



A DATOS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL			
<i>1er APELLIDO</i> Morales	<i>2º APELLIDO</i> González	<i>NOMBRE</i> Domingo Carlos	<i>DNI/NIF/NIE</i> 42788701F
Cánovas	Cánovas	María Josefa	23241674J

B DATOS DEL PROYECTO		
<i>ACRÓNIMO</i> DATOS	<i>TÍTULO DEL PROYECTO</i> Ciencia de datos y objetivos de desarrollo sostenible	<i>URL WEB PROMETEO</i> En elaboración

C INFORME DE PROGRESO Y SEGUIMIENTO

C.1 Desarrollo de las actividades

El grupo DATOS a lo largo del año 2021 ha realizado una intensa labor de investigación en los bloques referidos obteniendo amplios resultados.

BLOQUE A: TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS

La realización de los objetivos del bloque A (Tratamiento de la Información y Métodos Estadísticos) del proyecto DATOS ha requerido unas reuniones de planificación entre los investigadores del proyecto (responsables de los sub-bloques A1-A4: Domingo Morales, José Vicente Segura y José Juan López) y unas actividades de cooperación con investigadores no adscritos al proyecto. De entre las últimas, destacamos, las reuniones semanales mantenidas por

1. El investigador Domingo Morales con los profesores de la UMH María Dolores Esteban Lefler y Agustín Pérez Martín
2. El investigador José Vicente Segura con los profesores de la UMH Asunción Martínez Mayoral, Javier Morales Socuéllamos.
3. El investigador Juan José López Espín con los investigadores Belén Pérez-Sánchez, Martín González y María del Carmen Perea.
4. El investigador Joaquín Sánchez Soriano con los profesores de la UMH Alejandro Rabasa Dolada, Jesús Javier Rodríguez Sala y las estudiantes de doctorado Yolanda Orenes Casanova y Nuria Mollá Campello.

En el marco del bloque A, los investigadores han realizado las siguientes actividades específicas.

A.1. Estadística pública - estimación en áreas pequeñas

En este apartado hemos mantenido sesiones de trabajo encaminadas al desarrollo y estudio de: A.1.1 modelos multivariantes con efectos aleatorios y A.1.2 modelos para datos composicionales. Para cada apartado, se han realizado las siguientes actividades:

A.1.1. Modelos multivariantes con efectos aleatorios. Se han introducido los modelos tanto al nivel de la unidad muestral como a niveles de agregados. Se han desarrollado procedimientos de predicción óptima de indicadores de áreas pequeñas dependientes de varias variables. Como resultado de la investigación, se ha publicado 1 libro y 4 artículos y se han presentado 2 comunicaciones en congresos científicos. En las sesiones de trabajo se ha avanzado en la investigación de los objetivos del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de los temas abordados.

J.P. Burgard, M.D. Esteban, D. Morales, A. Pérez. (2021). El modelo de Fay-Herriot es un modelo mixto lineal a nivel de área que se usa idealmente para estimar las medias de dominio de una variable objetivo determinada. Bajo este modelo, la variable dependiente es un estimador directo calculado utilizando los datos de la encuesta y las variables auxiliares son medias de dominio reales obtenidas de fuentes de datos externas. Los registros administrativos no siempre dan buenas variables auxiliares por lo que a veces los estadísticos las toman de encuestas alternativas y por lo tanto se miden con error. Presentamos una variante del modelo de Fay-Herriot que tiene en cuenta el error de medición de las variables auxiliares y proporcionamos dos algoritmos de ajuste que calculan estimaciones máximas y residuales de máxima verosimilitud de los parámetros del modelo.

Con base en el nuevo modelo, se introducen los mejores predictores empíricos de las medias del dominio y se obtiene la aproximación de su error cuadrático medio. Finalmente damos una aplicación para estimar proporciones de pobreza en la Encuesta de Condiciones de Vida de España, con información auxiliar de la Encuesta de Población Activa de España.

M.D. Esteban, M.J. Lombardía, E. López-Vizcaíno, D. Morales, A. Pérez. (2021). Bajo un modelo mixto lineal bivariado a nivel de unidad, generamos predictores de área pequeña de medias y razones de gastos, y derivamos aproximaciones y estimadores de los errores cuadráticos medios correspondientes. Para el modelo considerado, implementamos el método de estimación REML. Realizamos experimentos de simulación, diseñados para analizar el comportamiento del algoritmo de ajuste introducido, los predictores y los estimadores del error cuadrático medio. Una aplicación a datos reales de la encuesta de presupuestos familiares españoles ilustra el comportamiento de la metodología estadística propuesta. El objetivo es la estimación de las medias de los gastos anuales de los hogares en alimentación y no alimentación y de los ratios de gasto de los hogares en alimentación por provincias españolas.

J. Fúquene, C. Cristancho, M. Ospina, D. Morales (2021). Proponemos una nueva metodología para estimar las proporciones de hogares que tuvieron experiencia de migración internacional a nivel municipal en Colombia. La Oficina Nacional de Estadística de Colombia suele producir estimaciones de migración interna a partir de los resultados de los censos de población, pero falta información desagregada sobre las principales áreas pequeñas de origen de la población que emigra de Colombia. La metodología propuesta utiliza enfoques frecuentistas y bayesianos basados en un modelo de Fay-Herriot y se ilustra con un ejemplo con una variable dependiente de la Encuesta Demográfica y de Salud 2015 y covariables disponibles del censo de población 2005. La propuesta alternativa produce estimaciones de proporciones que son consistentes con los tamaños de muestra y las principales tendencias de inmigración interna en Colombia. Además, los coeficientes de variación estimados son inferiores al 20 % para los municipios tanto para los enfoques frecuentistas como bayesianos y para las grandes capitales demográficamente relevantes y, por lo tanto, las estimaciones pueden considerarse fiables. Finalmente, ilustramos cómo la alternativa propuesta lleva a reducciones importantes de los coeficientes de variación estimados para las áreas con tamaños de muestra muy pequeños.

J.P. Burgard, D. Morales, A.L. Wölwer (2021). Proponemos un nuevo predictor basado en técnicas de estimación de área pequeña para datos agregados y modelado bivariado. Este predictor proporciona las mejores predicciones empíricas para las combinaciones condado-año parcialmente no disponibles. Proporcionamos una aproximación analítica al error cuadrático medio. Los hallazgos están respaldados por un estudio de simulación a gran escala. Finalmente, aplicamos la metodología estadística al problema de estimar por año y condado el ingreso medio de los hispanos en EEUU y validamos externamente las estimaciones.

D. Morales, M.D. Esteban, M.J. Lombardía, E. López-Vizcaíno, A. Pérez (2021). Introducimos predictores empíricos óptimos de parámetros bivariados de área pequeña, como razones de sumas o sumas de razones, suponiendo que el vector objetivo a nivel de unidad sigue un modelo de regresión de error anidado bivariado. Estimamos los errores cuadráticos medios mediante bootstrap paramétrico. Con experimentos de simulación estudiamos el comportamiento de la metodología estadística introducida. Mediante una aplicación a datos reales de la encuesta de presupuestos familiares españoles proporcionamos estimaciones de razones de gasto doméstico en alimentación por provincias.

A.1.2. Modelos para datos composicionales. Se han introducido procedimientos de predicción óptima de composiciones de áreas pequeñas con aplicaciones a datos socioeconómicos. Como resultado de la investigación, se han publicado 2 artículos. En las sesiones de trabajo se ha avanzado en la investigación de los objetivos del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de los temas abordados.

O. Faltys, T. Hobza, D. Morales (2021). Proponemos una formulación general basada en modelos a nivel de área para la estimación de áreas pequeñas basada en modelos mixtos lineales generalizados. Aplicando un algoritmo de optimización a la aproximación de Laplace de la verosimilitud, calculamos los estimadores de máxima verosimilitud de los parámetros del modelo. Derivamos predictores empíricos óptimos de parámetros de áreas pequeñas y estimamos los errores cuadráticos medios por bootstrap paramétrico. Implementamos experimentos de simulación para estudiar el comportamiento del algoritmo de ajuste, los predictores y los estimadores de los errores cuadráticos medios. Utilizando datos de la Encuesta española de condiciones de vida de 2008, estimamos la renta neta media anual en las provincias españolas por sexo.

J.P. Burgard, J. Krause, D. Morales (2022). Proponemos un modelo robusto multivariado de Fay-Herriot para estimar composiciones. Combinamos el análisis de datos composicionales con la teoría de optimización robusta. La estimación no lineal de composiciones se plantea como un problema lineal a través de transformaciones de logratio isométricas. La estimación robusta de los parámetros del modelo se realiza a través de la máxima verosimilitud penalizada. Se obtiene un mejor predictor robusto. Se realizan simulaciones para demostrar la efectividad del enfoque. Se proporciona una aplicación para el consumo de alcohol en Alemania.

A.2-A.3. Estadística para ciencias medioambientales, de la salud y la epidemiología

Hemos colaborado en el análisis de datos relacionados con la pandemia de COVID-19. Como resultado de la investigación, se han publicado 2 artículos. En las sesiones de trabajo se ha avanzado en la investigación de los objetivos del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de los temas abordados en este campo.

J. Ena, C. Martínez-Peinado, F. Arjona-Zaragozí, J.V. Segura-Heras (2021). Evaluamos las características de rendimiento del dispositivo de prueba rápida de antígeno Panbio COVID-19 en condiciones de campo y su uso potencial como prueba en el centro sanitario para una cohorte de pacientes en riesgo. Revisamos los registros de laboratorio desde enero de 2021 hasta mayo de 2021 para identificar a los sujetos con un dispositivo de prueba rápida de antígeno Panbio COVID-19 (prueba índice)

y una prueba de reacción en cadena de la polimerasa de la transcriptasa inversa (RT-PCR) (prueba de referencia) realizada en la misma fecha. Utilizando los resultados de la RT-PCR como prueba de referencia, se calcularon las características de rendimiento de la prueba rápida de antígenos Panbio COVID-19.

D. Lloret, J.V. Segura, N. Espinosa, C. Saumell (2021). Este trabajo se centró en el análisis del impacto de la pandemia de COVID-19 en el estudiantado universitario. Se analizaron aspectos como el equipamiento, hardware y software; la conectividad y la velocidad/calidad de la misma, así como las razones de no disponer de conexión; la experiencia en docencia en línea haciendo hincapié en el uso y nivel de habilidad de las herramientas de comunicación, y de apoyo a la docencia por parte del estudiantado; la actitud hacia esta modalidad de docencia y la evaluación de la misma.

Hemos introducido y estudiado modelos de correlación temporal para estimación en áreas pequeñas. Como resultado de la investigación, se han publicado 6 artículos y 1 comunicación en un congreso científico. En las sesiones de trabajo se ha avanzado en la investigación de los objetivos del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de los temas abordados.

R. Benavent, D. Morales (2021). Introducimos un modelo mixto lineal bivariente temporal a nivel de área con efectos de tiempo independientes para estimar indicadores socioeconómicos de área pequeña. Ajustamos el modelo por el método de máxima verosimilitud residual. Derivamos los predictores lineales insesgados óptimos de estos indicadores. Damos una aproximación a la matriz de errores cuadráticos medios (MSE) y proponemos cuatro estimadores MSE. Implementamos tres experimentos de simulación diseñados para analizar el comportamiento del algoritmo de ajuste, los predictores y los estimadores MSE. Aplicamos la metodología estadística a datos de la encuesta española de condiciones de vida estimamos proporciones y brechas de pobreza de 2006 por provincias y sexo.

