



**I JORNADA PARA ALUMNOS
DE TRABAJO FIN DE GRADO Y
TRABAJO FIN DE MÁSTER: USO
EFECTIVO DE HERRAMIENTAS TIC**

**21 DE MARZO. ETS DE INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIÓN. CAMPUS MIGUEL DELIBES**



LIBRO DE ACTAS

*I Jornada para Alumnos de Trabajo Fin
de Grado y Trabajo Fin de Máster:
Uso Efectivo de Herramientas TIC*

21 de Marzo de 2019

*E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación.
Campus Miguel Delibes. Paseo de Belén 15. Valladolid*

Libro de Actas de la I Jornada para Alumnos de Trabajo Fin de Grado
y Trabajo Fin de Máster

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados por el Comité
Editorial que en ella se relaciona

Dirección editorial:

Dra. Dña. María García Gadañón

Editores:

Dr. D. Carlos Gómez Peña

Dr. D. Jesús Poza Crespo

Dr. D. Roberto Hornero Sánchez

Dr. D. Daniel Álvarez González

Dr. D. Gonzalo C. Gutiérrez Tobal

Dr. D. Javier Gómez Pilar

D. Fernando Vaquerizo Villar

ISBN: 978-84-09-10918-0



Nota de los editores

La “I Jornada para alumnos de Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Uso efectivo de herramientas TIC” ha tratado de forma electrónica y automática todos los trabajos enviados para su publicación en este libro de resúmenes. Es responsabilidad de los autores asegurar que los resúmenes no presentan errores que impidan su inclusión en este libro. En caso de recibir un resumen que no puede ser editado e impreso correctamente, el Comité Organizador se reserva el derecho de no publicar dicho resumen.

Todos los resúmenes han sido revisados por expertos elegidos para cada uno de los temas de los trabajos presentados.

Cuadro de información general

Título:	Libro de resúmenes de la “I Jornada para alumnos de Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Uso efectivo de herramientas TIC”
Editores:	María García Gadañón, Carlos Gómez Peña, Jesús Poza Crespo, Roberto Hornero Sánchez, Daniel Álvarez González, Gonzalo C. Gutiérrez Tobal, Javier Gómez Pilar, Fernando Vaquerizo Villar
Maquetación:	María García Gadañón, Carlos Gómez Peña, Jesús Poza Crespo, Roberto Hornero Sánchez, Daniel Álvarez González, Gonzalo C. Gutiérrez Tobal, Javier Gómez Pilar, Fernando Vaquerizo Villar
Diseño de la portada:	Pablo Núñez Novo
Edita:	Universidad de Valladolid
ISBN:	978-84-09-10918-0
©	Autores
	Esta publicación no puede ser reproducida, almacenada o transmitida, total o parcialmente, sea cual fuere el medio y el procedimiento, incluidas las fotocopias, sin el permiso previo y concedido por escrito de los titulares del copyright.

Presidenta de las Jornadas:

Dra. Dña. María García Gadañón

Organizadores:

Dr. D. Carlos Gómez Peña

Dr. D. Jesús Poza Crespo

Dr. D. Roberto Hornero Sánchez

Dr. D. Daniel Álvarez González

Dr. D. Gonzalo C. Gutiérrez Tobal

Dr. D. Javier Gómez Pilar

D. Fernando Vaquerizo Villar

D. Pablo Núñez Novo



Ámbito y Objetivos

Este libro de resúmenes engloba los trabajos presentados en la “I Jornada para alumnos de Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Uso efectivo de herramientas TIC”, celebrada en Valladolid el 21 de marzo de 2019. Los trabajos aceptados tienen como autores a alumnos de TFG o TFM que han presentado su tema de estudio de TFG/TFM y los principales resultados obtenidos hasta el momento de acuerdo con los requisitos formales de la Jornada. Estos resúmenes cubren un amplio rango de temáticas, incluyendo el procesado de señales e imágenes o el diseño de dispositivos y redes de comunicaciones, entre otros. Todos los trabajos han seguido un proceso de revisión riguroso, siendo evaluados en profundidad por los miembros del Comité Organizador. Los editores del libro de resúmenes de la “I Jornada para alumnos de Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Uso efectivo de herramientas TIC” agradecen enormemente a todos los alumnos, profesores y ponentes su participación en la Jornada, ya que su contribución ha sido imprescindible para la celebración de este evento.

Tipo de Resúmenes

Todos los resúmenes incluidos en este libro han sido sometidos a un proceso de revisión por parte de los miembros del Comité Organizador de la “I Jornada para alumnos de Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Uso efectivo de herramientas TIC”. Se ha evaluado la calidad de los trabajos en base a su estructura, relevancia, consistencia y organización. Los resúmenes aquí publicados han sido aceptados por el Comité Organizador tras haber sido modificados de acuerdo con los comentarios de los revisores.

