

# Guest Editorial

## Special Issue on *Deep Learning*

J. Salas, *Member, IEEE*, F. Vidal, and J. Martínez-Trinidad

**E**L aprendizaje profundo, un componente importante del instrumental del aprendizaje automático, ha crecido en términos del número e impacto de sus aplicaciones, así como en variedad y alcance de los avances teóricos. Cada día tenemos noticias de impactantes logros y nuevos niveles de desempeño en diferentes métodos. Descendiente natural de las redes neuronales, de donde toma el modelo de inferencia y el esquema de aprendizaje de propagación hacia atrás, el aprendizaje profundo incluye ahora estrategias para la extracción eficiente de características, la predicción de secuencias, la transformación de secuencias a secuencias, los modelos de atención, las jerarquías temporales, las arquitecturas recurrentes, las redes de memoria clave-valor (*key-value memory networks*), entre otras.

IEEE *Latin American Transactions* ha convocado a la comunidad latinoamericana estudiosa del tema de aprendizaje profundo a dar a conocer sus avances más recientes en la forma de un número especial temático. La convocatoria para el número especial recibió 64 artículos, de los cuales la revisión por pares resultó en la aceptación de 16. El entusiasmo y variedad de temas de la respuesta a la convocatoria dan cuenta del progreso alcanzado en la región y las áreas de interés que se están explorando.

Los artículos presentados pueden ser agrupados en rubros que incluyen las aplicaciones médicas, los sistemas naturales, aplicaciones orientadas hacia la administración eficiente de energía, estudio de agentes autónomos, y análisis de emociones. Las contribuciones incluyen las siguientes.

El número especial es enmarcado por el artículo de Joaquín Salas, Flavio Vidal y Francisco Martínez-Trinidad, quienes describen el estado actual del aprendizaje profundo en su artículo *Deep Learning: Current State*. El artículo da un recuento histórico, examina las principales técnicas, describe las más recientes aplicaciones y hace un ejercicio para describir los rumbos de desarrollo científico y tecnológico que se vislumbran.

*a) Aplicaciones Médicas:* Algunas aplicaciones en el área médica son ampliamente discutidas por la comunidad. El uso del momento de tercer orden y su transformada de Fourier 2D para alimentar una red neuronal convolucional que clasifica señales de electromiografía (EMG) se reporta en el trabajo *Deep Learning-based Classification using Cumulants and Bispectrum of EMG Signals*, de Eugenio Orosco, Jeremías

Gaia, Javier Gimenez y Carlos Soria. Este artículo es un ejemplo de cómo el aprendizaje profundo ayuda a extraer variables eficientemente para resolver problemas de clasificación complejos. Por su parte, Lucas Coimbra and Elloá Guedes presentan el artículo *Convolutional Neural Networks on Computer-Aided Pulmonary Tuberculosis Detection*. En su trabajo, los autores muestran los resultados de aplicar redes neuronales convolucionales para respaldar el diagnóstico de tuberculosis basado en visión artificial a partir de imágenes de rayos X del tórax de los pacientes. Enseguida, R. da Silva Neto y A. de Carvalho Filho presentan el artículo titulado *Automatic Classification of Breast Lesions using Transfer Learning*. En su documento, los autores describen un sistema que clasifica lesiones mamarias, entre benignas o malignas. Para el desarrollo prueban redes neuronales convolucionales, tales como ResNet y Xception, para la extracción de características, entrenadas con ImageNet. Utilizando las características prueban clasificadores que incluían SVM (*Support Vector Machine*) con kernels lineales, de función de base radial y polinomiales, así como *Random Forest* y XGBoost. En ambos tipos de extractores de características, los clasificadores SVM polinomiales parecen dar el mejor resultado. En el trabajo *1D Convolutional Neural Network for Detecting Ventricular Heartbeats* de A. Suárez-León and José Núñez, se propone un clasificador basado en redes convolucionales (1D-CNN) para la detección de latidos de origen ventricular, el cual es capaz de realizar la tarea a partir de la señal de ECG (*Electrocardiograma*) sin procesamiento previo, con un rendimiento aceptable.