M.D. Esteban, D. Morales, A. Pérez, S. Sperlich (2021). Revisamos los métodos de nowcasting para estimación en áreas pequeñas y proponemos procedimientos de predicción a corto plazo de indicadores altamente desagregados que pueden usarse con el software disponible en la actualidad.

M. Guadarrama, D. Morales, I. Molina (2021). Consideramos un modelo mixto lineal temporal a nivel de unidad para la estimación en áreas pequeñas utilizando datos temporales. El modelo propuesto incluye efectos de tiempo aleatorios anidados dentro de los efectos de área, siguiendo un proceso autorregresivo de orden 1. Con base en el modelo propuesto, derivamos predictores empíricos óptimos y proporcionamos procedimientos bootstrap para la estimación de los errores cuadráticos medios. Realizamos experimentos de simulación y mapeamos la pobreza en las provincias españolas utilizando datos de las encuestas de condiciones de vida de los años 2004–2006.

J.P. Burgard, J. Krause, D. Morales (2021). Proponemos un nuevo modelo de error de medición para la estimación de la prevalencia de hipertensión en áreas pequeñas que es adecuado para entornos en los que dependen los errores de las variables objetivo y explicativas. Derivamos los predictores empíricos óptimos y estimamos el error cuadrático medio. Estimamos los parámetros del modelo por el método de la máxima verosimilitud. Realizamos experimentos de simulación para probar la eficacia del método y proporcionamos una aplicación a la estimación de la prevalencia de hipertensión regional en Alemania.

J.P. Burgard, J. Krause, R. Münnich, D. Morales (2021). Proponemos un modelo temporal logit-mixto y l2-penalizado para datos altamente correlados. Derivamos los predictores empíricos óptimos y estimamos el error cuadrático medio. Establecemos un algoritmo de máxima verosimilitud l2-penalizada para la estimación de parámetros del modelo. Con esta nueva metodología, se estima la prevalencia regional de obesidad en Alemania desde 2009 hasta 2012.

D. Morales, J. Krause, J.P. Burgard (2021). Proponemos un modelo mixto de Poisson a nivel de área que tiene en cuenta los errores de medición en los datos auxiliares. Derivamos los predictores empíricos óptimos y estimamos el error cuadrático medio. Desarrollamos un algoritmo basado en el método de los momentos para la estimación de parámetros de modelos consistentes. Se llevan a cabo experimentos de simulación para mostrar la efectividad del enfoque. La metodología se aplica para estimar la prevalencia de depresión severa en Alemania en niveles regionales cruzados por sexo y grupos de edad.

M. Boubeta, M.J. Lombardía, M. Marey-Pérez, D. Morales (2021). Para modelar conteos de incendios forestales, proponemos cuatro modelos mixtos de Poisson a nivel de área con efectos de tiempo. Basándose en esos modelos, derivamos los predictores empíricos óptimos y estimamos el error cuadrático medio. Realizamos el análisis de datos históricos de incendios forestales por área mediante un modelo mixto de Poisson con efectos de tiempo correlados AR(1).

Hemos obtenido una ayuda de la Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunitat Valenciana (Fisabio) para comenzar nuevas líneas de investigación en inteligencia artificial aplicada a datos de salud. Esta línea está dirigida por el investigador José Vicente Segura Heras con la colaboración de los profesores de la UMH María Asunción Martínez Mayoral, Javier Morales Socuéllamos, y con la participación de los investigadores de Fisabio Vicente Bertomeu González, Alberto Cordero Fort y David Escribano Alarcón.

Adicionalmente, el coordinador del bloque A3, José Vicente Segura Heras, ha colaborado con:

- el desarrollo de dos tesis doctorales con los investigadores del Servicio de Urología del Hospital Universitario de Sant Joan d'Alacant Pau Sarrió, Laura Martínez Mayuelas y Baraa Nakdali Kassab y Juan José Pacheco Bru, y con el jefe de Servicio de Urología del Hospital General Universitario de Elche Luis Gómez Pérez.
- la Fundación Teófilo Hernández en el diseño y análisis de resultados de ensayos clínicos junto a los profesores de la UMH Pedro Zapater Hernández y José Francisco Horga de la Parte.
- la Acción Matemática contra el coronavirus promovida por el Comité Español de Matemáticas con sus modelos basados en combinación de predicciones. El objetivo de esta acción era, a partir de las predicciones aportadas por los investigadores participantes, construir un meta-predictor para facilitar a las autoridades sanitarias información del comportamiento, a corto plazo, de variables de gran interés en la expansión del virus (<https://covid19.citic.udc.es/>).

A.4. Estadística para las ciencias de datos

Se ha trabajado con modelos lineales para datos fuertemente correlacionados o de alta dimensión y con modelos de regresión regularizada. Se han aplicado técnicas de estadística robusta y no paramétrica. Se han realizado aplicaciones a datos de salud pública y datos genotipados. Como resultado de la investigación, se han publicado 5 artículos. En las sesiones de trabajo se ha avanzado en la investigación de los objetivos del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de los temas abordados.

J.P. Burgard, J. Krause, D. Kreber, D. Morales (2021). Se aborda la conexión entre la regularización y la robustez en presencia de errores de medición de covariables no observables en modelos mixtos lineales. Demostramos que la estimación de parámetros del modelo regularizado es equivalente a la minimización robusta de pérdidas bajo el enfoque min-max. Derivamos conjuntos de incertidumbre que caracterizan el ruido factible que se puede agregar a un problema de estimación dado. Estos conjuntos nos permiten determinar medidas límites de error sin supuestos de distribución. Se propone un estimador Jackknife conservador del error cuadrático medio en esta configuración. Además, damos condiciones bajo las cuales la estimación robusta mínima-máxima de los parámetros del modelo es consistente. Los hallazgos teóricos están respaldados por un estudio de simulación de Monte Carlo bajo múltiples escenarios de error de medición.

J.P. Burgard, J. Krause, D. Morales (2021). Proponemos un modelo mixto logit a nivel de área para la estimación de la prevalencia regional con un nuevo algoritmo de ajuste para resolver este problema. Extendemos la aproximación de Laplace al log-verosimilitud con una l2-penalización para estabilizar el proceso de estimación en presencia de covariable rango-deficiencia. Derivamos los predictores empíricos óptimos y estimamos el error cuadrático medio. Implementamos un estudio de simulación de Monte Carlo para evaluar las propiedades de nuestra metodología en un entorno controlado. Proporcionamos estimaciones de la prevalencia de la esclerosis múltiple a nivel de distrito en Alemania utilizando registros de seguros de salud.

N. Mollá, A. Rabasa, J.J. Rodríguez-Sala, J. Sánchez-Soriano, A. Ferrándiz (2021). Planteamos un enfoque probabilístico y dinámico para los problemas de flujo de datos decisionales. Probamos la metodología de clasificación en bases de datos y comprobamos su buen comportamiento.

J. Borrell Méndez, D. Cremades, F. Nicolas, C. Perez-Vidal, J.V. Segura-Heras (2021). Presentamos un procedimiento para el diseño de plantas de producción de calzado con un sistema de apoyo a la decisión combinado con un sistema experto y un enfoque de simulación. La optimización de la distribución de la planta, de la maquinaria y de los recursos humanos es muy importante para el diseño de la fabricación del calzado.

S. García, J. Morales, R. Hernández-Sanjaime, R. Martínez, A. Bueno, E. Hernández, José J. López-Espín, José M. Cecilia (2021). Hemos trabajado con investigadores de la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad Católica de Murcia en el desarrollo de un metamodelo en la predicción de Covid. Los datos utilizados han sido los facilitados por el Ministerio de Sanidad y las distintas comunidades autónomas centrado el estudio en el número de contagios por Covid, hospitalizaciones y fallecimientos. Planteamos un metamodelo de predicción de la pandemia de Covid basado en un modelo agregado de distintas funciones diferentes (RNA, Series Temporales...) donde se incluye además parámetros de movilidad de las personas. Fruto de este trabajo ha resultado la publicación

Adicionalmente, hemos colaborado en estudios de medicina y de ciencias de la salud con investigadores del Hospital General Universitario de Alicante en investigaciones de dolor y autismos. Ello ha dado lugar a dos publicaciones.

BLOQUE B: MODELIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN APLICADA

Durante el año 2021 se han desarrollado las siguientes actividades en relación al Bloque B (Modelización y Optimización Aplicada):

- B2021-1. Reuniones semanales entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano, su estudiante doctorado Rick K. Acosta Vega, la profesora de la Universidad de Sevilla Encarnación Algaba Durán y su estudiante Jesús Martínez Lozano.
- B2021-2. Reuniones periódicas entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano y el profesor de la Universidad de Granada Ricardo Martínez Rico.
- B2021-3. Reuniones periódicas entre los profesores Carlos Gutiérrez Hita y Joaquín Sánchez Soriano, y su estudiante de doctorado José María García Ballesta.
- B2021-4 Reuniones semanales entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano y su estudiante doctorado Francisco López Navarrete.
- B2021-5. Reuniones periódicas entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano y los profesores de la Universitat Rovira i Virgili Juan Antonio Duro, Cori Vilella y José Manuel Giménez.
- B2021-6. Visita de los profesores Fernando Bernstein de la Universidad de Duke (EE.UU.) y Juan Carlos Gonçalves de la Universidad de la Coruña la semana del 15 al 20 de noviembre para colaborar con la profesora Ana Meca Martínez.
- B2021-7. Reuniones periódicas entre la profesora Ana Meca Martínez, Fernando Bernstein y Juan Carlos Gonçalves.
- B2021-8. Reuniones periódicas entre la profesora Ana Meca Martínez, su estudiante de doctorado Gerardo A. Vergara Mesa y el profesor de la UMH José Antonio García Martínez.
- B2021-9. Visita del profesor Justo Puerto de la Universidad de Sevilla del 23 al 26 de noviembre para colaborar con la profesora Ana Meca Martínez y Luis A. Guardiola.
- B2021-10. Los profesores Ana Meca Martínez y Joaquín Sánchez Soriano han participado en el 16th European Meeting on Game Theory (SING16) celebrado online en Granada del 30 de junio al 2 de julio de 2021.
- B2021-11. Reuniones semanales entre el profesor Juan Francisco Monge, la profesora Mercedes Landete y el estudiante de doctorado Alejandro Moyá.
- B2021-12. Reuniones periódicas entre el profesor Juan Francisco Monge y el profesor Laureano Escudero de la Universidad Rey Juan Carlos.
- B2021-13. Reuniones periódicas entre el profesor Juan Francisco Monge y los profesores Mercedes Landete y Javier Alcaraz.
- B2021-14. Reuniones periódicas entre el profesor Juan Francisco Monge y el profesor Laureano Escudero de la Universidad Rey Juan Carlos y el profesor Jordi Castro de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- B2021-15. Reuniones entre la profesora Mercedes Landete y los profesores de la Universidad de la Laguna Hipólito Henrández Pérez e Inmaculada Rodríguez Martín.
- B2021-16. Reuniones periódicas entre la profesora Mercedes Landete y su estudiante de doctorado David Antonio de Santis.
- B2021-17. Reuniones periódicas entre el profesor Juan Aparicio Baeza, la profesora de la UMH Lidia Ortíz Henarejos y la profesora Magdalena Kapelko de la Wrocław University of Economics and Business (Polonia).
- B2021-18. Reuniones periódicas entre el profesor José Luis Ruiz Gómez y la profesora Inmaculada Sirvent Quílez.
- B2021-19. Reuniones semanales entre los profesores Javier Alcaraz, Laura Antón y Francisco Saldanha (Universidad de Lisboa, Portugal).
- B2021-20. Reuniones periódicas entre los profesores Javier Alcaraz, Mercedes Landete y Martine Labbé (Universidad Bruselas, Bélgica)
- B2021-21. Reuniones periódicas entre los profesores Javier Alcaraz, Mercedes Landete y el estudiante de doctorado Daniel Valero
- B2021-22. Reuniones periódicas entre la profesora Ana Meca Martínez, su estudiante de doctorado Antonio J. Mayor Serra y el profesor de la UMH José Antonio García Martínez.
- B2021-23. La profesora Ana Meca Martínez ha participado online en el 31st European Conference on Operational Research (híbrido) celebrado en Atenas del 11 al 14 de julio de 2021.
- B2021-24. Reuniones periódicas entre el profesor Carlos Gutiérrez Hita, El profesor José Vicente Pérez (UA), Marc Escrivuela Villar (UIB) y Santiago Budría Rodríguez (UAN). Además, Carlos Gutiérrez Hita Y Santiago Budría han comenzado una nueva línea de investigación junto con el profesor Shahriyar Nasirov (investigador María Zambrano, UMH).
- B2021-25 Reuniones semanales entre el profesor Carlos Gutiérrez Hita y sus estudiantes de doctorado Soumaya Amassaghrou y Tatiana Troinina (programa de doctorado DEcIDE, UMH).
- B2021-26 Visita del profesor Carlos Gutiérrez Hita a la Universidad Antonio de Nebrija (01/09/2021 hasta 31/12/2021) para colaborar con el grupo de investigación ECEMIN (UAN) y trabajar con Santiago Budría Rodríguez