Sobre la Portada y el Cartel de las Jornadas

La portada del libro es una ilustración inspirada en los pósteres de propaganda soviética de la segunda mitad del siglo XX. La ilustración, dinámica y de elegantes formas estilizadas, está compuesta de elementos de diferente simbología. Por una parte, el libro que la persona tiene entre manos refleja el conocimiento y el poder que otorga al pueblo. La bandera representa las herramientas TIC y su capacidad de convocatoria y de trabajo en equipo. Finalmente, la torre representa la ingeniería de telecomunicación como foco central de la jornada.

SALUDO DEL COMITÉ ORGANIZADOR

Los nuevos estudios de Grado y Posgrado adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) han introducido las asignaturas obligatorias Trabajo de Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Como en el resto de las asignaturas, los alumnos de TFG/TFM han de adquirir una serie de competencias. No obstante, estas asignaturas tienen una naturaleza muy diferente, puesto que los alumnos deben desarrollar un trabajo original e inédito bajo la supervisión de un tutor. Un TFG/TFM abarca conocimientos técnicos de diversas materias y requiere de la aplicación de competencias transversales como la expresión oral y escrita. Nuestra experiencia previa nos indica que todos los alumnos se encuentran con retos y necesidades similares en las diferentes etapas de elaboración del TFG o TFM y que la colaboración entre alumnos puede ser de mucha utilidad. Con el fin de mejorar la tutorización y desarrollo de TFG/TFM en las titulaciones relacionadas con la Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad de Valladolid (UVa), se está desarrollando el Proyecto de Innovación Docente (PID) “Nuevas propuestas en la tutorización de Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster con el apoyo de entornos virtuales de aprendizaje colaborativo”.

Entre las actividades propuestas en el marco de este PID, se encuentra la “I Jornada para alumnos de Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Uso efectivo de herramientas TIC”. Esta Jornada se celebró en la E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de la UVa el 21 de marzo de 2019, con la participación de alumnos, tutores y diversos ponentes. Durante este evento se programaron diferentes actividades con el objetivo de que sirvieran de vía para el enriquecimiento e intercambio de experiencias, tanto para docentes como para alumnos. Son los siguientes:

- Ponencia invitada a cargo del Profesor Alfredo Corell Almuzara, profesor titular de Inmunología de la UVa y Director de Área de Formación Permanente e Innovación Docente de la Uva.
- Mesa redonda sobre el uso efectivo de herramientas TIC para la realización y tutorización de TFG/TFM, con la participación de profesionales de la Uva en diferentes ámbitos:
 - Susana Álvarez Álvarez (Facultad de Traducción e Interpretación de la UVa)
 - Jacob González Gancedo (Hospital Clínico Universitario de Valladolid y Facultad de Enfermería de la UVa)
 - Juan I. Asensio Pérez (E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de la UVa)
 - Adrián Martín Montero (E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de la UVa)
- Taller sobre realización de presentaciones efectivas dirigido a los alumnos de TFG/TFM. Este taller se dividió en dos partes. En la primera, los docentes del taller presentaron los diversos aspectos a tener en cuenta para realizar una buena presentación. En la segunda parte, los alumnos presentaron brevemente sus trabajos y recibieron realimentación para mejorar sus presentaciones y su discurso.

- Taller sobre escritura académica, focalizado en la escritura del resumen de TFG/TFM y dirigido a los alumnos. La formación recibida en este taller ha servido de base para que los alumnos elaborasen los resúmenes de sus trabajos, publicados en este libro.

El Comité Organizador quiere agradecer a todas las personas e instituciones que han facilitado la realización de esta Jornada. En primer lugar, queremos destacar el esfuerzo y dedicación de los alumnos participantes. Ellos eran los principales destinatarios de esta Jornada y esperamos que hayan encontrado en ella herramientas útiles para el desarrollo de su TFG/TFM y para su futuro profesional. Asimismo, queremos agradecer a los conferenciantes y ponentes invitados su generosidad a la hora de compartir sus experiencias docentes con nosotros. Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Área de Formación Permanente e Innovación Docente de la UVa por su apoyo económico y logístico, sin el cual esta Jornada no se habría podido celebrar. Finalmente, queremos agradecer a la ETS de Ingenieros de Telecomunicación su ayuda en la difusión del evento y su colaboración cediéndonos sus espacios para la realización de la misma.

