



## Aplicación de las Redes Neuronales en Medicina

Alberto Delgado, PhD. Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad Nacional de Colombia.  
Email: adelgado@iee.org

### RESUMEN

Las redes neuronales artificiales son modelos matemáticos que pueden ser entrenados para aprender relaciones no lineales entre un conjunto de datos de entrada y un conjunto de datos de salida (1). En medicina la aplicación más común de estos modelos, es la clasificación de patrones con el propósito de apoyar al médico en el diagnóstico y tratamiento del paciente.

### INTRODUCCION

En un artículo anterior se presentaron los fundamentos teóricos de las redes neuronales y allí se concluyó que la capacidad de aprendizaje con ejemplos y la habilidad como clasificador de patrones son los aspectos más sobresalientes de estos modelos para aplicaciones médicas. En la literatura se utilizan las redes neuronales para sintetizar relaciones no lineales desconocidas, usando los registros médicos como fuente de ejemplos; la disponibilidad de un modelo ayuda al médico en futuros diagnósticos y al seguimiento del paciente durante el tratamiento.

En este artículo se presentan algunas aplicaciones de las redes neuronales en medicina como: (i) análisis de imágenes médicas y en particular los campos de ultrasonido, resonancia magnética, medicina nuclear y radiología; (ii) diagnóstico de la enfermedad de la ar-

teria coronaria analizando un registro sonoro; (iii) detección de deficiencias en el sistema inmune y diagnóstico de reacciones alérgicas; (iv) diagnóstico temprano de enfermedades oculares.

### CLASIFICACION DE PATRONES

Una aplicación común de las redes neuronales estáticas es la clasificación de patrones en clases, normalmente se conocen ejemplos tomados de experiencias pasadas y la idea es entrenar una red neuronal para que los aprenda. Con el propósito de comprender mejor las aplicaciones de las redes neuronales en medicina, reportadas en la literatura, se presenta a continuación un ejemplo de clasificación de patrones.

Ejemplo : Considere los cuatro patrones mostrados {A, B, C, D} en la tabla 1, estos pertenecen a dos clases {Buena, Mala}.

Tabla 1. Cuatro patrones clasificados en dos clases.

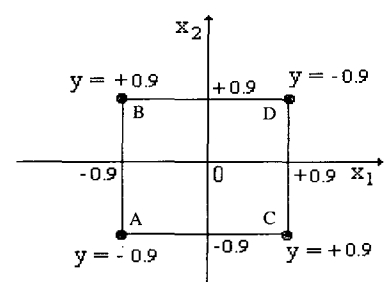
Patrón	$X_1$	$X_2$	Clase	y
A	-0.9	-0.9	Mala	-0.9
B	-0.9	+0.9	Buena	+0.9
C	+0.9	-0.9	Buena	+0.9
D	+0.9	+0.9	Mala	-0.9

El patrón A se ha codificado como (0.9, -0.9), el patrón B como (-0.9, +0.9), el patrón C como (+0.9, -0.9), el patrón D como (+0.9, +0.9). La clase Buena se ha codificado como (+0.9) y la Mala como (-0.9). Esta codificación numé-

rica de los patrones y las clases es necesaria para entrenar la red neuronal pues esta trabaja con valores numéricos.

Al localizar los cuatro patrones en el plano, usando el código numérico asignado, tenemos la figura 1. Note que es imposible separar las clases Buena y Mala con una línea recta, esto significa que un clasificador lineal no aprenderá la tabla 1 y por ello se necesita un clasificador no lineal como la red neuronal.

Figura 1. Tabla 1. en el espacio de patrones. Note que una línea recta no puede separar las dos clases  $y = +0.9$ ,  $y = -0.9$ .



### APLICACIONES EN MEDICINA

La capacidad de aprender con ejemplos y clasificar patrones, son cualidades de las redes neuronales multicapa que se han explotado en medicina como se ilustra a continuación.

#### Análisis de imágenes

En la práctica los médicos tienen que evaluar información de imágenes obte-

nidas con ultrasonido, resonancia magnética, medicina nuclear y radiología. Normalmente se hace un análisis cualitativo por inspección visual; sin embargo, un examen cuantitativo (2) presenta las siguientes ventajas : (i) los diagnósticos de distintos laboratorios usando los mismos criterios se pueden verificar, (ii) los datos para un sujeto se pueden comparar con una base de datos de personas normales para decidir automáticamente si existe la anomalía, (iii) los hallazgos para un sujeto se pueden comparar con una base de datos con distintas enfermedades y detectar el tipo de anomalía, (iv) los resultados de una serie de exámenes del mismo paciente se pueden comparar para determinar la evolución de la enfermedad y analizar la respuesta al tratamiento.