BLOQUE C MATEMÁTICA APLICADA Y FUNDAMENTOS DE OPTIMIZACIÓN

C.1 Desarrollo de las actividades

Las citas de publicaciones científicas incluidas en los apartados C.1. y C.2. se refieren a los artículos listados en C.3.

C.1. Matemáticas aplicadas a la ingeniería (responsable: Francisco Javier Toledo Melero)

En 2021, el investigador F.J Toledo ha tenido numerosas reuniones de trabajo en el seno de su equipo de investigación “PVmodel” enfocadas al objetivo marcado para el primer año del proyecto, en las que se revisaron, entre otras cosas, las metodologías/algoritmos existentes en la literatura para resolver la ecuación del modelo de un solo diodo (SDM) de un panel fotovoltaico. En febrero de 2021, F.J. Toledo impartió una conferencia invitada online con el título “Mathematical Modelling of Photovoltaic Panels” dentro del ciclo de Seminarios del Departamento de Estadística de la Universidad Carlos III de Madrid. En julio de 2021, participó como coautor de un trabajo presentado en el “15th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (HEFAT 2021)”. Ha asistido también a algunas de las conferencias impartidas en el Instituto Universitario “Centro de Investigación Operativa”. Las actividades de 2021 han culminado con la publicación del artículo [TBGL21], y la aceptación del comentario [TBG21] y el artículo [THBG21].

C.2 y C.3. Modelos con retardo aplicados a las ciencias actuariales y estructura de los atractores de ecuaciones de reacción-difusión (responsable: José Valero Cuadra)

A lo largo de 2021 el investigador José Valero ha presentado dos ponencias invitadas: en el congreso internacional Summer Meeting 2021 Chapter (Brasil) (online) y en el congreso International workshop on differential equations and infinite-dimensional dynamical Systems (Sevilla), así como una ponencia online en el congreso nacional XXVI CEDYA / XVI CMA (Gijón). Asimismo, ha impartido una conferencia invitada online en el Webinar on Evolution Equations and Dynamical Systems (Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação).

Por otro lado, ha organizado, junto al profesor José María Amigó, el congreso International Workshop on Mathematical Methods in Data Analysis and Differential Equations. Por último, reseñar que ha publicado 7 artículos en revistas de impacto y un capítulo en un libro de Springer

C.4 Medidas locales de estabilidad en optimización lineal y convexa (responsable: María Josefa Cánovas Cánovas)

Los profesores Juan Parra y María Josefa Cánovas, ambos miembros del equipo del presente proyecto han mantenido colaboración estrecha con diferentes coautores extranjeros. Concretamente, han mantenido correspondencia continua por email con los investigadores Nguyen Dinh (Vietnam National University, Ho Chi Minh City) y Dang Long Tien Giang University, Tien Giang town, Vietnam). Fruto de esta colaboración surge la publicación [CDLP21]. Asimismo, J. Parra y M.

J. Cánovas, tras visitar la Universidad de Reikiavik en 2019, han mantenido reuniones frecuentes online con el profesor Carlos Argáez de dicha universidad y los principales resultados del trabajo conjunto se encuentran en la publicación [ACP21]. Finalmente, el trabajo [CGKP21] nace de la colaboración de J. Parra y M.J. Cánovas con María Jesús Gisbert, que defendió su tesis doctoral en 2018 bajo la dirección de F.J. Toledo y M.J. Cánovas, y D. Klatte (Universidad de Zurich), quien formó parte del tribunal de dicha tesis. La visita de J. Parra y M.J. Cánovas a la Universidad Carlos III de Madrid los días del 5 al 11 de abril de 2021 supuso un avance notable en el desarrollo de este trabajo.

C.5 Constantes de Hoffman y otras medidas globales de la estabilidad (responsable: Juan Parra López)

M.J. Cánovas y J. Parra se encuentran dirigiendo la tesis doctoral de Jesús Camacho (contratado predoctoral con cargo a un proyecto del Ministerio de Ciencia e Innovación) desde noviembre de 2020. Durante el año 2021 han mantenido reuniones frecuentes presenciales en la UMH con el fin de avanzar en las líneas de investigación de la tesis. El presente objetivo entronca con las líneas de investigación de dicha tesis, encontrándose parcialmente subvencionado por ambos proyectos (GVA-PROMETEO y el mencionado anteriormente). Los resultados de investigación obtenidos en relación con este objetivo se encuentran en los recientes trabajos [CCP22a] y [CCP22b], ambos se encuentran en revisión en revistas muy prestigiosas (Q1 del JCR) del campo de la Optimización y temas relacionados.

C.6 Estabilidad de problemas minimax (responsable: María Josefa Cánovas Cánovas)

Tras la visita de J. Parra y M.J. Cánovas en 2018 al Stevens Institute of Technology, Hoboken (NJ, EEUU) y como consecuencia de las reuniones mantenidas durante esta visita con los profesores D. Dentcheva y A. Ruszczyński, expertos en Optimización Estocástica, surgió la idea que finalmente ha dado lugar al trabajo [CP21] que se encuentran en revisión en una revista del JCR. Desde aquel momento de la visita, se ha producido un intercambio científico por email de Parra y Cánovas con Dentcheva y A. Ruszczyński, existiendo, de hecho, un compromiso de visita de estos últimos a la UMH cuando las circunstancias relativas a la actual pandemia sean favorables.

C.7 Optimización bajo incertidumbre y métrica de Hausdorff (responsable: Juan Parra López)

El trabajo [BCLP21] aborda parcialmente este objetivo y ha sido consecuencia de la colaboración de M. J. Cánovas y J. Parra con los profesores Marco Antonio López (Professor Emérito de la Universidad de Alicante, director de tesis de Cánovas y Parra) y Gerald Beer (California State University Los Angeles -CAL State LA-, California). Las actividades llevadas a cabo en relación con este objetivo han sido múltiples reuniones de M.J. Cánovas y J. Parra con M.A. López en la UMH y en la Universidad de Alicante, estableciendo contacto online con G. Beer. El contacto directo de Cánovas y Parra con Beer comenzó en 2017 con la visita de los dos primeros a la CAL State LA y la posterior visita de G. Beer a la UMH en 2018 y 2019.

BLOQUE D. MÉTODOS NUMÉRICOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA CIENCIA DE DATOS

D.1 Algoritmos computacionalmente eficientes en ciencia de datos (responsable: José Juan López Espín)

En este periodo se ha trabajado en el desarrollo de nuevos métodos para estimar modelos de ecuaciones simultáneas basados en parámetros de entropía. El diseño de los algoritmos desarrollados para encontrar dichos parámetros se basa en la minimización de la entropía de Shannon [1] y en una nueva medida de entropía propuesta por Amigó et al. en la Ref. [2], siendo los resultados comparados con los obtenidos mediante otros métodos clásicos como AIC o BIC [3,4]. Fruto de esta investigación ha sido un artículo en una revista Q1 con índice de impacto 2.258 (véase Sección C3).

[1] Lombardi, O.; Holik, F.; Vanni, L. What is Shannon information? *Synthese* 2016, 193, 1983–2012.

[2] Amigó, J.M.; Balogh, S.G.; Hernández, S. A Brief Review of Generalized Entropies. *Entropy* 2018, 20, 813.

[3] Akaike, H. *Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle*; Springer: New York, NY, USA, 1998

[4] Findley, D.F. Counterexamples to parsimony and BIC. *Ann. Inst. Stat. Math.* 1991, 43, 505–514.

Además se ha trabajado en el desarrollo de algoritmos en altas prestaciones para la predicción de observaciones futuras basadas en la relación entre variables que otorga el modelo de ecuaciones simultáneas. Dichos algoritmos están siendo desarrollados y estudiados en memoria compartida (OpenMP) y en programación en tarjetas gráficas GPU (Cuda), línea en la cual se esperan resultados pronto y en la que hay un alumno de doctorado realizando la tesis.

D.2 Gestión de grandes bases de datos (responsable: Juan Francisco Monge Ivars)

Durante el año 2021 se han desarrollado las siguientes actividades en relación a la línea de investigación D2:

(1) Reuniones semanales entre el profesor Juan Francisco Monge, la profesora Mercedes Landete y el estudiante de doctorado Alejandro Moyá.

(2) Reuniones periódicas entre el profesor Juan Francisco Monge y los profesores Laureano Escudero de la Universidad Rey Juan Carlos y Jordi Castro de la Universidad Politécnica de Cataluña.

(3) Reuniones periódicas entre el profesor Juan Francisco Monge y los profesores Mercedes Landete y Javier Alcaraz.

D.3 Control de la Congestión en Internet (responsable: Ángel Giménez Pastor)

Las actividades que han desarrollado en 2021 los investigadores en este objetivo han sido las siguientes

(1) Estudio teórico de modelos matemáticos de mecanismos de gestión activa de colas (AQM) para el control de la congestión en internet.

