

Neurocomputing en el reconocimiento de patrones

[Neurocomputing in pattern recognition]

Jorge Hidalgo Larrea, Mitchell Vásquez Bermúdez, María Avilés Vera, and José Salavarría Melo

Carrera de Computación e Informática, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this work, a bibliographic review on neurocomputing and the role it plays in pattern recognition has been carried out, the algorithms proposed by different authors have been studied and a report has been made of the most relevant works that apply the technique of pattern recognition. This study has been carried out due to the importance that the use of neurocomputing currently has for information processing in some areas such as sensor processing, data analysis and analysis of control aspects and in general where there is no algorithm that provides a solution. The methodology used allowed identifying, evaluating and analyzing various related studies to later apply a systematic categorization model and obtain the characteristics with their respective descriptions. In this way many algorithms that seek to solve the pattern recognition problem are based in computing models that imitate the way the human brain work focused on high-level cognitive functions such as neural networks characterized by their ability to generalize the information that implies learning processes or architectures under deep learning, however the trend that advances significantly involves the extraction of characteristics in the recognition of emotions.

KEYWORDS: Neurocomputing, neural network, categorization, descriptors, architecture, model, pattern.

1 INTRODUCCIÓN

Al hablar del neurocomputing indica que es un modelo computacional que se basa en simulaciones de estructuras y funciones del cerebro. Otros autores como indican que el neurocomputing implica procesos de aprendizaje y que el principio del neurocomputing para la ciencia y la ingeniería es resolver problemas complejos. Cuando nos referimos al tema del neurocomputing y lo emocionante que es hablar de las redes neuronales artificiales, implica mucho el tema del procesamiento de la información, además que cumple un rol importante en la solución de problemas tales como el reconocimiento de los patrones, la optimización, la clasificación de eventos, el control, la identificación de sistemas no lineales y el análisis estadístico.

En el presente trabajo se enfoca al estudio del neurocomputing y el reconocimiento de patrones, donde indican que estos procesos, han sido de gran interés para las comunidades científicas, en cuanto al desarrollo tecnológico, las técnicas de procesamiento digital de señales, la eficiencia y la eficacia para elaborar algoritmos de reconocimiento de patrones complejos. Se ha evidenciado en trabajos como el de donde se ha desarrollado un sistema para el reconocimiento automático, con la capacidad de reconocer 26 alfabetos en inglés y se investigó el uso de la Transformada Wavelet Discreta (DWT) para calcular los coeficientes cepstrum, y en se desarrolló un sistema para identificar fonemas de idioma árabe, mediante modulación de coeficientes cepstrales.

Tras el desarrollo de las técnicas de inteligencia artificial muy utilizadas para la clasificación de patrones, se han realizado trabajos como el de donde hicieron uso de las redes neuronales auto-ajustables para alcanzar un porcentaje de aciertos en el reconocimiento de patrones asociados al habla.

El objetivo del presente trabajo es revisar el estudio del neurocomputing en el reconocimiento de patrones, realizando un mapeo sistemático en librerías científicas de alto impacto para la obtención de resultados.

2 REVISIÓN SISTEMÁTICA

De acuerdo con los estudios realizados y lo indicado por el método más utilizado para el reconocimiento de patrones son las redes neuronales, mediante este proceso se pueden obtener características y su clasificación; de igual manera indica que las ventajas de usar redes neuronales está en el hecho que se pueden separar regiones y así poder resolver problemas de clasificación de alta complejidad. Considerando lo antes mencionado, se ha llevado un mapeo sistemático con el enfoque de revisión que propone Kitchenham y Charters haciendo un estudio sobre una visión general de un área de investigación y donde además se busca conocer los temas tratados y su publicación.

Por esta razón, realizar una revisión sistemática permitirá identificar, evaluar y analizar varios estudios relacionados. Este trabajo se dividirá en tres etapas, la primera etapa es realizar un análisis y planificación de la búsqueda, la segunda etapa corresponde a la ejecución de búsqueda y revisión de artículos encontrados y la tercera etapa será de discusión de resultados y conclusiones.