#### *Ultrasonido*

Se han desarrollado modelos para cardiología, identificación de tejido del hígado y oftalmología.

**Detección de infartos** : las ecografías de corazón de sujetos normales y con infarto de miocardio se digitalizaron en una matriz de 256x256 píxeles con 256 niveles de gris. Las regiones de interés fueron seleccionadas por un cardiólogo en una matriz de 10x10 píxeles. Se entrenó una red neuronal multicapa para reconocer pequeñas diferencias entre el miocardio normal y anormal.

#### *Resonancia magnética*

Se han desarrollado varias aplicaciones para segmentar las imágenes; las redes neuronales han mostrado su utilidad en la identificación de vasos sanguíneos.

**Segmentación de imágenes del cerebro**: la segmentación de imágenes médicas obtenidas con resonancia magnética es muy importante para la visualización de tejidos suaves en el cuerpo humano. Se entrenó una red neuronal para clasificar los siguientes seis tipos de tejido : fondo, fluido cerebrospi-

nal, materia blanca, materia gris, cráneo y grasa. Los resultados soportan el uso de redes neuronales como método para clasificar imágenes médicas.

#### *Medicina nuclear*

El análisis de imágenes con redes neuronales en medicina nuclear incluye tomografía por emisión de positrones (PET) y tomografía computarizada por emisión de un fotón (SPECT).

**Diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer**: se obtuvieron imágenes PET de pacientes normales y pacientes con Alzheimer. Adicionalmente, para cada sujeto se midieron ocho parámetros que representan el metabolismo de la glucosa en los ocho lóbulos del cerebro (izquierdo y derecho) : frontal, parietal, temporal, y occipital. Se entrenó una red neuronal para clasificar los sujetos en las categorías normal y con enfermedad de Alzheimer, en pruebas de generalización la red clasificó correctamente el 92% de los casos. La red neuronal superó a los métodos estadísticos estándar como el análisis discriminante.

#### *Radiología*

Se han utilizado redes neuronales para analizar angiografías y mamografías.

**Angiografía de arteria coronaria**: se utiliza una red neuronal que recibe 121 (11x11) entradas, tiene 17 neuronas ocultas y dos salidas. Se hace un barrido de la imagen de 256x256x 8 bit usando una máscara de 11x11 píxeles, la red clasifica el pixel central de la máscara como vaso o fondo. Los resultados sugieren que una red neuronal puede lograr una tasa de detección de vasos aceptable.

Los estudios comparativos, en análisis de imágenes, entre redes neuronales y métodos estadísticos clásicos como máxima verosimilitud y análisis discri-

minante reportaron igual o mejor desempeño de la red.

En el futuro veremos más aplicaciones de las redes neuronales en el análisis de imágenes. Nuevos algoritmos de entrenamiento, como alternativa al de propagación inversa, unidos a desarrollos en electrónica permitirán la construcción de procesadores de imágenes con redes neuronales.

#### *Análisis de señales*

La enfermedad de la arteria coronaria es la causa principal de muerte en el mundo, su detección oportuna es importante para prevenir los riesgos asociados con la enfermedad. El método común usado para evaluar oclusiones es costoso, lento y molesto para el paciente. Por esto es necesario desarrollar un enfoque sencillo y cómodo para detectar tempranamente la enfermedad y para seguir la evolución de los pacientes enfermos.

Estudios han mostrado que el enfoque acústico para detectar la enfermedad de la arteria coronaria es promisorio (3). Este método, basado en la detección de sonidos asociados con el flujo de sangre turbulento en arterias parcialmente obstruidas, es exitoso para diferenciar sujetos sanos y enfermos. El registro sonoro se hace en una habitación a prueba de sonidos.

Las redes neuronales se utilizaron para mejorar el diagnóstico de esta enfermedad con el método acústico. El procedimiento consiste en procesar previamente el registro sonoro para obtener cuatro parámetros que luego se aplican a una red neuronal junto con otras variables como sexo, edad, peso, condición de fumador, presiones sistólica y diastólica, para mejorar el diagnóstico. En este estudio el registro de sonido del corazón de cada paciente se muestrea a 4MHz para tomar 10 ciclos cardiacos.

Se analizó el sonido del corazón con la red neuronal. El estudio mostró que 47

de 55 casos anormales y 24 de 27 casos normales, fueron correctamente diagnosticados con la red neuronal.

