

Reprogramación de una red neuronal biológica como línea base para la programación multifuncional de redes neuronales artificiales

Reprogramming of a biological neural network as a baseline for multifunctional artificial neural network programming

Daniel Rodríguez Acosta¹

Resumen

Este estudio se desarrolló con base en una revisión de 20 artículos científicos y documentos de apoyo afines a las redes neuronales artificiales (RNA) en el modelamiento ambiental, donde se determinó que las RNA utilizadas en los estudios de investigación presentaban potencialidades y cumplían con el objetivo para el cual fueron diseñadas. Sin embargo, ninguna era lo suficientemente óptima como para desaprender y enfrentarse a objetivos similares bajo escenarios diferentes. Esta falencia también se presenta en la red neuronal biológica, donde el problema podría radicar en la programación, ya que muchas personas, cuando aprenden algo y lo dan por hecho, les queda muy difícil cambiar lo que ya aprendieron, como es el caso de los movimientos físicos o su proceder psicológico. Después de analizar esta situación se procedió a realizar una reflexión, bajo un nuevo enfoque, analizando experiencias propias y experimentos aplicados para poder entender el fenómeno y generar un punto de partida básico en la programación neuronal. Teniendo en cuenta que si se logra reprogramar la red neuronal de una persona, para que pueda desarrollar varias funciones físicas y mentales sin dar todo por hecho, entonces una RNA también podrá adquirir esta cualidad. En conclusión, se determina que la red neuronal biológica sí puede ser reprogramada, y que por lo tanto se puede realizar un protocolo para que una RNA pueda adquirir esta habilidad. Por último se procede a valorar los artículos de mayor impacto, se identifica el problema, la manera que se resuelve, el resultado que se obtuvo y se finaliza con la redacción de un análisis crítico de cada uno, para destacar su importancia y aplicabilidad.

¹ Colombiano, Ingeniero Forestal, Candidato a Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental; Especialista Técnico, en Bioinsumos y extractos vegetales, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA), la Plata, danielroaco@misena.edu.co, Tel 57 – 8-370987

Palabras clave: Red neuronal, programación, reprogramación, entrenamiento.

Abstract

This article was developed based on a review of 20 scientific articles and documents related support to artificial neural networks (RNA), in environmental modeling, where it was determined that the RNA used in research studies, showed potential, and met the purpose for which they were trained, but no was enough optima, to unlearn and face similar objectives under different scenarios, sharing a degree of similarity in the failure to biological neural network, where the problem could be to lie in the programming, because many people, when they learn something and assume them is very difficult to change what we already learned, such as physical or psychological movements proceed. After analyzing this situation proceeded to make a reflection, under a new approach, analyzing own and applied experiments to understand the phenomenon and generate a basic starting point in neuronal programming experiences. Considering that if it can reprogram the neural network of a person, so you can develop various physical and mental functions without giving everything for granted, then an RNA may also acquire this quality. In conclusion, it is determined that the biological neural network itself may be rescheduled, and thus can determine a protocol for a RNA can acquire this ability. Finally we proceed to evaluate the items with the greatest impact, the problem is identified, the so resolved, the result obtained and ends with the writing of a critical analysis of each, to highlight its importance and applicability.

Keywords: Neural networks, Programming,

Reprogramming, Training.

1. Introducción

Una red neuronal artificial (RNA) es un sistema de procesadores paralelos conectados entre sí, que procesan información. Esquemáticamente cada elemento de la red se representa como una neurona, las cuales al conectarse entre sí, establecen una estructura jerárquica que tratando de emular la fisiología del cerebro, buscan nuevos modelos de procesamiento para solucionar problemas concretos del mundo real. Lo importante en el desarrollo de la técnica de las redes neuronales artificiales (RNA) es su útil comportamiento al aprender, reconocer y aplicar relaciones entre objetos y tramas de objetos propios del mundo real. (Freman y Skapura, 1993).

Las redes neuronales artificiales son una forma de intentar ciertas características propias de los animales y los humanos, como la capacidad de memorizar y de asociar hechos. Al examinar aquellos problemas que no pueden expresarse a través de un algoritmo, se observará que todos ellos tienen una característica en común, la experiencia. El hombre es capaz de resolver diferentes situaciones acudiendo a esta. Por lo cual una forma de aproximarse al problema consiste en la construcción de sistemas que sean capaces de reproducir esta característica humana. (Ruiz Alberto, Basualdo Marta 2001)

El objetivo de este estudio es poder entender y determinar un nuevo enfoque a partir de la reprogramación de una red neuronal biológica, generando los principios para la programación de una RNA multifuncional.

El presente estudio surgió del análisis de información científica relacionada a las redes neuronales artificiales, donde se determinó que las RNA utilizadas en los estudios de investigación, presentaban potencialidades, y

cumplían con el objetivo para lo cual fueron entrenadas, sin embargo, ninguna de estas es lo suficientemente optima como para desaprender y enfrentarse a objetivos similares bajo escenarios diferentes, lo que a manera general no se le ha dado la importancia que merece, pues en términos de comparar una RNA con una red neuronal biológica, se tendría en cuenta que comparten un grado de similitud, donde el problema podría estar radicando en la programación ya que muchas personas, cuando aprenden algo y lo dan por hecho, les queda muy difícil cambiar lo que ya aprendieron, como es el caso de los movimientos físicos o su proceder psicológico.

En este estudio presenta una recopilación de los mejores artículos científicos en cuanto a redes neuronales artificiales y se hace una descripción particular, del problema, del desarrollo, de los resultados y se realiza un análisis crítico puntual de cada uno, de tal forma que se expresa la importancia y los puntos a mejorar. Que en resumen fue lo que le dio el punto de partida a esta investigación.

Se citan algunas experiencias y experimentos prácticos de tal forma que el presente artículo además de servir para abordar una falencia en las RNA, también sirva para buscar alternativas en el mejoramiento de la destreza física y el desarrollo emocional de las personas.

Como resultado se obtiene que las RNA son óptimas para el objetivo específico para el cual fueron diseñadas, pero que le es muy difícil desaprender para volver a aprender y seguir cumpliendo con objetivos similares en condiciones diferentes. En las redes biológicas humanas se evidenció una situación similar, lo cual genero el punto de partida para una reprogramación neuronal simple en actividades cotidianas humanas que pueden generar la línea base a la programación multifuncional de una RNA.

2. Metodología

Se procedió a realizar una reflexión, analizando experiencias propias y experimentos aplicados a una red neuronal biológica para poder entender la similitud de falencia con las RNA y generar un punto de partida básico en la programación neuronal Artificial multifuncional.

Se revisaron 50 artículos científicos a fines a redes neuronales Artificiales y se analizaron puntualmente 20 a fines al área ambiental, de los cuales se valoraron los 8 de mayor impacto, a los cuales se les identifico el problema, la manera que se resolvió, el resultado que se obtuvo y se finaliza con la redacción de un análisis crítico de cada uno, para destacar su importancia y aplicabilidad

3. Análisis

Situación de las redes neuronales

Las redes neuronales artificiales son redes interconectadas que operan en paralelo mediante procesadores simples y con organización jerárquica que intentan interactuar con los objetos del mundo real, del mismo modo que lo hace el sistema nervioso central. (Troncone N 2002). Después de leer más de 20 artículos científicos y libros relacionados con el tema, se logra entender de manera básica el funcionamiento de las mismas y los estudios que se derivan de las redes neuronales artificiales en el área ambiental, llegando a la misma conjetura, ya que en todos los documentos analizados se repite igual situación: Las redes neuronales pueden resolver un problema puntual y adaptarse a una situación según su entrenamiento, generando excelentes resultados. Lamentablemente el querer utilizar la misma red neuronal artificial con el mismo objetivo bajo condiciones diferentes, puede acarrear serios errores en la salida de la información. Esto se debe a que, cuando las redes se diseñan para una tarea específica en un lugar

determinado, son entrenadas bajo condiciones definidas; por lo tanto, la red arroja información puntual y es muy difícil que pueda funcionar al utilizarla en otro lugar ya que no se ajusta a la nueva situación.

