

# Clonación

artificial de controladores  
basados en técnicas de inteligencia artificial

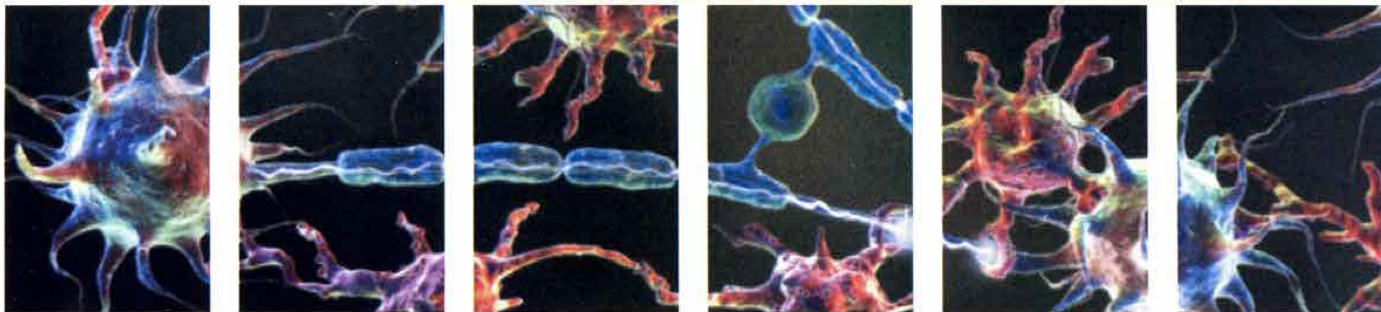
Por: BALLESTEROS, Javier Antonio\*/GUEVARA, Alonso\*\*

\* Maestría en Ciencias Computacionales (c), Universidad Autónoma de Bucaramanga, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey México, Ingeniero de Sistemas, Fundación Universitaria de Boyacá, Vicerrector Académico F.U.J.C. javier.a.ballesteros@gmail.com.

\*\* Maestría en Ciencias Computacionales (c), Universidad Autónoma de Bucaramanga, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey México, Ingeniero de Sistemas, Fundación Universitaria de Boyacá, Docente F.U.J.C. alon\_guevara@hotmail.com.

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} x_i \leq 0, \forall x_i$$

$$f(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$$



## RESUMEN

En el presente artículo se expone un avance de anteproyecto, sobre técnicas de Inteligencia Artificial, su aplicación a procesos industriales y herramientas para realizar simulación. Se citan algunos trabajos en los cuales hay resultados, y que prestan un soporte lógico para continuar con el desarrollo del proyecto. Además, se analiza, la función que cumple el controlador el cual debe ser preciso, confiable y que a su vez reduzca costos. Por estas razones se tomó como base del proyecto un controlador que posea estas características para que se puedan aplicar técnicas de Inteligencia Artificial y poder realizar la clonación artificial.

## ABSTRACT

In the current article it is shown a preliminary design advance about Artificial Intelligence techniques, its application to industrial processes and tools to make simulations. Some works are mentioned in which there are results that permits a logical support to continue with the project development. Also, it is analyzed, the functions that the controller complies, which must be precise, reliable and that reduces costs. For these reasons, it was taken a controller as a base of the project that has these characteristics in order to apply Artificial Intelligence techniques and carry out the artificial clone.

## INTRODUCCIÓN

Los principales problemas al controlar procesos industriales radican en la dificultad de realizar un modelo real del sistema y determinar algoritmos de control efectivo, por estas razones sirve aplicar técnicas basadas en Inteligencia Artificial, las cuales permiten obtener información de la dinámica del sistema, creando modelos matemáticos que permitan diseñar nuevos controladores industriales.

El uso de los sistemas difusos se ha venido incrementando considerablemente en los últimos años, principalmente en el área de control. Este aumento en las aplicaciones ha creado la necesidad del desarrollo en herramientas de simulación y de generación de código que simplifiquen el proceso de implementación y aminoren el tiempo de introducción de nuevos productos al mercado (Altrock C. 1999).

En el presente artículo se citan algunos trabajos cuyos autores aplican estas técnicas obteniendo buenos y positivos resultados. A la vez se plantea el problema base para desarrollar un proyecto, con su justificación, metodología y alcances.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Una vez definido qué son las Redes Neuronales Artificiales (ANNs The Artificial Neural Networks) como un estilo de procesamiento alternativo complementario al clásico basado en computadores digitales tipo Von Neumann, se hacen necesario profundizar en sus características computacionales. Es bien sabido que un ordenador digital constituye una máquina universal de Turing<sup>1</sup>, por lo que puede realizar cualquier cómputo. Además, al estar construido con base a funciones lógicas (Hopcroft 84).