Un saludo,

A handwritten signature in purple ink that reads "María García". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

Dra. María García Gadañón

Presidenta de la I Jornada para alumnos de Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM). Uso efectivo de herramientas TIC

IP del Proyecto de Innovación Docente "Nuevas propuestas en la tutorización de Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster con el apoyo de entornos virtuales de aprendizaje colaborativo"

Índice de Contenidos

Empleo de técnicas de <i>deep learning</i> para segmentación semántica de imágenes aplicadas a carreteras inteligentes y monitorización de incendios <i>César Bartolomé Hornillos</i>	11
Análisis de la actividad EEG durante una sesión de estimulación multisensorial en una sala Snoezelen <i>Carlos Javier Bless Sastre</i>	12
Medidor de contaminación atmosférica conectado <i>Miriam Casado Rodríguez</i>	13
Caracterización de la señal de presión intracraneal y estudio de su relación con la implantación de un shunt en pacientes con hidrocefalia <i>Miguel Fadrique Ruano</i>	14
Entorno de simulación de redes distribuido basado en ns-3 y computación en nube con virtualización basada en contenedores <i>Pablo García Zarza</i>	15
Sistema ubicuo para rehabilitación física durante bajas laborales <i>Héctor González Beltrán</i>	16
Localización de fuentes cerebrales en la enfermedad de Alzheimer <i>Víctor Gutiérrez de Pablo</i>	17
Estudio del Toolbox “Parallel Computing” de MATLAB®. Aplicación a Métodos de Procesado de Señal <i>Pablo Marina Boillos</i>	18
Mejora de las técnicas de predicción en incapacidades temporales <i>Alberto Martín Mateos</i>	19

Análisis de señales de tos para detección temprana de enfermedades respiratorias

Diego Pérez Alonso20

Simulación computacional de los mecanismos de neurodegeneración en la enfermedad de Alzheimer

Marcos Revilla Vallejo21

Empleo de técnicas de *deep learning* para segmentación semántica de imágenes aplicadas a carreteras inteligentes y monitorización de incendios

César Bartolomé Hornillos

Resumen – El campo de la visión artificial ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años, especialmente desde el despegue exponencial de los sistemas de aprendizaje profundo (*deep learning*) basados en redes neuronales convolucionales (CNN). Presentan un gran interés aquellos algoritmos orientados a clasificar cada píxel dentro de una imagen en una categoría predefinida, consiguiendo identificar qué objetos existen y el delineado exacto de cada uno de ellos. A estas técnicas se las conoce como segmentación semántica. Los métodos basados en *deep learning* están demostrando alcanzar rendimientos muy superiores a las técnicas de *machine learning* convencionales.

Uno de los principales problemas de los métodos basados en *deep learning* es la necesidad de contar con un gran volumen de datos para entrenar las redes. Si no se cuenta con tales conjuntos para una aplicación determinada, existe la posibilidad de partir de redes pre-entrenadas con bases de datos existentes y realizar un proceso de aprendizaje de transferencia o *transfer learning*. Para que este enfoque sea viable, las bases de datos de pre-entrenamiento y la de objeto de estudio deben presentar características similares.

El objetivo principal del estudio es evaluar la utilidad y el rendimiento de las técnicas de *transfer learning* en el campo de la segmentación semántica.

En este trabajo se utilizará el modelo de segmentación *Mask-RCNN*, una moderna red neuronal convolucional capaz de realizar segmentación semántica de una manera eficiente. Se propone comparar el rendimiento del enfoque *Mask-RCNN* pre-entrenado sobre la base de datos COCO, que contiene más de 300.000 imágenes, al ser aplicado sobre 2 bases de datos independientes:

- Bases de datos de tráfico: son bases de datos abundantes y bien documentadas, con las que se puede realizar un entrenamiento que arroje *a priori* buenos resultados. Además, los objetos existentes en ella presentan características similares a los incluidos en COCO.
- Bases de datos de incendios: son bases de datos mucho más pequeñas y peor documentadas. Además, hay que añadir que no existe (hasta donde sabemos) ninguna red previamente entrenada para detectar fuego, por lo que el proceso de *transfer learning* será fundamental.

El uso de ambas bases de datos abre oportunidades en dos dominios de aplicación de interés: 1) la detección de incidencias en el contexto de carreteras inteligentes y coche autónomo; 2) la detección y monitorización de incendios desde drones.

Análisis de la actividad EEG durante una sesión de estimulación multi-sensorial en una sala Snoezelen

Carlos Javier Bless Sastre

Resumen – La investigación en el campo del daño cerebral podría servir de gran ayuda para paliar la gravedad de las secuelas de los sujetos que la sufren. El daño cerebral puede deberse a diversos motivos, siendo el marco de este estudio, los sujetos con Parálisis Cerebral (PC) y aquellos que han sufrido un Traumatismo Craneoencefálico (TCE).