(2) Diseño de nuevos algoritmos de gestión activa de colas.

(3) Simulación computacional de algoritmos de gestión activa de colas en redes de internet utilizando el software NS-3.

Además, previamente, también se trabajó en los siguientes temas:

(4) Diseño de catéteres ventriculares para el tratamiento de la hidrocefalia.

(5) Simulación numérica de flujos a través de catéteres ventriculares mediante Dinámica de Fluidos Computacionales utilizando el software OpenFOAM.

D.4 Métodos de la Inteligencia Artificial (responsable: José María Amigó García)

Las actividades desarrolladas en 2021 en el ámbito de la Inteligencia Artificial, y más concretamente en el área del Aprendizaje Automático (*deep learning*), han sido las siguientes:

(1) Actividades de investigación en el marco de la tesis doctoral de Adrián Hernández Rodríguez sobre aprendizaje automático y programación diferenciable, dirigida por el profesor José María Amigó. En esta línea de investigación se ha realizado un análisis de la aplicación y limitaciones de los métodos tradicionales del aprendizaje automático en el modelado de sistemas dinámicos y complejos, y se han propuesto nuevas técnicas diferenciables con mecanismos de atención para superar las limitaciones. Fruto de este análisis ha sido la publicación de un artículo de impacto [Ref. 1 en C3], que complementa un capítulo de libro [Ref. 2 en C3] sobre integración de machine learning y neurociencias.

(2) El doctorando Adrián Hernández impartió la ponencia titulada “*Differentiable programming to extend and characterize deep learning*” en el *International Workshop on Mathematical Methods in Data Analysis and Differential Equations*, celebrado en el Centro de Investigación Operativa de la Universidad de Elche, los días 19 y 20 de noviembre de 2021.

(3) Colaboración con el grupo de investigación del Prof. Gilles Millerioux de la Universidad de Lorraine (Francia) sobre la evaluación de modelos con *Graph Neural Networks* y mecanismos de atención en problemas de sistemas dinámicos y redes. El Prof. Millerioux es un experto en criptografía y seguridad. Esta colaboración ha dado lugar a un artículo que será enviado a una revista de impacto en las próximas semanas.

(4) Reuniones de trabajo del profesor José M^a Amigó con su doctorando Juan Carlos King Pérez, quien está haciendo una tesis doctoral sobre aprendizaje automático y predicción en series temporales. Actualmente, Juan Carlos King está preparando algoritmos de predicción mediante redes neuronales recurrentes, convolucionales y redes *feedforward*. El paso siguiente será la integración y mejora de los diferentes algoritmos.

(5) Reuniones de trabajo del profesor José M^a Amigó con su doctorando Oliver Millán Blasco, quien está comenzando una

tesis doctoral sobre aprendizaje automático y computación cuántica.

C.2 Cumplimiento de los objetivos propuestos en la actuación

BLOQUE A: TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS

En el marco del BLOQUE A (Tratamiento de la Información y Métodos Estadísticos) del proyecto DATOS, el cumplimiento de los objetivos propuestos en la actuación ha sido satisfactorio. En lo sucesivo se describen los logros alcanzados.

A.1. Estadística pública - estimación en áreas pequeñas

En este apartado, los objetivos y actividades propuestos para el año 1 persiguen el desarrollo de metodología estadística basada en modelos multivariantes con efectos aleatorios. Para ello se han introducido modelos, tanto al nivel de la unidad muestral como a niveles de agregados, para la predicción óptima de indicadores de áreas pequeñas dependientes de varias variables. También se ha trabajado en la predicción óptima de composiciones de áreas pequeñas con aplicaciones a datos socioeconómicos. Estos objetivos se han ido desarrollando y cumpliendo de la siguiente forma.

1. Hemos publicado en la editorial Springer un libro sobre estimación en áreas pequeñas y modelos mixtos.
2. Hemos publicado 4 artículos de metodología estadística basada en modelos lineales mixtos multivariantes, incluyendo el tratamiento de datos faltantes.
3. Hemos publicado 2 artículos que proponen predictores empíricos y óptimos para composiciones y proporciones de clase.
4. Hemos presentado 2 comunicaciones en la conferencia internacional de estimación en áreas pequeñas SAE2021, celebrada en Nápoles, Italia.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (3 publicaciones) se ha cumplido al 100%.

A.2-A.3. Estadística para ciencias medioambientales, de la salud y la epidemiología

En este apartado, los objetivos y actividades propuestos para el año 1 abordan la introducción y el estudio de modelos de correlación temporal para estimación en áreas pequeñas, con posibles aplicaciones en ciencias medioambientales, de la salud y epidemiología. Estos objetivos se han ido desarrollando y cumpliendo de la siguiente forma.

1. Hemos publicado 6 artículos de metodología estadística para datos temporales basada en modelos con efectos aleatorios. La investigación incluye aplicaciones al mapeo de la prevalencia de la hipertensión o de la incidencia de problemas depresivos en regiones de Alemania.
2. Hemos publicado 2 artículos de metodología estadística aplicada a datos de COVID-19
3. Hemos presentado 2 comunicaciones en conferencias internacionales de estimación en áreas pequeñas SAE2021 y de estadística medioambiental (GRASPA2021). En este caso destacan los procedimientos basados en modelos mixtos de Poisson para la modelización y predicción de conteos de incendios, con aplicaciones a datos de incendios en Galicia.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (2 publicaciones) se ha cumplido al 100%.

A.4. Estadística para las ciencias de datos

En este apartado, los objetivos y actividades propuestos para el año 1 están relacionados con modelos lineales para datos fuertemente correlacionados o de alta dimensión, con modelos de regresión regularizada y con técnicas de estadística robusta y no paramétrica. Además, hemos realizado aplicaciones a datos de salud pública y datos genotipados.

Estos objetivos se han ido desarrollando y cumpliendo de la siguiente forma.

1. Hemos publicado 2 artículos de metodología estadística robusta para modelos lineales mixtos y modelos lineales generalizados mixtos, para datos temporales. La investigación incluye una aplicación a la estimación de la prevalencia de esclerosis múltiple a nivel de distrito en Alemania utilizando registros de seguros de salud.
2. Hemos publicado un artículo con un algoritmo de reglas de decisión incremental, empleando un enfoque probabilístico y dinámico para problemas de flujo de datos decisionales.
3. Hemos publicado un artículo sobre diseño industrial en el sector del calzado
4. Hemos colaborado en la publicación de 2 artículos de investigación en ciencias de la salud relacionados con estudios de dolor y de autismo.
5. Hemos trabajado en la aplicación de la teoría de juegos para la reducción de la dimensión de conjuntos de datos mediante la selección de características. En particular, utilizamos los conocidos valores de Shapley y Banzhaf para seleccionar los mejores atributos y comparamos los resultados de selección con los obtenidos por otras técnicas de selección de atributos en la literatura sobre clasificación.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (3 publicaciones) se ha cumplido al 100%.

BLOQUE B: MODELIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN APLICADA

B.1. Gestión de recursos en el ámbito social

B.1.1. Localización y rutas

(Actividad B2021-11) La colaboración entre los profesores Mercedes Landete, Juan Francisco Monge y su estudiante Alejandro Moya Martínez ha dado lugar a una publicación en *Mathematics* sobre localización de servicios.

(Actividad B2021-15) La colaboración entre la profesora Mercedes Landete y los profesores Hipólito Henrández Pérez e Inmaculada Rodríguez Martín ha dado lugar a una publicación en *Computer of Operations Research* sobre una generalización del problema del vendedor ambulante de recogida y entrega de un producto en el que cada cliente suministra o demanda una cantidad determinada de un determinado producto.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

B.1.2. Problemas de ordenación.

(Actividad B2021-2) La colaboración entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano y el profesor Ricardo Martínez Rico ha dado lugar a un trabajo sobre adjudicación en licitaciones públicas que está en estos momentos en revisión en una revista para su posible publicación. Este trabajo analiza cómo ordenar las ofertas de los licitadores de acuerdo con los criterios de adjudicación de forma justa y evitando problemas de manipulabilidad por parte de los licitadores.

(Actividad B2021-13) La colaboración entre los profesores Juan Francisco Monge, Mercedes Landete y Javier Alcaraz ha dado lugar a una publicación en el libro "*The Palgrave Handbook of Operations Research*" sobre agregación de órdenes.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

B.1.3. Programación de proyectos con varios objetivos

(Actividad B2021-19) La colaboración entre los profesores Javier Alcaraz, Laura Antón y Francisco Saldanha (Universidad de Lisboa) ha dado lugar a un trabajo en el que se ha definido un nuevo problema, el de la programación de proyectos con recursos limitados y costes de los recursos dependientes del tiempo. Este problema se estudia desde un enfoque multiobjetivo, con técnicas exactas y metaheurísticas, que han sido diseñadas e implementadas para ello. Este trabajo ha sido enviado y se encuentra en revisión en una revista de impacto.

(Actividad B2021- 20) La colaboración entre los profesores Javier Alcaraz, Mercedes Landete y Martine Labbé (Universidad de Bruselas) ha dado lugar a un trabajo en el que se estudia el problema del SVM, desde una perspectiva puramente bi-objetivo, sin combinar ambos objetivos en una única función. Se ha elaborado un trabajo que se ha enviado a una revista de impacto y se encuentra actualmente en revisión.

(Actividad B2021 – 21) La colaboración entre los profesores Javier Alcaraz, Mercedes Landete y el estudiante de doctorado Daniel Valero se está centrando también en un estudio sobre los mejores criterios a usar en técnicas multiobjetivo para llevar a cabo la clasificación mediante la técnica del SVM. El trabajo se está desarrollando actualmente.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 60%.

B.1.4. Eficiencia de organizaciones mediante análisis DEA

(Actividad B2021-18) La colaboración entre los profesores José Luis Ruiz e Inmaculada Sirvent ha dado lugar a una publicación en *Journal of the Operational Research Society* donde se plantea un método de establecimiento de planes de mejora alternativos dentro de un enfoque clásico de problemas de toma de decisiones. Se han sentado además las bases de tres líneas de trabajo. La primera, la búsqueda de modelos de benchmarking basados en tecnologías en las que se relaje la hipótesis de convexidad. La segunda, el análisis computacional de problemas en el que las tecnologías no sean convexas. La tercera, que ya ha dado lugar a un trabajo que en estos momentos está bajo revisión, propone un enfoque novedoso de la evaluación cruzada de la eficiencia, como técnica para la elaboración de rankings, basado en la descripción de las fronteras de las tecnologías tipo DEA en términos de todas las caras maximales que las componen.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

B.2. Competencia, colaboración y microeconomía

B.2.1. Colaboración

El profesor Joaquín Sánchez Soriano está colaborando el profesor Manuel Pulido de la Universidad de Murcia y con el profesor Ricardo Martínez de la Universidad de Granada en sendos problemas reparto de costes/beneficios en colaboración en logística, se han dado los primeros pasos y se dispone de sendos modelos.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (0 o 1 publicación) se ha cumplido al 40%.