Las redes neuronales son criticadas a menudo debido a que las relaciones entre las entradas y las salidas no son obvias (es decir, qué leyes gobiernan el efecto que cada entrada tiene en una salida), como resultado de la presencia de la capa oculta intermedia en lugar de una ruta directa desde la entrada hasta la salida (R.A. Cottis 1999)

Entrenamiento de redes

Para entrenar una RNA se usa un conjunto de patrones en donde se determinan los parámetros que definen el modelo de red neuronal y se calculan de manera repetida, entendiendo que las RNA se hicieron inspiradas en el funcionamiento del cerebro humano y en el de los animales, se decide darle vida a algunas experiencias pasadas y hacer una serie de experimentos prácticos, los cuales facilitarán la investigación y comprensión por parte del lector. En primer lugar, se analiza que el problema de las redes neuronales radica en que a medida que son entrenadas y adquieren su nivel de inteligencia, filtran la información puntual de su propósito, razón por la cual cuando se enfrentan a otro objetivo con algunas características similares, las redes no responden de la manera en que se espera, pues se pueden contradecir en sus datos.

Redes neuronales artificiales vs. naturales

De poder responder el problema expuesto en el párrafo anterior, no solo se avanzaría en el desarrollo de las redes neuronales artificiales, sino también en las redes naturales. Pues aunque parezca difícil de creer, muchas personas presentan una deficiente programación neuronal natural o un problema de entrenamiento, por lo cual una solución en la red

neuronal artificial resuelve un problema en la red neuronal natural y viceversa.

Para encontrar un protocolo simple para la programación de una red neuronal multifuncional, es decir, que se pueda acoplar a varios objetivos de una misma línea sin inhabilitar la información y contradecirse a sí misma, se hace necesario citar algunas experiencias, y partir del modelo original. Basta recordar que Donald Hebb, en 1949, fue el primero en explicar los procesos del aprendizaje desde un punto de vista psicológico, enfocado en que el aprendizaje ocurría cuando ciertos cambios en una neurona eran activados. Y que en el presente puede ser la base para abordar el problema de adaptación de una red neuronal artificial (luego de aprender sobre un objetivo específico) a solucionar otros problemas con un mismo enfoque pero bajo diferentes situaciones.

Experiencia asociada a una red neuronal natural

Cuando se es niño y a medida que se va creciendo, lo que más se aprende es lo que más se repite o las cosas que por alguna razón fueron especiales y que marcan la vida de un individuo, como un accidente, la muerte de un familiar, un sentimiento de amor etc. generando asombro o un tipo de impacto diferente a las situaciones rutinarias. Muchas de estas situaciones, al asociarlas con otras cosas que se evidencian en el momento como olor, sabor, ruido, circunstancias, entre otras, pueden quedar grabadas en la memoria. Por lo cual después de que suceden estas experiencias, se puede adquirir un aprendizaje; o para ser más puntual, se almacena una información que sería necesaria en el futuro, pues cuando ocurren cosas similares a las del pasado, de una u otra forma se cuenta con conocimiento para enfrentar las situaciones del presente, la red neuronal artificial obedece a este patrón. Sin embargo, hay situaciones que se aprenden y

que, cuando se generalizan, se vuelven erróneas al tener que enfrentarse con escenarios diferentes.

Por ejemplo, una experiencia en docencia. Algunos alumnos son reprimidos desde su infancia porque han sido ridiculizados; y cuando avanzan en sus estudios, se ven imposibilitados para participar. Esto se debe a que su red neuronal aprendió que bajo ciertas circunstancias, el debería abstenerse. De lo contrario, sería ridiculizado nuevamente. Y aunque todos sus compañeros hayan madurado o sean diferentes, la red no lo distingue como tal. Por lo tanto, el temor va a existir y su reacción de protección va a ser cohibirse de participar. Para superar esta situación, un psicólogo se ve obligado a intervenir. En términos de redes, el profesional está reprogramando la red neuronal del alumno, generando un nuevo proceso de aprendizaje bajo una situación diferente, en la cual el aprendizaje erróneo del pasado no debe marcar el futuro.

Comparación con la red neuronal artificial

Bajo el ejemplo del párrafo anterior, se manifiesta el mismo problema en las redes neuronales artificiales, pues cuando estas se programan con datos confiables son excelentes, óptimas para cualquier rama de las ciencias. Lamentablemente ante los cambios de situación en el futuro, estas redes empiezan a presentar una serie de errores que afectan los resultados de las investigaciones. Y por lo tanto, así como un psicólogo puede intervenir en la reprogramación de un individuo, se necesita un protocolo para intervenir en la red neuronal artificial cuando se presentan cambios inesperados, sobre todo en el área ambiental que es tan dinámica.

Desde otra perspectiva y bajo el mismo ejemplo anterior, si se hubiera realizado una red neuronal artificial para predecir el

comportamiento de los alumnos, esta tendría que enfrentarse a los datos de las vivencias pasadas de los estudiantes; por lo tanto filtraría esta información tratando de hallar la mejor respuesta según sea su entrenamiento. Si esta red se utiliza después en otra institución y con otros alumnos, no resultará confiable.

Situación interrogante

La pregunta que surge es: ¿se puede programar la red neuronal de los alumnos para que todos puedan ser participativos? Si se logra como humanos, ¿acaso no se puede reprogramar una red neuronal artificial para que sea multifacética, es decir que después de que haya sido entrenada y genere salidas específicas, pueda ser reprogramada sin que afecte sus salidas iniciales y pueda brindar información contundente de otra situación con un objetivo similar a la situación inicial?

Comprobación práctica

Se realizó un experimento práctico con un grupo de aprendices del Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila. Los jóvenes, quienes no superaban los 22 años de edad, pertenecían al programa Tecnólogo en Control Ambiental. El objetivo consistió en identificar la programación que tienen en cuanto al movimiento simultáneo de las partes del cuerpo, bajo movimientos independientes y contrarios. En general, se determinó que todos tenían movimientos rutinarios que obedecían a una mecánica repetitiva, lo cual les impedía realizar movimientos diferentes a los acostumbrados, ya que al intentar hacerlos, sintieron dolor. Tanto así, que ni siquiera pudieron realizar un movimiento contrario porque inmediatamente los movimientos respondían a una sola función. Cuando el hombre aprende y convierte ese conocimiento en una verdad es muy difícil que pueda aceptar otra cosa; y más difícil aun, es dividir las partes que lo llevaron a esa conclusión.

Un ejemplo básico es un simple movimiento de dedos de la mano, cuando una persona quiere cerrar uno o dos dedos sobre sí, los que están al lado también tienden a hacerlo, lo que limita los movimientos independientes.

Reprogramación

Para reprogramar las unidades de manera independiente sin perder la información inicial del comportamiento de la red neuronal, se necesita conocimiento y entendimiento. Luego, todo consiste en entrenar. Se debe seguir un protocolo en el cual no se le puede pedir al cuerpo que haga algo, sin antes enseñarle cómo hacerlo, pues el cerebro es como un niño que necesita ser guiado. En el caso del ejemplo particular de la mano, se comienza con el entrenamiento de cada uno de los dedos por separado y el entendimiento de que sí es posible. De nada vale entrenar si no se cree que se puede lograr, de esta forma se rompe la situación inicial sin que se pierda el conocimiento previo. Después de un tiempo de 2 meses se obtiene el objetivo. Luego se reproduce la información con los aprendices y solo uno lo logra. Los demás dicen que no se puede hacer. Esto evidencia que los problemas no son físicos, solo son mentales. De igual manera, las redes neuronales artificiales presentan los mismos problemas que muchas personas tienen. Todo está en su programación.