*b) Sistemas Naturales:* De similar interés resulta el monitoreo de sistemas naturales. Por ejemplo, en su artículo *A New Approach to River Flow Forecasting: LSTM and GRU Multivariate Models*, G. Adriano de Melo, D. Sugimoto, P. Tassinoffo, A. Moreira Santos, A. Cunha y L. Dias desarrollan modelos para la predicción del flujo hidrológico de un río. Tomando como ejemplo el Río Grande, en Brasil, predicen el flujo mensual de agua usando redes recurrentes tipo LSTM (*Long-Short Term Memory*) y GRU (*Gated Recurrent Units*). Las enfermedades relacionadas por mosquitos afectan a una considerable porción de la Humanidad. Por ello, el trabajo presentado por C. Santana, A. Firmo, R. Oliveira, P. Buarque, G. Alves, y R. Lima, titulado *A Solution for Counting Aedes aegypti and Aedes albopictus Eggs in Paddles from Ovitrap Using Deep Learning*, es interesante. Ellos realizan el conteo de los huevos de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en ovitrampas. Estos tipos de mosquitos transmiten un amplio rango de enfermedades que incluyen el dengue, la fiebre amarilla y el chikungunya. Su método captura las imágenes directamente de la ovitrampa y ofrece resultados al menos

Send your correspondence to Joaquín Salas, Cerro Blanco 141, Colinas del Cimatarío, Querétaro, México, 76090. salas@ieee.org.

Joaquín Salas is with the Instituto Politécnico Nacional, México.

Flavio B. Vidal is with the University of Brasilia, Brazil.

José Fco. Martínez-Trinidad is with the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México.

tan buenos como el conteo manual. En el documento *Hyper-spectral Images Classification based on Inception Network and Kernel PCA* por D. Ruiz, B. Bacca and E. Caicedo, se propone un modelo de clasificación de regiones presentes en imágenes hiperespectrales, tales como: tipos de cosecha, edificios, asfalto, árboles, y sombras. El modelo utiliza un *kernel* obtenido por análisis de componentes principales (PCA) y una arquitectura de red *inception*, y genera variables de tipo espectral-espacial profundas. El resultado permite obtener un mejor desempeño en la clasificación de las imágenes respecto a las arquitecturas tradicionales. Marco Apolinario, Daniel Urcia-Paredes y Samuel Huaman Bustamante presentan el documento *Open Set Recognition of Timber Species using Deep Learning for Embedded Systems*, donde describen un método para identificar especies de madera. Ellos basan su trabajo en una red neuronal convolucional que corre en tiempo real en un sistema embebido y discrimina entre especies conocidas y desconocidas.

c) *Administración Eficiente de Energía*: El número especial también recibió un número importante de artículos en el área de administración eficiente de energía. Estos incluyeron el trabajo de C. Kasburg and S. Frizzo Stefenon, quienes proponen un método basado en una red neuronal recurrente LSTM (*Long-Short Term Memory*) para controlar seguidores solares activos y aumentar la generación fotovoltaica, en el artículo *Deep Learning for Photovoltaic Generation Forecast in Active Solar Trackers*. De manera similar, en el artículo *MPPT for PV Systems using Deep Reinforcement Learning Algorithms*. Luis Avila, Mariano De Paula, Ignacio Carlucho and Carlos Sanchez Reinoso proponen un método basado en aprendizaje por refuerzo para optimizar el rendimiento de una matriz fotovoltaica y rastrear el punto de máxima potencia.

