

ESTUDIO DEL HABLA DE PACIENTES CON ENFERMEDAD DE PARKINSON Y DESARROLLO DE APLICACIÓN WEB

Monica Giuliano¹, Silvia N. Pérez¹⁻², Nahuel Mangiarua¹

¹Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías, Universidad Nacional del Oeste

²Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas –

Universidad Nacional de La Matanza

{mgiuliano; sperez}@uno.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se propone explorar y optimizar técnicas de procesamiento y análisis automático del habla para detectar y clasificar pacientes con enfermedad de Parkinson (EP). Además de desarrollar una aplicación web para interactuar con médicos y pacientes.

El proyecto tiene una línea de investigación que contempla dos líneas de trabajo. En la primera se considerarán audios de vocales, palabras, frases y habla espontáneas disponibles en bases de datos pública con habla de personas con y sin Parkinson. Se emplearán criterios estadísticos para optimizar los algoritmos para la detección y clasificación del grado de avance de la EP.

Paralelamente, se propone desarrollar una aplicación web que permita que los médicos puedan realizar grabaciones del habla de sus pacientes con EP en sus consultorios. Estas grabaciones formarán parte de una nueva base de datos para futuros análisis. Además, los audios requerirán una devolución de las características más importantes para médicos y pacientes, que se harán según el avance de la primera línea de trabajo.

Se espera como resultado ofrecer una interfaz para la interacción entre los investigadores, los desarrolladores informáticos y los médicos, que aporte al tratamiento de pacientes con EP.

Palabras clave: Parkinson, Procesamiento automático del habla, Aplicación web.

CONTEXTO

La propuesta que se presenta es parte del proyecto de investigación “Estudio del habla de pacientes con Enfermedad de Parkinson para la asistencia al diagnóstico y seguimiento” del Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías, Universidad Nacional del Oeste (UNO)

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo crónico y progresivo del sistema nervioso central, de comienzo gradual y progresión lenta, apareciendo en edades medias, entre 40 y 70 años. Las manifestaciones motoras de la EP están representadas por temblor de reposo, rigidez y bradicinesia [1]. En su evolución natural se agregan otros síntomas como: trastornos de la marcha, desequilibrio y alteraciones de la voz, que implican un marcado impacto en la calidad vida [2].

Se estima que entre un 60-80% de pacientes con EP presentan alteraciones de la voz, caracterizadas por cambios en frecuencia, duración e intensidad del habla [3].

Estas alteraciones se confunden en muchas ocasiones con los cambios naturales de los adultos mayores, en relación con la presbifonía (distensión y flacidez de los pliegues vocales) [4]. Otro síntoma frecuente en la EP es la presencia progresiva de disartria hipocinética (rigidez muscular e incapacidad de producir movimiento). La EP puede dejar marcas en la

distonía y el temblor de las cuerdas vocales. Los parámetros biomecánicos que controlan la tensión y el desequilibrio de las cuerdas vocales ayudan a rastrear la actividad neuromotora de las vías laríngea y articularia [5].

El análisis acústico de la voz permite detectar los cambios de los parámetros vocales, lo cual puede ser utilizado para predecir el avance de la EP y definir una intervención clínica específica [6]. Se ha observado que el análisis acústico podría actuar como marcador diagnóstico objetivo y no invasivo en la EP.

A modo de ejemplo se presentan en la Fig.1 ejemplos de la señal de fonación de la vocal /a/ para el caso de una persona sin EP en la primera imagen y con EP en la segunda.

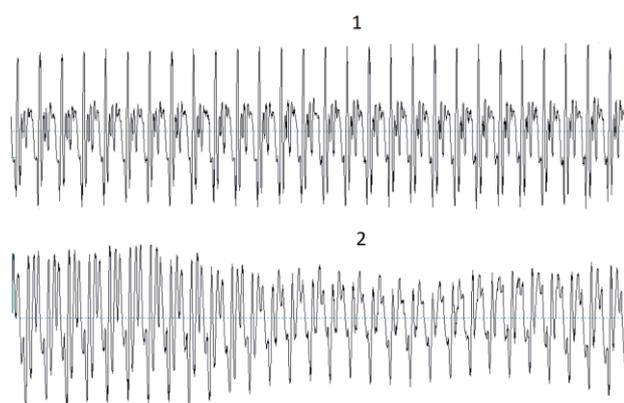


Fig. 1: 0.15 seg de la fonación de la vocal /a/, en (1) voz de persona sin y (2) con Parkinson.