Para resumir, se han logrado realizar 16 movimientos simultáneos, donde la tercera parte de estos son contrarios, lo cual duplica el esfuerzo pero determina un sinnúmero de funciones en un mismo tiempo, y comprueba que el hecho de que las personas hagan una sola cosa al tiempo, se debe a su programación neuronal. Por lo cual, si se lograra realizar un protocolo de entrenamiento sistémico a una red neuronal artificial, esta sería un éxito.

3.1 Redes neuronales en modelación ambiental

A continuación se citan los artículos científicos que representan los mejores documentos de la revisión de la literatura citada, teniendo en cuenta que el problema identificado en las redes neuronales, está inmerso en todos los artículos consultados. Cada uno se representa por su título original, seguido de los autores, el problema a tratar, cómo se solucionó, los resultados y un análisis crítico

3.1.1 Modeling the environmental dependence of pit growth using neural network approaches

MK Cavanaugh, RG Buchheit, N. Birbilis a.

Problema que trata: cómo predecir con precisión la profundidad, distribución y diámetro de pozo como una función de variables ambientales, en las aleaciones de aluminio aeroespacial, que experimentan picaduras de corrosión en servicio y nucleas grietas de fatiga.

Cómo se resolvió el problema: el problema se resolvió utilizando modelamiento con redes neuronales, es decir, modelando eficazmente dimensiones máximas de pozo y los parámetros de distribución del tamaño de las diferentes partículas en las aleaciones de aluminio espacial en servicio, de tal manera que se caracterizara la profundidad máxima de picadura y diámetro máximo. Las entradas para todas las redes neurales fueron la temperatura, el pH, $[Cl^-]$, tiempo de exposición, y la orientación, mientras que la salida era la profundidad máxima de picadura, el diámetro máximo hoyo. Cada parámetro se normalizó entre 0 y 1 antes de introducirlo en la red. El Modelado de la red neuronal se realizó utilizando JMP[®] 8 software estadístico; seis redes neuronales se formaron, uno para cada parámetro.

La Figura 1 representa la estructura de la red neuronal utilizada para todos los parámetros de salida (el parámetro forma, (α) , el parámetro de escala, (β) , y la profundidad máxima de

picadura (d_{max}). El número de nodos (H_n) en la capa intermedia varía para cada parámetro.

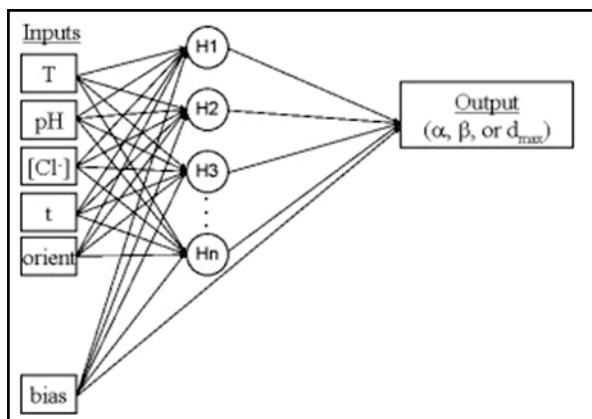


Figura 1: representación de la red neuronal

Fuente: MK Cavanaugh

Resultados: los datos de entrenamiento, validación se encaja relativamente bien con un R^2 de 0,71 y los datos de prueba se predijeron con exactitud (con un $R^2 = 0,90$). Para predecir la máxima profundidad del foso, Se presentaron los modelos de redes neuronales probados que pueden predecir con precisión la profundidad de boxes y distribuciones de diámetro de pozo como una función de variables ambientales. Además, la profundidad de la picadura máxima y el diámetro como una función de medio ambiente fue predicha por los modelos de redes neuronales. Dado que los pozos más profundos no siempre son responsables de iniciar agrietamiento por fatiga, la capacidad de predecir, no sólo la mayor fosa, sino una población de pozos es un resultado significativo.

Análisis crítico: El modelamiento y el sistema de redes neuronales en el desarrollo de este experimento resulta ser una herramienta base para predecir los efectos de la picadura de corrosión en las aleaciones de aluminio espacial causado por variables ambientales, lo cual sirve para tomar medidas en el presente y mitigar los impactos a futuro. Sin embargo se determina que esta red, es una herramienta óptima para predecir, siempre y cuando las variables

ambientales sigan un patrón específico. Es decir, la red neuronal tiene una entrada de información, una de proceso y otra de salida, cuando esta se entrena en un fundamento, lo acopla como una salida, y se centra en la información que le sirve y la demás información se vuelve obsoleta, es como aprender de memoria un tema para generar una respuesta y con ello, perder la capacidad de recordar o tomar decisiones simples. Esta red después de que es entrenada, en un ambiente específico, es muy difícil que se pueda utilizar en otro ambiente cambiando las variables, puesto que nuevamente se debería realizar un entrenamiento con otra red.

3.1.2 A feature extraction unsupervised neural network for an environmental data set.

Giuseppe Acciani, Ernesto Chiarantoni, Girolamo Fornarelli, Silvano Vergura

Problema que trata: Cuando se analizan datos ambientales se depende del tiempo en el mediano y largo plazo, por lo cual, cuando el número de puntos medidos en un ambiente crece, se dificulta en gran medida la selección eficiente y el análisis de la información útil de todo el conjunto de datos, acarreando no poder pronosticar de manera eficiente y rápida los efectos de los contaminantes u otras variables en los humanos.

Como se resolvió el problema: Proponiendo una técnica de extracción de características basado en un nuevo modelo de red neuronal no supervisada adecuada para analizar datos ambientales. Tomando como ejemplo los contaminantes químicos y de esta manera demostrar que la red es capaz de identificar correctamente un conjunto de datos ambientales y determinar sus efectos, Generando ventajas como capacidad para validar los datos de forma local y para facilitar el proceso de análisis humano.

Resultados: El conjunto de datos considerados

en las simulaciones se obtuvo a partir de una serie de siete estaciones de monitoreo ubicadas en los puntos críticos alrededor de Bari, una ciudad en el sur de Italia. Las ubicaciones de estas estaciones de monitoreo se seleccionaron para que coincidiera con la confluencia nodal de vías principales y en las proximidades de las fábricas contaminantes. En un vector, El espacio de datos utilizado en todos los experimentos se obtuvo mediante la recopilación de los datos, a una frecuencia de muestreo de 1 h / punto. En este caso, 26 de las 50 unidades son subutilizados. La presencia de un valor umbral límite que produce un número constante de unidades de la red revela una importante característica de la estructura del espacio de entrada, el cual se caracteriza por un conjunto de grupos compactos y separados y sus centros de masa.

Esta estructura se encuentra si el conjunto de datos clasifica la adopción de los valores finales de los vectores de peso como las características de un clasificador de mínima distancia. Los valores finales de los pesos de las unidades utilizadas fueron adoptados como vectores de referencia para el proceso de clasificación posterior. La presencia de una línea de puntos revela una discontinuidad en la regularidad tiempo para las clases. En particular, algunas clases desaparecen y otras clases aparecen. Estas aparentes anomalías se deben a un cambio rápido en los hábitos humanos. De esta manera es posible comparar las clasificaciones humanas y de los nervios, de hecho, una clase procedente de análisis neuronal se considera que es una clase (anómalo) cuando la mayoría de sus datos pertenecía a una clase anómala humana. De hecho, los datos pertenecientes a la clase normal podrían dejarse de lado mientras que los datos pertenecientes a la clase anómala, requieren un análisis más preciso y debe ser analizado cuidadosamente.