d) *Agentes Autónomos*: Igualmente, los investigadores siguieron poniendo énfasis en estudios relacionados con la navegación autónoma. Estos trabajos incluyeron el artículo *Towards the Optimal Solution for the Routing Problem in Vehicular Delay Tolerant Networks: A Deep Learning Approach* escrito por R. Hernández-Jiménez, C. Cárdenas-Pérez and D. Muñoz-Rodríguez. En el documento, los autores proponen una arquitectura de ruteo y el algoritmo de enrutamiento de vehículos respectivo para redes tolerantes a demoras, basado en redes neuronales profundas, que permite tomar mejores decisiones contextuales de reenvío de paquetes. Igualmente, en *Bio-Inspired Deep Reinforcement Learning for Autonomous Navigation of Artificial Agents*, Hans Lehnert, Mauricio Araya, Rodrigo Carrasco-Davis and María-José Escobar muestran la importancia de considerar la fisiología de la retina en el diseño del sensor visual que alimenta una red en el aprendizaje por refuerzo profundo. Además, introducen un esquema de motivación intrínseca para proporcionar una recompensa escasa y lograr un aprendizaje continuo. Asimismo, Aldrich Cabrera-Ponce, L. Oyuki Rojas-Perez, J. Carrasco-Ochoa, Fco. Martínez-Trinidad, and J. Martínez-Carranza, en el artículo *Gate Detection for Micro Aerial Vehicles using a Single-Shot Detector*, presentan un método que permite a un vehículo aéreo no tripulado (UAV) de carreras, identificar las puertas del circuito de competencias usando un detector de un solo disparo (*Single-Shot Detector*, SSD). Finalmente, en el artículo

*Deep Learning Point Cloud Registration based on Distance Features*, Jorge Pérez-González, Fernando Luna-Madrigal y Omar Piña-Ramírez desarrollan un método para el registro de nubes de puntos. Ellos entrenan su red neuronal profunda con *autoencoders* dispersos alimentados con mapas de distancia Euclidiana y de Mahalanobis.

e) *Análisis de Emociones*: P. Sánchez, J. Cano, D. García, A. Pinzon, G. Rodriguez, J. García- González, and L. Perez presentan, en el artículo *Knowledge Discovery in Musical Databases for Moods Detection*, una interesante aplicación para identificar del estado de ánimo de una pieza de música. A partir de las partituras, los autores desarrollan un método que permite a los usuarios interactuar en tiempo real con una lista musical, de tal manera que el sistema proporciona recomendaciones que refuerzan el estado emocional de quien escucha.

Finalmente, aprovechamos esta oportunidad para expresar nuestro sincero agradecimiento a todos los autores que sometieron sus trabajos a este número especial, y a los árbitros anónimos que ayudaron a los autores a mejorar sus contribuciones proporcionando comentarios constructivos. También agradecemos a las personas en el Comité Directivo de esta revista por aceptar nuestra propuesta. Igualmente, queremos agradecer a los miembros del Comité Editorial, quienes nos ayudaron a resolver los problemas durante el proceso de revisión de este número especial.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue parcialmente financiado de SIP-IPN 20201357 en favor de Joaquín Salas.

# Guest Editorial

## Special Issue on *Deep Learning*

J. Salas, *Member, IEEE*, F. Vidal, and J. Martínez-Trinidad

**A**prendizagem profunda, um dos importantes componentes das ferramentas de aprendizagem de máquina, cresceu em termos de número e impacto de suas aplicações, bem como da variedade e do escopo dos avanços teóricos. Todos os dias temos notícias de novas realizações chocantes e novos níveis de desempenho de diferentes métodos. Descendente natural das redes neurais artificiais, de onde se obtém o modelo de inferência e o esquema de aprendizado de retropropagação, a aprendizagem profunda agora inclui estratégias para extração eficiente de características, previsões de sequências, transformação de sequência para sequência, modelos de atenção, hierarquias temporais, arquiteturas recorrentes, redes de memória de valores-chave (*do inglês key-value memory networks*), entre outros.

A *IEEE Latin American Transactions* realizou a chamada direcionada à comunidade latino-americana, que estuda temas relacionados à aprendizagem profunda, para divulgarem seus avanços mais recentes na forma de uma edição especial focada nesta temática. A chamada para este número especial recebeu um total 64 artigos, dos quais a revisão por pares resultou na aceitação de 16. O entusiasmo e a variedade de tópicos em resposta à esta chamada, mostraram o progresso feito na região e as áreas de interesse que estão sendo exploradas. Os artigos apresentados podem ser agrupados em tópicos que incluem: aplicações médicas, sistemas naturais, aplicativos orientados ao gerenciamento eficiente de energia, estudo de agentes autônomos e análise de emoções. As contribuições são descritas a seguir.

