

CONCLUSIONES

La teoría de Redes Neuronales Artificiales, presenta grandes ventajas con respecto a otros modelos típicos de solución de problemas de Ingeniería, una de ellas es su inspiración en modelos biológicos del funcionamiento del cerebro, lo que facilita su estudio debido a las analogías que pueden introducirse para su análisis.

Los modelos matemáticos en que han sido desarrollados los algoritmos para todos los tipos de redes son modelos sencillos, que aunque exigen cierto grado de conocimientos de cálculo diferencial, pueden ser asimilados y desarrollados en cualquier lenguaje de programación.

Por otro lado, las estructuras de las redes se han definido por medio de notación sencilla y comprensible, cada nuevo desarrollo permite cierta flexibilidad en cuanto a la forma final de la red y esto garantiza su fácil adaptación a aplicación particulares

Las redes neuronales son una teoría relativamente nueva que junto a otras técnicas de inteligencia artificial ha generado soluciones muy confiables a problemas de Ingeniería, los cuales a pesar de poder ser solucionados por



métodos tradicionales, encuentran en las redes neuronales una alternativa fácil de implementar y altamente segura. En el proceso de entrenamiento de las aplicaciones desarrolladas en este proyecto se observó:

- Al escoger las redes neuronales como método de solución de un problema en particular, es necesario tener un entendimiento profundo y completo de lo que es el problema como tal, pues ello facilita la elección de los patrones de entrenamiento y ofrece una idea general de la arquitectura que debe tener la red y de lo que se espera de ella.
- Después de haber escogido el tipo de red con que se solucionará un problema, no hay ningún criterio establecido para decidir la arquitectura final de la red, la elección del número de capas que la componen y el número de neuronas de cada una de ellas es fijado por la experiencia del diseñador, y muchas veces es realizado por un método de ensayo y error.
- Una manera fácil para escoger el tipo de red que debe implementarse, es analizar si el problema al que se está enfrentado cuenta con un conjunto de salida conocido, esta condición restringe las opciones a dos categorías, las redes con aprendizaje supervisado dentro de las cuales se destacan: El Perceptrón, Adaline, Backpropagation, CPN (Counterpropagation), Boltzmann Machine y Cauchy Machine y la siguiente categoría conformada por las redes de aprendizaje no supervisado donde pueden contarse: Las memorias asociativas, red de Hopfield, redes de aprendizaje competitivo como el LVQ



(Learning Vector Quantization) y las SOM (Self-Organizing Maps), red de Grossberg, ART (Adaptive Resonance Theory) y La FAM (Fuzzy Associative Memory) que es una combinación entre aprendizaje asociativo y lógica difusa.

- La red tipo Perceptrón es una red que puede implementarse exitosamente para resolver problemas de clasificación de patrones que sean linealmente separables, la red responderá mejor entre más sencillos sean los patrones que debe clasificar. A pesar de que cuenta con serias limitaciones, esta red conserva su importancia ya que sirvió como inspiración para otros tipos de redes, como por ejemplo las redes multicapa.
- Investigaciones prácticas han demostrado que al solucionarse un problema de clasificación de patrones por medio de una red Perceptrón multicapa, no se necesita incorporar más de tres capas (dos capas ocultas y la capa de salida) a la red para que ésta solucione correctamente el problema, pues una red de estas características está en capacidad de generar regiones de decisión arbitrariamente complejas; aunque en ciertos problemas se puede simplificar el aprendizaje aumentando capas ocultas, la tendencia es aumentar la extensión de la función de activación, en lugar de la complejidad de la red.
- Con el nacimiento del algoritmo LMS se logró un gran avance en la minimización del error medio cuadrático de los algoritmos de paso descendiente; con base en este método se desarrolló la red Adaline cuya aplicación más común es el filtro adaptivo, caso especial en que la red tiene



solo una señal de entrada, muestreada en varios instantes de tiempo de forma que cada muestra representa un grado de libertad que se utiliza para ajustar la señal de entrada a la salida deseada. Una característica especial de este tipo de red es que no necesita un gran número de muestras para obtener buenos resultados, garantizando con esto una rápida convergencia.