Análisis crítico: La metodología que se propone en este artículo, es viable para el análisis de datos ambientales en una red neuronal, destacándose

la capacidad para encontrar la mayor cantidad de datos útiles sin que todo se base en una simple extracción. Además tiene la capacidad para validar los datos de forma local, lo cual es un soporte y una base para facilitar el análisis de los diferentes procesos en los humanos. Al hacer un análisis de los resultados se determina que hay que tener en cuenta que para que esta metodología funcione eficientemente, se debe disminuir el error por pérdida de datos relevantes, pues a diferencia de los objetivos de otras redes neuronales, en esta hay gran dependencia de la seguridad de las personas y por lo tanto siendo el hombre el recurso máspreciado sobre el planeta tierra, todos los avances que se desarrollen entorno a las personas deben garantizar la mayor precisión posible. Retomando la crítica del anterior artículo, la red neuronal se entrena bajo unos objetivos específicos sin que esta se pueda acoplar de manera eficiente a los cambios de ambiente o entorno, toda su programación se basa en el sitio en interés de particular, y si se desea realizar un nuevo estudio con otras variables, es necesario montar una nueva red para hacer la programación con los nuevos datos. Por lo cual las redes neuronales deberían ser multifacéticas, evitando las pérdidas de información, maximizando la selección de datos y disminuyendo la extracción o eliminación de lo que supuestamente la red considera no relevante.

3.1.3 Layered neural networks based analysis of radon concentration and environmental parameters in earthquake prediction.

A Negarestani, S Setayeshi, M Ghannadi-Maragheh, B Akashe.

Problema a tratar: Como predecir terremotos en base a parámetros ambientales y concentración de radón en un sitio sísmicamente activo teniendo en cuenta las variaciones en el tiempo.

Como se resolvió el problema: Este problema se resuelve Utilizando el análisis de una red neuronal MLP como método para estimar la concentración de radón en el suelo, y los parámetros ambientales. Diferenciando de esta manera los cambios que se deben a fenómenos de anomalías en la tierra, como un terremoto en relación a los diferente parámetros. Teniendo como ventaja la extensión sustancial de los mismos para que el enfoque sea eficiente.

En la figura 2 se observa que (a) es Una red neuronal de tres capas con N entradas valorados continuas, una salida y dos capas de unidades ocultas. En las fórmulas, x_j y x_k son las salidas de los nodos en las primera y segunda capas ocultas; θ , θ_j y θ_k son desplazamientos internos en los nodos; V_{ij} es la fuerza de la conexión de la entrada a la primera capa oculta; y v_{ij} y V_{ij} son las fuerzas de conexión entre el primero y el segundo y entre la segunda y las capas de salida, respectivamente. (b) es un elemento computacional o nodo que forma una suma ponderada de N entradas y pasa el resultado a través de una función no lineal tal como un sigmoide.

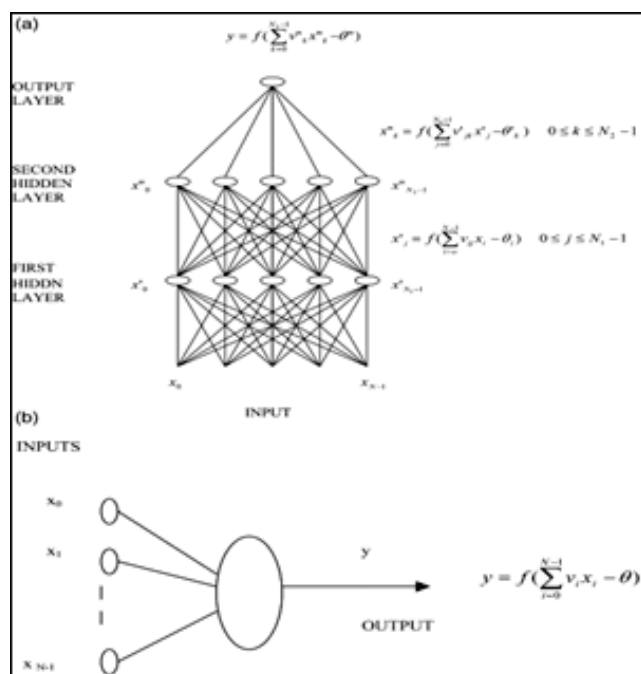


Figura 2. (a): Red neuronal de 3 capas y (b) nodo **Fuente:** Widrow y Lehr, 1990.

Resultados Este método está en comparación con las salidas de otro método basado en la respuesta de impulso de la serie de tiempo multivariable. La eficacia de la utilización de este enfoque para la estimación de la concentración de radón semanal se relaciona con la media semanal de la temperatura, la presión y la precipitación de 100 cm y 50 cm de profundidad, tal como se mide por Wattanikorn et al. (1998).

Una configuración de los parámetros ambientales y la concentración de radón se consideran como la entrada y la salida de la red neuronal, respectivamente. La arquitectura de red neuronal que se ha empleado consta de tres capas, una salida y dos capas de unidades ocultas, con exclusión de la capa de entrada. El aprendizaje se consigue utilizando retro propagación de errores resultantes de la diferencia entre la salida y los valores reales durante el entrenamiento. El número de nodos de la primera capa oculta se ha fijado en tres años, el número de nodos ocultos segundo se fija en seis años y el número de nodos de salida se fija en uno. La formación continua sobre patrones de entrada común para 400 iteraciones con $\eta = 0,2$, donde η es el término de ganancia. Estos valores y la configuración se eligieron porque dan el mejor ajuste entre las series estimadas y medidas de tiempo para el gas radón del suelo durante el intervalo entre las semanas 15 a 18. Este método puede dar una mejor estimación de las variaciones de radón relacionados con el parámetro de precipitaciones (semanas 31-40).

Resultados Este método está en comparación con las salidas de otro método basado en la respuesta de impulso de la serie de tiempo multivariable. La eficacia de la utilización de este enfoque para la estimación de la concentración de radón semanal se relaciona con la media semanal de la temperatura, la presión y la precipitación de 100 cm y 50 cm de profundidad, tal como se mide por Wattanikorn et al. (1998).

Una configuración de los parámetros

ambientales y la concentración de radón se consideran como la entrada y la salida de la red neuronal, respectivamente. La arquitectura de red neuronal que se ha empleado consta de tres capas, una salida y dos capas de unidades ocultas, con exclusión de la capa de entrada. El aprendizaje se consigue utilizando retro propagación de errores resultantes de la diferencia entre la salida y los valores reales durante el entrenamiento. El número de nodos de la primera capa oculta se ha fijado en tres años, el número de nodos ocultos segundo se fija en seis años y el número de nodos de salida se fija en uno. La formación continua sobre patrones de entrada común para 400 iteraciones con $\eta = 0,2$, donde η es el término de ganancia. Estos valores y la configuración se eligieron porque dan el mejor ajuste entre las series estimadas y medidas de tiempo para el gas radón del suelo durante el intervalo entre las semanas 15 a 18. Este método puede dar una mejor estimación de las variaciones de radón relacionados con el parámetro de precipitaciones (semanas 31-40).