#### *Deficiencias en el sistema inmune y alergias*

Redes neuronales como clasificadores han permitido detectar deficiencias en el sistema inmune (4). Para entrenar la red se recopila información de personas sanas y personas con inmunodeficiencia. La red neuronal se entrenó para clasificar la gente como saludable o enferma usando 17 parámetros metabólicos de los linfocitos.

Las reacciones alérgicas no son fáciles de diagnosticar. Reacciones pseudo alérgicas, clínicamente similares a reacciones alérgicas, agregan complejidad al problema. El objeto de la investigación fue aplicar el clasificador neuronal para crear un diagnóstico automático para reacciones alérgicas y pseudo alérgicas. El clasificador tiene tres clases : gente sana, alérgicos y pseudo alérgicos, las entradas a la red son las concentraciones de parámetros metabólicos de los linfocitos.

#### *Enfermedades oculares*

Los sistemas de diagnóstico basados en reglas se han usado exitosamente en un número de áreas en medicina; sin embargo, algunos problemas de los sistemas basados en reglas son : (i) requieren formular reglas de diagnóstico explícitas, mucho del conocimiento médico permanece implícito; (ii) formular el conocimiento implícito en reglas explí-

cas produce distorsión y pérdida de información. Además, en medicina la mayoría de las decisiones clínicas se basan en experiencia, inferencia compleja y conocimiento extensivo. En otras palabras, construir un sistema experto para diagnóstico usando reglas es una tarea lenta y costosa.

En contraste con los sistemas basados en reglas, las redes neuronales pueden extraer conocimiento experto fácilmente usando datos en bruto. Además, el aprendizaje por experiencia, tolerancia a fallas e inmunidad al ruido las hace efectivas para estas aplicaciones.

El conocimiento para entrenar la red neuronal se obtiene de registros médicos y documentos con información estándar para enfermedades de los ojos (5). Durante el entrenamiento las entradas a la red son los síntomas y signos del paciente, y el diagnóstico realizado por el especialista es la salida.

El número total de síntomas para todas las enfermedades es 16, mientras el número de signos son 28, en total 44 entradas a la red. El conjunto de entrenamiento representa siete enfermedades de los ojos comunes en la ciudad donde viven los pacientes, es decir la red tiene siete salidas. El número total de registros médicos fue 140, 20 para cada enfermedad. Los 140 registros se dividieron al azar en dos grupos, el primero se utilizó para entrenar la red y el segundo para probarla.

Se entrenó una red neuronal multicapa

44-15-7 para diagnosticar tempranamente enfermedades en los ojos. El sistema es utilizado por el médico general y con este su diagnóstico alcanza un éxito por encima del 87%, el nivel de un especialista ocular.

Al comparar diagnósticos exitosos la red (87.1%) excede el médico general (79.0%) y se aproxima al especialista (92%).

## CONCLUSIONES

La capacidad de las redes neuronales como clasificadores ha sido demostrada teóricamente y con múltiples aplicaciones (1). Los posibles usuarios tienen la opción de comprar un paquete o escribir sus programas para entrenar redes neuronales y luego usarlas como sistemas expertos.

Las redes neuronales introducen las ventajas de un examen cuantitativo en la práctica médica. Los registros médicos contienen información valiosa que puede ser utilizada para entrenar redes neuronales y crear sistemas expertos, estos enriquecen el diagnóstico del médico general y brindan una nueva perspectiva al médico especialista.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, sede Bogotá, se estudian las redes neuronales desde el año 1990 y se han finalizado alrededor de veinte proyectos de grado (6). En el Departamento de Ingeniería Electrónica y en el Posgrado en Automatización Industrial se ofrecen regularmente cursos donde se discuten estos modelos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Delgado, A.** Inteligencia artificial y minirobots. Bogotá : ECOE Ediciones; 1998.
2. **Pattichis, C. S.** and Constantinides, A. G. Medical imaging with neural networks. Proceedings of the IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing 1994; 431-440.
3. **Akay, Y. M., Akay, M., Welkowitz, W. and Kostis, J.** Noninvasive detection of coronary artery disease using wavelet-based fuzzy neural networks. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine 1994; 761-764.
4. **Gorban, A.N.** et al. Medical, psychological and physiological applications of multineuron neural simulator. Proceedings of the Second International Symposium on Neuroinformatics and Neurocomputers 1995; 7 - 14.
5. **Syam, M.M.** A neural network expert system for diagnosing eye diseases. Proceedings of the tenth conference on Artificial Intelligence for Applications 1994; 491 - 492.
6. **Delgado, A.** Neural networks research at the National University of Colombia. Proceedings of the World Automation Congress 1998; 025.1-025.6.