El principal objetivo de este estudio ha sido la caracterización de señales de electroencefalografía (EEG) en sujetos con daño cerebral que se han sometido a terapia en una sala Snoezelen. Se conoce como Snoezelen a una terapia no farmacológica que busca ofrecer sensaciones de bienestar a personas con graves afectaciones, entre las que se encuentran la demencia, el autismo o el daño cerebral. Se eligió esta técnica ya que ha demostrado ser efectiva, aunque hay pocos estudios que prueben de forma cuantitativa el grado de efectividad.

Para la realización de nuestro estudio se han usado las señales EEG de 54 sujetos: 18 controles, 18 sujetos con TCE y 18 con PC. Para cada uno de ellos, se ha registrado su actividad cerebral durante una sesión de Snoezelen y se han calculado diferentes parámetros en cada una de estas fases. Los parámetros que han sido aplicados fueron, entre otros, la Complejidad de Lempel-Ziv (LZC) y la Frecuencia Mediana (MF).

Los resultados de este estudio han mostrado cambios significativos en los parámetros de estudio, en cada una de las fases de la terapia. Entre todos los sujetos, aquellos en los que se nota una mayor evolución son los que padecían PC.

En este estudio hemos podido comprobar que las señales EEG son capaces de reflejar los cambios que se producen durante la terapia Snoezelen. Estos cambios cerebrales podrían reflejar mejoras significativas en los sujetos, por este motivo sería muy interesante seguir investigando en este campo.

Medidor de contaminación atmosférica conectado

Miriam Casado Rodríguez

Resumen – La contaminación atmosférica es un tema de importancia elevada en la actualidad. La sociedad, se ve involucrada en los cambios medios ambientales y conoce como afectan a la salud humana y del planeta, pero en muchos casos las personas no son realmente conscientes de ello. Por ello el objetivo de este proyecto es medir la cantidad de agentes contaminantes presentes en el entorno en tiempo real y a pequeña escala.

Para ello, se propone el diseño y fabricación de un dispositivo portátil geolocalizado, basado en un conjunto de sensores, que sea capaz de medir la concentración de gases contaminantes tales como monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, partículas equivalentes de CO₂, ruido y material particulado. Estos datos se enviarán por Bluetooth BLE (Bluetooth de bajo consumo) al teléfono móvil del usuario, para que después con una aplicación válida para el sistema operativo Android, se puedan visualizar los datos y almacenarlos en la nube. Para llevar a cabo el diseño hardware, se realiza un esquemático circuital de la aplicación además de las huellas de todos los componentes que irán colocados en la placa de circuito impreso. Respecto al software, se calibran todos los sensores y se desarrolla una aplicación intuitiva, mediante la cual se pueda visualizar la ruta seguida en la toma de medidas.

Debido a los requisitos del proyecto, los sensores a utilizar deben ser ligeros, puesto que irán colocados en una caja ubicada en el techo del vehículo mediante unos imanes de neodimio. De este modo, el usuario puede ir observando los datos que se van captando a través de su smartphone.

Se espera que el dispositivo obtenga como resultados las medidas de las concentraciones de los gases bastante aproximadas a la realidad, debido a que los sensores han pasado por un proceso de calibración siguiendo las curvas características proporcionadas por el fabricante.

Como consecuencia de los resultados obtenidos, los usuarios del producto estarán informados en tiempo real de las zonas más contaminadas de su ciudad y serán más conscientes de este gran problema.

Palabras clave – Contaminación atmosférica, sensores, hardware, software, smartphone, Bluetooth, Android

Caracterización de la señal de presión intracraneal y estudio de su relación con la implantación de un *shunt* en pacientes con hidrocefalia