3 METODOLOGÍA

3.1 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se aplicará la metodología propuesta por Kitchenham y Charters , donde combina las mejores referencias para proponer y desarrollar una guía actualizada.

Se determinó la sistematización del neurocomputing en el reconocimiento de patrones, lo cual ha llevado a realizar las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son las pautas para llevar a cabo el proceso sistemático de estudios de neurocomputing en el reconocimiento de patrones?
- ¿Dónde y cuándo se publicaron los estudios de neurocomputing en el reconocimiento de patrones?
- ¿Cuáles han sido las características con más relevancia del neurocomputing en el reconocimiento de patrones?

3.2 PLANIFICACIÓN DE BÚSQUEDA

La metodología propuesta fue utilizada para llevar a cabo la planificación de búsqueda identificando las palabras claves y así formular cadenas de búsqueda mediante el método PICO que consiste en población, intervención, comparación y resultados.

La población, se refiere a las características de neurocomputing en el reconocimiento de patrones que se encuentra involucrada en proyectos y aplicaciones. La intervención, se refiere a la recopilación obtenida por el neurocomputing en el reconocimiento de patrones. La comparación, referente a estudios relacionados con las diferentes estrategias planteadas. Los resultados no se consideran específicos, ya que el estudio se centra en estudios empíricos que evalúan el neurocomputing en el reconocimiento de patrones.

Las palabras claves para la identificación fueron: neurocomputing, recognition patterns, neural networks que fueron agrupadas en conjuntos y además se consideraron ciertos sinónimos para así formular una cadena de búsqueda. En la Tabla 1 se muestran las bases de datos y la condición de búsqueda planteada.

Tabla 1. Bases de datos y condición de búsqueda

Base de datos	Condición de búsqueda
Biblioteca Digital ACM	("Neurocomputing" OR "Neural Networks" OR "neurocomputer") AND ("Pattern recognition" OR "Recognition" OR "pattern recognition modules")
IEEE Xplore	
ScienceDirect	

La búsqueda realizada ha proporcionado los siguientes resultados que se muestran en la tabla 2, tomando como referencia el año 2002 hasta la actualidad.

Tabla 2. Resultado de la búsqueda

Base de datos	Resultados
Biblioteca Digital ACM	10,394 relevantes
IEEE Xplore	34,820 relevantes
ScienceDirect	71,084 relevantes

3.3 SELECCIÓN DE ESTUDIOS Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD

Para incluir los trabajos relevantes se aplicaron criterios de selección a los títulos y resúmenes con las siguientes características:

- Los estudios presentan el método y el resultado de investigación
- Los estudios están en el campo del neurocomputing y el reconocimiento de patrones

Los criterios para excluir trabajos fueron los siguientes:

- Estudios que presentan solo resúmenes de conferencias, editoriales, plantillas y de estudio.
- Estudios que no presenten evidencias de revisados por pares
- Estudios no accesibles en texto completo
- Libros y literatura que no presentan ideas claras
- Estudios duplicados de otras investigaciones relacionadas

4 RESULTADO DE LA BÚSQUEDA

En la búsqueda preliminar aplicada a las bases de datos del IEEE Xplore, ACM y Scopus (ScienceDirect) se obtuvieron 634 artículos preseleccionados, de los cuales 20 cumplieron con los criterios de inclusión considerados en el presente trabajo.

Con los resultados se realizó la denominada bolsa de características de acuerdo a , la que consiste en desarrollar un modelo de categorización, donde se podrá extraer el conocimiento del tema a tratar. Tras el desarrollo realizado por y el modelo sistemático nace de la idea de bolsa de palabras para la catalogación de colecciones de textos, el proceso para obtener y construir una bolsa de características consiste en dos etapas que son la detección y la descripción de características.

4.1 DETECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

En esta etapa se detectaron los trabajos más relevantes de acuerdo a las características que presenta cada autor donde se tomaron en cuenta los referentes al neurocomputing y el papel que juega en el reconocimiento de patrones, además se detectaron los puntos de interés por cada librería seleccionada.