Análisis crítico: Una red neuronal es un método apreciable para poder realizar una estimación de radón en el suelo y su relación con parámetros ambientales. Teniendo en cuenta que no necesariamente estos conservan una relación lineal, por lo cual, todo cambio por mínimo que sea puede generar a anomalías serias en un sistema en este caso el terrestre, teniendo una herramienta útil en la predicción de terremotos para un sitio específico en Tailandia. Como ya se ha analizado aunque esta red neuronal es eficiente para un sitio específico como Tailandia, esta misma no se puede utilizar para otro sitio en particular así los parámetros ambientales sean los mismos, por lo que es necesario establecer diferentes redes con respecto a los sitios de investigación, partiendo siempre de ceros, lo cual es una limitación en el avance de la predicción de terremotos en general.

3.1.4 Comparing large number of metaheuristics for artificial neural networks

training to predict water temperature in a natural river.

Adam P. Piotrowski, Marzena Osuch, Maciej J. Napiórkowski, Pawel M. Rowinski, Jaroslaw J. Napiórkowski.

Problema a tratar: Los cambios de temperatura tiene un impacto decisivo en la vida acuática y en los cambios químicos que en esta se desarrollan, ocasionando serios problemas en el sistema hídrico sin que estos puedan ser asimilados con prontitud, debido a que se carece de pronósticos acertados en los cambios de temperatura con respecto al tiempo.

Como se resuelve el problema: El problema se resuelve mediante 23 métodos de entrenamiento diferentes, incluyendo 22 metaheurísticas y el algoritmo de Levenberg-Marquardt que utiliza información sobre los derivados, aplicando a Multi-Layer Perceptron artificial redes neuronales de entrenamiento para el problema de la regresión de la temperatura del agua de la previsión en un río natural. Río Biala Tarnowska que fluye a través de baja parte montañosa del sureste de Polonia fue seleccionado para el estudio. La mayoría de metaheurísticas utilizados en este estudio pertenecen a la familia de algoritmos de Evolución diferencial, también variantes de enjambre de partículas de optimización, Evolución Estrategias, multialgorithms y métodos de búsqueda directos fueron probados. Al igual que el impacto del tamaño de la población en caso de evolución diferencial, los algoritmos de optimización de enjambre de partículas, y el impacto de algunos de los parámetros de control específicos de otras metaheurísticas en el rendimiento del algoritmo.

Resultados: En este estudio no hay entradas autorregresivas al modelo, la temperatura del agua del pasado nunca se utiliza para modelar los futuros. Insumos autorregresivos se evitan,

ya que los modelos de pronóstico de temperatura del agua se pueden utilizar para proporcionar predicciones para las futuras condiciones climáticas, y la temperatura del agua no siempre se mide en los ríos naturales. El rendimiento de cualquier variante de la EPSO es significativamente más pobre que el rendimiento de los algoritmos LM o Trig-Degl. Los otros algoritmos basados en la DE no son capaces de entrenar MLP correctamente.

Los algoritmos que utilizan CMA-ES como método constituyente de vez en cuando no logran converger a cualquier óptimo local razonable, lo que lleva a altos valores de rendimiento medio para el entrenamiento y los datos de prueba. El rendimiento promedio de PMS es afectada por algunas carreras malas, pero su rentabilidad mediana, aunque no excepcional y claramente más pobre que el rendimiento de LM, es, según lo sugerido por sus inventores (ver Iacca et al., 2012 y Caraffini et al. 2013). Para los datos de pruebas de la MSEagg del mejor método de entrenamiento es sólo 2,5 veces menor que el MSEagg del método de entrenamiento más pobre. En general, el desempeño de pronóstico es la más adecuada, los errores más frecuentes se observan durante los meses de invierno, cuando la congelación y la fusión de los procesos se producen en un río, que son muy difíciles de predecir. Con frecuencia, el modelo espera el calentamiento de agua, mientras que en la naturaleza el río aún está congelado o, incluso si el agua está libre de hielo, su temperatura no aumenta. La mayor dinámica en la temperatura del agua se ve durante la primavera o el verano. Los cambios rápidos suelen ser correctamente predichos y, en muchos casos, las previsiones son muy buenas, en algunos casos las previsiones pueden diferir de las mediciones para un número de días consecutivos, con frecuencia debido a las condiciones meteorológicas específicas (nubes, lluvias).

Análisis crítico: Este estudio es bastante

complejo y deja muchos sin sabores ya que en si solo se comparan valores de manera rigurosa y de esta manera se puedan validar resultados por medio de pruebas estadísticas. Siendo solo una primera fase de un estudio, ya que para poder ser validado eficazmente se necesita como mínimo 50 repeticiones de cada método de entrenamiento. Hay que tener en cuenta que el hecho de que se incorpore la metaheurística, a este estudio, permite que se desarrolle un avance significativo en el campo de las redes neuronales, ya que los métodos de entrenamiento también son llevados a juicio y esto a su vez da saltos en la búsqueda de redes generales, que se puedan acoplar a problemas diversos en un mismo sistema.

3.1.5 Environmental statistical process control using an augmented neural network classification approach.

Deborah F. Cocine, Christopher W. Zobel, María Leigh Wolfe.

Problema a tratar: Como identificar problemas ambientales mediante indicadores, que permita realizar las medidas de mitigación y prevención a tiempo.

Cómo se resolvió el problema: Identificando los cambios en parámetros ambientales que conducen a la detección temprana de los problemas y las medidas correctoras adecuadas, reduciendo así el riesgo de consecuencias a largo plazo. En donde el Control Estadístico de Procesos (SPC), las técnicas tradicionalmente se han utilizado para identificar cuando los parámetros del proceso se han alejado de sus valores nominales. En situaciones en las que hay correlaciones entre las salidas observadas del proceso, sin embargo, como en muchos procesos ambientales, los supuestos subyacentes de la SPC se violan y como las redes neuronales se hacen necesarios. Un enfoque de red neural que incorpora un algoritmo de preprocesamiento de datos geométricos identifica la necesidad de un

mayor muestreo de observaciones, para facilitar la detección temprana de los cambios en los parámetros del proceso del medio ambiente autocorrelacionado. La Utilización del algoritmo de preprocesamiento y el aumento de la técnica de muestreo de activar la red neuronal para identificar con precisión el estado del proceso de control, fue capaz de identificar los cambios en los parámetros de proceso altamente correlacionados con precisiones que van desde 96,4% a 99,8%.

Resultados: Se utilizó un enfoque de clasificación de la red neuronal aumentada para identificar los cambios en los datos de autocorrelación, con especial aplicación a los datos de monitoreo ambiental. El enfoque de clasificación incluye un algoritmo inicial de preclasificación geométrica como parte del proceso de formación de redes neuronales. La etapa de pre-clasificación mejora la capacidad de la red entrenada para identificar los cambios en los datos de proceso correlacionados mediante la identificación de las posibles áreas de solapamiento para el esquema de clasificación. El sistema de clasificación de la red neuronal aumentada se aplica a un conjunto de datos ambientales, específicamente, las concentraciones de nitrato. Las Redes fueron entrenadas para detectar cambios de 1,5, 2 y 2,5 desviaciones estándar de la media del proceso. Cada red tenía una exactitud de las pruebas de más del 99% en el proceso de formación. Los datos reales de Burt et al. El enfoque de clasificación de la red neuronal fue capaz de identificar los cambios en un proceso con una precisión que van desde 94,10% a 99,76% para los coeficientes de correlación más altos de 0,7 y 0,9. Tasas de clasificación correcta para un coeficiente de correlación de 0,5 con turnos de 1,5 y 2 sigma oscilaron entre 96,39% y 99,12%. Sólo el sigma cambia con un coeficiente de correlación de 0,5 producido tasas de clasificación menos satisfactorios de 85,24% y 91,98%. Esta capacidad representa una mejora significativa sobre los métodos existentes y

aumentaría en gran medida la capacidad de un gerente de medio ambiente para vigilar y controlar con éxito un proceso de autocorrelación.