O número especial é iniciado pelo artigo de Joaquín Salas, Flavio Vidal e Francisco Martínez-Trinidad, que descrevem o estado atual do tema de aprendizagem profunda em seu artigo *Deep Learning: Current State*. O artigo apresenta um relato histórico, examina as principais técnicas, descreve as aplicações mais recentes e faz um exercício para descrever as direções do desenvolvimento científico e tecnológico vislumbradas para o futuro da área.

*a) Aplicações Médicas:* Algumas aplicações na área médica são amplamente discutidas pela comunidade de aprendizagem profunda. O uso do momento de terceira ordem e sua transformação Fourier 2D para alimentar uma rede neural convolucional que classifica sinais eletromiográficos (EMG) é apresentado no trabalho *Deep-based Classification using Cumulants and Bispectrum of EMG Signals* dos autores Eugenio

Orosco, Jeremías Gaia, Javier Gimenez e Carlos Soria. Este artigo é um exemplo de como o aprendizado profundo ajuda a extrair variáveis com eficiência para resolver problemas complexos de classificação. Os autores Lucas Coimbra e Elloá Guedes apresentam o artigo *Convolutional Neural Networks on Computer-Aided Pulmonary Tuberculosis Detection*. Neste trabalho, os autores mostram os resultados da aplicação de redes neurais convolucionais no apoio ao diagnóstico da tuberculose utilizando visão computacional em imagens de raios-x do tórax de um paciente. Em seguida, R. da Silva Neto e A. de Carvalho Filho apresentam o artigo intitulado *Automatic classification of breast lesions using Transfer Learning*. Em seu artigo, os autores descrevem um sistema que classifica lesões mamárias entre benignas ou malignas. Para o desenvolvimento, foram testadas redes neurais convolucionais, como *ResNet* e *Xception*, para a extração de características, treinadas com as imagens da *ImageNet*. A partir das características extraídas, eles testam os classificadores, incluindo o SVM (*Support Vector Machine*) com núcleos lineares, radiais e polinomiais; bem como uma *Random Forest* e *XGBoost*. Nos dois tipos de extração de características, os classificadores polinomiais da SVM indicam ser o melhor resultado. No trabalho *1D Convolutional Neural Network for Detecting Ventricular Heartbeats* de A. Suárez-León e José Núñez, propõe-se um classificador baseado em redes convolucionais unidimensional (1D-CNN) para a detecção de batimentos cardíacos de origem ventricular. Sendo esta rede capaz de executar a tarefa a partir exclusivamente do sinal de ECG (*Eletrocardiograma*), sem processamento prévio e com desempenho aceitável.

*b) Sistemas Naturais:* Com interesse similar, o uso da aprendizagem profunda foi aplicado no monitoramento de sistemas naturais (ou sistemas presentes na natureza). Por exemplo, em seu artigo, *A new approach to river flow forecasting: LSTM and GRU multivariate models*, G. Adriano de Melo, D. N. Sugimoto, P. M. Tassinoffo, A. H. Moreira Santos, A. M. Cunha and L. A. V. Dias desenvolveram modelos para a previsão do fluxo hidrológico de um rio. Tomando como exemplo o Rio Grande no Brasil, eles preveem o fluxo mensal de água usando redes recorrentes do tipo LSTM (*Long-Short Term Memory*) e GRU (*Gated Recurrent Units*). As doenças relacionadas a mosquitos afetam uma parcela considerável da humanidade. Sendo assim, o interessante trabalho apresentado por C. Santana, A. Firmo, R. Oliveira, P. Buarque, G. Alves e R. Lima realiza a contagem dos ovos do pernilongo *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em palhetas de ovitrampas. Esses tipos de mosquitos transmitem uma ampla gama de doenças que incluem dengue, febre amarela e *chikungunya*. Seu método para a captura das imagens é realizado diretamente da palheta de ovitrampa e oferece resultados pelo menos tão bons quanto

Send your correspondence to Joaquín Salas, Cerro Blanco 141, Colinas del Cimantario, Querétaro, México, 76090. salas@ieee.org.