En la tabla 3 se muestran los trabajos seleccionados de la librería IEEE Xplore, en la tabla 4 se muestran los trabajos detectados de la librería Biblioteca Digital ACM y en la tabla 5 se muestran los trabajos encontrados en la base de ScienceDirect.

Tabla 3. Detección en base de datos IEEE Xplore

Base de datos IEEE Xplore	Características detectadas
Toward the neurocomputer: image Processing and pattern recognition with neuronal cultures	Procesamiento de información en el sistema nervioso basado en cálculo, adaptación y aprendizaje en paralelo.
Fault diagnosis for power systems based on neural networks	Clasificación de patrones de redes neuronales para detección y diagnóstico de fallas.
Geometric neurocomputing for pattern recognition and pose estimation	Uso de álgebra de Clifford para el reconocimiento de poses en 3D

Tabla 4. Detección en base de datos Biblioteca Digital ACM

Base de datos Biblioteca Digital ACM	Características detectadas
Intelligent hybrid system for pattern recognition and classification	Se investiga el método de algoritmo genético estocástico (StGA) y se emplea el método GLPts para el aprendizaje supervisado en las redes neuronales, el cual ayuda a resolver problemas de reconocimiento y clasificación de patrones.
Measuring Similarity Between Matrix Objects for Pattern Recognition	Se realiza un experimento con datos matriciales reales en 2D con reconocimiento facial y de gestos.
A Real-time Facial Expression Recognizer using Deep Neural Network	En esta investigación realizan reconocimientos faciales, utilizan el descriptor de características de HOG para detectar rostros humanos, un detector de correlación y un reconocedor profundo basado en red neuronal convolucional (CNN).
Automatic Pattern Recognition with Wavelet Neural Network	Categoriza y reconoce manuscritos, letras o números, donde se propuso construir una red neuronal artificial de tipo Wavelet-Multi-Layer Perceptrons (WMLPs).
Automatic gesture recognition for wheelchair control	Se propone controlar una silla de ruedas, mediante el reconocimiento de gestos con una red neuronal artificial.
Iris recognition using discrete sine transform and neural network	Se investiga el método de reconocimiento del iris utilizando transformada senoidal discreta (DTS).
Sensor fusion weighting measures in audio-visual speech recognition	En este trabajo se busca mejorar el reconocimiento de voz mediante experimentos AVSR que utilizan redes neuronales.
Deep Convolutional Neural Network with Independent Softmax for Large Scale Face Recognition	Se busca reconocer 100k al mismo tiempo, donde se entrena una red neuronal, se propuso un modelo Softmax como clasificador.
Emotion Recognition from Body Expressions with a Neural Network Architecture	Se propone una arquitectura neuronal autoorganizada para reconocer estados afectivos a partir de patrones de movimientos.

Tabla 5. Detección en base de datos ScienceDirect

Base de datos ScienceDirect	Características detectadas
Multi-objective optimization for modular granular neural networks applied to pattern recognition	Se propone un método de reconocimiento humano basado en las medidas biométricas de cara y oído, tiene como objetivo encontrar soluciones no dominadas basadas en el número de puntos de datos para la formación y el error de reconocimiento. Se utilizan bases de datos de caras y orejas de referencia para ilustrar las ventajas del enfoque propuesto.
Pattern recognition for electroencephalographic signals based on continuous neural networks	Se realiza un estudio para el diseño e implementación de un algoritmo de reconocimiento de patrones para clasificar señales electroencefalografías (EEG) basada en redes neuronales artificiales.
Emotion recognition by assisted learning with convolutional neural networks	Este trabajo propone una red neuronal convolucional para predecir las emociones a partir de imágenes, el modelo consta de dos partes una red binaria y una red profunda para el reconocimiento específico.
A new model to optimize the architecture of a fault-tolerant modular neurocomputer	Este trabajo muestra resultados sobre detección y corrección de errores de un neurocomputador, donde se ha utilizado el método de corrección que implica el teorema de Resto chino modificado con fracciones, además de utilizar una red neuronal de Hopfield para corregir los errores.
Logistic Neural Networks: Their chaotic and pattern recognition properties	Este trabajo se concentra en el campo del reconocimiento de patrones caóticos (RP) de una red de neuronas logísticas.
A neural network algorithm to pattern recognition in inverse problems	Se han estudiado las aplicaciones de métodos que van desde la teoría de los problemas inversos hasta el reconocimiento de patrones, se ha generado un nuevo algoritmo de aprendizaje derivado de un modelo de regularización que se aplica a la tarea de reconstrucción de un objeto no homogéneo como reconocimiento de patrones.
Comparison of Different Learning Algorithms for Pattern Recognition with Hopfield's Neural Network	En este trabajo se analizan los algoritmos de aprendizaje de red de Hopfield, se realizaron pruebas donde se utiliza el aprendizaje del hebreo de OJA y el pseudo-inverso que como lo indican otros autores es el algoritmo más prometedor.
Parallel and distributed neurocomputing with wireless sensor networks	Se lleva a cabo un estudio de simulación donde sugieren que la arquitectura de neurocomputación basada en WSN es una alternativa viable para realizar cálculos paralelos y distribuidos de algoritmos de redes neuronales artificiales.

