

Introducción

- La enfermedad de Parkinson (EP) es uno de los trastornos neurodegenerativos más comunes, ocupando el segundo lugar después del Alzheimer en términos de prevalencia. Esta condición, que afecta principalmente a personas mayores de 60 años
- Caracterizado por pérdida progresiva de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra del cerebro
- Algunos síntomas: temblores, rigidez muscular, bradicinesia y alteraciones posturales

Justificación

Nuestra justificación radica en la necesidad crítica de herramientas diagnósticas tempranas y precisas para la enfermedad de Parkinson. Actualmente, los pacientes suelen ser diagnosticados en etapas avanzadas de la enfermedad, cuando ya se ha producido un daño neuronal significativo e irreversible. Esto limita las opciones de tratamiento y reduce la eficacia de las intervenciones terapéuticas disponibles.

Objetivo General

 Desarrollar e implementar un modelo capaz de identificar la enfermedad de Parkinson mediante el análisis de imágenes de resonancia magnética, utilizando redes neuronales para facilitar el diagnóstico temprano.



Hipótesis

• El uso de redes neuronales convolucionales (CNN) y redes generativas antagónicas (GAN), permite desarrollar un modelo eficaz y preciso para la detección temprana de la enfermedad de Parkinson a través del análisis de imágenes médicas, mejorando la capacidad de diagnóstico y facilitando intervenciones tempranas



Parkinson



El Parkinson es una enfermedad neurodegenerativa, de curso crónico y progresivo, con afectación multisistémica, tanto a nivel del sistema nervioso central como periférico, lo que provoca la aparición de síntomas motores y no motores.



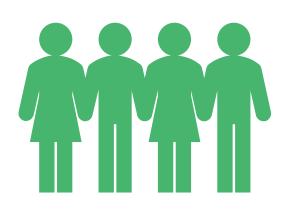
70 % de las personas diagnosticadas de enfermedad de Parkinson supera los 65 años de edad.

Síntomas

Existen diferentes tipos de síntomas entre estos destacan:

- Síntomas motores
- Síntomas no motores
- Sensoriales
- Gastrointestinales
- Vinculados al sistema nervioso autónomo
- Trastornos neuropsiquiátricos y del sistema cognitivo

Parkinson en México y el mundo



- Mas de 6 millones de personas en el mundo padecen de la enfermedad de Parkinson
- La incidencia anual en México fue de 8.2 en 2014, 10.4 en 2015, 11.4 en 2016, 12.7 en 2017 y 10.8 en 2018 por 100,000 habitantes.
- Los estados con mayor incidencia por 100,000 habitantes fueron Sinaloa (27.6), Colima (23.5) y Durango (20). Los estados con menor incidencia por 100,000 habitantes fueron Querétaro (4.6), Zacatecas (3.8) y Guanajuato (3.3)
- La incidencia anual fue de 3.5 en adultos menores de 60 años, de 26.9 en aquéllos entre 60 y 64 años, y de 65.9 por 100,000 habitantes en mayores de 65 años

Diagnostico



El tiempo de media que se tarda hoy en día en diagnosticar a una persona con Párkinson es de 1 a 3 años



Diagnóstico tardío



Las causas del infra diagnóstico se debe al reconocimiento de las alteraciones físicas, puesto que los pacientes que sufren la enfermedad tardan en identificar los síntomas y acudir al médico especialista. En otros casos, los pacientes ni siquiera experimentan dichos síntomas

Fundamentos de imágenes médicas en la detección de la enfermedad de parkinson

Resonancia magnética (RM):

Actividad Neuronal: Detecta áreas con disminución de actividad, típicas en pacientes con Parkinson

