

# Resúmenes de la XIV Reunión del Grupo Español de Decisión Multicriterio



11 Y 12 SEPTIEMBRE 2022

## XIV REUNIÓN DEL GRUPO ESPAÑOL DE DECISIÓN MULTICRITERIO

- REUNIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO SEIO EN DECISIÓN MULTICRITERIO
- SEMINARIO ASEPELT SOBRE DECISIÓN MULTICRITERIO EN ECONOMÍA Y EMPRESA

ORGANIZA:



COLABORAN:



© Juan Aguarón Joven, María Teresa Escobar, Alberto Turón Lanuza  
1.ª edición. Zaragoza, 2022  
Edita: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza  
ISBN: 978-84-18321-50-4



Servicio de  
Publicaciones  
Universidad Zaragoza

## Índice

### Conferencias plenarias

<b>Applying the AHP to conflict resolution: A Russia – NATO Case Study.....</b>	<b>5</b>
Vargas, Luis G.	
<b>Need more transparency for a clustering problem? MCDA to the rescue! .....</b>	<b>5</b>
Delias, Pavlos	
<b>Group Decision Making: a Multicriteria perspective.....</b>	<b>6</b>
Zarate, Pascale	

### Comunicaciones orales

<b>¿Proceso Analítico en Red sin matrices de comparación?.....</b>	<b>7</b>
Schulze-González, Erik; Pastor-Ferrando, Juan-Pascual; Aragonés-Beltrán, Pablo	
<b>Un algoritmo lexicográfico para el equilibrado de clústeres de clientes .....</b>	<b>9</b>
Calvete, Herminia I.; Galé, Carmen; Iranzo, José A.	
<b>Un enfoque basado en el análisis de aceptabilidad multicriterio estocástico para evaluar la calidad de vida regional en España .....</b>	<b>11</b>
Garcia-Bernabeu, Ana; Hilario-Caballero, Adolfo; Pla-Santamaria, David; Salas-Molina, Francisco	
<b>Integración ASG en la optimización de carteras evolutivas multiobjetivo utilizando el enfoque de direcciones de preferencia .....</b>	<b>13</b>
Hilario-Caballero, Adolfo; Garcia-Bernabeu, Ana; Salcedo, José Vicente; Pla-Santamaria, David	
<b>El problema del menú – un enfoque multiobjetivo .....</b>	<b>15</b>
Martos Barrachina, Francisco; Delgado Antequera, Laura; Hernández Huelin, Mónica; Caballero Fernández, Rafael	
<b>Programación estocástica multiobjetivo con aversión al riesgo .....</b>	<b>16</b>
León, Javier; Puerto, Justo; Vitoriano, Begoña	
<b>Decisión multicriterio aplicada a incendios forestales .....</b>	<b>17</b>
Granda Chico, Bibiana; Vitoriano Villanueva, Begoña; Figueira, José Rui	
<b>Programación estocástica multiobjetivo aplicada al problema de las quemas controladas... </b>	<b>19</b>
León, Javier; Vitoriano, Begoña; Hearne, John	
<b>Algoritmo de clasificación multicriterio basado en búsquedas globales y locales para la segmentación de proveedores .....</b>	<b>20</b>
Segura, Marina; Barrera, Iván Felipe; Maroto, Concepción	

**Búsqueda en entorno variable para un modelo bi-objetivo de turnos de personal sanitario en una residencia .....22**

Pacheco, Joaquín; Antón Paula

**Análisis de sentimientos en Twitter del proceso de vacunación de COVID-19 en España mediante “machine learning” .....23**

Navarro, Jorge; Turón, Alberto; Altuzarra, Alfredo; Moreno-Jiménez, José María

**Identificación de líderes sociales y extracción de argumentos a partir de redes sociales .....24**

Turón, Alberto; Aguarón, Juan; Moreno-Jiménez, José María; Navarro, Jorge

**Competitividad tecnológica. Análisis de estabilidad de los resultados de AHP con medidas absolutas.....26**

Muerza-Marín, Victoria; Larrodé-Pellicer, Emilio; Moreno-Jiménez, José María

**Decisores con Comportamiento Homogéneo en AHP. Algunas Ideas Bayesianas para un Contexto Global.....27**

Altuzarra Casas, Alfredo; Gargallo Valero, Pilar; Moreno Jiménez, José María; Salvador Figueras, Manuel

## Pósteres

**Análisis de la eficiencia y el rendimiento universitario mediante la combinación de indicadores sintéticos basados en puntos de referencia con el análisis envolvente de datos .....29**

El Gibari, Samira; Gómez, Trinidad; Ruiz, Francisco

**Índice sintético para la competitividad turística de países europeos.....31**

Suárez Ordaz, Daiana Ivis; Contreras Rubio, Ignacio; Pérez León, Víctor Ernesto; León Sánchez, María Amparo

**Gestión del tráfico aéreo para el control de pandemias: una perspectiva multiobjetivo.....32**

Jiménez-Martín, A.; Mateos, A.; Moreno-Díaz, A.; Carbonell, J.; Cabornero, D.; Domínguez, A.; Fragua, A.; Galocha, L.; Galvañ, D.A.; Hermida, J.; Tolani, V.