4.2 DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Una vez que se han detectado los trabajos relacionados en las diferentes bibliotecas seleccionadas se computan los puntos de interés para obtener un vector de lo que han indicado los descriptores. En la figura 1 se muestran las características sobre el neurocomputing en el reconocimiento de patrones de la librería IEEE Xplore, en la figura 2 se muestran las características de la librería Biblioteca Digital ACM y en la figura 3 se presentan las características encontrados en la base de ScienceDirect.

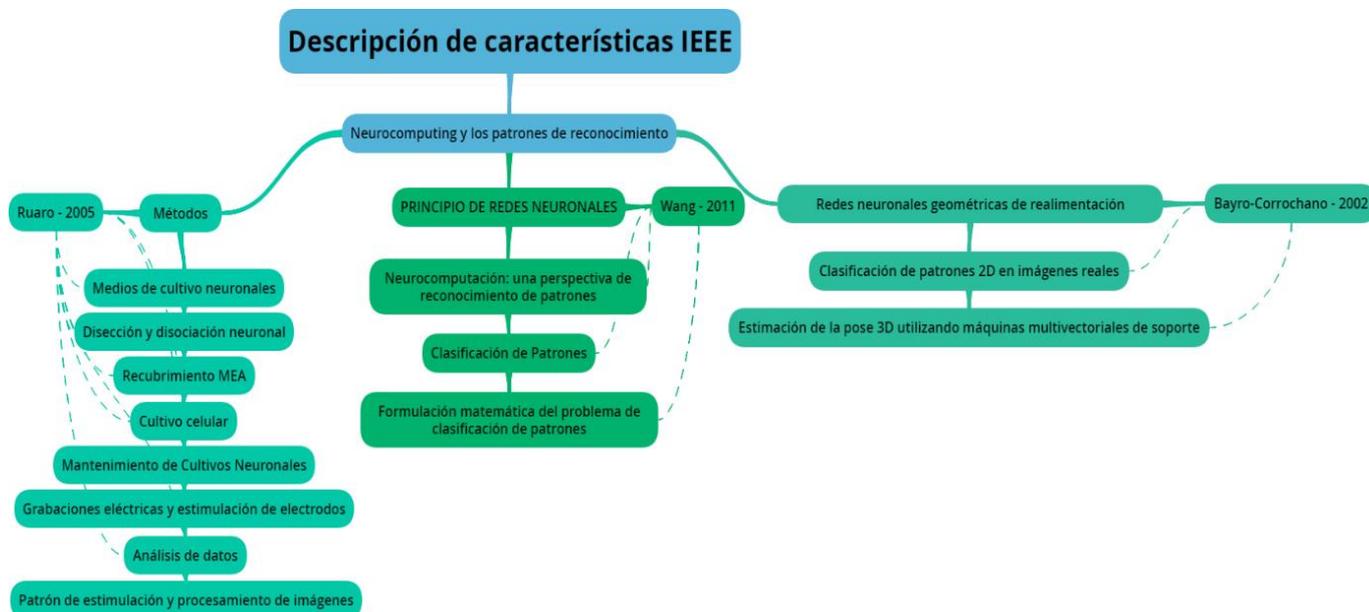


Fig. 1. Descripción de características en la librería IEEE Xplore

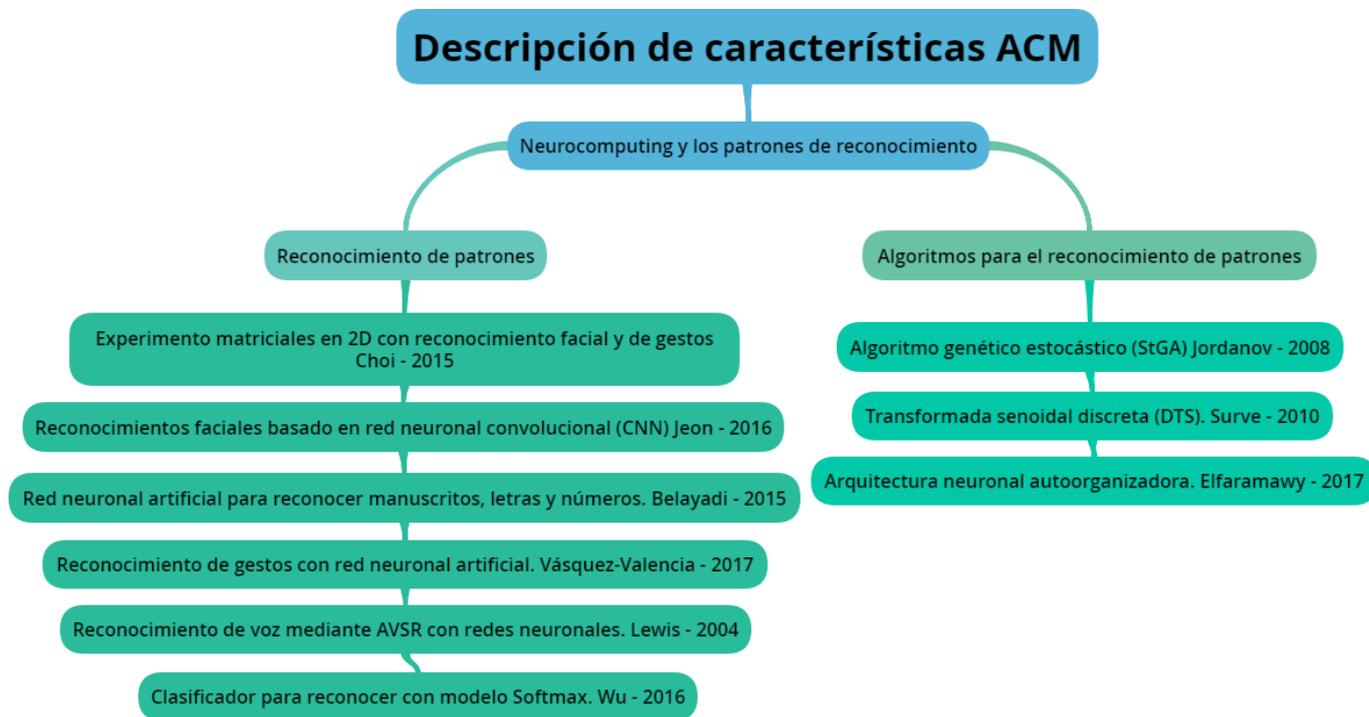


Fig. 2. Descripción de características en la librería Biblioteca Digital ACM

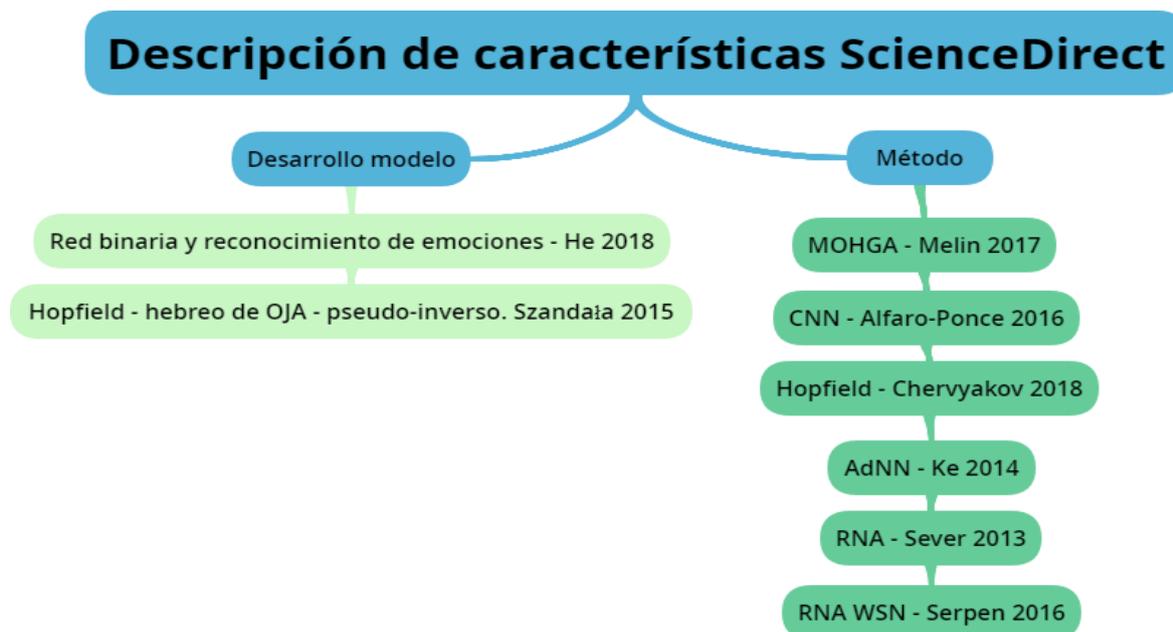


Fig. 3. Descripción de características en la Biblioteca ScienceDirect

5 DISCUSIÓN

Los trabajos más relevantes de acuerdo a las características de neurocomputing y el papel que juegan en el reconocimiento de patrones, son especificados en la librería IEEE Xplore en cuanto al procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones con cultivos neuronales utilizando cálculo, adaptación y aprendizaje en