Además, el diagnóstico y seguimiento de EP a través del análisis del habla pueden utilizar sistemas de tele-diagnóstico y tele-monitoreo, de bajo costo y de posible auto administración por parte de los pacientes [5, 7-9].

Los avances de los últimos años son variados y dispersos en cuanto a los mejores parámetros a estudiar con mayor desarrollo en el campo de la ingeniería. A nuestro criterio falta una mayor interacción con los médicos tratantes de EP y por ello creemos fundamental el aporte de la aplicación web (App) para profundizar este campo.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Se inicia con este proyecto una nueva línea de investigación para la UNO que incluye dos líneas de trabajo. La primera correspondiente al procesamiento de señales de audio con métodos automáticos. En segundo lugar, se trabaja en el desarrollo de una App que permita la interacción entre investigadores y médicos de pacientes con EP.

La App permitirá diferentes acciones desde la perspectiva de diferentes perfiles de usuarios: administrador, investigadores, médicos y pacientes. Los sistemas de software cliente-servidor con interfaces gráficas basadas en HTML, comúnmente llamadas App, conforman una alternativa realmente flexible a la problemática del despliegue y de la distribución de software. Mediante la estandarización de sus interfaces y protocolos de comunicación a aquellos de la web (HTTP, HTML, JSON, XML) las App puede ser utilizadas desde casi cualquier dispositivo actual con acceso a internet, facilitando el alcance y la distribución de la misma a lo largo y ancho de la geografía, atravesando múltiples estratos sociales. A su vez las tecnologías de “backend” basadas en java o .net otorgan una amplia capacidad de procesamiento y disponibilidad de bibliotecas de software de análisis.

En principio para este proyecto apuntamos a desarrollar una App en java utilizando spring/cdi sobre un servidor tomcat y JSF como frontend. No se descarta utilizar un framework de cliente para el frontend (angular) en vez de JSF si resulta conveniente para funcionalidades offline. A su vez, el backend java necesitará hacer interfaz con las herramientas y modelos de análisis que la otra línea de trabajo determine.

En el marco del proyecto se desarrollará una App que permita gestionar grabaciones de

habla de pacientes con EP para ser utilizada por los médicos en el consultorio

Becarios alumnos participarán del desarrollo de esta App. La app facilitará a un usuario personal médico la grabación y el almacenamiento de muestras de audio de pacientes que serán procesadas para generar y devolver distintos tipos de información que asistan al profesional de la salud.

Los administradores son informáticos formados y en formación, que trabajarán según los requerimientos de los demás usuarios.

Los investigadores buscan optimizar el análisis de la señal de voz a partir de la parametrización adecuada según los avances en el área, para luego aplicar los conocimientos a la App. El análisis de la voz de pacientes con EP requiere conocimientos en varias áreas: sistema fonatorio, procesamiento de señales, análisis estadístico y aprendizaje automático.

Se han utilizado varios métodos para la parametrización del habla de personas con EP. Se han considerado diversos algoritmos y metodologías para la selección de parámetros. La mayoría de los trabajos se dirigen a la fonación de la vocal /a/. A modo de ejemplo solamente se citarán algunos trabajos.

En el metanálisis realizado en [6], como revisión del análisis acústico de la voz en la enfermedad de Parkinson según distintos autores, se observó que no siempre se encuentran diferencias entre la condición de EP y no EP para las medidas de *Jitter* y *Shimmer*. Esto alienta a profundizar en el análisis de otros parámetros o sus variantes.