**Equilibrios altruistas y apoyo mutuo en juegos no cooperativos.....37**

Monroy Berjillos, Luisa; Mármol Conde, Amparo M.; Zapata Reina, Asunción

**Índices de compatibilidad geométricos para la decisión en grupo con AHP .....38**

Aguarón, Juan; Escobar, María Teresa; Moreno-Jiménez, José María

**Análisis de la eficiencia financiera y ESG del mercado de energía renovable en la pandemia COVID-19 .....39**

Bilbao-Terol, Amelia; Arenas-Parra, Mar; Bilbao-Terol, Celia; Quiroga-García, Raquel; Cañal-Fernández, Verónica

## Conferencias plenarias

### Applying the AHP to conflict resolution: A Russia – NATO Case Study

Vargas, Luis G.

Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh (USA)

#### Abstract

In this paper, we apply the Analytic Hierarchy Process approach to conflict resolution in the context of the Russia-NATO conflict. We build models that illustrate the evaluation criteria, strategic and sub-criteria, and concessions for each party in this negotiation. Ratings are used to evaluate the degree to which concessions contribute or take away from successful resolution of the conflict. Afterwards, gain ratios are built to determine the benefit-cost scores so that concessions may be traded that result in equitable solutions. The approach presented here shows for the first time why all concessions that parties to a conflict may offer might not trade all at once. A Max-Min optimization approach is used to maximize the gain to both parties of the conflict while minimizing the disparity in gain between the two.

### Need more transparency for a clustering problem? MCDA to the rescue!

Delias, Pavlos

International Hellenic University

#### Abstract

Multiple Criteria Decision Aiding theory and applications are centered majorly around three well-known problematics (choice, sorting, ranking). When the research question or the project requirements call for a formulation that demands uncovering the natural structure of the data by calculating some kind of similarity among the units of analysis, MCDA scholars resort to various ways to provide solutions for an additional problematic, clustering.

In this talk, we will go through the various styles that MCDA scholars are using to exploit the MCDA advantages to improve the native Data Analysis task of clustering. We will see examples of how MCDA techniques and clustering techniques can be mixed in a research design and we will exhibit the advantages and pitfalls of such a mixing. We will also discuss the “criteria dependency” property and demonstrate what is the added value of methods that adhere to that property. Finally, we will suggest a taxonomic approach about the potential of MCDA for the clustering problematic, hoping to build further awareness about the aptitude of MCDA for Data Analysis projects.



## Group Decision Making: a Multicriteria perspective

Zarate, Pascale

Toulouse 1 Capitole University

### **Abstract**

Decision Support Systems are designed to support decision makers facing unstructured problems. They were developed to interactively simulate the problem in order to propose to the user part of the solution. In organizations, decision making processes generally involve a group of individuals, rather than just one person. Group Decision Support Systems (GDSS) are designed to support groups involved in a decisional process. An overview of GDSS is presented, and a particular system called GRoUp System (GRUS) will be demonstrated. This system is based on a Multi-Criteria approach and is used in two projects: one European project applied to Agriculture and one French national project applied to biodiversity.

## Comunicaciones orales

### ¿Proceso Analítico en Red sin matrices de comparación?

Schulze-González, Erik<sup>1</sup>; Pastor-Ferrando, Juan-Pascual<sup>2</sup>; Aragonés-Beltrán, Pablo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Industrial - Universidad de Valparaíso (Chile)

<sup>2</sup>Project Management, Innovation and Sustainability Research Center (PRINS).  
Universitat Politècnica de València (Spain)

#### Resumen

El Proceso Analítico en Red (ANP) es un conocido método de decisión multicriterio que considera que los elementos de un problema de decisión, las alternativas y los criterios, pueden influir en cualquier otro elemento del modelo, resultando una red o grafo ponderado y orientado. Para medir estas influencias, Saaty, propone utilizar matrices de comparación por pares lo que se traduce en extensos cuestionarios para identificar y evaluar las influencias. Esto se traduce en quejas por parte de los decisores y expertos y en responder con prisas, en inconsistencias en los juicios emitidos y sin la posibilidad de poder revisar esas inconsistencias.

Recientes estudios de hibridaciones de ANP con otras técnicas de toma de decisión han reducido los problemas mencionados anteriormente, siendo la técnica de *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) en conjunto con ANP la más utilizada, específicamente por superar los problemas de interacciones, interdependencia, retroalimentación y diferentes ponderaciones entre los criterios, como también disminuir la complejidad del modelo.