B.2.2. Medidas de atribución

(Actividad B2021-4) La colaboración entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano, su estudiante Francisco López Navarrete y el profesor Óscar Martínez Bonastre ha dado lugar a un trabajo, que en estos momentos está en revisión en una revista para su posible publicación, sobre la atribución de la generación de ingresos procedentes de la actividad de los usuarios en una plataforma de vídeos.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

B.2.3. Gestión de inventarios

(Actividades B2021-6 y B2021-7) La colaboración entre la profesora Ana Meca y los profesores Juan Carlos Gonçalves (UMH) y Fernando Bernstein (Duke University, USA) ha dado lugar a un trabajo relacionado con las ventajas de compartir

información sobre la demanda en modelos de inventario, que está desarrollándose actualmente.

Por otra parte, la colaboración entre la profesora Ana Meca y los profesores Justo Puerto (Universidad de Sevilla) y Luis A. Guardiola (Universidad de Alicante) estudia la cooperación modelos de producción e inventario con revisión periódica.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (0 o 1 publicación) se ha cumplido al 75%.

B.2.4. Sistemas multi-agente

La colaboración entre la profesora Ana Meca Martínez, su estudiante Antonio J. Mayor Serra y el profesor José Antonio García Martínez hace que la tesis doctoral del estudiante, en esta línea, vaya avanzando a buen ritmo. Se ha realizado un primer artículo “Efficient Effort Equilibrium in Cooperation with Pairwise cost reduction” y se ha enviado para su publicación en una revista del JCR.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (0 o 1 publicación) se ha cumplido al 60%.

B.3. Optimización de recursos en el ámbito de la salud

B.3.1. Planificación y gestión de bienes sanitarios

(Actividad B2021-2) La colaboración entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano y el profesor Ricardo Martínez Rico ha dado lugar a una publicación en Journal of Mathematical Biology sobre la relevancia de la comorbilidad en el desenlace de otra enfermedad. Como caso estudio se presenta una aplicación a la comorbilidad en la pandemia de la COVID19.

En estos momentos hay un trabajo en revisión en una revista sobre el diseño de rutas para la recogida de desechos médicos.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

B.3.2. Modelos de dispersión

(Actividad B2021-14). La colaboración entre el profesor Juan Francisco Monge y los profesores Laureano Escudero y Jordi Castro ha dado lugar a un trabajo, que en estos momentos está en revisión en una revista de alto impacto para su publicación. El artículo aborda un problema de grandes dimensiones en la cadena de suministro, problema con más de 800 millones de variables y 20 millones de restricciones. En el trabajo se presenta un algoritmo de descomposición basado en el algoritmo de punto interior.

En estos momentos hay sendos trabajos en revisión en revistas sobre problemas de localización y problemas de dispersión con capacidades.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (0 publicación) se ha cumplido al 100%.

B.3.3. Contabilidad de gestión

(Actividad B2021-8) La colaboración entre la profesora Ana Meca Martínez, su estudiante Gerardo A. Vergara Mesa y el profesor José Antonio García Martínez hace que se progrese adecuadamente en la tesis doctoral del estudiante. En concreto, se ha elaborado un primer trabajo “Cooperative Purchasing with General Discount: A Game Theoretic Approach” que se va a enviar en breve a una revista del JCR.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (0 o 1 publicación) se ha cumplido al 65%.

B.4. Evaluación de políticas públicas y gestión de recursos bajo restricciones medioambientales

B.4.1. Optimización del impacto de la producción y de la acción del ser humano

(Actividad B2021-3) Los profesores Carlos Gutiérrez Hita y Joaquín Sánchez Soriano, en colaboración con su estudiante José María García Ballesta han iniciado la investigación sobre el impacto de la competencia en el transporte por ferrocarril y también sobre el efecto de la COVID19 en la demanda del transporte ferroviario de pasajeros.

(Actividad B2021-16) La colaboración entre la profesora Mercedes Landete y su estudiante David Antonio de Santis hace que se progrese adecuadamente en la tesis doctoral del estudiante. Dicha tesis trata sobre problemas de redes de transporte para la minimización del impacto ambiental.

(Actividad B2021-24). Los profesores Carlos Gutiérrez Hita (UMH), José Vicente Pérez (UA) y Marc Escrihuela Villar (UIB) han realizado un estudio sobre el efecto de las compañías públicas en la mitigación del poder de mercado de las compañías de generación eléctrica (trabajo enviado a la revista Energy Economics). Carlos Gutiérrez Hita (UMH) y Santiago Budría Rodríguez (UAN) están realizando un estudio sobre la colaboración entre empresas del sector de las telecomunicaciones y el desarrollo de la competencia en el mercado. Además, han comenzado una nueva línea de investigación junto con el profesor Shahriyar Nasirov (investigador María Zambrano, UMH) sobre el efecto de la pandemia provocada por el COVID-19 en la asignación de recursos energéticos en el mercado eléctrico.

(Actividad B2021-25). El profesor Carlos Gutiérrez Hita y su estudiante de doctorado Soumaya Amassaghrou han publicado el artículo de investigación perteneciente a la tesis de Soumaya Amassaghrou “An assessment of the liberalization and the

evolution of competition in the Moroccan mobile market” en la revista Telecommunications Policy. Carlos Gutiérrez y la estudiante de doctorado Tatiana Troinina desarrollan un modelo de competencia en el mercado del gas para analizar el poder de mercado de la empresa GAZPROM en el mercado Ruso y europeo del gas.

(Actividad B2021-26). Durante la estancia de investigación en la UAN con el profesor Santiago Budría (UAN) el profesor Carlos Gutiérrez Hita ha escrito el paper “Testing market power in the Chilean Mobile Market”, enviado a la revista International Journal of Production Economics.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

B.4.2. Mejora de la eficiencia y productividad

(Actividad B2021-17) La colaboración entre los profesores Juan Aparicio, Lidia Ortiz y Magdalena Kapelko ha dado lugar a un trabajo, en estos momentos en revisión, sobre una nueva medida de eficiencia técnica en el contexto de la producción de subproductos contaminantes. En particular, dicho artículo contribuye a la investigación en el campo de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) y la medición de la ineficiencia de las empresas proponiendo un nuevo método para evaluar la contabilidad de la ineficiencia de las actividades de RSC de las empresas.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 80%.

B.4.3. Gestión y control de emisiones contaminantes

(Actividad B2021-1) La colaboración entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano, su estudiante Rick K. Acosta Vega y la profesora Encarnación Algaba Durán ha dado lugar a una publicación en Annals of Operations Research sobre la gestión y control de emisiones contaminantes a la atmósfera y un trabajo, que está en estos momentos en revisión en una revista para su posible publicación, sobre la gestión y control de vertidos contaminantes a las aguas. Por otra parte, La colaboración entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano, la profesora Encarnación Algaba Durán y su estudiante Jesús Martínez Lozano han iniciado un trabajo sobre la gestión medioambiental de gases efecto invernadero a la atmósfera, en particular sobre cómo llevar a cabo su reducción y su impacto en los sectores económicos, que incluye todas las emisiones de gases más relevantes, es decir, no solo se analiza el CO₂ sino también otros gases como el metano (CH₄) o el óxido nitroso (N₂O) entre otros.

(Actividad B2021-5) La colaboración entre el profesor Joaquín Sánchez Soriano y los profesores Juan Antonio Duro, Cori Vilella y José Manuel Giménez ha dado lugar a un primer trabajo, del que se tiene una primera versión, sobre la reducción justa de las emisiones de CO₂ a nivel global hasta el año 2050 y su impacto en el bienestar, en términos de PIB, de las distintas regiones económicas.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (0 o 1 publicaciones) se ha cumplido al 100%.

B.4.4. Cadenas de suministro

Las reuniones online de la profesora Ana Meca Martínez y la profesora Greys Sosic de la Universidad de California (EE.UU.) ha dado lugar a una idea para comenzar a trabajar sobre un tema relacionado con las cadenas de suministro.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (0 o 1 publicaciones) se ha cumplido al 40%.

BLOQUE C MATEMÁTICA APLICADA Y FUNDAMENTOS DE OPTIMIZACIÓN

C.1. Matemáticas aplicadas a la ingeniería (responsable: Francisco Javier Toledo Melero)

Duración estimada: 4 años. Publicaciones esperadas en los 4 años: 4. Publicaciones en el primer año: 1

Porcentaje de consecución en el primer año respecto del total: 30%

Fruto de la investigación realizada en los últimos años y las reuniones de trabajo mantenidas por el equipo PVmodel en 2021, se ha conseguido desarrollar una nueva estrategia numérica para resolver la ecuación característica del SDM. La idea principal se ha basado en una reparametrización de la ecuación de Lambert que está estrechamente relacionada con la torre de potencias infinitas, cuyas cotas conocidas han servido como semillas de los métodos numéricos numéricos posteriormente utilizados. La estrategia numérica propuesta es potente para ciertos valores "pequeños" del argumento de la función W de Lambert, pero se combina con otra reexpresión de la ecuación de Lambert para los valores "grandes" restantes. Esta estrategia es tan precisa en muy pocas iteraciones que puede incluso transformarse en una fórmula explícita aproximada. Los resultados obtenidos se han comparado con algunas de las mejores opciones de la literatura y los resultados experimentales prueban la superioridad de la metodología propuesta con respecto a las mencionadas opciones. El trabajo correspondiente [THBG21] ha sido aceptado en la revista “IEEE Journal of Photovoltaics”

C.2. Modelos con retardo aplicados a las ciencias actuariales (responsable: José Valero Cuadra)

Duración estimada: 3-4 años. Publicaciones esperadas en los 4 años: 3 o 4. Publicaciones en el primer año: 2 (1 publicado, 1 enviado)

Porcentaje de consecución en el primer año respecto del total: 60%

Fruto del trabajo conjunto con el investigador Francisco Morillas (universidad de Valencia) se ha desarrollado ya por completo un modelo de evolución no local de la mortalidad con retardos, completando tanto el análisis teórico como numérico. Los

resultados predictivos han demostrado ser bastante mejores a largo plazo que en el modelo sin retardos. Estos resultados se han publicado en la revista Mathematics [MV21]. Además, se ha desarrollado ya un modelo de evolución no local estocástico de la mortalidad, obteniéndose también resultados teóricos y numéricos. A partir de éstos se ha escrito un artículo que se encuentra en proceso de revisión en la revista Stochastics and Dynamics [CMV21].

Para completar los objetivos de esta sección, es necesario mejorar el modelo estocástico mediante la consideración de retardos, trabajo que se encuentra ya en proceso de desarrollo, y que dará lugar a otra publicación.

C.3. Estructura de los atractores de ecuaciones de reacción-difusión (responsable: José Valero Cuadra)

Duración estimada: 4 años. Publicaciones esperadas en los 4 años: 6. Publicaciones en el primer año: 3 (2 publicados, 1 aceptado)

Porcentaje de consecución en el primer año respecto del total: 35%

En los trabajos [V21], [CCMV21] se han publicado, respectivamente, los resultados relativos a la estructura del atractor para una inclusión diferencial de reacción-difusión gobernada por una función discontinua de tipo Heaviside en el cono positivo y a la existencia y estabilidad de los puntos fijos, así como la estructura gradiente del atractor, para una ecuación de reacción-difusión no local. De esta manera, se han desarrollado por completo los objetivos del primer año.