- Con base en el algoritmo LMS se desarrolló también el algoritmo Backpropagation, adecuado de tal manera que esta red puede ser aplicada para resolver problemas complejos de aproximación de funciones obteniendo la mayoría de las veces excelentes resultados. La característica más importante de esta red es su capacidad de generalización, es decir su facilidad para entregar una salida satisfactoria a entradas que el sistema nunca vio en su fase de entrenamiento, esta característica le da una gran versatilidad permitiendo que esta red sea implementada en aplicaciones como: codificación de información, traducción de texto en lenguaje hablado, reconocimiento de lenguaje hablado, reconocimiento óptico de caracteres (OCR), además de un sin número de aplicaciones médicas especialmente en cardiología.
- Cuando se está enfrentado a un problema de clasificación de patrones los cuales están agrupados por clases y subclases, el proceso de entrenamiento de la red por medio de aprendizaje competitivo es el más apropiado, este tipo de red es altamente confiable para ubicar patrones en la clase más indicada dependiendo de sus características, además algunas modificaciones como la red LVQ permiten combinar aprendizaje supervisado y no supervisado para



garantizar una clasificación exitosa de grupos de patrones con gran número de componentes y características dispares.

- Las redes recurrentes como la red de Hopfield fueron inicialmente estudiadas en el contexto de las memorias asociativas, en la actualidad aprovechando su dinamismo inherente, se han empleado para solucionar problemas de identificación y aproximación de sistemas dinámicos los cuales pueden ser o no lineales; una importante característica de la red de Hopfield en particular es su relativa facilidad para ser implementada por medio de circuitos integrados VLSI.
- En las aplicaciones Detección de obstáculos por medio de un robot y Control de giro de un motor de inducción jaula de ardilla, pudo verse como el tiempo computacional invertido por una red Perceptrón, para alcanzar convergencia es bastante corto, además estas aplicaciones presentan una alta tolerancia a fallas, pues la red sigue respondiendo correctamente incluso para daños intermitentes en los sensores.
- La predicción de consumo de carga permitió ver toda la versatilidad de una red Backpropagation multicapa y de su algoritmo de aprendizaje; una aplicación de este estilo brinda las herramientas necesarias para determinar la necesidad de una reconfiguración en el sistema y los criterios que deben tenerse en cuenta para llevar a cabo un restablecimiento del servicio.



- Con la aplicación Control de voltaje por inyección de reactivos en una barra remota, se aprovechó al máximo las ventajas de una red Backpropagation, al explorar las diferentes funciones de entrenamiento y las posibles configuraciones de la red que solucionarían el problema. Con esta aplicación se demostró la flexibilidad de la red a diferentes algoritmos y condiciones de los datos de entrada, además de que se planteó un método alternativo para solucionar flujos de carga.
- El problema de la reconfiguración de alimentadores primarios ha sido abordado y resuelto de muchas maneras, inclusive por medio de redes neuronales, pero al poder solucionarse por medio de una red LVQ se le dio un enfoque diferente, por medio del cual el conocimiento de las condiciones del sistema determinó la configuración de la red; esta red tiene una alta capacidad de generalización, ventaja que sumada al corto tiempo de cómputo requerido la convierten en una opción fuerte para solucionar problemas que como éste involucra un gran número de patrones de entrenamiento.
- La identificación de un sistema gobernado por ecuaciones diferenciales no lineales, cobra importancia cuando el sistema de interés es de gran complejidad, pues las técnicas clásicas de solución pretenden identificar el modelo exacto del sistema, mientras que la red neuronal, en una gran economía de trabajo captura la dinámica de la relación entrada - salida, sin



tener que conocer el sistema. El proceso de identificación es el primer paso para otras aplicaciones de control.

- La principal ventaja de las redes neuronales es su capacidad para aprender de la experiencia, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos, de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante; en términos generales las redes neuronales son una teoría relativamente nueva y como tal presentan aún algunas limitaciones, pero su facilidad de implementación y la calidad en la información que entregan como respuesta, son la motivación suficiente para que su estudio y desarrollo continúe.