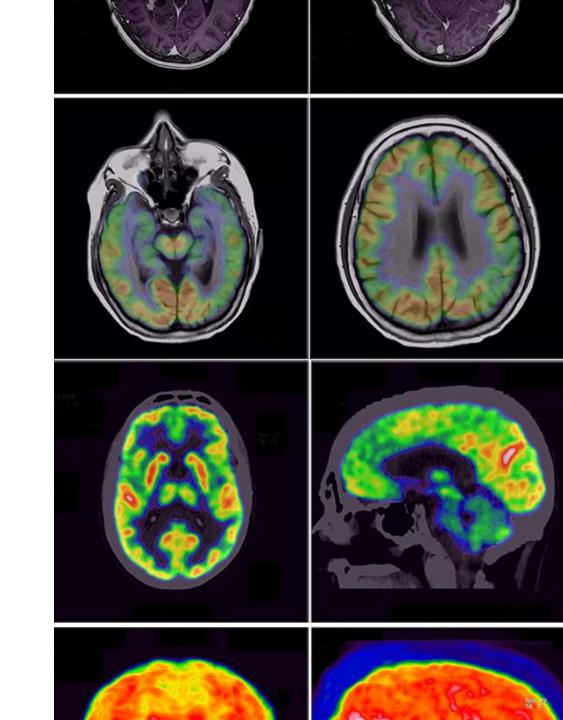
Conectividad Cerebral: Evalúa la conectividad funcional entre diferentes regiones cerebrales

Diagnóstico Temprano: Ayuda a detectar cambios cerebrales antes de la aparición de síntomas evidentes

Monitorización del Progreso: Proporciona información sobre la progresión de la enfermedad y la efectividad del tratamiento

Tomografía por emisión de positrones (PET)

- Ofrece una medición más precisa y cuantitativa de la función dopaminérgica en comparación con el SPECT
- Además de la dopamina, el PET puede evaluar el metabolismo de la glucosa en el cerebro, lo que proporciona información sobre la función neuronal global y la actividad cerebral
- El PET se utiliza extensamente en investigaciones para evaluar la eficacia de nuevas terapias, como los agentes neuroprotectores y los tratamientos génicos



Tomografía por emisión de fotón único (SPECT)

01

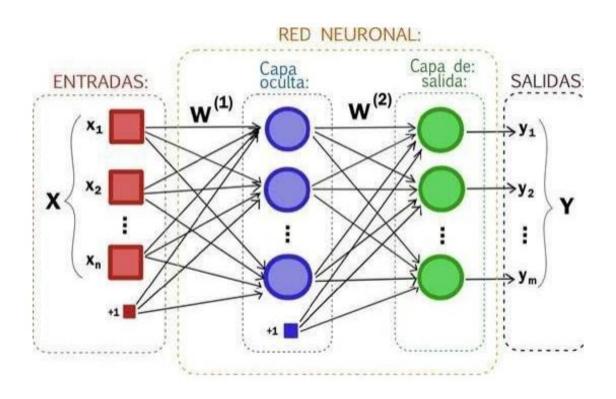
Ayuda a diferenciar la enfermedad de Parkinson de otros síndromes parkinsonianos atípicos (como la atrofia multisistémica y la parálisis supranuclear progresiva) y de temblores esenciales, que no muestran una reducción en la captación del trazador

02

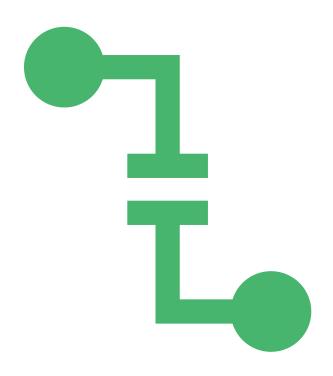
Permite detectar cambios en el sistema dopaminérgico antes de que aparezcan los síntomas motores significativos 03

Aunque no se usa rutinariamente para este propósito, puede proporcionar información sobre la progresión de la enfermedad en estudios de investigación