Joaquín Salas is with the Instituto Politécnico Nacional, México.

Flavio B. Vidal is with the University of Brasilia, Brazil.

José Fco. Martínez-Trinidad is with the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México.

a contagem manual. No documento *Hyperspectral Images Classification based on Inception Network and Kernel PCA* por D. Ruiz, B. Bacca e E. Caicedo, é proposto um modelo de classificação de regiões presentes em imagens hiperespectrais, como: tipos de culturas, edifícios, asfalto, árvores e sombras. O modelo usa um *kernel* obtido pela Análise de Componentes Principais (PCA) e uma arquitetura de rede tipo *Inception* gerando variáveis espectrais-espaciais profundas. O resultado permite obter um melhor desempenho na classificação das imagens, em relação às arquiteturas tradicionais. Marco Apolinario, Daniel Urcia-Paredes e Samuel Huaman Bustamante apresentam o documento *Open Set Recognition of Timber Species using Deep Learning for Embedded Systems*, em que descrevem um método para identificar espécies de madeira. Eles baseiam seu trabalho em uma rede neural convolucional executando em tempo real em um sistema embarcado e classificando em espécies conhecidas e desconhecidas.

c) *Gerenciamento Eficiente de Energia*: O número especial também recebeu um número significativo de itens na área de gerenciamento eficiente de energia. Isso incluiu o trabalho de C. Kasburg e S. Frizzo Stefenon, que propõem um método baseado em uma rede neural recorrente LSTM (*Long-Short Term Memory*) para controlar rastreadores solares ativos e melhorar a geração fotovoltaica. A proposta é apresentada no artigo *Deep Learning for Photovoltaic Generation Forecast in Active Solar Trackers*. Da mesma forma, no artigo *MPPT for PV Systems using Deep Reinforcement Learning Algorithms*, Luis Avila, Mariano De Paula, Ignacio Carlucho e Carlos Sanchez Reinoso propõem um método baseado no aprendizado por reforço para otimizar o desempenho de uma matriz fotovoltaica e rastrear o ponto de potência máximo.

d) *Agentes Autônomos*: Da mesma forma que as áreas anteriores, os pesquisadores continuaram enfatizando os estudos relacionados à navegação autônoma. Esses trabalhos incluíram o artigo *Towards the Optimal Solution for the Routing Problem in Vehicular Delay Tolerant Networks: A Deep Learning Approach*, escrito por R. Hernández-Jiménez, C. Cárdenas-Pérez e D. Muñoz-Rodríguez. No texto apresentado, os autores propõem uma arquitetura de roteamento e um algoritmo de roteamento de veículo para redes tolerantes a atrasos, com base em redes neurais profundas, o que permite melhores decisões contextuais de encaminhamento de pacotes. Da mesma forma, em *Bio-Inspired Deep Reinforcement Learning for Autonomous Navigation of Artificial Agents*, Hans Lehnert, Mauricio Araya, Rodrigo Carrasco-Davis e María-José Escobar mostram a importância de considerar a fisiologia da retina no projeto de sensores visuais que alimenta uma rede de aprendizagem por reforço profundo. Além disso, eles introduzem um esquema de motivação intrínseca para fornecer uma baixa recompensa e obter aprendizado contínuo. Em Aldrich Cabrera-Ponce, L. Oyuki Rojas-Perez, J. Carrasco-Ochoa, Fco. Martínez-Trinidad e J. Martínez-Carranza, no artigo *Gate Detection for Micro Aerial Vehicles using a Single-Shot Detector*, é apresentado um método que permite a um veículo aéreo não tripulado (*Unmanned Aerial Vehicles - UAV*) identificar os portões do circuito de competição usando um detector de disparo único (*Single-Shot Detector, SSD*). Finalmente, no artigo *Deep Learning Point Cloud Registration based on*