Miguel Fadrique Ruano

Resumen – La Hidrocefalia es una dolencia caracterizada por una acumulación significativa de líquido cefalorraquídeo y un aumento de la presión intracraneal (PIC). Puede aparecer en cualquier rango de edad, por factores tales como lesiones graves en la cabeza o como consecuencia de otras enfermedades. Sin embargo, también puede aparecer sin una causa aparente previa (Hidrocefalia Idiopática). La implantación de una derivación o *shunt*, que permita liberar la presión drenando el exceso de líquido en el cerebro, suele ser el tratamiento de elección. Sin embargo, no todos los pacientes responden positivamente a él. Para evaluar cada caso concreto, se utilizan pruebas hidrodinámicas como el test de infusión. En él, se incrementa artificialmente la PIC y se monitoriza para evaluar la respuesta hidrodinámica del cerebro. Sin embargo, el resultado del test no predice adecuadamente la respuesta de un paciente a la implantación de un *shunt*. Por ello, es necesario utilizar métodos alternativos que permitan entender mejor los procesos fisiopatológicos asociados a la Hidrocefalia. El objetivo de este Trabajo Fin de Grado fue analizar las características espectrales de las señales PIC en pacientes con Hidrocefalia para estudiar las posibles diferencias entre aquellos pacientes que respondieron positivamente a la implantación de un *shunt* y los que no. Para ello, se analizó la señal PIC de un total de 63 pacientes con Hidrocefalia y sometidos a la implantación de un *shunt*. En todos ellos, la respuesta al tratamiento se determinó un año después de la cirugía. El análisis espectral de las señales se realizó en base a tres parámetros: frecuencia mediana, potencia relativa y entropía de Shannon. Estos parámetros se analizaron en dos bandas de frecuencia: B_1 (0.15-0.3 Hz), relacionada con la componente respiratoria de la señal PIC, y B_2 (0.67-2.5 Hz), relacionada con la componente cardíaca. Asimismo, se analizaron cuatro etapas en cada registro, relacionados con las fases del test de infusión (basal, inicio de infusión, meseta y recuperación). Para cada registro, se obtuvo el promedio de los tres parámetros con el fin de identificar diferencias en las distribuciones de los pacientes que respondieron a la cirugía y aquellos que no. Además, se observó la evolución de cada fase del test de infusión en los dos grupos de pacientes mediante la comparación de sus pendientes. No se apreciaron diferencias significativas entre los dos grupos de pacientes para los parámetros estudiados. Es necesario continuar la investigación sobre la distinción entre pacientes que han respondido positivamente a la implantación de un *shunt* y aquellos que no empleando nuevos parámetros espectrales y no lineales.

Entorno de simulación de redes distribuido basado en ns-3 y computación en nube con virtualización basada en contenedores

Pablo García Zarza

Resumen – La simulación de redes en entornos académicos es útil para que los alumnos comprueben los conocimientos adquiridos en dicha materia. Sin embargo, el tiempo necesario para llevar a cabo las simulaciones puede llegar a ser elevado, por lo que es necesario desarrollar un sistema que permita reducir el tiempo de ejecución. El sistema desarrollado para tal fin consistía en distribuir las simulaciones en varias máquinas virtuales sobre la arquitectura de *OpenStack*. Para adecuar los recursos utilizados a la demanda actual de trabajos, el sistema determinaba el número de máquinas virtuales activas que necesitaba en cada instante, proceso que repercute en el rendimiento global de la aplicación debido a la activación y desactivación de dichas máquinas virtuales. El objetivo de este TFG fue reformar el sistema actual de la aplicación DNSE3 para conseguir mejorar el rendimiento de dicha versión. Para ello, las simulaciones pasan a ejecutarse de máquinas virtuales a contenedores. Un contenedor es una unidad estándar de software que contiene todo lo que necesita un programa para que se pueda ejecutar. Los contenedores se ejecutan directamente sobre el sistema operativo de la máquina anfitriona. De esta manera, y debido a las limitaciones existentes en las herramientas proporcionadas por *OpenStack* para la gestión de contenedores, se diseña una arquitectura basada en un *clúster* formado por un número variable de máquinas virtuales donde se ejecutan un número variable de contenedores. Para conseguir un *clúster* de estas características, el servicio encargado de escalar el número de máquinas virtuales y contenedores se realiza a medida para que exista un equilibrio entre rendimiento y utilización de los recursos disponibles. Una vez obtenidos los resultados con esta nueva arquitectura se comparan con los que se obtuvieron con la arquitectura basada en máquinas virtuales y se comprueba que el rendimiento global de la aplicación ha mejorado. Esta mejora es debida a que el tiempo necesario para escalar el número de réplicas que ejecutan las simulaciones pasa de minutos a segundos¹. Esta mejora del rendimiento global de la aplicación favorece que el alumno pueda obtener los resultados de las simulaciones en un tiempo menor, lo que es beneficioso para el mismo debido a que podría realizar un mayor número de simulaciones de diferente configuración en un tiempo menor.

¹ A falta de la finalización del Trabajo de Fin de Grado, solamente se pueden proporcionar resultados cualitativos

Sistema ubicuo para rehabilitación física durante bajas laborales

Héctor González Beltrán

Resumen – Los pacientes que han sufrido accidentes de tráfico a menudo tienen dificultades para desplazarse a los centros de rehabilitación. Debido a esto, surge la necesidad de desarrollar un sistema portátil, que reduzca en gran medida los desplazamientos a los centros especializados y permita realizar los ejercicios establecidos por un especialista de una forma cómoda y segura.