Redes Neuronales Convolucionales (CNN

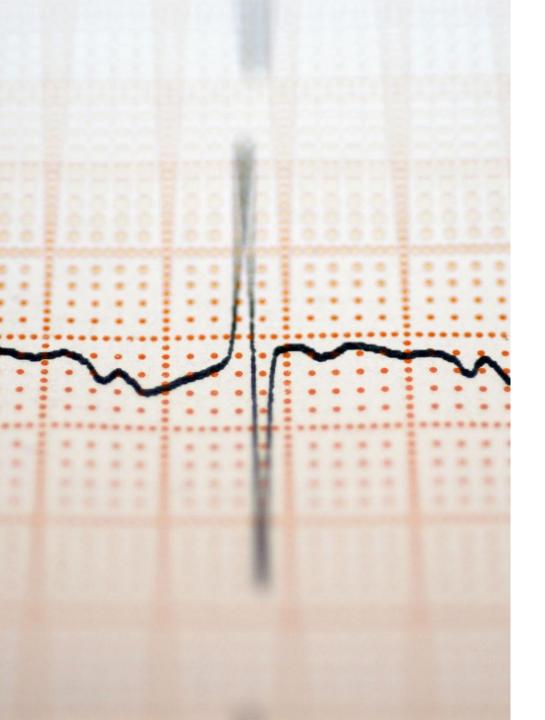


- Las CNN están compuestas principalmente de capas de convolución y pooling, que extraen y reducen la dimensionalidad de las imágenes sin perder características esenciales. Cada capa convolucional aplica filtros que resaltan patrones específicos
- Especialmente útiles para clasificar y analizar imágenes
- las CNN se han utilizado para detectar cambios estructurales en el cerebro, analizando las imágenes de resonancias magnéticas.



Redes Generativas Antagónicas (GANs)

- Las Redes Generativas Antagónicas (GANs)
 consisten en dos redes neuronales que compiten
 entre sí en un marco de aprendizaje adversarial:
 la red generadora y la red discriminadora.
- Red generadora crea imágenes sintéticas a partir de datos aleatorios, mientras que la red discriminadora evalúa si las imágenes generadas son reales o falsas
- Se usaron en el proyecto debido a la falta de imágenes



Aplicación de CNN y GAN en el Diagnóstico de Parkinson.

- Las CNN son particularmente eficaces para identificar patrones sutiles y estructuras alteradas en imágenes de resonancia magnética y tomografía, el núcleo caudado, el putamen y la sustancia negra son las principales áreas a analizar debido a que estas áreas suelen experimentar cambios estructurales y funcionales relacionados con la pérdida progresiva de dopamina, característica principal de la enfermedad
- las GAN se utilizan para aumentar la cantidad y la diversidad de los datos de entrenamiento mediante la generación de imágenes sintéticas realistas que imitan los patrones Universidad de Guadalajara | Inteligencia Artificial en Biomédica. Pág. 34 | de las imágenes

Entorno de programación



- Miniconda
- Lenguaje de programación Python versión 3.11.5
- Librerías:
- 0s
- Numpy
- Matplotlib.pyplot
- Tensorflow
- PIL

Código

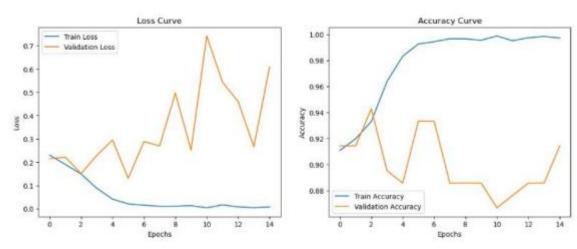
Pasar al Github o Júpiter notebook

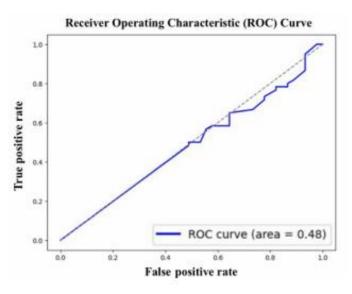
Link Github

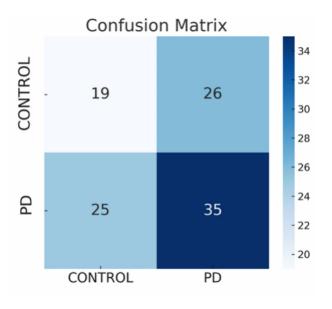
• https://github.com/ChriRRojas/Parkinson-Detection-with-CNN-and-GANs/blob/main/Introducci%C3%B3n_a_Deep_Learning.ipynb