*Distance Features*, Jorge Pérez-González, Fernando Luna-Madrigal e Omar Piña-Ramírez desenvolveram um método para registrar nuvens de pontos. Eles treinam sua rede neural profunda utilizando *autoencoders* esparsos, alimentados com mapas usando distância Euclidiana e de *Mahalanobis*.

e) *Análise de emoção*: P. Sánchez, J. Cano, D. García, A. Pinzon, G. Rodriguez, J. García-González e L. Perez apresentaram no artigo *Knowledge Discovery in Musical Databases for Moods Detection*, um aplicativo interessante para identificar o humor de uma peça musical. A partir das partituras, os autores desenvolveram um método que permite aos usuários interagir em tempo real com uma lista de músicas, para que o sistema forneça recomendações que reforcem o estado emocional do ouvinte.

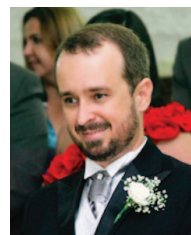
Por fim, aproveitamos a oportunidade para expressar nossos sinceros agradecimentos a todos os autores que enviaram seus trabalhos a esta edição especial e aos revisores anônimos que ajudaram aos autores a melhorar suas contribuições, fornecendo comentários construtivos. Agradecemos também aos membros da Comissão de Direção da revista que gentilmente aceitou nossa proposta para esta edição especial. Da mesma forma, gostaríamos de agradecer aos membros do Comitê Editorial, que nos ajudaram a resolver todos os problemas durante o processo de revisão desta edição especial.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo SIP-IPN 20201357 em favor de Joaquín Salas.



**Joaquín Salas** is a professor in the field of Computer Vision at the Instituto Politécnico Nacional. Member of the Mexican National Research System, his research interests include the monitoring of natural systems using visual perception and aerial platforms. Salas received a Ph.D. in computer science from ITESM, México. He has been a visiting scholar at Stanford University, Duke University, Oregon State University, Xerox PARC, the Computer Vision Center, and the École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne, and the Massachusetts Institute of Technology. He has served as co-chairperson of the Mexican Conference for Pattern Recognition three times. Salas was a Fulbright scholar for the US State Department. He has been invited editor for Elsevier Pattern Recognition and Pattern Recognition Letters. For his services at the Instituto Politécnico Nacional, he received the *Lázaro Cárdenas* medal from the President of Mexico. Contact him at [salas@ieee.org](mailto:salas@ieee.org).



**Flavio de Barros Vidal** received a B.Sc. in Electrical Engineering from the Federal University of Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Brazil, in 2002. Then, in 2005, he received an M.Sc. in Electrical Engineering from the University of Brasília (UnB), Brasília, Brazil. In 2009, he received a Ph.D. in Electrical Engineering from the University of Brasília, Brasília, Brazil. He currently is an associate professor of computer architecture and computer vision in the Department of Computer Science at the University of Brasília, Brazil. His current research interests include forensics, biometrics, deep learning, and computer vision. He is the leader of the Biometric and Technologies Group (BiTGroup) and member of Image, Signal, and Acoustic research group (LISA), both at the University of Brasília, Brazil. Contact him at [fbvidal@unb.br](mailto:fbvidal@unb.br).



**José Fco. Martínez-Trinidad** received the B.S. degree in computer science from the Physics and Mathematics School, at the Autonomous University of Puebla (BUAP), Mexico, in 1995, the M.Sc. degree in computer science from the Faculty of Computer Science, at the Autonomous University of Puebla, Mexico, in 1997, and the Ph.D. degree from the Centro de Investigación en Computación (CIC), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Mexico, in 2000. He is currently a member of the Coordinación de Ciencias Computacionales, at the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Mexico. His current research interests include logical-combinatorial pattern recognition, supervised and unsupervised classification, feature selection, instance selection, and pattern recognition methods for data mining. He has co-edited 13 conference proceedings books in the series Lecture Notes published by Springer and published around 150 journal and conference papers on subjects related to pattern recognition. Contact him at [fmartine@inaoep.mx](mailto:fmartine@inaoep.mx).