En una reciente publicación de DANP se proponen algunas ideas que parecían retadoras a los que hemos trabajado con ANP. En primer lugar, propone usar la escala DEMATEL para evaluar las influencias, esto reduce mucho las preguntas requeridas y en el mismo paso obtener relaciones y medirlas. En este punto nos surgió la primera pregunta de investigación: ¿los resultados obtenidos con esta propuesta serían lo suficientemente parecidos a los obtenidos con matrices de comparación, a pesar de la reducción de información que incluye el modelo? En una primera investigación se aplicó esta nueva propuesta a 45 casos reales resueltos en ANP obteniendo resultados muy similares a los de ANP, reduciendo el número de preguntas necesarias un 42% de media. En esta propuesta DANP, se planteaban dos formas de normalizar los valores de la escala: por la suma o con una matriz de transición que proponían. Cabe indicar que realmente no existe una única escala DEMATEL. En un segundo trabajo hemos intentado responder a las siguientes preguntas de investigación: ¿cómo es la escala de medición de influencia? ¿cómo debe construirse? ¿cuántos niveles debe tener la escala? ¿cómo obtener los valores numéricos asociados los niveles? Finalmente, se justifica que es preferible dividir por la suma, rechazando el uso de la matriz de transición. Por último, esta propuesta también plantea la opción de considerar todos los elementos del modelo ANP en un único grupo, lo que ha dado lugar a las siguientes preguntas: si en ANP no se usan matrices de comparación ¿es indiferente, mejor o peor considerar todos los elementos en un único grupo? ¿por qué debería o no utilizarse uno o varios grupos en ANP? ¿cuánto cambia el resultado al considerar múltiples grupos frente a un único grupo? ¿la variación de preguntas compensa la variación de los resultados? ¿cómo debe plantearse la evaluación de las influencias y el uso de la escala según si hay uno o varios grupos?

En resumen, estamos estudiando las implicaciones y consecuencias de no usar matrices de comparación por pares, sino escalas de medida para evaluar las influencias entre elementos en ANP.

**Palabras clave:** Proceso Analítico en Red (ANP); DEMATEL; Toma de Decisiones Multicriterio; Escalas de Medición de Influencia Directa.

## Analytic Network Process without comparison matrices?

### Abstract

The Analytic Network Process (ANP) is a well-known multi-criteria decision method that considers that the elements of a decision problem, alternatives and criteria, can influence any other element of the model, resulting in a weighted and oriented network or graph. To measure these influences, Saaty proposes to use pairwise comparison matrices, which translates into extensive questionnaires to identify and evaluate the influences. This results in complaints from decision-makers and experts and in rushed responses, inconsistencies in the judgements made and no possibility to review these inconsistencies.

Recent studies of hybridisations of ANP with other decision-making techniques have reduced the problems mentioned above, with the Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) technique in conjunction with ANP being the most widely used, specifically by overcoming the problems of interactions, interdependence, feedback and different weightings between criteria, as well as reducing the complexity of the model.

A recent DANP publication proposes some ideas that seemed challenging to those of us who have worked with ANP. Firstly, it proposes to use the DEMATEL scale to assess influences, which greatly reduces the questions required and in the same step obtains relationships and measures them. At this point the first research question arose: would the results obtained with this proposal be sufficiently similar to those obtained with comparison matrices, despite the reduction of information included in the model? In a first investigation, this new proposal was applied to 45 real cases solved in ANP, obtaining results very similar to those of ANP, reducing the number of questions required by 42% on average. In this DANP proposal, two ways of normalising the values of the scale were proposed: by the sum or with a transition matrix. It should be noted that there is not really a single DEMATEL scale. In a second paper we have tried to answer the following research questions: what is the scale of influence measurement like? how should it be constructed? how many levels should the scale have? how should the numerical values associated with the levels be obtained? Finally, it is justified that it is preferable to divide by the sum, rejecting the use of the transition matrix. Finally, this proposal also raises the option of considering all the elements of the ANP model in a single group, which has given rise to the following questions: if no comparison matrices are used in ANP, is it indifferent, better or worse to consider all the elements in a single group? why should or should not one or several groups be used in ANP? how much does the result change when considering multiple groups versus a single group? does the variation of questions compensate for the variation of the results? how should the evaluation of the influences and the use of the scale be considered depending on whether there is one or several groups?

In summary, we are studying the implications and consequences of not using pairwise comparison matrices, but rather measurement scales to assess influences between items in ANP.

**Key words:** Analytic Network Process (ANP); DEMATEL; Multicriteria Decision Making; Influence Direct Measurement Scales.



# Un algoritmo lexicográfico para el equilibrado de clústeres de clientes

Calvete, Herminia I.<sup>1</sup>; Galé, Carmen<sup>1</sup>; Iranzo, José A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Métodos Estadísticos, IUMA, Universidad de Zaragoza

## Resumen

Las empresas de logística suelen agrupar a sus clientes en zonas de entrega en función de su ubicación geográfica para, después, poder gestionar los clientes asignados a cada zona como un clúster. Generalmente, la definición de los clústeres es una decisión táctica, que se mantiene a medio plazo y que está basada en límites geográficos o en los niveles de demanda habituales. Sin embargo, en el día a día, el número de clientes que requieren servicio en cada clúster varía. En consecuencia, el número diario de clientes que necesitan ser visitados en cada clúster fluctúa, pudiendo provocar desequilibrios entre clústeres.

En este trabajo se estudia un problema de reasignación de clientes planteado por una empresa que presta servicios a la industria logística. Se consideran dos objetivos, que se tratan de forma lexicográfica. El primer objetivo busca equilibrar el número de clientes asignados a cada clúster. Para conseguirlo, se permite reasignar clientes de un clúster a otro, siempre que estén lo suficientemente cerca. El segundo objetivo consiste en minimizar el coste total de la reasignación de clientes, de forma que dicha reasignación afecte preferentemente a los clientes que se encuentran más cerca de la zona a cuyo clúster van a ser reasignados. Además, este problema biobjetivo debe resolverse en un periodo de tiempo corto, de forma que pueda aplicarse diariamente.