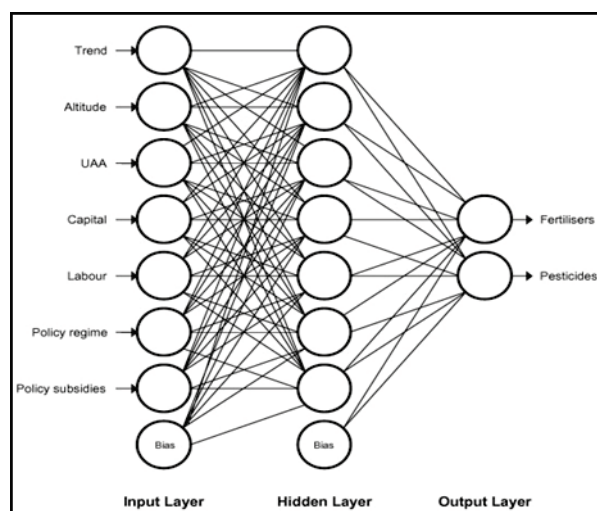


Figura 3. Estructura de la red neuronal multicapa Feedforward

Análisis crítico El análisis estadístico mediante una red neuronal aumentada permite un enfoque viable para la supervisión de procesos en la presencia de autocorrelación, es decir que en los sistemas ambientales, se podría realizar un monitoreo constante, en donde la presencia, ausencia o cambio en un parámetro ambiental definiría la situación de un elemento o sistema del ambiente. Este estudio sirve como ejemplo para corroborar el análisis crítico que he realizado en artículos anteriores, debido a que si se puede determinar que los cambios en un parámetro ambiental puede determinar los problemas con prontitud que ocurren en el entorno, como los diferentes tipos de contaminación, o deterioro ambiental, por pérdida de oxígeno, el cambio de ph, la temperatura, la humedad relativa etc. Entonces estamos frente a una herramienta necesaria que necesita optimizarse para actuar de manera diversa y general. Es decir que esta red neuronal aumentada, pueda ejecutarse en diferentes sitios, bajo diferentes situaciones y parámetros ambientales diferentes.

3.1.6 A neural network for evaluating environmental impact of decoupling in rural systems

Andrea Bonfiglio a.

Problema a tratar: Como determinar si los cambios en las políticas agrícolas y los efectos generados por la disociación en los sistemas rurales ha afectado el medio ambiente de manera positiva.

Como se resolvió el problema: Evaluando el impacto ambiental de una disposición específica de la reforma de la Política Agrícola Común de 2003 de la Unión Europea en términos de consumo de fertilizantes y pesticidas, desde la producción en la economía agrícola de una región rural italiano durante el período 2005-2007. Los efectos de la eliminación de las ayudas a la renta política también se evaluaron. Para este propósito, una red neuronal multicapa Feedforward (figura3) se aplicó para modelar el comportamiento de los agricultores durante el período 2003-2007. La metodología demostró que la capacidad de predicción es superior a los métodos tradicionales y permite una interpretación de las relaciones entre los predictores y salidas, respondiendo así a una de las principales críticas de las redes neuronales en estudios de este tipo.

Resultados: La regresión lineal multidimensional demuestra muy buenos resultados. Por lo tanto, incluso un modelo lineal simple se aproxima al comportamiento de los agricultores, según lo descrito por las variables utilizadas. Sin embargo, el modelo lineal, sólo por su simplicidad, presenta un inconveniente es decir, que la predicción de valores negativos relacionados con el uso de productos químicos. Predicciones negativas ascienden a 1% y el 7% de todas las observaciones, en referencia a los fertilizantes y

pesticidas, respectivamente. Por el contrario, la MFNN producen mejores resultados económicamente significativos, que las metodologías tradicionales, como, en este caso, la regresión multidimensional. Además, tiene la ventaja de tratar simultáneamente con múltiples variables dependientes. Resultados producidos por la aplicación, indican que la continuación del régimen de política acoplamiento habría dado lugar a una utilización de fertilizantes de 22,2% mayor y un aumento en el consumo de plaguicidas de 18,7%. En el marco de modelización utilizado, esta expansión es el resultado de una mayor cantidad de sustancias químicas empleadas por hectárea. Invirtiendo el razonamiento que se desprende de la lectura de los resultados asociados con los escenarios 1 y 2, es posible evaluar el impacto ambiental producido por los pagos directos disociados en el período 2005-2007, la disociación pagos directos permitió una reducción media en el uso de fertilizantes y pesticidas de 22,2% y 18,7%, respectivamente. Alternativamente, se puede afirmar que desvincular los pagos de la producción evitó usar productos químicos a niveles de aproximadamente 20% más altos que los observados en el marco del régimen de desacoplamiento. Esto confirmaría la conclusión de que la disociación elimina el estímulo para intensificar la producción con el fin de recibir un ingreso adicional o, al menos, sugiere que este efecto se produce en el caso analizado y regional para el período examinado.

Análisis crítico: aunque la aplicación de las redes neuronales en este tipo de estudio es bastante compleja, debido a que se tiene que modelar un comportamiento social frente a una situación ambiental, lo cual lo expone a muchas críticas. El estudio demostró que la capacidad de predicción de una red neuronal multicapa Feedforward, bajo una base de datos confiable, es superior a los métodos tradicionales y permite una interpretación de las relaciones entre los predictores y salidas. Facilitando el manejo de la información y permitiendo inferir en la toma de

decisiones. Sin embargo, es de resaltar que aunque esta metodología para la investigación puntual brindo un nivel aceptable de confianza. Se debe tener mucho cuidado con la investigación aplicada a otras regiones, pretendiendo creer que el comportamiento será el mismo. Ya que el éxito de la nueva red dependerá, de la confiabilidad de los datos que se utilizan para alimentarla, así como la forma en que se programa y las circunstancias en las que se desarrolla de manera sistémica.

3.1.7 Implementing remote sensing strategies to support environmental compliance assessment: A neural network application Original Research Article.

James K. Lein a.

Problema a tratar: Como determinar si la tecnología de percepción remota, para evaluar las condiciones del entorno, es una herramienta adecuada para cumplimiento y la aplicación de tareas complejas e intensivas para la toma de decisiones de carácter ambiental

Cómo se resolvió el problema: Examinando el papel de la teledetección por satélite en la evaluación de la conformidad. Es decir se investiga los relieves de los aspectos más destacados de la teleobservación por satélite para informar a los encargados de la gestión de la calidad ambiental en cuanto a los puntos fuertes y las limitaciones, de esta forma de recolección de datos, Se genera una alternativa para simplificar el procesamiento tradicional de la máquina de imágenes de teledetección introduciendo la utilización de las redes neuronales artificiales en un papel de apoyo a las decisiones que proporcionan una solución "offthe-shelf" que puede facilitar un mayor acceso a esta tecnología especializada.

Resultados: Los resultados obtenidos a partir de la tecnología de redes neuronales cuando se evalúa contra las partes de la imagen reservada

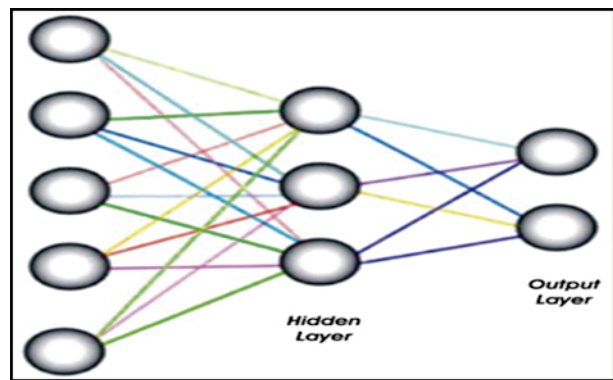


Figura 4. Modelo de red neuronal idealizado basado en la arquitectura de múltiples capas de percepción.

para fines de ensayo, representa la solución de red para el estudio de caso de Akron, Ohio. Tomando como ejemplo, los desechos de vertederos industriales que muestran un patrón espacial disperso que fue confundido con tierra seca y las zonas con escasa vegetación.

