos puntos que pueden ser aproximados linealmente.

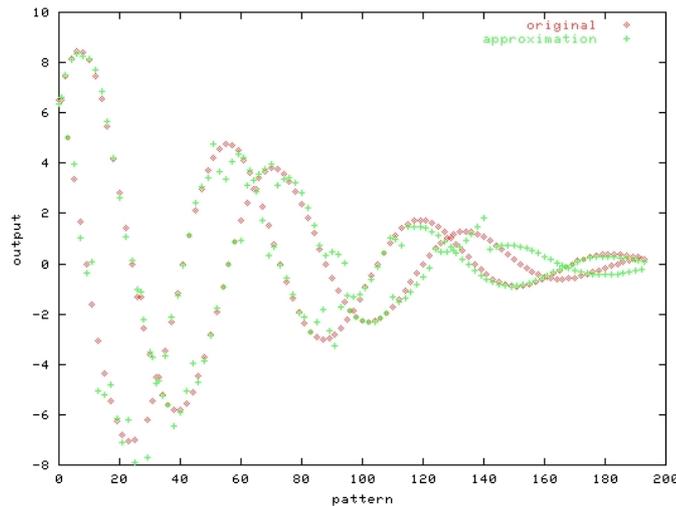


Figura 2: Aproximación obtenida con aproximadores lineales

## 5. Conclusiones

En este trabajo se plantea la utilización de un algoritmo evolucionario para la obtención de un conjunto de aproximadores locales que permite aproximar funciones. Entre las características importantes corresponde destacar que los aproximadores locales pueden tener características distintas y que el algoritmo evoluciona no sólo los aproximadores locales, sino en forma simultánea el área en la que cada uno es experto.

Los resultados que se han obtenido son interesantes al igual que la aproximación al problema. Es parte de la investigación en desarrollo la aplicación de estos conceptos a la evolución de controladores para robots que deben realizar distintas tareas.

## 6. Bibliografía

M. de Berg, M. van Kreveld, M. Overseas and O. Schwarzkopf. *Computational Geometry - Algorithms and Applications*. Springer Verlag, 1997.

Marc Schoenauer, Leila Kallel and Francois Jouve. *Mechanical Inclusions Identification by Evolutionary Computation*. Revue européenne des éléments finis. Vol 5(5-6) - 1996.

Marc Schoenauer, Francois Jouve and Leila Kallel - D. Dasgupta and Z. Michalewicz Ed. *Identification of Mechanical Inclusions*. Evolutionary Algorithms in Engineering Applications. Springer Verlag, 1997.

Simon Haykin . *Neural Networks, A Comprehensive Foundation*. Macmillian College Publishing Company, 1994.