Con este propósito, se ha desarrollado un algoritmo heurístico que maneja ambos objetivos en varios pasos teniendo en cuenta el enfoque lexicográfico. Los experimentos computacionales realizados muestran que el algoritmo heurístico proporciona la solución óptima, si se conoce, o la mejor solución, en caso contrario. Además, los tiempos computacionales empleados son lo suficientemente pequeños como para permitir la aplicación del algoritmo en escenarios reales.

**Palabras clave:** algoritmo heurístico; equilibrado de clústeres; optimización lexicográfica.

## A lexicographic algorithm to balance customer clusters

### Abstract

Logistics companies often group the customers they serve into delivery zones based on their geographical location and then manage the customers assigned to each zone as a cluster for the purposes of routing, workload allocation, etc. The definition of clusters is, in general, a tactical decision, maintained over time in the medium term, based on geographic boundaries, regular demand levels, etc. However, on a day-to-day basis, the number of customers requiring service in each cluster varies. As a result, the daily number of customers needing to be visited in each cluster fluctuates, which can lead to imbalances between clusters.

In this work, we study a problem posed by a consulting firm that provides services to the logistics industry. Two objectives are considered, which are handled lexicographically. The first objective seeks to balance the number of customers assigned to each cluster. To achieve this, it is allowed to reassign customers from one cluster to another, as long as they are close enough. The second objective aims to minimize the total cost of reassigning customers, in such a way that customer transfers should preferably affect customers that are originally close to the area to whose cluster they are to be reassigned. In addition, this problem should be solved in a short period of time, so that it can be applied when planning the daily workload.

To solve this problem we have developed a heuristic algorithm that handles both objectives in several steps taking into account the lexicographical approach. Computational experiments using benchmark instances show that the heuristic algorithm either provides the optimal solution, if available, or the best solution, otherwise. Moreover, the computational times invested are small enough to allow the application of the heuristic in real scenarios.

**Key words:** heuristic algorithm; cluster balancing; lexicographic optimization.

## Un enfoque basado en el análisis de aceptabilidad multicriterio estocástico para evaluar la calidad de vida regional en España

García-Bernabeu, Ana<sup>1</sup>; Hilario-Caballero, Adolfo<sup>2</sup>; Pla-Santamaria, David<sup>1</sup>; Salas-Molina, Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València

<sup>2</sup>Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2), Universitat Politècnica de València

### Resumen

Desde la publicación en 2009 del informe "El PIB y más allá: Medir el progreso en un mundo cambiante", la UE trazó una hoja de ruta con acciones clave para mejorar los indicadores de progreso desarrollando el concepto de calidad de vida. La principal motivación para el desarrollo de los indicadores de calidad de vida fue el hecho de que por sí solo el Producto Interior Bruto no se consideraba la mejor forma de cuantificar el progreso de un país y necesitaba ser complementado con otros aspectos de la vida humana en sociedad. La propuesta de la UE para cuantificar la calidad de vida incluye medidas objetivas y subjetivas. Las medidas subjetivas están basadas en preguntas de una encuesta sobre satisfacción en relación con diferentes aspectos de la vida como la salud o la seguridad auto percibida. Las medidas objetivas hacen referencia a ingresos, trabajo, salud, educación, ocio, gobernanza, y medioambiente. Dado el carácter multidimensional de esta nueva forma de abordar el progreso, se necesita contar con un indicador compuesto que pueda medir la calidad de vida general de las personas, hacer un seguimiento de ésta a lo largo del tiempo y comparar el rendimiento de las distintas dimensiones que lo conforman. Por lo tanto, una vez definido el marco teórico de la jerarquía de dimensiones e indicadores, la construcción de un indicador compuesto de calidad de vida requiere varias elecciones, siendo el esquema de pesos una cuestión crítica, ya que los valores de estas ponderaciones pueden tener un gran impacto en las clasificaciones posteriores.

En esta investigación proponemos un método multicriterio para tener en cuenta los problemas de robustez relacionados con la variabilidad de los pesos asignados a los indicadores y dimensiones individuales, produciendo así una clasificación probabilística de la calidad de vida. Metodológicamente, se implementa una nueva herramienta híbrida que permite combinar el Análisis de Aceptabilidad Multicriterio Estocástico (SMAA) basado en la exploración del espacio de pesos con la técnica ampliamente utilizada de preferencia de orden por similitud a la solución ideal (TOPSIS). Los principales resultados del SMAA son el índice de aceptabilidad por rango, los vectores de pesos centrales y los factores de confianza. Por otro lado, el principal resultado de TOPSIS es la clasificación de las alternativas mediante la determinación de la menor distancia a la solución ideal y la mayor distancia a la solución ideal negativa. Como ejemplo de aplicación, estudiamos la calidad de vida regiones españolas para evaluar su rendimiento tanto a nivel global como por dimensiones. Para ello, utilizamos los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2019 y para las nueve dimensiones de calidad de vida. El indicador compuesto de calidad de vida regional que hemos propuesto se desarrolla para ofrecer una imagen completa y robusta de la calidad de vida en 19 regiones españolas. La principal ventaja de este índice es que proporciona una visión general de la calidad de vida regional de España que es más robusta que las clasificaciones propuestas por los índices compuestos de calidad de vida estándar que consideran un único vector de ponderaciones.