Para que sea posible llevar a cabo esta tarea se utiliza una serie de sensores denominados *inertia measurement unit*, necesarios para la captura de los movimientos del paciente. Con estos sensores y una aplicación móvil se comprueba si el ejercicio se está realizando correctamente. Si no fuera así, se avisaría al usuario como debe corregir la postura para evitar que pueda hacerse daño. Además, se indica el rango articular que es necesario alcanzar y otros parámetros de interés como el número de repeticiones correctas. Toda esta información es almacenada en un servidor y puede ser recuperada y mostrada al especialista en cualquier momento, a través de gráficas, la representación del movimiento en un avatar o la visualización del rango articular a través de un goniómetro virtual.

Se espera que el desarrollo del sistema tenga como resultado una reducción notable de los desplazamientos a las clínicas y centros de fisioterapia, siendo un beneficio extra para aquellas personas que viven lejos de tales centros. Así, se lograría que dichos centros y consultas tuvieran una carga de pacientes significativamente inferior para poder dedicar más tiempo y atención a cada uno de ellos. De esta forma se ayudaría a mejorar el servicio proporcionado a los pacientes y, por tanto, su calidad de vida. Además, se espera conseguir una reducción del tiempo en la recuperación de los pacientes gracias a una disponibilidad completa en la realización de los ejercicios establecidos. De esta forma, cada persona podría establecer su propio horario y repetir cada sesión las veces que fueran necesarias, siempre monitorizados y seguros de que el movimiento se está realizado correctamente.

Localización de fuentes cerebrales en la enfermedad de Alzheimer

Víctor Gutiérrez de Pablo

Resumen – La enfermedad de Alzheimer es una enfermedad neurodegenerativa que provoca gradualmente alteraciones a nivel cognitivo, funcional y conductual. Su principal factor de riesgo es la edad, por lo que su impacto es cada vez mayor debido al envejecimiento de la población. Se caracteriza por la aparición de lesiones estructurales de la corteza cerebral, principalmente la acumulación anormal de proteína β -amiloide y tau fosforilada, que, a su vez, provocan alteraciones en la actividad eléctrica cortical. Debido a ello, es importante el estudio de dicha actividad para caracterizar la progresión de la enfermedad para así obtener una mayor comprensión de la misma. Sin embargo, debido a los efectos de conducción de volumen, las señales de la actividad superficial, recogidas con el electroencefalograma (EEG) o a nivel de sensor, están distorsionadas. Por ello, se realizó un estudio proyectando estas señales a nivel de fuente utilizando el método sLORETA por su gran precisión y su nivel de aceptación en la comunidad científica. El objetivo consistió en comparar los cambios de las señales a nivel de sensor y a nivel de fuente a medida que la enfermedad avanza.

Para este estudio se utilizaron las señales de 60 sujetos, de los cuales 18 eran controles, 10 eran sujetos con deterioro cognitivo leve (DCL) y 32 eran sujetos enfermos de Alzheimer (EA). Para la obtención de las señales a nivel de fuente se utilizó el software LORETA Key, que implementa el método de localización de fuentes sLORETA. Se obtuvieron las potencias relativas (RP) de cada banda de frecuencia para, posteriormente, analizar la relación de dichas medidas a nivel de sensor y a nivel de fuente.

Se analizó la RP de cada banda de frecuencia y se observó que, para ambos niveles, los sujetos con EA poseen una mayor actividad cerebral a frecuencias bajas. Sin embargo, a partir de los 8 Hz, son los sujetos de control los que poseen una mayor actividad. Los sujetos con DCL poseen una actividad intermedia a los otros dos grupos, evidenciando que este enlentecimiento de la señal se agrava con la evolución de la enfermedad. Posteriormente, tras calcular la correlación entre las potencias relativas a nivel de sensor y de fuente, se obtuvieron valores altos de la misma, lo que significa que el efecto de conducción de volumen, gracias al método sLORETA, prácticamente no afecta.

Palabras clave – Enfermedad de Alzheimer, deterioro cognitivo leve, electroencefalograma, LORETA Key, sLORETA, nivel de sensor, nivel de fuente

Estudio del Toolbox “Parallel Computing” de MATLAB®. Aplicación a Métodos de Procesado de Señal

Pablo Marina Boillos

Resumen – El avance en las técnicas usadas para el análisis de señales cerebrales revierte en un aumento de datos generados y tiempos de procesado privativamente altos. La computación paralela permite la paliación de este problema. Básicamente, consiste en dividir una tarea compleja en varias subtarefas para que sean ejecutadas por lotes al mismo tiempo, repartiéndolas entre los procesadores disponibles, con la consiguiente reducción del tiempo necesario en la realización de la tarea inicial.

En este sentido, el presente Trabajo Fin de Grado (TFG) tiene como objetivo la reducción del retardo de ejecución de los algoritmos de procesado de señales biomédicas implementados en dos códigos en MATLAB® usados por el Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB) de la Universidad de Valladolid (UVA). Para ello, se utilizarán metodologías de paralelización.