Por otro lado, fruto del trabajo conjunto con la doctoranda Estafani Moraes se ha realizado una revisión del estado de arte de la teoría del índice de Conley. Aplicando esta teoría se han conseguido establecer las conexiones entre los puntos fijos de una ecuación de Chaffee-Infante no local, describiendo de forma exhaustiva la estructura del atractor global. Estos resultados han sido aceptados en la revista Journal of Mathematical Analysis and Applications [MV21].

C.4 Medidas locales de estabilidad en optimización lineal y convexa (responsable: María Josefa Cánovas Cánovas)

Duración estimada: 4 años . Publicaciones esperadas en los 4 años: 4. Publicaciones en el primer año:3

Porcentaje de consecución en el primer año respecto del total: 25%

Los trabajos [ACP21] y [CGLP21] abordan diferentes medidas locales de estabilidad en optimización lineal. El primero analiza la propiedad de “calmness” del conjunto factible asociado a un sistema de restricciones bajo perturbaciones dirigidas (perturbaciones con una estructura determinada). La propiedad de calmness analiza, en términos informales, tasas de expansión del conjunto factible bajo perturbaciones de los datos. Este trabajo estuvo motivado inicialmente por su aplicación en el contexto de métodos de punto interior. Por su parte, [CGLP21] se ocupa del módulo de Lipschitz del valor óptimo que proporciona una medida de la variación de dicho valor bajo perturbaciones de los datos. El mismo trabajo analiza también el módulo de Lipschitz global, conectando con el objetivo C.5. El trabajo [CDLP21] está parcialmente relacionado con este objetivo, pues proporciona un enfoque dual de la estabilidad.

C.5 Constantes de Hoffman y otras medidas globales de la estabilidad (responsable: Juan Parra López)

Duración estimada: 3 años. Publicaciones esperadas en los 3 años: 4. Publicaciones en el primer año: 0 (2 enviados)

Porcentaje de consecución en el primer año respecto del total: 20%.

Los trabajos [CCPa] y [CCPb] entroncan directamente con este objetivo. El primero se ocupa del módulo de Hoffman del conjunto factible. Para su estudio, los autores introducen nuevas propiedades intermedias entre “calmness” y la propiedad de Hoffman, propiedades de naturaleza semilocal en el sentido de que se analiza la evolución del conjunto factible en su totalidad (no solo alrededor de un punto dado) para ligeras perturbaciones de los datos. Una de tales propiedades es la denominada “Lipschitz upper semicontinuity”. Por su parte, el segundo trabajo analiza esta última propiedad para el conjunto de soluciones óptimas. Queda pendiente, como tarea para un futuro cercano el estudio de estas propiedades para la función valor óptimo y el estudio de sus contrapartidas de regularidad métrica.

C.6 Estabilidad de problemas minimax (responsable: María Josefa Cánovas Cánovas)

Duración estimada: 2 años. Publicaciones esperadas en los 2 años: 2. Publicaciones en el primer año: 0 (1 enviado)

Porcentaje de consecución en el primer año respecto del total: 40%.

El desarrollo del presente objetivo se preveía para el segundo año (2022); sin embargo, diferentes circunstancias han hecho que se inicien las tareas de investigación en el primer año. Una de tales circunstancias fue la invitación por parte de los editores de la revista (del JCR) Set Valued and Variational Analysis para contribuir en un número especial dedicado a M.A. Goberna en ocasión de su 70 cumpleaños. Dado que se tenían unas ideas preliminares acerca de cómo abordar el problema de la estabilidad del valor óptimo en un problema parametrizado de optimización bajo condiciones de incertidumbre, los autores se concentraron en desarrollar las herramientas necesarias para su desarrollo. Particularmente, este trabajo introduce dos nociones de solución óptima para un problema de optimización lineal con incertidumbre en todos sus coeficientes (incluida la función objetivo) basadas en el enfoque pesimista (optimizar en las peores circunstancias) y haciendo uso del clásico teorema de Sion para problemas “minmax”.

C.7 Optimización bajo incertidumbre y métrica de Hausdorff (responsable: Juan Parra López)

Duración estimada: 2 años . Publicaciones esperadas en los 2 años: 3. Publicaciones en el primer año: 1 (enviados)

Porcentaje de consecución en el primer año respecto del total: 40%.

Este objetivo también ha comenzado a abordarse antes de lo previsto, motivados por la invitación a contribuir en un número especial de la revista Mathematical Programming dedicado al profesor M.A. López en su 70 cumpleaños. Parte de los resultados se establecieron, de hecho, en 2020 y 2021 ha constituido un año de revisión y mejora de los resultados obtenidos

hasta su publicación final en dicha revista. El trabajo proporciona una fórmula exacta para el módulo de Lipschitz del conjunto factible de sistemas lineales, con extensiones al caso convexo, identificando el conjunto de todos los vectores de coeficientes del sistema con el propio parámetro. Este enfoque permite perturbar un sistema cambiando incluso su conjunto de índices (y permitiendo, por tanto, el empleo de técnicas de discretización). El tamaño de las perturbaciones se mide a través de la distancia de Hausdorff entre conjuntos

BLOQUE D. MÉTODOS NUMÉRICOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA CIENCIA DE DATOS

D.1 Algoritmos computacionalmente eficientes en ciencia de datos (responsable: José Juan López Espín)

Los objetivos propuestos para este periodo han sido cubiertos parcialmente ya que se planificó trabajar en algoritmos en altas prestaciones para modelos de ecuaciones simultáneas tanto en MPI, OpenMP y GPU, no habiéndose desarrollado la parte de memoria distribuida (MPI), por lo que esta tarea es objetivo prioritario para el siguiente periodo. Por el contrario, se ha trabajado en nuevas medidas de *parameter criteria* basadas en la entropía, lo cual no estaba previsto hasta que el proyecto estuviera más avanzado.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

D.2 Gestión de grandes bases de datos (responsable: Juan Francisco Monge Ivars)

La colaboración entre el profesor Juan Francisco Monge, responsable de esta línea de investigación, y los profesores Laureano Escudero y Jordi Castro han dado lugar a un trabajo que, en estos momentos, está en revisión en una revista de impacto para su publicación. El artículo aborda un problema de grandes dimensiones en la cadena de suministro, problema con más de 800 millones de variables y 20 millones de restricciones. En este trabajo se presenta un algoritmo de descomposición basado en el llamado algoritmo de punto interior.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

D.3 Control de la Congestión en Internet (responsable: Ángel Giménez Pastor)

Las actividades 1-3 del apartado C.1. son las relacionadas con los objetivos del proyecto DATOS. Como resultado de esas actividades se ha diseñado un nuevo algoritmo de gestión activa de colas (denominado BetaRED) sencillo, flexible y robusto, que proporciona una buena estabilidad y rendimiento en un amplio rango de parámetros [Ref. 1 de C.3]. Más aún, BetaRED necesita un ajuste de los parámetros según las características de la red y el escenario de congestión. Con el fin de reducir el número de parámetros de ajuste del usuario se han propuesto dos algoritmos dinámicos adicionales que hemos denominado ABetaRED y DBetaRED (basados en BetaRED) y se han comparado (mediante simulaciones numéricas en NS-3) con algoritmos dinámicos de referencia como ARED, CoDel y PIE, obteniendo resultados comparables e incluso superándolos en determinados escenarios. En particular, DBetaRED estabiliza la longitud de las colas, mejora el rendimiento y reduce las pérdidas de paquetes, en comparación con otros algoritmos AQM representativos, especialmente en escenarios de congestión severa.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.

D.4 Métodos de la Inteligencia Artificial (responsable: José María Amigó García)

Todas las actividades de investigación realizadas en 2021 y descritas en el Apartado C.1 de este informe, relativas a la Línea de Investigación D.4, están relacionadas directamente con el aprendizaje automático y, por tanto, con los métodos de la Inteligencia Artificial. En efecto:

- (1) Las tesis doctorales de Adrián Hernández, Juan Carlos King y Oliver Millán investigan distintos aspectos y aplicaciones del aprendizaje automático.
- (2) La colaboración en curso con el Prof. G. Millerioux (Universidad de Lorraine, Francia) trata también cuestiones del aprendizaje automático que son relevantes para el proyecto DATOS.

El grado de cumplimiento de los objetivos del año 1 (1 publicación) se ha cumplido al 100%.



C.3 Impacto de los resultados obtenidos evidenciados, entre otros, mediante la difusión de resultados en publicaciones, revistas científicas, libros, presentaciones en congresos, en acciones de transferencia, en patentes, en internacionalización de las actividades, en colaboraciones con grupos nacionales e internacionales y, en su caso, en la formación de personal investigador

BLOQUE A: TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS

En el marco del BLOQUE A (Tratamiento de la Información y Métodos Estadísticos) del proyecto DATOS, los investigadores realizaron las siguientes actividades.

A.1. Estadística pública - estimación en áreas pequeñas

En este apartado se han estudiado: A.1.1 modelos multivariantes con efectos aleatorios y A.1.2 modelos para datos composicionales. Para cada apartado, se han realizado las siguientes actividades:

A.1.1. Modelos multivariantes con efectos aleatorios. Se han introducido los modelos tanto al nivel de la unidad muestral como a niveles de agregados. Se han desarrollado procedimientos de predicción óptima de indicadores de áreas pequeñas dependientes de varias variables. El *objetivo mínimo* es 2 publicaciones en 24 meses. Como resultado de la investigación, se tienen las siguientes *publicaciones*:

D. Morales, M.D. Esteban, A. Pérez, T. Hobza (2021). A course on small area estimation and mixed models. Springer. ISBN: 978-3-030-63756-9.

J.P. Burgard, M.D. Esteban, D. Morales, A. Pérez. (2021). Small area estimation under a measurement error bivariate Fay-Herriot model. *Statistical Methods and Applications*. Vol. 30, N. 1, 79-108.

M.D. Esteban, M.J. Lombardía, E. López-Vizcaíno, D. Morales, A. Pérez (2021). Small area estimation of expenditure means and ratios under a unit-level bivariate linear mixed model. *Journal of Applied Statistics*. DOI: 10.1080/02664763.2020.1803809.

J. Fúquene, C. Cristancho, M. Ospina, D. Morales (2021). Fay-Herriot model-based prediction alternatives for estimating households with emigrated members. *Journal of Official Statistics*. Vol. 37, No. 3, 2021, 771–789.

J.P. Burgard, D. Morales, A.L. Wölwer (2021). Small area estimation of socioeconomic indicators for sampled and unsampled domains. *AStA Advances in Statistical Analysis*. DOI: 10.1007/s10182-021-00426-4.

Además, se han presentado las siguientes comunicaciones en congresos científicos:

A.L. Wolwer, J.P. Burgard, D. Morales, R. Muennich (2021). Best Prediction of Missing Area-Level Direct Estimates via Multivariate Modeling. SAE2021 Conference on Big Data for Small Area Estimation, 20-24 de septiembre de 2021. Nápoles, Italia.

D. Morales, M.D. Esteban, M.J. Lombardía, E. López-Vizcaíno, A. Pérez (2021). Empirical best prediction of bivariate nonlinear small area indicators. SAE2021 Conference on Big Data for Small Area Estimation, 20-24 de septiembre de 2021. Nápoles, Italia.