**Palabras clave:** Calidad de Vida regional; Indicadores compuestos; Decisión Multicriterio; SMAA; TOPSIS.

## A stochastic multicriteria acceptability analysis-based approach for assessing regional quality of life in Spain

### Abstract

Since the publication in 2009 of the report “GDP and Beyond: Measuring progress in a changing world”, the EU outlined a road map with key actions to improve indicators of progress by introducing the concept of quality of life (QoL). The spark that motivated the development of the quality of life indicators was the fact that gross domestic product alone was no longer considered the best way to quantify country’s progress and needed to be complemented by other aspects of human life in society. The EU proposal for measuring the quality of life includes both objective and subjective measures. Subjective measures are based on survey questions about satisfaction with different aspects of one’s life as self-perceived health or security. Objective measures refer to income, work, health, education, leisure, governance, and environment. Given the multidimensional nature of this new approach to progress, there is a need for a composite indicator that can measure people’s overall quality of life, track it over time and compare the performance of the different dimensions that make it up. Therefore, once the theoretical framework of the hierarchy of dimensions and indicators has been defined, the construction of a composite QoL requires several choices, with the weighting scheme being a critical issue, as the values of these weights can have a significant impact on subsequent rankings.

In this research, we propose a multicriteria method to consider robustness concerns related to the variability of weights assigned to individual indicators and dimensions, thus producing a probabilistic ranking of QoL. Methodologically, we implement a new hybrid tool that allows us to combine Stochastic Multi-Criteria Acceptability Analysis (SMAA) based on the exploration of the weights space with the widely used technique of order preference by similarity to the ideal solution (TOPSIS). The main outputs of the SMAA are the rank acceptability index, the central weights vector and the confidence factors. On the other hand, the main output of TOPSIS is ranking the alternatives by determining the shortest distance to the ideal solution and the longest distance to the negative ideal solution. As an example of application, we study the QoL in Spanish regions to assess their performance both overall and by dimensions. To do so, we use data from the National Statistics Institute (INE) for the year 2019 and for the nine quality of life dimensions. As a result, the composite regional QoL indicator is developed to provide a comprehensive and robust picture of quality of life in 19 Spanish regions. The main advantage of this index is that it provides an overview of regional quality of life in Spain that is more robust than the rankings proposed by standard composite QoL indices that consider a single vector of weights.

**Key words:** Regional Quality of Life; Composite Indicators; Multiple Criteria Decision Making; SMAA; TOPSIS.

# Integración ASG en la optimización de carteras evolutivas multiobjetivo utilizando el enfoque de direcciones de preferencia

Hilario-Caballero, Adolfo<sup>1</sup>; Garcia-Bernabeu, Ana<sup>2</sup>; Salcedo, José Vicente<sup>1</sup>;  
Pla-Santamaria, David<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2), Universitat Politècnica de València

<sup>2</sup>Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València

## Resumen

Existe un claro interés por parte de académicos, responsables políticos y profesionales por desarrollar nuevas metodologías, marcos normativos y productos que transformen el tradicional equilibrio financiero entre rentabilidad y riesgo en una matriz de tres criterios, siendo el tercero de ellos los criterios medioambientales, sociales y de gobernanza (ASG). Dentro de los enfoques multiobjetivo para ampliar el modelo de optimización de carteras de media-varianza de Markowitz a factores basados en la sostenibilidad, la mayoría de las contribuciones incluyen el criterio de sostenibilidad bajo la consideración de una restricción adicional. Sin embargo, en la última década, algunos autores empezaron a introducir la dimensión de sostenibilidad como un tercer criterio, primero utilizando enfoques exactos, y en los últimos años utilizando técnicas heurísticas.

Esta contribución sugiere un enfoque sencillo y novedoso para integrar las preferencias de los inversores en la construcción de carteras sostenibles con tres criterios, utilizando el algoritmo elitista ev-MOGA y el concepto de direcciones de preferencia. Para lograr la superficie no dominada, consideramos un problema multiobjetivo con tres criterios: minimizar el riesgo, maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo ASG. El problema se resuelve mediante el algoritmo ev-MOGA adaptado, que utiliza el concepto de epsilon-dominancia y que permite obtener una solución aproximada del frente de Pareto de forma eficiente en la que las soluciones se distribuyen uniformemente. Desde el punto de vista del inversor, la integración de la sostenibilidad como tercer objetivo añade una dificultad adicional a la hora de entender la superficie eficiente no dominada y el compromiso entre los tres criterios. Además, el inversor debe obtener una solución adecuada y ajustada a sus propias preferencias del conjunto de soluciones óptimas. La metodología propuesta se basa en definir una base de preferencias como un conjunto de vectores de direcciones de preferencia, tantos como objetivos, para reflejar las preferencias de los inversores. Esta forma de incorporar las preferencias modifica las propiedades geométricas del espacio de objetivos al guiar la dirección de la optimización multiobjetivo para acotar la región de interés y seleccionar la solución final. Se demuestra que la nueva base obtenida a partir de las direcciones de las preferencias de los inversores puede implementarse antes de realizar la optimización sin necesidad de modificar el algoritmo o en la etapa de decisión una vez obtenida la superficie eficiente recalculando la norma euclidiana. Como resultado, la región de interés se reduce y se reenfoca de forma que facilita la toma de decisiones del inversor. Finalmente, se realiza un estudio computacional con datos reales de fondos considerados como inversiones de impacto, mostrando cómo los inversores podrían incluir sus preferencias en la reformulación del problema de optimización de la cartera así como en la etapa de decisión.