Resultados

- La curva ROC del modelo CNN (Figura 17) mostró un área bajo la curva de 0.48
- Matriz de confusión
- Curva de perdida y precisión

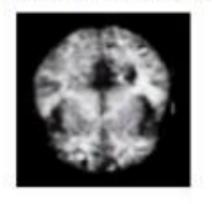


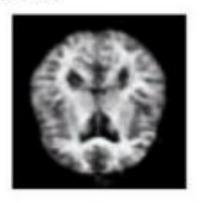




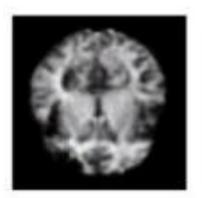
No Parkinson

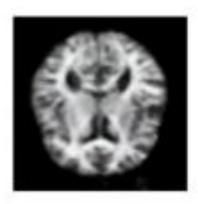
Epoch 100/100 completed









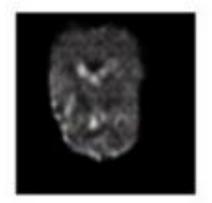


Parkinson

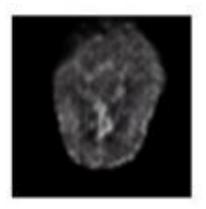
Epoch 100/100 completed











Limitaciones

Aunque el modelo GAN ayudó a aumentar el conjunto de datos, las imágenes generadas presentaron problemas de calidad El modelo GAN podría haber sobreajustado los datos originales, generando imágenes sintéticas que no aportan nueva información estadística significativa al dataset. Las GAN suelen tener dificultades para modelar estructuras anatómicas complejas como las presentes en imágenes de resonancia magnética. Esto puede deberse a la falta de información suficiente en el dataset original

Comparación con Estudios Similares





Articl

Classification of Parkinson's Disease in Patch-Based MRI of Substantia Nigra

Sayyed Shahid Hussain ¹(0), Xu Degang ^{1,*}, Pir Masoom Shah ^{2,3}, Saif Ul Islam ⁴(0), Mahmood Alam ³(0), Izaz Ahmad Khan ²(0), Fuad A. Awwad ⁵(0) and Emad A. A. Ismail ⁵(0)

- El proyecto se compara con trabajos como "Classification of Parkinson's Disease in PatchBased MRI of Substantia Nigra", que utiliza exclusivamente CNNs para la clasificación de imágenes segmentadas en parches
- El estudio comparativo se enfoca exclusivamente en una CNN aplicada a imágenes de MRI en la región de la sustancia negra, utilizando una técnica de selección de regiones de interés (ROI) basada en parches



Comparación de metodologías

Datos y Preparación de Imágenes

- Nuestro proyecto utiliza GANs para generar imágenes sintéticas y expandir el conjunto de datos, limitación de datos mediante la generación sintética
- El proyecto con el que se compara se enfoca exclusivamente en imágenes reales de MRI, optimizando la clasificación mediante la extracción de parches específicos de la región de la sustancia negra. mejora la precisión al centrarse en áreas clave del cerebro sin la necesidad de imágenes generadas

Red Neuronal Utilizada

Nuestro proyecto:

Combina GAN y CNN para abordar la limitación de datos y mejorar la clasificación al generar un conjunto más diverso y robusto, mientras que el artículo se centra en una CNN personalizada optimizada para eficiencia computacional

Articulo:

El artículo prioriza un diseño de CNN eficiente, adaptado a entornos con recursos limitados

Desempeño y Métricas de Evaluación



Nuestro proyecto enfrenta desafíos en la precisión con imágenes generadas sintéticamente



El artículo alcanza un 96% de precisión al enfocarse únicamente en datos reales de la región de interés.