Gran parte de esta confusión podría atribuirse a la naturaleza discontinua de los materiales depositados en la superficie y el alto mestizaje entre las pilas de material y suelo estéril. Los sitios de disposición de Automóviles se identificaron principalmente en los márgenes del paisaje urbano pero se confundieron con los estacionamientos. Una vez más, el método de almacenamiento y organización de los automóviles desechados en los patrones que se asemejan coches aparcados contribuyó a esta confusión. Brownfield Industrial y áreas industriales recuperadas (incluyendo rellenos sanitarios) se identificaron claramente en los márgenes norte y sureste del área de estudio, sin embargo, a la confusión periferia urbana con las tierras agrícolas.

En otro ejemplo, la red encontró cortes de caminos existentes y los suelos expuestos creadas por proyectos de excavación para la construcción de nuevas viviendas. Además, también se detectaron manchas áridas con vegetación eliminado recientemente. Superficie impermeable, definiendo asfalto,

sobre las azoteas de ladrillo y las superficies claramente delineadas dentro de los límites de la zona de protección a boca de pozo. Las precisiones obtenidas para el problema de la protección de cabeza de pozo se han mejorado un poco. En esta prueba la resolución espacial de 2,44 m de las imágenes Quickbird multispectral proporcionado una exactitud de la detección global de 89%. Estos resultados son instructivos y implican que imágenes de resolución más fina (<3 m) es importante, sin embargo, no es suficiente por sí mismo para asegurar clasificación coherente (imágenes hiperespectrales puede ser necesaria para mejorar la discriminación característica, cuando arreglos de superficie son complejos y la composición del material de características varían.

Análisis crítico: Al unir la percepción remota con el sistema de redes neuronales, se puede determinar que este estudio, permite realizar una comprobación de los errores que se pueden cometer al identificar ambiente por percepción remota, debido a que el avance tecnológico, a pesar de haber traído avances en el desarrollo humano, también ha traído serias consecuencias en el sistema terrestre, teniendo en cuenta que ahora las interpretaciones de las diferentes zonas, acarrear graves errores por confusión. Los resultados de este estudio permiten establecer que agentes contaminantes, se pueden confundir fácilmente con disposición de recursos naturales, entrando en un inventario inexistente de recursos o lo que es peor pasando por alto, problemas que conllevan al deterioro intensivo del planeta. Este estudio tiene una importancia significativa para la identificación de recursos con un alto grado de confiabilidad en el futuro, aunque hay que denotar que este solo es un paso, puesto que hay mucho que investigar. El hecho de poder generar una red neuronal que pueda corregir los errores de percepción remota le daría un adelanto a pasos gigantes al mundo de la percepción remota.

3.1.8 Integrating spectral indices with environmental parameters for estimating heavy metal concentrations in rice using a dynamic fuzzy neural-network model.

Meiling Liu, Xiangnan Liu, Menxin Wu, Lina Xiu

Problema a tratar: Como estimar la concentración de metales pesados en el arroz que afectan la seguridad alimentaria y la salud de las personas,

Como se resuelve el problema Por medio de Una red neuronal difusa generalizada y dinámica (GDFNN), creada para estimar las concentraciones de metales pesados en el arroz mediante la integración de los índices espectrales y parámetros ambientales. Datos hiperespectrales, parámetros ambientales y contenido de metales pesados obteniendo de experimentos de campo, diferentes niveles de contaminación por metales pesados (Cu y Cd). Las variables de entrada utilizados en el modelo GDFNN se derivaron de 10 variables adquiridos por análisis relacional gris. Los modelos de evaluación de Cd y de la concentración de Cu emplearon cinco y seis variables de entrada, respectivamente. (Figura 5).

Resultados: Para mayor claridad, sólo el conjunto de entrenamiento se verificó, con cuatro modelos diferentes, en la predicción de las concentraciones de Cu y Cd, se observó que el modelo GDFNN tuvo un buen desempeño en términos del coeficiente de correlación (R^2). Por otra parte, se resumieron varios parámetros de evaluación de desempeño para todos los modelos utilizados en la estimación de Cu y Cd. De acuerdo con los cinco parámetros para evaluar el desempeño de los modelos, el modelo óptimo debe tener la RMSE más bajo, APE, y MAE, y los valores de ME y R^2 debe estar cerca de 1. el modelo óptimo para estimar la concentración de Cu fue GDFNN, con $ME = 0,923$, $R^2 = 0,9273$, $RMSE = 0,799$, $APE = 2,411\%$ y $MAE = 0,547$, mientras que el mejor modelo para estimar la

concentración de Cd era todavía GDFNN, que tenía $ME = 0,886$, $R^2 = 0,8864$, $RMSE = 579$, $APE = 0,830\%$ y $MAE = 0,325$. Además, para los cuatro modelos, la exactitud de las predicciones del modelo GDFNN siempre fue mejor que la de ANFIS, mejor que la de BP, y mejor que la de los modelos de regresión múltiple para estimar las concentraciones de Cu y Cd en el arroz. Para ilustrar la capacidad del modelo GDFNN utilizándose ampliamente.

Análisis crítico: La integración de los índices espectrales con parámetros ambientales para la estimación de las concentraciones de metales pesados en el arroz, resulta viable cuando se usa un modelo dinámico de red neuronal. Teniendo en cuenta que este estudio no fue único en un sitio particular, sino que además se realizó en sitios diferentes al inicial. El utilizar una red neuronal para predecir las concentraciones de elementos residuales o pesados en un determinado cultivo, permite replicar una metodología varias veces de tal forma que la red se pueda generalizar y con esto, obtener una herramienta optima al menos en el diagnóstico

de un cultivo en particular, así mismo se puede determinar la eficacia de la misma o la variabilidad.

4. Conclusiones

Los actuales estudios sobre redes se deberían enfocar en la obtención de una red neuronal multifuncional que se acople a diferentes ambientes, de tal forma que haya una dinamización en el desarrollo de predicciones con exactitud y un avance progresivo en el desarrollo tecnológico de la humanidad.

Un reto para un posterior estudio sobre redes neuronales en modelamiento ambiental, debería basarse en cómo hacer que una red neuronal artificial, después de que fue entrenada, desaprendiera, o pasara del objetivo, que es el sistema, a la división del mismo en sus partes iniciales, de tal manera que pueda volver a agruparse sin perder su finalidad inicial. Y desarrollara de esta manera predicciones en base a otros objetivos en lugares diferentes con el mismo propósito para lo cual fue creada.