**Palabras clave:** Criterios ASG; Optimización multiobjetivo evolutiva; Direcciones preferentes; Selección de carteras; Preferencias del inversor.

## ESG integration in multi-objective evolutionary portfolio optimization using the preference directions approach

### Abstract

There is clear interest on the part of academics, policy makers and practitioners to develop new methodologies, regulatory frameworks, and products to transform the traditional financial trade-off between profitability and risk into a three-criteria matrix, with the third objective being environmental, social and governance (ESG) criteria. Within the multi-objective approaches to extend the Markowitz's mean-variance portfolio optimization model to sustainability-based factors, most of the contributions include the sustainability criterion under the consideration of an additional constraint. However, in the last decade, some authors started to introduce the sustainability dimension as a third criterion, first using exact approaches, and in recent years using heuristic techniques.

This contribution suggests a simple and novel approach for integrating investors' preferences into tri-criterion sustainable portfolio construction using the elitist algorithm ev-MOGA and the concept of preference directions. To achieve the non-dominated surface, we consider a multi-objective problem with three criteria: minimizing risk, maximizing return, and minimizing ESG risk. The problem is solved using the adapted ev-MOGA algorithm, which uses the concept of epsilon-dominance and that allows obtaining an approximate solution of the Pareto front in an efficient way in which the solutions are uniformly distributed. From the investor's point of view, the integration of sustainability as a third objective adds an additional difficulty in understanding the non-dominated efficient surface and the trade-off between the three criteria. Besides, the investor must get a suitable solution adjusted to their own preferences from the set of optimal solutions. The proposed methodology is based on defining a preference base as a set of vectors of preference directions, as many as objectives, to reflect the investors' preferences. This way of incorporating preferences changes the geometric properties of the objective space by guiding the direction of the multi-objective optimization to narrow down the region of interest and to select the final solution. It is shown that the new base obtained from the investors' preference directions can be implemented either before performing the optimization without the need to modify the algorithm or in the decision stage once the efficient surface is obtained by recalculating the Euclidean norm. As a result, the region of interest is reduced and refocused in a way that facilitates decision-making for the investor. Finally, a computational study is performed with real-world data from funds considered impact investments, showing how the investors could include their preferences in the reformulation of the portfolio optimization problem as well as in the decision-making stage.

**Keywords:** ESG criteria; Evolutionary Multi-objective Optimization; Preference Directions; Portfolio Selection; Investor's Preferences.

## El problema del menú – un enfoque multiobjetivo

Martos Barrachina, Francisco<sup>1</sup>; Delgado Antequera, Laura<sup>1</sup>; Hernández Huelin, Mónica<sup>1</sup>;  
Caballero Fernández, Rafael<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas), Universidad de Málaga

### Resumen

El problema del menú es una evolución del clásico problema de la dieta de Stigler. El planteamiento básico es sencillo, elaborar un menú que sea nutritivo para una persona o población dadas, tratando de minimizar el coste del mismo. Sin embargo, en sus aproximaciones modernas, se tienen en cuenta otros criterios como la sostenibilidad, la palatabilidad o la seguridad (del alimento y en el suministro). Esto hace que el problema tenga un abordaje más complicado, pero lo hace también enormemente interesante. Utilizando técnicas de decisión multicriterio y heurísticas para construir soluciones, hemos resuelto algunas instancias del mismo y estamos construyendo el problema para considerar todas estas dimensiones.

**Palabras clave:** Optimización Combinatoria; Heurística; Decisión Multicriterio; SHARP diets.

## The Menu Planning Problem – A multicriteria approach

### Abstract

The Menu Planning Problem is a natural evolution of the Diet Problem proposed by Stigler. The basic idea is simple, designing a menu that is nutritious for a given person or population while minimizing its cost. However, in its modern approaches, other criteria is considered, such as Sustainability, Palatability and Reliability (Food security and supply security). These make the problem more complicated but also way more interesting. Using Multi Criteria Decision Making techniques and heuristic algorithms to build solutions, we have solved some instances of the problem and are building the problem up to consider all of these dimensions.