En primer lugar, se ha realizado un estudio del *toolbox* “Parallel Computing” de MATLAB®, para familiarizarse con las funciones y herramientas que incluye. Después, se han testado algunas de ellas como vectorización, bucles paralelos, *parfeval* o *spmd* en los códigos del GIB para, finalmente, determinar cuáles son las mejores en términos de eficiencia y facilidad de uso.

Tras haber comparado estas funcionalidades se ha visto que los métodos de MATLAB® que consiguen reducir en mayor medida el retardo de ejecución de nuestros programas, son la vectorización y los bucles paralelos, al decrecer la espera hasta en un 65%. Otras funciones, como *parfeval* o *spmd*, o empeoraban el retardo de procesado o, a pesar de ofrecer mejores resultados, eran más costosas de utilizar, por lo que se han acabado descartando en ambos casos.

La computación paralela es una técnica de programación orientada a reducir el tiempo de ejecución de programas pensados para el procesado de datos. La biomédica es uno de los contextos que más se puede beneficiar de su aplicación al trabajar con datos del orden de centenares de gigabytes. MATLAB® incluye herramientas basadas en este paradigma con las que acelerar la ejecución de sus códigos, por lo que es la más indicada para este ámbito.

Mejora de las técnicas de predicción en incapacidades temporales

Alberto Martín Mateos

Resumen – El estudio de la duración de bajas laborales, ya sea por contingencias comunes o profesionales, es un aspecto crítico en las mutuas colaboradoras de la Seguridad Social para poder tomar acciones de mejora. El objetivo principal es la creación de un modelo predictivo de la duración de los días de baja por incapacidad temporal, en función del diagnóstico (gripe, lumbalgia, etc.) y de las características de los pacientes, así como el análisis y la visualización de los resultados.

Como material para el desarrollo del modelo predictivo se emplearon dos tablas de una base de datos propia: (i) una primera con datos generales relativos a cada una de las bajas y (ii) otra con datos relativos a los eventos ocurridos a lo largo del proceso de cada baja (gestiones, consultas, tratamientos, etc.). En primer lugar, se realizó un análisis detallado de los datos, preparándolos para su explotación posterior. Para ello, se emplearon técnicas de limpieza, exploración, análisis y procesamiento utilizando el lenguaje de programación R, lo cual supuso un tiempo importante del proyecto.

Tras realizar estas operaciones, se abordaron dos enfoques diferentes debido a la diversidad de variables disponibles: (i) modelos predictivos *a priori*, en los que únicamente se utiliza la información disponible del paciente en el momento de la fecha de baja y (ii) modelos predictivos *a posteriori*, en los que se conoce la información completa de la baja de principio a fin (lo cual limita el número de escenarios para su uso).

Usando estas dos estrategias, se generaron modelos predictivos utilizando diversos métodos de aprendizaje, como regresión lineal regularizada, *multivariate adaptive regression splines* (MARS), redes neuronales, máquinas vector soporte (SVM) con *kernel* radial, árboles de decisión (CART), Cubist y XGBoost lineal. Se emplearon técnicas de validación cruzada para optimizar los hiperparámetros y comparar las prestaciones de los distintos modelos predictivos. Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos con un modelo de referencia empleado habitualmente en este tipo de mutuas.

Considerando los 20 diagnósticos más frecuentes, el modelo de aprendizaje seleccionado para el enfoque del modelo predictivo *a priori* consiguió una reducción media del 17.6% del error absoluto cometido al predecir los días de baja comparado con las predicciones obtenidas con el modelo de referencia. En el caso del modelo predictivo *a posteriori*, la reducción del error fue del 48.3%.

La gran mejora obtenida con el modelo *a posteriori* sugiere que se podría proponer la creación de un modelo *evolutivo*, en el que se comience con una predicción *a priori*, pero dicha predicción se vaya actualizando a medida que va transcurriendo la baja, utilizando la información recopilada durante la misma.

Palabras clave – Aprendizaje automático, Big Data, regresión, R, bajas médicas

Análisis de señales de tos para detección temprana de enfermedades respiratorias

Diego Pérez Alonso

Resumen –

Antecedentes: La tos es un movimiento sonoro y convulsivo del aparato respiratorio. Hasta ahora, el análisis de la tos como síntoma informativo de la evolución de una enfermedad se limita a herramientas de medición subjetivas, o incómodos monitores de la tos. Otro limitante actual, se debe a que los métodos de procesamiento de audio implementados en dichos monitores no pueden hacer frente a entornos ruidosos, como en el caso en que el dispositivo de adquisición sea un smartphone que el paciente pueda llevar en su bolsillo.