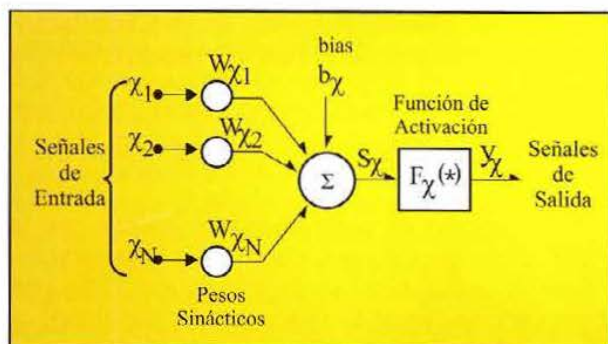


Figura 1. Modelo genético de una neurona

Las ANNs fueron originalmente una simulación abstracta de los sistemas nerviosos biológicos, formados por un conjunto de unidades llamadas "neuronas" o "nodos" conectadas unas con otras. Estas conexiones tienen una gran semejanza con las dendritas y los axones en los sistemas nerviosos biológicos (Figura 1). Una primera clasificación de los modelos de ANNs podría ser, atendiendo a su similitud con la realidad biológica: los modelos de tipo biológico, estos comprenden las redes que tratan de simular los sistemas neuronales biológicos así como las funciones auditivas o algunas funciones básicas de la visión; el modelo dirigido a aplicación, este modelo no tiene porque guardar similitud con los sistemas biológicos. Su arquitectura está fuertemente ligada a las necesidades de las aplicaciones para las que son diseñadas.

Se denomina procesador elemental o neurona a un dispositivo simple de cálculo que, a partir de un vector de entrada procedente del exterior o de otras neuronas, proporciona una única respuesta o salida (Sanz M. M. 2002). Este modelo de neurona se inspira en la operación de la biológica, en el sentido de integrar una serie de entradas y proporcionar cierta respuesta, que se propaga por el axón.

<sup>1</sup>Una función matemática se dice computable si puede ser realizada por una máquina de Turing, de modo que la máquina de Turing se constituye en la referencia fundamental para aquellas cuestiones relacionadas con lo que es computable y lo que no es. Aquello que ninguna máquina de Turing pueda resolver se dice que no es computable.

Las redes neuronales artificiales utilizadas para el desarrollo de controladores son una buena alternativa en el momento de contemplar la posibilidad de aplicar técnicas no convencionales, en particular; si es necesario obtener una representación de la dinámica directa o inversa de un proceso. Además, este tipo de controladores basados en RNA, dada la cualidad que tienen éstas para generalizar, rechazan de manera adecuada las perturbaciones al proceso. El algoritmo a utilizar se inspira en las cualidades del sentido común humano y por tanto, es razonable suponer que la misma fuente puede servir de inspiración para futuros trabajos.

A continuación se ilustran, algunos trabajos, que sobre el tema se han estado elaborando:

En la **Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB** se adelanta la investigación "Diseño y desarrollo de una caja de herramientas de Algoritmos Genéticos para MatLab", se plantea y se justifica de la siguiente manera: la tecnología clonación artificial de sensores y controladores industriales mediante Redes Neuronales y Mapeo Genético; consiste en un conjunto de medios y procedimientos, basados en herramientas de Inteligencia Artificial aplicados en la reproducción de alta fidelidad de dispositivos reales utilizados en automatización y control de procesos industriales, a su vez está basada en técnicas de redes neuronales, algoritmos genéticos y de clonación artificial.

En la **Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales**, se desarrolló el trabajo de investigación titulado "Diseño y simulación de controladores basados en redes neuronales para el proceso de obtención de acetato de etilo" [Ángulo 2001], donde se muestran los resultados obtenidos al aplicar dos esquemas de control basados en redes neuronales artificiales al proceso de obtención de acetato de etilo. Se ha hecho una comparación del desempeño de estos esquemas con el de un controlador clásico. Se analiza además la respuesta del sistema ante perturbaciones tanto en la temperatura del reactor como en la señal de control. Las técnicas aplicadas fueron Control por Modelo Interno y Control Preadimentado. Los principales problemas al controlar procesos químicos radican en la dificultad de realizar un modelo real del sistema y determinar algoritmos de control efectivos.