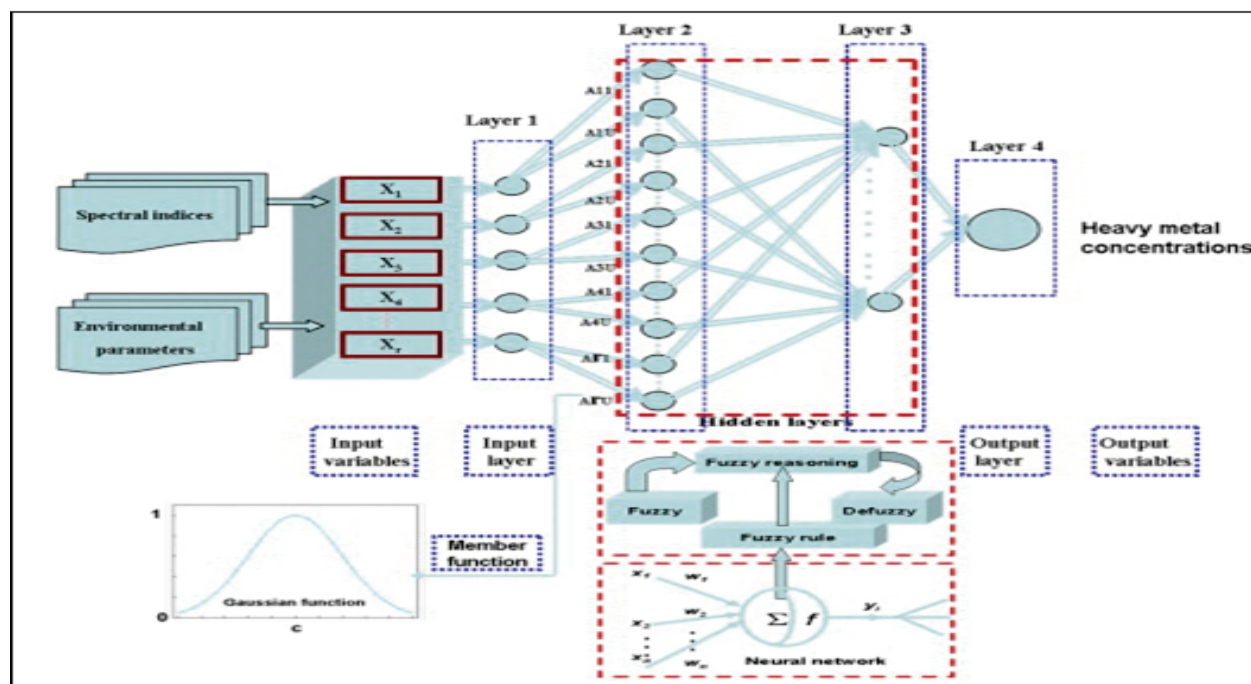


Figura 5. Diagrama de flujo general, para estimar las concentraciones de metales pesados en el arroz

Un supuesto que surge de este estudio es que una red neuronal, después de que haya aprendido y este aprendizaje se refuerce con el tiempo, su reprogramación no debe enfocarse en eliminar el aprendizaje inicial sino que, por el contrario, la reprogramación debe basarse en una nueva línea o capa alimentada con nuevas variables y presencia de datos iniciales, conservando siempre los datos generales.

Uno de los mejores artículos científicos que destaco de esta revisión de literatura son los estudios que se han realizado con percepción remota y redes neuronales, ya que con la fusión de estos, se pudieron demostrar los errores que se pueden cometer en percepción. Y puesto que en Colombia los términos de referencia sobre estudios ambientales se basan en gran parte en estos para la solicitud de licencias ambientales. Se puede determinar que cuando las intensidades de muestreo son menores del 1% en campo, los niveles de confiabilidad son muy bajos. Y si tenemos en cuenta que estos estudios son avalados por la autoridad nacional de licencias ambientales ANLA. Estaríamos ante una situación compleja, porque se estarían dando licencias ambientales con una precisión muy baja. Y teniendo en cuenta que los impactos ambientales negativos generados por el hombre han modificado el paisaje, al interpretar las imágenes satelitales se pueden cometer errores humanos significativos. Como se demuestra en el artículo científico citado.

5. Referencias bibliográficas

1. Acciani, Giuseppe et. al, 2003. A feature
2. Acosta-Cervantes et.al. Estudio de validación de un método para seleccionar técnicas de pronóstico de series de tiempo mediante redes neuronales
3. A.S. Luna et.al. Prediction of ozone concentration in tropospheric levels using artificial neural networks and support vector machine at Rio de Janeiro, Brazil. Atmospheric Environment. Volume 98, December 2014, Pages 98–10.
4. Bonfiglio, Andrea. 2011. A neural network for evaluating environmental impact of decoupling in rural systems. Computers, Environment and Urban Systems, Volume 35, Issue 1, Pages 65-76.
5. B. Widrow, M.A. Lehr. 30 years of adaptive neural networks: perceptron, Madaline, and backpropagation. Proceeding of the IEEE, 78 (1990), pp. 1415–1442.
6. Cavanaugh M.K., Buchheit R.G. Y Birbilis N. 2010. Modeling the environmental dependence of pit growth using neural network approaches. Corrosion Science, Volume 52, Issue 9, Pages 3070-3077.
7. C.M. Bishop. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford University Press, Cambridge, UK (2008).
8. E. Jiménez Macías et.al. Emisión Acústica y Redes Neuronales para Modelado y Caracterización del Proceso de Soldadura por Fricción Agitación. RIAI, Volume 10, Issue 4, October–December 2013, Pages 434–440.
9. F. Cook, Deborah, Zobel W., Christopher, Leigh Wolfe, Mary. 2006. Environmental

- statistical process control using an augmented neural network classification approach Original Research Article. *European Journal of Operational Research*, Volume 174, Issue 3, Pages 1631-1642.
10. Freeman, J.A.; Skapura, DM. *Redes Neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de propagación*. México: Addison-Wesley. 1993; 306 p.
 11. J.M. Ortiz-Rodríguez et.al. A neutron spectrum unfolding computer code based on artificial neural networks. *Radiation Physics and Chemistry*. Volume 95, February 2014, Pages 428–431.
 12. L.A. Dobrzański et.al. Use of Neural Networks and Artificial Intelligence Tools for Modeling, Characterization, and Forecasting in Material Engineering. *Comprehensive Materials Processing*. Volumen 2, 2014, Pages 161–198.
 13. Lein, James K. 2009. Implementing remote sensing strategies to support environmental compliance assessment: A neural network application. *Environmental Science & Policy*, Volume 12, Issue 7, Pages 948-958.
 14. Liu, Meiling. 2011. Integrating spectral indices with environmental parameters for estimating heavy metal concentrations in rice using a dynamic fuzzy neural-network model. *Computers & Geosciences*, Volume 37, Issue 10, Pages 1642-1652.
 15. L. A. Nagasaki Costa et.al. Application of artificial neural networks in a history matching process. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Volume 123, November 2014, Pages 30–45
 16. Negarestani A, Et. Al. 2002. Layered Neural Networks Based Analysis Of Radon Concentration and environmental parameters in earthquake prediction. *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 62, Issue 3, Pages 225-233.
 17. Troncone N. *Introducción a las Redes UNEXPO* Vicerrectorado Puerto Ordaz. Puerto Ordaz, Venezuela. Diciembre, 2002. pp 10-50.
 18. R. Rojas. *Neural Networks - A Systematic Introduction*. Springer-Verlag, Berlin (1996) R.A. Cottis, Q. Li, G. Owen, S.J. Gartland, I.A. Helliwell, M. Turega. *Mater. Des.*, 20 (1999), p. 169.
 19. Ruiz Alberto, Basualdo Marta. *Redes Neuronales, Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Universidad Tecnológica Nacional. 2001; 55 p.
 20. R. Méndez Ricardo et.al. Use of Artificial Neural Networks for Prediction of Convective Heat Transfer in Evaporative Units. *Volume 15, Issue 1, January–March 2014, Pages 93–101*.
 21. T. Rodríguez García et.al. The Artificial Neural Networks to Obtain Port Planning Parameters. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Volume 162, 19 December 2014, Pages 168–177.
 22. S. Tiryaki et.al. Using artificial neural networks for modeling surface roughness of wood in machining process. *Construction and Building Materials*. Volume 66, 15 September 2014, Pages 329–335.