En [10] Tsanas se ha observado que combinando medidas de disfonías clásicas (*Shimmer*) con técnicas no lineales como EMD-ER (Empirical mode decomposition excitation ratio) o VFER (Vocal fold excitation ratio) y MFCC (Mel frequency cepstral

coefficients) de bajo orden, se obtiene un subconjunto de características que conduce a una más precisa evaluación de la fonación.

Las medidas de disfonía o parámetros que cuantifican las principales características que se observan en el habla de los parkinsonianos, se pueden considerar en cuatro grupos para su análisis [11-12]. El grupo 1 (tipo *Jitter*) y el grupo 2 (tipo *Shimmer*), que detectan problemas en la periodicidad, cuantificando variaciones de la frecuencia (F_0) y amplitud de la señal, respectivamente. El grupo 3 (tipo ruido) involucra problemas relacionados con el cierre incompleto de las cuerdas vocales, lo cual puede producir ruido. Finalmente, los parámetros del grupo 4 (MFCC) consideran problemas en la articulación de la fonación en el tracto vocal.

El aprendizaje automático o *machine learning* (ML) es un área de inteligencia artificial que utiliza el análisis por computadora para estudiar conjuntos de datos con el objetivo de detectar tendencias relevantes. En otras palabras, el aprendizaje automático enseña a las computadoras a aprender de los datos. Una rama importante de ML lo constituye el aprendizaje profundo o *deep learning* [13-14].

El análisis estadístico, sumado al ML, permite el trabajo criterioso con los datos de modo para comprender mejor los resultados y la caracterización del habla de los pacientes con EP.

El análisis automático del habla de personas con EP es una línea de investigación aún abierta que requiere jerarquizar las potencialidades del análisis del habla de pacientes con Parkinson utilizando modelos de inteligencia artificial para diagnóstico y seguimiento de la EP, sumando criterios físicos y estadísticos. A su vez los hallazgos debieran analizarse con especialistas de la salud, como médicos y fonoaudiólogos.

3. RESULTADOS ESPERADOS

El avance en el análisis del habla de personas con EP permitiría en el corto plazo brindar herramientas útiles, tanto a médicos y pacientes, que permitan el diagnóstico de alteraciones y seguimiento de la evolución de los trastornos en el habla.

Inicialmente se trabajará con bases de datos públicas, especialmente con una construida en Argentina [15]. Mas tarde, a partir de la App desarrollada se espera contar con una base de datos propia y creciente en volumen.

En la actualidad la telemedicina aumenta su proyección y efectividad. La utilización del análisis del habla a través de una App, ofrece a los médicos un elemento más de diagnóstico y seguimiento de la EP. Se han desarrollado otros software o aplicación [16-17], cuya utilización no ha prosperado entre los médicos argentinos de hospitales públicos

Se espera generar un espacio de construcción de conocimiento científico sobre el habla de paciente con EP, en base a la interacción entre investigadores de la UNO y personal de la salud de hospitales públicos argentinos, en primer lugar.

El análisis automático del habla de personas con EP requiere necesariamente de la conjunción interdisciplinaria de saberes, además de la identificación de innovaciones necesarias y posibles para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de los pacientes con EP en relación al habla.

Se busca desarrollar una herramienta informática que les permita a los médicos grabar las voces de los pacientes con EP y que, por ejemplo, les permita identificar tempranamente la necesidad de derivación a un tratamiento con fonoaudiólogos. La solución tecnológica estará representada por un desarrollo web que les pueda ser útil y accesible a los médicos

Se espera contribuir en la construcción de espacios de colaboración e intercambio multidisciplinar entre especialistas del campo de la salud (médicos, fonoaudiólogos, OTR, etc.) y tecnólogos (ingenieros, informáticos, matemáticos, etc.) que favorezca la generación de tecnologías que beneficien a personas con EP. Este espacio se iniciará en primer lugar con investigadores de la UNO y del Hospital Nacional Alejandro Posadas.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de investigación presentada colabora en la tesis doctoral de la Mg. Mónica Giuliano Además se promueve la formación de docentes de matemática y de becarios alumnos de la Escuela de Informática de la UNO.