paralelo. Los patrones de redes neuronales están orientados al diagnóstico de fallos para sistemas de energía, y neurocomputing geométrica para el reconocimiento de patrones en reconocimiento de poses en 3D.

Por su parte en la librería Biblioteca Digital ACM, realizan reconocimiento y clasificación de patrones en un sistema híbrido inteligente investigando el método de algoritmo genético estocástico (StGA) empleando el método GLpTS para el aprendizaje supervisado en las redes neuronales, realizan una medición de la similitud entre objetos de matriz en 2D para el reconocimiento de patrones faciales y gestos, así mismo realizan reconocimiento de expresión facial de rostros humanos en tiempo real. Hay que resaltar trabajos como la categorización y reconocimiento de manuscritos, letras o números, el reconocimiento automático de gestos para el control de la silla de ruedas y el reconocimiento del iris mediante la transformación sinusoidal discreta y la red neuronal. Hay que considerar la utilización de redes neuronales para mejorar el reconocimiento de voz mediante patrones, así como el modelo Softmax para el reconocimiento facial a gran escala proponiendo una arquitectura neuronal autoorganizada para reconocer estados afectivos a partir de patrones de movimientos.

En la base de ScienceDirect se encontraron trabajos relacionados a neurocomputing enfocados al reconocimiento humano basado en las medidas biométricas de cara y oído, de la misma forma aparecen las redes neuronales con la implementación de un algoritmo de reconocimiento de patrones para señales electroencefalográficas. Se hace énfasis en predecir las emociones a partir de imágenes, con un modelo que consta de dos partes una red binaria y una red profunda para el reconocimiento. También existen investigaciones sobre modelos para optimizar la arquitectura de un neurocomputador modular tolerante a fallas concentrando el reconocimiento de patrones caóticos (RP) de una red de neuronas logísticas. Existen contribuciones de nuevos algoritmos de red neuronal para el reconocimiento de patrones en problemas inversos aplicados a la tarea de reconstrucción de un objeto no homogéneo, mostrando su importancia en variados estudios comparativos de diferentes algoritmos de aprendizaje. Además estudios de simulación sugieren que la arquitectura de neurocomputación basada en sensores de redes inalámbricas se presenta como una alternativa para realizar cálculos paralelos y distribuidos de algoritmos de redes neuronales artificiales.