A.1.2. Modelos para datos composicionales. Predicción óptima de composiciones de áreas pequeñas con aplicaciones a datos socioeconómicos. El *objetivo mínimo* es 1 publicación en 24 meses. Como resultado de la investigación, se tienen las siguientes *publicaciones*:

O. Faltys, T. Hobza, D. Morales (2021). Small area estimation under area-level generalized linear mixed models. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*. DOI: 10.1080/03610918.2020.1836216.

J.P. Burgard, J. Krause, D. Morales (2022). Robust prediction of domain compositions from uncertain data using isometric logratio transformations in a penalized multivariate Fay-Herriot model. *Statistica Neerlandica*. Vol. 76, 65-96.

A.2-A.3. Estadística para ciencias medioambientales, de la salud y la epidemiología

Se han introducido y estudiado modelos de correlación temporal para estimación en áreas pequeñas. El *objetivo mínimo* es 2 publicaciones en 24 meses. Como resultado de la investigación, se tienen las siguientes *publicaciones*:

R. Benavent, D. Morales (2021). Small area estimation under a temporal bivariate area-level linear mixed model with independent time effects. *Statistical Methods and Applications*. Vol. 30, N. 1, 195-222.

M.D. Esteban, D. Morales, A. Pérez, S. Sperlich (2021). On model-based nowcasting for highly disaggregated levels. *Statistical Journal of the IAOS*. Vol. 37, 279-292, 2021.

M. Guadarrama, D. Morales, I. Molina (2021). Time stable empirical best predictors under a unit-level model. *Computational Statistics and Data Analysis*. DOI: 10.1016/j.csda.2021.107226

J.P. Burgard, J. Krause, D. Morales (2021). A measurement error Rao-Yu model for regional prevalence estimation over time using uncertain data obtained from dependent survey estimates. *TEST*. DOI: 10.1007/s11749-021-00776-w.

J.P. Burgard, J. Krause, R. Münnich, D. Morales (2021). L2-penalized temporal logit mixed models for the estimation of regional obesity prevalence over time. *Statistical Methods in Medical Research*. DOI: 10.1177/09622802211017583.

D. Morales, J. Krause, J.P. Burgard (2021). On the use of aggregate survey data for estimating regional major depressive disorder prevalence. *Psychometrika*. DOI: 10.1007/s11336-021-09808-8.

- J. Ena, C. Martínez-Peinado, F. Arjona-Zaragozí, J.V. Segura-Heras (2021). Performance of the Panbio COVID-19 Rapid Antigen Test Device for infection control purposes. *Spanish Journal of Medicine*. 1(4): 171-176.
- D. Lloret, J.V. Segura, N. Espinosa, C. Saumell (2021). Análisis de las capacidades digitales del estudiantado universitario valenciano. *UMH*: 978-84-09-26752-1

Además, se han presentado las siguientes *comunicaciones* en congresos científicos:

- M. Boubeta, M.J. Lombardía, M. Marey-Pérez, D. Morales (2021). Poisson mixed models for predicting number of fires. European regional conference of The International Environmetrics Society (GRASPA 2021), 07-09 de junio de 2021, Roma, Italia.
- M. Guadarrama, D. Morales, I. Molina (2021). Time stable empirical best predictors under a unit-level model. SAE2021 Conference on Big Data for Small Area Estimation, 20-24 de septiembre de 2021. Nápoles, Italia.

A.4. Estadística para las ciencias de datos

Se ha trabajado con modelos lineales para datos fuertemente correlacionados o de alta dimensión y con modelos de regresión regularizada. Se han aplicado técnicas de estadística robusta y no paramétrica. Se han realizado aplicaciones a datos de salud pública y datos genotipados. Se ha trabajado también con investigadores de la Universidad Politécnica de Valencia y la Católica de Murcia en el desarrollo de un metamodelo en la predicción de Covid. Los datos utilizados han sido los facilitados por el Ministerio de Sanidad y las distintas comunidades autónomas centrado el estudio en el número de contagios por Covid, hospitalizaciones y fallecimientos. El objetivo mínimo es 2 publicaciones en 24 meses. Como resultado de la investigación, se tienen las siguientes publicaciones:

- P. Ballester-Navarro, M.J. Martínez-Madrid, A. Javaloyes-Sanchís, C. Belda-Cantó, V. Aguilar, M.M. Inda, A.L. Richdale, J. Muriel, D. Morales, A.M. Peiró (2021). Interplay of circadian clock and melatonin pathway gene variants in adults with autism, intellectual disability and sleep problems. *Research in Autism Spectrum Disorders*, Vol. 81, Article 101715.
- J. Barrachina, J. Muriel, C. Margarit, B. Planelles, P. Ballester, M. Richart-Martínez, E. Cutillas, T. Zandonai, D. Morales, A.M. Peiró (2021). Global Pain State questionnaire: reliability, validity, and gender gap. *Archives of Internal Medicine Research*. Vol. 4, N. 2 84-106.
- J. Borrell Méndez, D. Cremades, F. Nicolas, C. Perez-Vidal, J.V. Segura-Heras (2021). Conceptual and preliminary design of a shoe manufacturing plant. *Appl. Sci.* 2021,11, 11055. DOI: 10.3390/app112211055.
- J.P. Burgard, J. Krause, D. Kreber, D. Morales (2021). The generalized equivalence of regularization and min-max robustification in linear mixed models. *Statistical Papers*. Vol. 62, 2857–2883.
- J.P. Burgard, J. Krause, D. Morales (2021). L2-penalized approximate likelihood inference in logit mixed models for regional prevalence estimation under covariate rank-deficiency. *Metrika*. DOI: 10.1007/s00184-021-00837-y.
- S. García-Cremades, J. Morales-García, R. Hernández-Sanjaime, A. Bueno, E. Hernández, José J. López-Espín, José M. Cecilia (2021). Improving prediction of COVID-19 evolution by fusing epidemiological and mobility data. *Sci Rep* 11, 15173. DOI: 10.1038/s41598-021-94696-2
- N. Mollá, A. Rabasa, J.J. Rodríguez-Sala, J. Sánchez-Soriano, A. Ferrándiz (2021). Incremental Decision Rules Algorithm: A Probabilistic and Dynamic Approach to Decisional Data Stream Problems. *Mathematics* 2022, 10, 16. DOI: 10.3390/math10010016.

BLOQUE B: MODELIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN APLICADA

PUBLICACIONES

- R. Martínez, J. Sanchez-Soriano (2021) Mathematical indices for the influence of risk factors on the lethality of a disease. *Journal of Mathematical Biology* vol.83:art.74. <https://doi.org/10.1007/s00285-021-01700-4>.
- R.K. Acosta, E. Algaba, J. Sanchez-Soriano (2021) Multi-issue bankruptcy problems with crossed claims. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04470-w>.
- L.F. Escudero, J.F. Monge. On multistage multiscale stochastic capacitated multiple allocation hub network expansion Planning, *Mathematics* 9(24), 3177, 2021.
- Aparicio, J., Monge, J.F., Ramón, N. A new measure of technical efficiency in data envelopment analysis based on the maximization of hypervolumes: Benchmarking, properties and computational aspects. *European Journal of operational research* 293, 263-275, 2021.
- Alcaraz, J., Anton-Sanchez, L., Aparicio, J., Monge, J.F., Ramón, N. Russell Graph efficiency measures in Data Envelopment Analysis: The multiplicative approach. *European Journal of operational research* 292, 663-674, 2021.
- Moya-Martínez, A., Landete, M., Monge, J.F. Close-enough facility location, *Mathematics* 9(6), 670, 2021.
- Aparicio, J.F, Monge. The Generalized Range Adjusted Measure in Data Envelopment Analysis: Properties, Computational Aspects and Dualit. *European Journal of operational research*, en prensa, 2021.
- Hipólito Hernández-Pérez, Mercedes Landete, Inmaculada Rodríguez Martín: The single-vehicle two-echelon one-commodity pickup and delivery problem. *Comput. Oper. Res.* 127: 105152 (2021). *Objetivo B.1.1*.
- Moya-Martínez A, Landete M, Monge JF. Close-Enough Facility Location. *Mathematics*. 2021; 9(6):670. <https://doi.org/10.3390/math9060670>. *Objetivo B.1.1*.

- Alcaraz, J., Landete, M., Monge, J.F. Rank aggregation: models and algorithms, en “The Palgrave Handbook of Operations Research” editado por Said Salhi (University of Kent) y John Boylan (Lancaster University), Palgrave (Springer Nature) (en prensa).
- Ruiz, J.L., Sirvent, I. Searching for alternatives to the closest targets: Identifying new directions for improvement while controlling additional efforts. *Journal of the Operational Research Society* this link is disabled, 2021, 72:2770–2782.
- Guardiola L.A., Meca A., and Puerto J. (2021). Enforcing fair cooperation in production-inventory settings with heterogeneous agents. *Annals of Operation Research* 305(1), 59-80.
- Guardiola L.A., Meca A., and Puerto J. (2021). Unitary Owen points in cooperative lot-sizing models with backlogging. *Mathematics* 9, 869.
- Guardiola L.A., Meca A., and Puerto J. (2021). The effect of consolidated periods in heterogeneous lot-sizing games. *TOP*. <https://doi.org/10.1007/s11750-021-00614-0>.
- Amassaghrou, S., Gutiérrez-Hita, C., & Zhukova, V. (2021). An assessment of the liberalization and the evolution of competition in the Moroccan mobile market. *Telecommunications Policy*, 102284.

Presentación y participación en congresos

- Joaquín Sánchez Soriano fue co-presidente del Comité Científico del 16th European Meeting on Game Theory (SING16). Granada del 30 de junio al 2 de julio de 2021.
- Martínez, R., Sánchez-Soriano, J. Social solidarity with dummies in the museum pass problem. 16th European Meeting on Game Theory (SING16). Granada del 30 de junio al 2 de julio de 2021.
- Acosta, R.K., Algaba, E., Sánchez-Soriano, J. Multi-issue bankruptcy problems with crossed claim. 16th European Meeting on Game Theory (SING16). Granada del 30 de junio al 2 de julio de 2021.
- Carlos Gutiérrez Hita fue miembro del comité científico del I y chair de la sesión “Electrification” del IAEE International Conference 2021 . París, del 7 al 9 de junio de 2021.
- Gutiérrez Hita, Carlos. An assessment of the liberalization and the evolution of competition in the Moroccan mobile market. 42 ASSET annual meeting. Marsella, 20 al 22 de octubre de 2021.
- Meca A., García Martínez J.A., Mayor-Serra J.A. Efficient Effort Equilibrium in Cooperation with Pairwise Cost Reduction. 16th European Meeting on Game Theory (SING16). Granada del 30 de junio al 2 de julio de 2021.
- Ana Meca ha sido miembro del Comité Organizador de VI Annual PhD students’ conference DEcIDE Doctorate Programme. Cartagena 29 de noviembre de 2021.
- Meca A., García Martínez J.A., Mayor-Serra J.A. Efficient Effort Equilibrium in Cooperation with Pairwise Cost Reduction. 31st European Conference on Operational Research (híbrido). Atenas del 11 al 14 de julio de 2021.
- Ana Meca ha organizado el I Annual Inspiration Day for DEcIDE Doctorate Programme at UMH. Elche, 22 de junio de 2022.