Además, a través del proyecto se busca brindar servicios a hospitales públicos y médicos tratantes de la EP.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jankovic, J. (2008). Enfermedad de Parkinson: características clínicas y diagnóstico. Revista de neurología, neurocirugía y psiquiatría, 79 (4), 368-376.
- [2] Kollensperger, M; Wenning, M.S.A.S.G. European, Red flags for multiples y stematopathy, Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society 23(8) (2008) 1093-9.
- [3] De Letter M, Santens P, Borsel, JV. (2003). The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease. J CommunDisord 2005; 28: pp. 187-196.
- [4] Murray Morrison, Linda Rammage "Tratamiento de los trastornos de la voz" Elsevier España, 1996 capítulo 8, pág. 162.
- [5] Gómez-Vilda, P., Vicente-Torcal, M., Ferrández-Vicente, J., Álvarez Marquina, A., Rodellar-Biarge, V., Nieto-Lluis, V., et al. (2015a) Parkinson's disease monitoring from phonation biomechanics.

- [6] Chiaramonte, R., and Marco Bonfiglio. "Análisis acústico de la voz en la enfermedad de Parkinson: revisión sistemática de la discapacidad vocal y metaanálisis de estudios." *Revista de neurología* 70.11 (2020): 393-405.
- [7] Little, M.A, McSharry, P. E., Hunter, J. E. Spielman, J. & Ramig, L. O. (2009). Suitability of dysphonia measurements for telemonitoring of Parkinson's disease," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 56(4):1010–1022.
- [8] Orozco-Arroyave, J. R., Vásquez-Correa, J. C., Klumpp, P., Pérez-Toro, P. A., Escobar-Grisales, D., Roth, N., ... & Nöth, E. (2020). Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement. *Neurodegenerative Disease Management*, 10(3), 137-157.
- [9] Tsanas, Athanasios, and Siddharth Arora. (2021). "Assessing Parkinson's Disease Speech Signal Generalization of Clustering Results Across Three Countries: Findings in the Parkinson's Voice Initiative Study." *Age* 63.10.8 (2021): 63.5.
- [10] Tsanas, M. A. Little, C. Fox and L. O. Ramig, (2014) "Objective Automatic Assessment of Rehabilitative Speech Treatment in Parkinson's Disease," in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 181-190, Jan. 2014
- [11] Giuliano, M.; Fernandez L.; Pérez, S. (2020). Selección de Medidas de Disfonía para la Identificación de Enfermos de Parkinson. *Proceedings IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, 2020, pp. 1-8
- [12] Pérez, S. Fernandez L.; Giuliano, M.; (2021). Aporte de medidas de shimmer para la detección de enfermedad de Parkinson. *Jornadas de Avances en Métodos Estadísticos*, Colombia 2021.
- [13] Marsland. Stephen (2015). *Machine Learning: An Algorithmic Perspective – 2nd Ed.* CRC Press. 2015
- [14] Mitchell. Tom M. (1997). *Machine Learning.* WCB McGraw-Hill, 1997
- [15] Giuliano, M. Adamec. D, Debas, M. I. (2021). Construcción de una base de voz de personas con y sin enfermedad de Parkinson. *Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas REDDI*. Vol.:6-Nro.1 (Julio-2021)
- [16] Orozco-Arroyave, J. R., Vásquez-Correa, J. C., Klumpp, P., Pérez-Toro, P. A., Escobar-Grisales, D., Roth, N., ... & Nöth, E. (2020). Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement. *Neurodegenerative Disease Management*, 10(3), 137-157
- [17] Giuliano M Luciano E Massiolo R Procopio G Vaccotti F Viqueira. (2020a). Utilización de Software Parkinsoft para comparar voces de personas con y sin Enfermedad de Parkinson. *CONAISI 2020. 05 y 06 de noviembre 2020 RIISIC – CONFEDI – UTN San Francisco.*