Objetivo: El objetivo de este trabajo de fin de grado es diseñar un sistema de “audición máquina” (*Machine Hearing*) mediante una arquitectura de aprendizaje profundo (*Deep Learning*) para realizar la detección de tos, así como la detección de enfermedades respiratorias con carácter temprano en base a señales de audio ruidosas.

Métodos: Para realizar el proyecto, se han utilizado señales de audio ruidosas de veinte pacientes con diferentes enfermedades respiratorias, 18433 señales de audio grabadas durante episodios de tos y 18433 señales de audio grabadas durante episodios sin tos. Dichas señales de audio son preprocesadas en tres pasos. Primero, se segmentan las señales de audio originales (señales de tos y no tos) para que todas tengan una duración de un segundo. En segundo lugar, se realiza un espectrograma logarítmico a cada audio para transformar las señales 1D temporales en imágenes (señales 2D) tiempo-frecuencia. Finalmente, se normalizan los datos para poder alimentar a una red neuronal convolucional (*Convolutional Neural Network, CNN*), que realiza automáticamente la extracción de características en los espectrogramas de los audios para identificar “firmas” espectrales o temporales. De tal forma que en primer lugar se detecta si dicho audio contiene una tos o no, y en caso de que la contenga, se diagnostique la enfermedad respiratoria.

Resultados: El sistema detectando audios con toses tiene una sensibilidad del 85.64% y una especificidad del 92.81% frente a audios sin toses. Con respecto a la detección temprana de enfermedades respiratorias, se ha alcanzado una tasa del 77.78% cuando el sistema diagnostica si un paciente tiene tos aguda o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (*Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD*), superando a los métodos más modernos.

Conclusiones: Los resultados¹ de este trabajo de fin de grado allanan el camino para crear un dispositivo cómodo y no intrusivo, con una interrupción mínima en las actividades diarias, que pueda detectar con carácter temprano enfermedades respiratorias, beneficiando a pacientes, profesionales sanitarios y sistemas nacionales de salud.

¹ Resultados previos a la publicación final de este Trabajo de Fin de Grado

Simulación computacional de los mecanismos de neurodegeneración en la enfermedad de Alzheimer

Marcos Revilla Vallejo

Resumen – La enfermedad de Alzheimer es el tipo de demencia más común en el mundo occidental. La relación directa entre el crecimiento de su prevalencia y la edad, junto con el incremento en la esperanza de vida en los países industrializados, han llevado a que se convierta en uno de los problemas más graves de salud pública. La evolución de esta patología provoca alteraciones cognitivas, conductuales y funcionales, consecuencia del proceso de neurodegeneración progresivo que se da durante la enfermedad. Esto hace que sea fundamental conocer, comprender y caracterizar los mecanismos implicados en este proceso de neurodegeneración con el objetivo de mejorar la precisión en el diagnóstico y poder investigar en nuevos tratamientos.

Para poder caracterizar estos mecanismos, se registró el electroencefalograma procedente de sujetos sanos, de pacientes afectados por deterioro cognitivo leve, así como de pacientes con la enfermedad de Alzheimer, siempre en estado de reposo y con los ojos cerrados. Se constituyeron así dos bases de datos de 250 y 160 sujetos, con un total de 50 controles, 50 pacientes con deterioro cognitivo leve y 150 enfermos de Alzheimer en la primera de ellas y 37 controles, 51 pacientes con deterioro cognitivo leve y 72 enfermos de Alzheimer, en la segunda. Estos registros permitieron determinar una red neuronal para cada paciente. Mediante la caracterización de estas redes neuronales con parámetros complementarios de redes complejas, se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos de pacientes en las diferentes fases de la enfermedad y los sujetos sanos. Para estudiar las diferencias entre las redes neuronales características de cada patología, se realizaron simulaciones computacionales que reprodujeron como la enfermedad afecta a la estructura neuronal. Además, fue posible ver la evolución entre las diferentes fases de la enfermedad. Los mecanismos simulados consistieron en: desconexión de nodos, refuerzo de conexiones, etc., con diferentes patrones en función del grado de los nodos implicados, así como con diferentes probabilidades de selección de nodos y/o conexiones.

Se espera obtener diferencias poco significativas entre las redes neuronales obtenidas a partir de los registros y las redes simuladas, pudiendo así determinar qué mecanismos están involucrados en el proceso de neurodegeneración asociado a la enfermedad de Alzheimer. De esta forma se espera disponer de una caracterización completa de cómo los desencadenantes de la evolución entre las diferentes fases de la enfermedad influyen en la actividad cerebral, permitiendo así la posterior búsqueda de técnicas que ralenticen o incluso frenen ese proceso neurodegenerativo clave en el Alzheimer.

Palabras clave – Alzheimer, electroencefalograma, neurodegeneración, redes neuronales