**Key words:** Combinatorial Optimization; Heuristics; Multicriteria Decision Making; SHARP diets.

## Programación estocástica multiobjetivo con aversión al riesgo

León, Javier<sup>1</sup>; Puerto, Justo<sup>2</sup>; Vitoriano, Begoña<sup>3</sup>

<sup>1</sup>HUM-LOG Research Group, Universidad Complutense de Madrid

<sup>2</sup>Instituto de Matemática (IMUS), Universidad de Sevilla

<sup>3</sup>HUM-LOG Research Group, Instituto de Matemática Interdisciplinar (IMI),  
Universidad Complutense de Madrid

### Resumen

La programación estocástica multiobjetivo es un enfoque muy apropiado para tratar problemas en muchos ámbitos (energía, finanzas, emergencias, ente otros), dado que tanto la incertidumbre como los criterios múltiples suelen aparecer en estos campos. Se propone un nuevo concepto de solución, especialmente enfocado para tratar en entornos con aversión al riesgo. El concepto propuesto combina la noción de valor en riesgo condicional (CVaR) y los operadores de media ponderada ordenada (OWA), protegiéndose tanto del riesgo debido a la incertidumbre como del bajo cumplimiento de los criterios. Se presenta un modelo de programación lineal para obtener la solución, lo que añade poca complejidad al modelo inicial. Se ha probado con una variante del problema de la mochila.

**Palabras clave:** programación estocástica multiobjetivo; programación lineal; aversión al riesgo.

## Multiobjective Stochastic Programming Problem with Risk Aversion

### Abstract

Multiobjective stochastic programming is an approach well suited to tackling problems that arise in many fields: energy, financial, emergencies, among others; given that uncertainty and multiple objectives are usually present in such fields. A new concept of solution is proposed in this work, which is especially designed for risk-averse solutions. The proposed concept combines the notions of conditional value-at-risk (CVaR) and ordered weighted averaging (OWA) operator to find solutions protected against risks due to uncertainty and under-achievement of criteria. A linear programming model is introduced to obtain the solution, thus adding low complexity to the initial model. It has been proved with a variant of the knapsack problem.

**Key words:** multiobjective stochastic programming; linear programming; risk-aversion.



## Decisión multicriterio aplicada a incendios forestales

Granda Chico, Bibiana<sup>1</sup>; Vitoriano Villanueva, Begoña<sup>1</sup>; Figueira, José Rui<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación HUMLOG, Instituto de Matemática Interdisciplinar (IMI),  
Universidad Complutense de Madrid

<sup>2</sup>CEGIST, Instituto Técnico de Lisboa

### Resumen

Los incendios forestales son eventos naturales recurrentes que, si llegan a descontrolarse, pueden ocasionar graves pérdidas tanto en vidas humanas como económicas. Lidar con ellos no es tarea fácil, debido a la incertidumbre asociada al comportamiento del fuego, influenciado en gran medida por la meteorología. En el presente trabajo, se aborda la etapa de despacho de recursos durante la extinción de un incendio, cuando este ya se ha iniciado. El problema se modeliza como una variante del orienteering problem con ventanas de tiempo variables, en el que el equipo (o los equipos) de extinción tienen que determinar qué puntos visitar y/o sobre cuáles actuar, en qué orden y tiempos. El problema incluye la característica particular de ventanas de tiempo variables, ya que el tiempo de visita de los puntos que se vayan a controlar viene limitado por el tiempo de llegada del fuego, que a su vez interactúa con la estrategia de extinción; es decir, las ventanas de tiempo son variables no solo estocásticamente, sino que se ven modificadas por la propia solución del problema. En cuanto a la valoración de las soluciones, si bien el fin último es conseguir sofocar el incendio minimizando el daño causado, las labores de extinción y su estrategia pueden variar, viéndose afectadas por la manera en la que se definen los objetivos. Varios autores han propuesto distintos criterios (valor de las zonas afectadas, seguridad de los equipos, número de controles a efectuar...), pero las metodologías no pasan de una mera agregación. Se plantea entonces desarrollar un modelo más realista (que incluya menos simplificaciones) y determinar la metodología más adecuada para tratar el problema multicriterio, teniendo en cuenta la enorme complejidad del modelo.

**Palabras clave:** Decisión multicriterio; incendios forestales; extinción de incendios; orienteering problema.

## Multiple-criteria decision applied to wildfires

### Abstract

Wildfires are recurrent natural events that may be harmful in case they get out of control, causing loss of human lives or economic losses. Dealing with them is an arduous task due to the uncertainty associated with the fire's behaviour, which is greatly influenced by the weather conditions. In this work, it is addressed the dispatch stage of resources during the suppression of a wildfire once it has started. The problem is modelled as a variant of the orienteering problem with variable time windows, in which the team (or teams) should determine which locations to visit, which of them to treat, the order of visit and the timing. The problem includes the interesting characteristic of variable time windows, since the visiting time of the locations to control is bounded by the fire arrival time which, in turn, is influenced by the suppression strategy. In this way, the time windows are not only stochastically variable, but they are also

modified by the very solution of the problem. Regarding the goodness of the solutions, even though the ultimate goal is to suppress the fire minimizing the damage, the suppression strategy might vary affected by the way in which the objectives are defined. Several authors have proposed various objectives (value of the affected zones, safety conditions, number of controls...), however, the methodologies are generally simple, just basing on an aggregation of criteria. Thus, the goal is to develop a more suitable methodology for dealing with the multicriteria problem, considering its complexity.