En la **Universidad Pontificia Bolivariana Medellín**, se realizó la investigación "Sentido común para controladores difusos extrapolando FMRLC". Se explica conceptualmente el funcionamiento del algoritmo FMRLC (Fuzzy Model Reference Learning Control - Controlador Difuso con Aprendizaje por

Referencia a Modelo) (Betancur B. 2001). Después se comparan cualitativamente los métodos de adaptación convencionales con aquellos que incluyen aprendizaje, tal como el FMRLC. El énfasis en la desventaja de éstos para aprender por sí mismos en situaciones extremas y difíciles, justificando así la necesidad del nuevo algoritmo ExFMRLC (Extrapolador para el FMRLC). Finalmente, se relacionó el aprendizaje con el sentido común humano, se explica cómo implementar una aproximación del mismo en un controlador FMRLC y se analiza los resultados experimentales.

Por último, en la **Universidad de Antioquia**, se trabajo sobre la investigación "Fuzzycomp: Una Herramienta Para La Construcción de Prototipos de Sistemas Difusos En Microcontroladores de 8 Bits" (Baena J. 1998). Este trabajo presenta el desarrollo de una herramienta que permite la implementación de Sistemas Difusos (SD) en microcontroladores de 8 bits. Similar a un compilador, esta herramienta genera el código en lenguaje ensamblador para la ejecución eficiente del sistema difuso en un microcontrolador de la familia CPU08. El código es generado a partir de una especificación textual del sistema difuso. La herramienta, por lo tanto, disminuye el tiempo requerido para la construcción de prototipos de sistemas difusos en un hardware de bajo costo. En esta investigación se presenta la implementación de una herramienta de software que permite, partiendo de una especificación textual de un sistema difuso, la generación de un código para la construcción de prototipos de dichos sistemas en un microcontrolador de 8 bits de la familia CPU08.

## PROBLEMA

La necesidad de desarrollar réplicas de controladores propios de sistemas de automatización y control, con la posibilidad de aplicar técnicas de clonación artificial que permitan obtener instrumentación para estos sistemas con una reducción significativa de presupuesto, permite aplicar métodos y procedimientos de clonación artificial para lograr replicar las funciones de los medios, instrumentación y sistemas de control a través de algoritmos que implementan operadores genéticos involucrando procedimientos avanzadas de inteligencia artificial.

Para las empresas que poseen sistemas de control y automatización en algunos de sus componentes del flujo tecnológico, el trabajo de investigación se orienta a replicar medios, instrumentación y sistemas de control y automatización para desarrollar un método y procedimiento para la clonación artificial de controladores, esto permite replicar funciones de

cada uno de los equipos y a través de operadores genéticos y circuitos lógicos digitales realizar la transferencia de información (Genoma) para replicarlos e implementarlos en otras partes del sistema.

Investigaciones similares se han desarrollado con éxito donde se consiguió replicar un sensor, logrando así un excelente desempeño de varias réplicas del transductor donde se aplicaron operadores genéticos para la clonación artificial y se obtuvo una disminución de los costos hasta de un 75% del valor total del sensor, para cada réplica. La solución de estos problemas han sido orientadas a la introducción de sistemas de control distribuido e inteligente con variantes de control adaptativo y predictivo lo que ha permitido descomponer la tarea de control y desarrollar una alteración jerárquica que permite aumentar la robustez de los medios, instrumentación y sistemas de control utilizados.

## METODOLOGÍA

El proceso de optimización comienza con la inicialización, que, consiste en la generación de una población de individuos. Hay dos interpretaciones para el concepto de individuo y población en la optimización de controladores; la primera, llamada Pitts [Goldberg 1989], que es la más utilizada, entendiéndose por población un conjunto de individuos; en este caso cada individuo será un controlador completo.

En el marco se realizan las siguientes definiciones:

- **Genoma:** Todos los parámetros que definen a todos y cada uno de los individuos de la población.
- **Genotipo:** La parte del genoma que describe a un individuo concreto. En esta interpretación son los genes que describen un controlador concreto.
- **Fenotipo:** La expresión de un genotipo. En esta interpretación es un controlador concreto.
- **Gen:** Cada uno de los parámetros que describen a un individuo. En esta interpretación los genes codifican parámetros de un controlador concreto.

La segunda interpretación, llamada Michigan (Goldberg 1989), consiste en considerar como individuo las habilidades de un controlador, de forma que la población representa el conjunto de sus habilidades.

Este estudio seguirá la primera interpretación. Durante la fase de inicialización se puede generar una población, bien de forma aleatoria, bien partiendo de un controlador ya existente. Esto último permite partir de soluciones desarrolladas por otros procedimientos tanto automáticos como manuales. La fase siguiente del proceso es la evaluación, en la cual se deja que cada uno de los controladores que forman la población actúe controlando el sistema normalmente

mediante una simulación, siendo evaluados a través una función de eficiencia o idoneidad (fitness). Esta es normalmente la etapa que más tiempo requiere, pues se han de simular cada uno de los controladores de la población durante el tiempo necesario para evaluar su eficiencia, y en un número de situaciones de control suficiente.