Colaboraciones internacionales

Véanse las actividades: B2021-6; B2021-7; B2021-17; B2021-19; B2021-20

BLOQUE C MATEMÁTICA APLICADA Y FUNDAMENTOS DE OPTIMIZACIÓN

C.1.

Artículos del JCR publicados o aceptados en 2021:

- [THBG21] F.J. Toledo, M.V. Herranz, J.M. Blanes, V. Galiano. Quick and Accurate Strategy for Calculating the Solutions of the Photovoltaic Single-Diode Model Equation. *IEEE Journal of Photovoltaics*, doi: 10.1109/JPHOTOV. 2021. 3132900. Índice de índice de impacto (2020): 3.887, posición 137 de 334 en “Materials Science, Multidisciplinary”.
- [TBGL21] F.J. Toledo, J.M. Blanes, V. Galiano, A. Laudani (2021). In-depth analysis of single-diode model parameters from manufacturer’s datasheet. *Renewable Energy* Vol. 163, 1370-1384.
- [TBG21] F.J. Toledo, J.M. Blanes, V. Galiano. Comment on “Parameter extraction of single-diode photovoltaic module using experimental current–voltage data”; *International Journal of Circuit Theory and Applications*, doi: <https://doi.org/10.1002/cta.3175>.

Ponencias en congresos y seminarios impartidos:

- Seminarios del Departamento de Estadística de la Universidad Carlos III de Madrid, Febrero de 2021.
- “15th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (HEFAT 2021)” celebrado en Amsterdam (Países Bajos), Julio de 2021.

Colaboraciones Internacionales:

Se ha iniciado una colaboración de investigación con el Dr. Efstratios Batzelis que es actualmente Lecturer and RAnde Research Fellow en la University of Southampton, en la que se están empezando a abordar los objetivos del segundo año.

C.2-C.3

Artículos del JCR publicados o aceptados en 2021:

- [CCMV21] R. Caballero, A.N. Carvalho, P. Marín-Rubio, J. Valero, About the structure of attractors for a nonlocal Chafee-Infante problema, *Mathematics*, 2021, V.9, 353
- [MV21] E.M. Moreira, J. Valero, Structure of the attractor for a non-local Chafee-Infante problem, aceptado en *J. Math. Anal. Appl.*
- [MV21] F. Morillas, J. Valero, On a retarded nonlocal ordinary differential system with discrete diffusion modeling life tables, *Mathematics*, 2021, V.9, 220
- [V21] J. Valero, Characterization of the attractor for nonautonomous reaction-diffusion equations with discontinuous nonlinearity, *J. Differential Equations*, 2021, V.275, 270-308

Artículos enviados en 2021 a revistas del JCR

- [CMV21] T. Caraballo, F. Morillas, J. Valero, On a stochastic nonlocal system with discrete diffusion modeling life tables, enviado a *Stochastics and Dynamics*

Ponencias en congresos y seminarios impartidos:

- Ponencia invitada (online) en el “Summer Meeting 2021 Chapter”, Sao Carlos (Brasil), 1-3 de febrero de 2021
- Ponencia (online) en el congreso “XXVI CEDYA / XVI CMA”, Gijón, 14-18 de junio de 2021
- Ponencia invitada en el congreso “International workshop on differential equations and infinite-dimensional dynamical Systems”, Sevilla, 7-8 de octubre de 2021
- Seminario impartido (online) en el “Webinar on Evolution Equations and Dynamical Systems” (Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação), 9 de junio de 2021.
- Organización de congresos
- Miembro del comité organizador del congreso “International Workshop on Mathematical Methods in Data Analysis and Differential Equations”, Elche, 19-20 de noviembre de 2021

C4 -C7

Artículos del JCR publicados en 2021:

- [ACP21] Argáez, C.; Cánovas, M.J.; Parra, J. (2021). Calmness of Linear Constraint Systems under Structured Perturbations with an Application to the Path-Following Scheme. *Set-Valued and Variational Analysis*. 29, pp. 839–860.
- [BCLP21] Beer, G.; Cánovas, M.J.; López, M.A.; Parra, J. (2021). Lipschitz modulus of linear and convex inequality systems with the Hausdorff metric *Mathematical Programming*. 189-1-2, pp.75-98.
- [CDLP21] Cánovas, M.J.; Dinh, N.; Long, D.H.; Parra, J. (2021). A new approach to strong duality for composite vector optimization problems. *Optimization*. 70-8, pp.1637-1672.
- [CGKP21] Cánovas, M.J.; Gisbert, M.J.; Klatte, D.; Parra, J. (2021). Projection-Based Local and Global Lipschitz Moduli of the Optimal Value in Linear Programming *Journal of Optimization Theory and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s10957-021-01948-2>.

Artículos enviados en 2021 a revistas del JCR

- [CCP22a] Camacho, J.; Cánovas, M.J.; Parra, J. (2022). From calmness to Hoffman constants for linear inequality Systems. En revisión en *SIAM Journal on Optimization* (recibidos informes de referees y preparando versión revisada).
- [CCP22b] Camacho, J.; Cánovas, M.J.; Parra, J. (2021). Lipschitz upper semicontinuity in linear optimization via local directional convexity. En revisión en *Optimization* (recibidos informes de referees y preparando versión revisada).
- [CP21] Cánovas, M.J.; Parra, J. (2021). Stability and sensitivity of uncertain linear programs (2022). En revisión en *Set Valued and Variational Analysis*.

Prefacio de número especial en revista del JCR

- [MPS21] Mordukhovich, B, Parra J.; Shapiro, A. Continuous Optimization and Stability Analysis (preface), *Math. Program.* 189 (2021), 1-5.

BLOQUE D. MÉTODOS NUMÉRICOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA CIENCIA DE

DATOS

D.1 Algoritmos computacionalmente eficientes en ciencia de datos (responsable: José Juan López Espín)

Artículos:

[1] Belén Pérez-Sánchez, Martín González, Carmen Perea and Jose J. López-Espín, A New Computational Method for Estimating Simultaneous Equations Models Using Entropy as a Parameter Criteria, *Mathematics* 2021 9(7), 700.

D.2 Gestión de grandes bases de datos (responsable: Juan Francisco Monge Ivars)

Artículos:

[1] L.F. Escudero, J.F. Monge. On multistage multiscale stochastic capacitated multiple allocation hub network expansion Planning, *Mathematics* 9(24), 3177, 2021.

[2] J. F. Monge. On solving large-scale multistage stochastic problems with a new specialized interior-point approach. Research Report UPC-DEIO-JC DR 2021-02.

D.3 Control de la Congestión en Internet (responsable: Ángel Giménez Pastor)

Artículos:

[1] J.M. Amigó, A. Giménez, O. Martínez-Bonastre and J. Valero, Internet congestion control: From stochastic to dynamical models, *Stochastics and Dynamics* 21 (2021) 2140009.

[2] J.M. Amigó, G. Durán, A. Giménez, J. Valero, and O. Martinez Bonastre, Modeling a new AQM model for Internet chaotic behavior using Petri Nets, *Applied Sciences* 11 (2021) 5877.

[3] A. Giménez, M.A. Murcia, J.M. Amigó, O. Martinez-Bonastre and J. Valero, New RED-type TCP-AQM algorithms based on beta distribution drop functions (preprint).

Ponencias en congresos:

Angel iménez y José M^a Amigó participaron en el congreso IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks, celebrado virtualmente los días 12-13 de Julio de 2021 (<https://lanman2021.ieee-lanman.org/>), con la presentación del póster titulado “Modeling Congestion Control using Petri Nets”.

Formación de personal investigador:

Ángel Giménez está dirigiendo la tesis doctoral de Miguel Ángel Murcia García sobre el control de la congestión en Internet.

D.4 Métodos de la Inteligencia Artificial (responsable: José María Amigó García)

Artículos y capítulos de libro:

[1] A. Hernández and J.M. Amigó, Attention mechanisms and their applications to complex systems. *Entropy* 23 (2021) 283.

[2] A. Hernández and J.M. Amigó, The need for more integration between machine learning and neuroscience. In D. Volchenkov (editor), *Nonlinear Dynamics, Chaos and Complexity*, pp. 9-19. Springer Nature Singapore, Singapore, 2021. ISBN 978-981-15-9033-7.

Ponencias en congresos:

Adrián Hernández, miembro del Equipo de Trabajo, impartió la ponencia presencial “Differentiable programming to extend and characterize deep learning” en el International Workshop on Mathematical Methods in Data Analysis and Differential Equations, celebrado en el Centro de Investigación Operativa de la Universidad de Elche, los días 19 y 20 de noviembre de 2021 (<https://cio.umh.es/2021/11/16/workshop-on-mathematical-methods-in-data-analysis-and-differential-equations/>).

Organización de workshops:

José M^a Amigó co-organizó el *International Workshop on Mathematical Methods in Data Analysis and Differential Equations*, celebrado presencialmente en el Centro de Investigación Operativa de la Universidad de Elche, los días 19 y 20 de noviembre de 2021 (<https://cio.umh.es/2021/11/16/workshop-on-mathematical-methods-in-data-analysis-and-differential-equations/>). En él participaron 8 investigadores de España, Reino Unido y Brasil.

Colaboraciones con grupos internacionales:

Colaboración con el grupo de investigación del Prof. Gilles Millerioux de la Universidad de Lorraine (Francia) sobre aprendizaje automático. El Prof. Millerioux es un experto en criptografía y seguridad. Esta colaboración ha dado lugar a un artículo que será enviado en las próximas semanas.

Formación de personal investigador:

José María Amigó está dirigiendo las tesis doctorales de Adrián Hernández Rodríguez (sobre programación diferencial y aprendizaje automático), Juan Carlos King Pérez (sobre predicción de series temporales con la ayuda del aprendizaje automático) y Oliver Millán Blasco (sobre redes neuronales y computación cuántica).

D

MODIFICACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA SUBVENCIÓN CONCEDIDA

Modificaciones, en su caso, respecto a los gastos contemplados en la solicitud inicial del proyecto, justificando adecuadamente su necesidad para la consecución de los objetivos científico-técnicos

No hay modificaciones

F	OBSERVACIONES E INCIDENCIAS QUE DESEEN SEÑALAR
----------	---

Durante el año 2021 ha sido complejo obtener los resultados descritos en la memoria científica dado que la resolución favorable del PROMETEO fue concedida el 28 de septiembre de 2021, dejando apenas 3 meses para cumplir dichos objetivos.

FECHA Y FIRMA DEL INVESTIGADOR RESPONSABLE DEL PROYECTO
Domingo Morales González M ^a Josefa Cánovas Cánovas

FECHA Y FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL DEL ORGANISMO

Fecha límite de entrega: 15 de febrero de 2022

(*Los datos contenidos en esta solicitud podrán ser incorporados a un fichero informatizado con una finalidad exclusivamente administrativa (art. 10 al 13 del Decreto 96/1998, de 6 de julio, del Gobierno Valenciano, y la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre). La persona firmante se hace responsable de la veracidad de todos los datos contenidos en este documento, sin perjuicio de la posible comprobación, si procede, por parte de la Dirección General de Ciencia e Investigación