

Línea de TFM: AI4DCL. Inteligencia Artificial para la detección de deterioro cognitivo a partir de marcadores conductuales no invasivos

Descripción y justificación

El diagnóstico precoz del deterioro cognitivo (DCL, enfermedad de Alzheimer y otras demencias, trastornos neurodegenerativos y del neurodesarrollo) sigue apoyándose en gran medida en la evaluación neuropsicológica. Estas pruebas son baratas, accesibles y no invasivas, pero su aplicación e interpretación dependen del juicio experto, consumen tiempo clínico y aprovechan solo una parte de la información que el paciente produce durante la prueba: normalmente se reducen a una puntuación final, dejando fuera el proceso de ejecución.

Esta línea propone TFM's dentro del objetivo general de analizar mediante técnicas de IA las pruebas neuropsicológicas y otros indicadores conductuales y cognitivos, no sanguíneos ni basados en neuroimagen, para conseguir herramientas de evaluación más eficientes. Esa eficiencia se entiende en tres sentidos:

- **Mayor poder discriminativo:** distinguir con más precisión entre envejecimiento normal y los distintos grados y tipos de deterioro cognitivo, extrayendo de las pruebas información más rica que la puntuación convencional.
- **Mayor poder anticipativo:** identificar fases muy tempranas del deterioro, detectando evidencias o patrones de evidencias anteriores a la aparición de las primeras señales ya reconocibles.
- **Menor requerimiento de recursos:** reducir el tiempo de administración, la dependencia del juicio experto en la corrección y las necesidades de personal y equipamiento. Esto facilita su uso en cribado, atención primaria o evaluación remota.

Ámbitos de aplicación

- **Pruebas gráficas y visoconstructivas:** dibujo del reloj, Figura Compleja de Rey, copia de figuras, trazado (Trail Making Test). Análisis de la imagen final y, cuando se capturen con tableta digitalizadora, de la dinámica del trazo (velocidad, presión, pausas, orden de ejecución).
- **Fluidez y producción semántica:** fluidez categorial y fonológica, análisis de agrupamientos (clustering) y cambios (switching), distancia semántica entre respuestas, dinámica temporal de la producción.
- **Producción oral y habla:** características acústicas y prosódicas, pausas, velocidad de habla, disfluencias. Test basados en producción oral, descripción de láminas, narración de recuerdos, conversación espontánea. Riqueza léxica, complejidad sintáctica, coherencia, contenido informativo.
- **Gestualización y conducta motora:** gestos coverbales, praxias, expresión facial, movimientos oculares y marcha registrados con vídeo o sensores.
- **Memoria y funciones ejecutivas** en formato digital, incluyendo el análisis del proceso de respuesta además del resultado.
- **Enfoques multimodales** que integren varias de estas fuentes.

Técnicas de IA implicadas

Visión por computador y aprendizaje profundo sobre imágenes y series temporales de trazo; procesamiento del lenguaje natural y modelos de lenguaje para el análisis del discurso y la producción semántica; procesamiento de señal de voz; estimación de pose y análisis de vídeo; fusión multimodal; aprendizaje con pocos datos, aumento de datos y aprendizaje por transferencia; detección de anomalías y modelado normativo para identificar desviaciones sutiles; IA explicable, que es imprescindible para la aceptación clínica; y representación del conocimiento y modelos híbridos que incorporen criterios neuropsicológicos expertos.

Posibles tipos de TFM

- Corrección automática y explicable de una prueba gráfica concreta, comparada con la puntuación de expertos.
- Extracción de biomarcadores digitales del proceso de ejecución y análisis de su valor discriminativo frente a la puntuación clásica.
- Análisis automático de fluidez verbal o de discurso libre para discriminar entre envejecimiento normal, DCL y demencia.
- Identificación de patrones de evidencias previos a los signos clínicos reconocibles, en poblaciones con deterioro cognitivo subjetivo o factores de riesgo, o mediante seguimiento longitudinal.
- Selección de los ítems o variables más informativos para diseñar versiones abreviadas u optimizadas de las pruebas.
- Modelos multimodales que combinen señales gráficas, verbales y gestuales.
- Revisiones sistemáticas del estado del arte en alguna de estas modalidades.
- Diseño de protocolos de adquisición digital de pruebas neuropsicológicas.

Aspectos metodológicos y éticos

Los trabajos podrán usar conjuntos de datos públicos o datos disponibles en proyectos del grupo, siempre con la anonimización y las autorizaciones éticas correspondientes. Se prestará especial atención al tamaño reducido y al desequilibrio de las muestras clínicas, a la validación rigurosa (evitar fugas de información entre sujetos), a la interpretabilidad de los modelos y a los posibles sesgos por edad, nivel educativo o lengua. En los trabajos orientados a fases muy tempranas se cuidará además la definición de la verdad de referencia, que con frecuencia requiere seguimiento longitudinal, y el control de falsos positivos.

Perfil del estudiante

Interés por las aplicaciones de la IA en salud y por el trabajo interdisciplinar con profesionales de la neuropsicología y la neurología. Es recomendable tener conocimientos de aprendizaje automático y, según el TFM, de visión por computador, PLN o procesamiento de señal.