La fase siguiente es la de selección, en la cual, se simula el proceso de selección natural de los individuos de cada generación. En este sentido, se debe seleccionar que individuos han de transmitir su genotipo a la generación siguiente.

La primera de las alternativas permite una rápida convergencia a la solución, pero puede estancarse en un mínimo local. Ello resulta especialmente probable en aquellos problemas en los que se debe alcanzar una solución de compromiso entre varios objetivos contrapuestos, ya que si se selecciona sólo el mejor, el genoma se empobrece (en cuanto a variedad), y los individuos pueden especializarse en conseguir parte de los objetivos dando malos resultados en el resto. Este problema puede resolverse con el uso de la segunda alternativa, y una adecuada elección de la relación  $n/M$ . La última alternativa es adecuada para buscar soluciones a problemas con un gran espacio de búsqueda, y para que los que no se conocen una buena aproximación a la solución; enfrenta el inconveniente de requerir más tiempo, cálculo y poblaciones mayores, por lo que en algunos casos resulta inaplicable.

A la fase de selección le sigue la aplicación de una secuencia de operadores genéticos, que simulan el proceso de reproducción sexual de los seres vivos. Con el genoma final, correspondiente a las siguientes generaciones, se expresa un fenotipo, reconstruyendo cada uno de los controladores que forman a la población y procediendo nuevamente a su evaluación. Este proceso se repite un número fijo de veces, o bien hasta que la evaluación se estabilice (Herrera 1996, Holland 1992).

## RESULTADOS ESPERADOS

Crear una metodología de clonación artificial de controladores industriales y diseñar el procedimiento para que a través de algoritmos evolutivos se puedan clonar controladores industriales.

Medir y evaluar la efectividad de los algoritmos genéticos mediante la prueba de sistemas tradicionales, además generar informes de datos experimentales sobre la investigación de clonación artificial para controladores.

Teniendo en cuenta la sencillez de los algoritmos genéticos, donde la información que se necesita es

relativamente poca, para poder obtener el mejor controlador en calidad y así optimizar los diferentes procesos desarrollados por el controlador.

Realizar simulación de un sistema de Redes Neuronales Artificiales, ya que es un procedimiento rápido y económico dejando abierto el escenario para que luego se cree el chip de propósito específico.

## APLICACIÓN AGRÍCOLA

El análisis de los modelos matemáticos elaborados y aplicados para fines múltiples como en el impacto actual de los recursos socioeconómico de un país o región es sustancial, y particularmente en los sectores de hidroenergía, consumo humano y animal, recreación y agricultura; así resulta interesante las llamadas Redes Neuronales Artificiales (RNA), que tienen la ventaja de que para su uso no se requiere del conocimiento de las propiedades de los suelos, agua, ni de los cultivos, sino que pueden ser entrenadas y calibradas conociendo datos de campo.

## CONCLUSIÓN

Como el tema planteado en el artículo, es un avance a la aproximación de clonación artificial, se pretenden obtener los pasos adecuados para plantear la metodología que permita realizar la clonación artificial de un controlador; teniendo como prioridad una adecuada evaluación de todos los pasos a seguir, ya que es muy delicado realizar la definición de la función a clonar, porque de su eficacia y eficiencia depende obtener buenos resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁNGULO G., F. (2001) . Ed. Revista Energía y Computación. Facultad de Ingeniería Universidad del Valle.
- ALTRICK C. (1999) Fuzzylogic and neuro-fuzzy technologies in appliances. Embedded Systems Conference, <http://www.esc.com>, USA.
- BAENA, J. (1998) Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.
- BETANCUR B., (2001) M. Ed. Revista Energía y Computación. Facultad de Ingeniería Universidad del Valle.
- HOLLAND, J.H., (1992) Adaptation in Natural and Artificial Systems. Second edition. Cambridge: MIT Press.
- HOPCROFF, J. E. (1984) Máquinas de Turing. Investigación y Ciencia.
- MUÑOZ, A.F., (2000) Tecnología de clonación artificial on-line de sensores y controladores. Oficina Internacional de Inventiones, Patentes y Marcas, Republica de Cuba. Registros No. 7-789735.
- SANZ, M. A., MARTÍN, B., (2002), Redes Neuronales y Sistemas Difusos. 2da Edición. Editorial Alfaomega. Ciudad??