6 CONCLUSIONES

Una vez realizado el análisis del neurocomputing y la relación con el reconocimiento de patrones, pueden observarse arquitecturas, modelos y algoritmos que se plantean a lo largo de la detección de patrones. Algo que resaltar sobre las arquitecturas encontradas es aquella basada en sensores de redes inalámbricas que se presenta como una alternativa viable para los diferentes cálculos en los algoritmos de redes neuronales artificiales.

Por otro lado existen modelos propuestos que involucran redes binarias y de reconocimiento que han permitido obtener resultados considerables en la extracción de descriptores característicos de los patrones y ganancias significativas para la precisión del reconocimiento de las emociones. Por tanto la neurocomputación es un aporte significativo para el desarrollo de sistemas inteligentes, sin embargo, se continúan desarrollando modelos y algoritmos de aprendizaje que se asemejan a los modelos biológicos que buscan simular el funcionamiento de las neuronas del cerebro humano.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a la Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias de la Computación, por impulsar y contribuir las investigaciones en el área tecnológica.

REFERENCIAS

- [1] E. Randall, «Introduction to backpropagation neural network computation, » *Pharmaceutical research*, vol. 10, nº 2, pp. 165-170, 1993.
- [2] F. M. Ham y I. Kostanic, *Principles of neurocomputing for science and engineering.*, McGraw-Hill Higher Education, 2000.
- [3] O. L. Ramos, D. A. Rojas y J. E. Saby, «Reconocimiento de Patrones Vocálicos mediante la implementación de una red Neuronal Artificial Utilizando Sistemas Embebidos., » *Información tecnológica*, vol. 27, nº 5, pp. 133-142, 2016.
- [4] T. B. Adam, M. S. Salam y T. S. Gunawan, «Wavelet based Cepstral Coefficients for neural network speech recognition., » *ICSIPA*, pp. 447-451, 2013.
- [5] V. Mitra, H. Franco, M. Graciarena y D. Vergyri, «Medium-duration modulation cepstral feature for robust speech recognition., » *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE International Conference.*, pp. 1749-1753, 2014.
- [6] B. Lu, J. J. Wu, Y. Wang y J. P. Li, «A speech recognition system based on multiple neural networks., » *Natural Computation (ICNC). Sixth International Conference*, vol. 1, pp. 48-51, 2010.
- [7] M. A. Tosini y G. Acosta, «Reconocimiento de patrones en señales acústicas mediante clasificadores neuronales., » *VIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2006.
- [8] E. Aldabas-Rubira, «Introducción al reconocimiento de patrones mediante redes neuronales., » *X Jornades de Conferències d'Enginyeria Electrònica del Campus de Terrassa*, 2002.
- [9] B. Kitchenham y S. Charters, «Guidelines for Performing Systematic Literature, » *Tech. rep., Technical report, EBSE Technical*, 2007.
- [10] A. M. Chavarro M., *Bolsa de Características en Imágenes Biomédicas: una Revisión del Estado del Arte*, 2008.
- [11] J. Yang, Y. G. Jiang, A. G. Hauptmann y C. W. Ngo, «Evaluating bag-of-visual-words representations in scene classification, » *Proceedings of the international workshop on Workshop on multimedia information retrieval. ACM*, pp. 197-206, 2007.
- [12] M. E. Ruaro, P. Bonifazi y V. Torre, «Toward the neurocomputer: image processing and pattern recognition with neuronal cultures, » *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 52, nº 3, pp. 371-383, 2005.
- [13] F. Wang, «Fault diagnosis for power systems based on neural networks, » *Software Engineering and Service Science (ICSESS). IEEE 2nd International Conference IEEE*, pp. 352-355, 2011.
- [14] E. Bayro-Corrochano y R. Vallejo, «Geometric neurocomputing for pattern recognition and pose estimation, » *Pattern Recognition. 16th International Conference IEEE*, pp. 41-44, 2002.
- [15] I. Jordanov y A. Georgieva, «Intelligent hybrid system for pattern recognition and classification, » *Proceedings of the 5th international conference on Soft computing as transdisciplinary science and technology. ACM*, pp. 19-24, 2008.
- [16] H. Choi y H. Park, «Measuring Similarity Between Matrix Objects for Pattern Recognition., » *Proceedings of the 3rd International Conference on Human-Agent Interaction. ACM*, pp. 175-177, 2015.
- [17] J. Jeon, J. C. Park, Y. Jo, C. Nam, K. H. Bae, Y. Hwang y D. S. Kim, «A Real-time Facial Expression Recognizer using Deep Neural Network, » *Proceedings of the 10th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication. ACM*, p. 94, 2016.
- [18] A. Belayadi, L. Ait-Gougam y F. Mekideche-Chafa, «Automatic Pattern Recognition with Wavelet Neural Network, » *Proceedings of the The International Conference on Engineering & MIS. ACM*, p. 14, 2015.