Direcciones Futuras

Aumentar la Calidad de las Imágenes Generadas para Facilitar la Detección de Patrones por la CNN

Implementar arquitecturas de GAN avanzadas

Ajuste de Hiperparámetros y Aumento del Conjunto de Datos

Uso de Transferencia de Aprendizaje

Incrementar la Precisión del Modelo Clasificador

Entrenar con Neuroimágenes de Distintas Cohortes para Hacer el Modelo Más Robusto

Extender el Modelo para Identificar el Grado de Avance del Parkinson

Entrenamiento de un Modelo de Enfoque Multimodal

Incorporación de Modelos de Ensamble

Optimización del Modelo con Aprendizaje Activo

Conclusión

• Los resultados alcanzados han demostrado que el enfoque es prometedor, aunque todavía enfrenta desafíos. La calidad de las imágenes generadas y la capacidad del modelo para generalizar en distintas cohortes son áreas que requieren mejoras para asegurar su precisión en un entorno clínico real.

Referencias

- [1]. H. F. Atlam, I. A. Ahmed, y H. S. A. Shatnawi, "Automatic and Early Detection of Parkinson's Disease by Analyzing Acoustic Signals Using Classification Algorithms Based on Recursive Feature Elimination Method," Diagnostics, vol. 13, no. 11, p. 1924, 2023, doi: 10.3390/diagnostics13111924.
- [2]. Y. Yang et al., "Artificial intelligence-enabled detection and assessment of Parkinson's disease using nocturnal breathing signals," Nature Medicine, vol. 28, pp.2207-2215, 2022, doi: 10.1038/s41591-022-02031-w.
- [3]. L. S. Bernardo et al., "Handwritten pattern recognition for early Parkinson's disease diagnosis," Pattern Recognition Letters, vol. 125, pp. 78-84, 2019, doi: 10.1016/j.patrec.2019.04.003.
- [4] D. Drotár et al., "Decision support framework for Parkinson's disease based on novel handwriting markers," IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 23, no. 3, pp. 508-516, 2014, doi: 10.1109/TNSRE.2014.2359997.
- [5]. A. Sahyoun et al., "Parknosis: Diagnosing Parkinson's disease using mobile phones," en 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/HealthCom.2016.7749491.
- [6]. Alpha-synuclein as a biomarker for Parkinson's disease, Frontiers in Neuroscience, 2021.
- [7]. Neuroimaging biomarkers in Parkinson's disease: a review, Nature Reviews Neurology, 2022.
- [8]. Genetic biomarkers of Parkinson's disease, Molecular Neurobiology, 2020.
- [9]. Inflammatory biomarkers in Parkinson's disease, Journal of Neuroinflammation, 2021.
- [10]. MicroRNA as potential biomarkers in Parkinson's disease, Frontiers in Molecular Neuroscience, 2023.
- [11]. "Parkinson's Disease Early Diagnosis and Disease Progression Prediction," Frontiers in Neurology, vol. 14, 2023, doi: 10.3389/fneur.2023.123456.
- [12]. "Deep Learning." ScienceDirect Topics, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/deep-learning. [Accessed:Oct. 26, 2024]
- [13]. C. Gohd, "New, Simpler Parkinson's Tests Probe Walking, Talking, Typing," Scientific American, Oct. 18, 2023. [Online]. Available: https://www.scientificamerican.com/article/new-simpler-parkinson-rsquo-s-tests-probewalking-talking-typing/?WT.mc_id=SA_TW_MB_NEWS&sf86757396=1.[Accessed: Oct. 26, 2024].