- [19] J. E. Vázquez-Valencia, M. Martín-Ortíz, I. Olmos-Pineda, J. A. Olvera-López y D. E. Pinto-Avendaño, «Automatic gesture recognition for wheelchair control, » *Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction. ACM*, p. 45, 2017.
- [20] N. Surve y A. Kulkarni, «Iris recognition using discrete sine transform and neural network, » *Proceedings of the International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology. ACM*, pp. 750-755, 2010.
- [21] T. W. Lewis y D. M. Powers, «Sensor fusion weighting measures in audio-visual speech recognition, » *Proceedings of the 27th Australasian conference on Computer science. Australian Computer Society, Inc. ACM*, vol. 26, pp. 305-314, 2004.
- [22] Y. Wu, J. Li, Y. Kong y Y. Fu, «Deep convolutional neural network with independent softmax for large scale face recognition, » *Proceedings of the 2016 ACM on Multimedia Conference. ACM*, pp. 1063-1067, 2016.
- [23] N. Elfaramawy, P. Barros, G. I. Parisi y S. Wermter, «Emotion Recognition from Body Expressions with a Neural Network Architecture, » *Proceedings of the 5th International Conference on Human Agent Interaction. ACM*, pp. 143-149, 2017.
- [24] P. Melin y D. Sánchez, «Multi-objective optimization for modular granular neural networks applied to pattern recognition, » *Information Sciences*, 2017.
- [25] M. Alfaro-Ponce, A. Argüelles y I. Chairez, «Pattern recognition for electroencephalographic signals based on continuous neural networks, » *Neural Networks*, pp. 88-96, 2016.
- [26] X. He y W. Zhang, «Emotion recognition by assisted learning with convolutional neural networks, » *Neurocomputing*, vol. 291, pp. 187-194, 2018.
- [27] N. I. Chervyakov, P. A. Lyakhov, M. G. Babenko, I. N. Lavrinenko, A. V. Lavrinenko, M. A. Deryabin y A. S. Nazarov, «A New Model to Optimize the Architecture of a Fault-Tolerant Modular Neurocomputer., » *Neurocomputing*, 2018.
- [28] Q. Ke y B. J. Oommen, «Logistic neural networks: their chaotic and pattern recognition properties, » *Neurocomputing*, vol. 125, pp. 184-194, 2014.
- [29] A. Sever, «A neural network algorithm to pattern recognition in inverse problems, » *Applied Mathematics and Computation*, vol. 221, pp. 484-490, 2013.
- [30] T. Szandała, «Comparison of Different Learning Algorithms for Pattern Recognition with Hopfield's Neural Network, » *Procedia Computer Science*, vol. 71, pp. 68-75, 2015.
- [31] G. Serpen y L. Liu, «Parallel and distributed neurocomputing with wireless sensor networks, » *Neurocomputing*, vol. 173, pp. 1169-1182, 2016.