**Key words:** multi-criteria decision making; wildfires; fire suppression; orienteering problem.

## Programación estocástica multiobjetivo aplicada al problema de las quemas controladas

León, Javier<sup>1</sup>; Vitoriano, Begoña<sup>2</sup>; Hearne, John<sup>3</sup>

<sup>1</sup>HUM-LOG Research Group, Universidad Complutense de Madrid

<sup>2</sup>HUM-LOG Research Group, Instituto de Matemática Interdisciplinar (IMI), Universidad Complutense de Madrid

<sup>3</sup>School of Science, RMIT University, Melbourne, Australia

### Resumen

La quema controlada es una práctica extendida dentro de la gestión de incendios forestales. Esta práctica permite que una vez se produzca un incendio este sea más fácil de controlar. Desafortunadamente, modificar la vegetación de un terreno puede afectar negativamente a la fauna existente. Adicionalmente, el problema de determinar dónde realizar dichas quemas controladas tiene una gran incertidumbre, puesto que no es posible saber con antelación cuánta superficie forestal puede ser tratada, debido a la limitada ventana temporal en la que se pueden realizar estas. Para recoger estos dos últimos aspectos se ha desarrollado un modelo de programación estocástica multiobjetivo con el que determinar cuándo y dónde realizar las quemas controladas. Este modelo, resuelto con un enfoque de aversión al riesgo que combina los conceptos de CvaR y OWA, ha sido aplicado en un caso real localizado en Andalucía.

**Palabras clave:** programación estocástica multiobjetivo; aversión al riesgo; incendios forestales; quemas controladas.

## Multiobjective Stochastic Programming Problem for the prescribed burning problem

### Abstract

Prescribed burning is an extended technique inside wildfire management. This technique allows that once a wildfire is started this is easier to control. Unfortunately, modifying vegetation can have a negative impact on the existing fauna. Moreover, the problem of determining where to do the prescribed burns has a high degree of uncertainty, as it is not known in advance how much of the landscape can be treated, due to the limited opportunity window in which to perform the burns. A multiobjective stochastic programming model has been developed including these two characteristics, that determines when and where to perform the burns. This model, solved with a risk-averse approach combining the concepts of CvaR and OWA, has been applied into a real case study in Andalucía.

**Key words:** multiobjective stochastic programming; risk-aversion; wildfire management; prescribed burning.

# Algoritmo de clasificación multicriterio basado en búsquedas globales y locales para la segmentación de proveedores

Segura, Marina<sup>1</sup>; Barrera, Iván Felipe<sup>2</sup>; Maroto, Concepción<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Economía Financiera y Actuarial y Estadística, Universidad Complutense de Madrid.

<sup>2</sup>Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universitat Politècnica de València.

## Resumen

Las empresas necesitan evaluaciones cuantitativas que aporten información relevante para seleccionar, clasificar, supervisar y gestionar las relaciones con sus proveedores. La metodología multicriterio representa un enfoque normativo para abordar la gestión sostenible de la cadena de suministro que requieren las empresas en la actualidad. El objetivo de esta investigación es desarrollar un método robusto para clasificar a los proveedores en categorías ordenadas y su validación en contextos reales.

Se propone un algoritmo, Global and Local search of Net Flows (GLNF), que se basa en una propiedad de los flujos netos del método PROMETHEE e integra los conceptos de búsqueda global y local, utilizados en el ámbito de la optimización. También se aporta una extensión del concepto silueta, aplicado en minería de datos, para medir la calidad de las clases ordenadas. Ambas contribuciones son fáciles de incorporar a sistemas de apoyo a la toma de decisiones para la gestión automatizada de la cadena de suministro.

Los resultados obtenidos se comparan con los del algoritmo de ordenación más citado en la literatura (PROMSORT) utilizando datos reales de evaluación de proveedores de una empresa manufacturera multinacional. También se realiza un análisis de sensibilidad de los parámetros de ambos métodos. La calidad de las asignaciones se ha medido con el índice de calidad de Rosenfeld & De Smet (2020) y el nuevo índice propuesto para la calidad de la clasificación, Silhouette for Sorting (SILS), basado en la extensión del concepto de silueta de minería de datos. Para ambos indicadores de calidad los resultados muestran que el método de clasificación GLNF puede lograr asignaciones de proveedores iguales o mejores que las obtenidas con PROMSORT. GLNF es un método robusto de ordenación multicriterio, clasifica a todos los proveedores y requiere menos información del decisor. Sin embargo, PROMSORT requiere la definición de un parámetro adicional y puede dejar algunas alternativas sin clasificar. Además, el análisis de sensibilidad muestra que GLNF es un algoritmo robusto, ya que las modificaciones en los parámetros de las funciones de preferencia no afectan significativamente a los resultados obtenidos.

Por último, destacar que las dos contribuciones del trabajo, tanto el nuevo algoritmo de clasificación de alternativas en grupos ordenados como el nuevo índice de calidad (SILS), son útiles para clasificar las alternativas en otros problemas multicriterio relacionados con la gestión de la cadena de suministro (clientes), así como para clasificar cualquier tipo de alternativas o acciones en categorías ordenadas, que tienen un número creciente de aplicaciones reales en diversos ámbitos como la educación, el análisis de riesgos y las finanzas.

**Palabras clave:** Clasificación multicriterio; segmentación de proveedores; PROMETHEE; búsqueda local; gestión de la cadena de suministro.

## Multicriteria sorting algorithm based on global and local search for supplier segmentation

### Abstract

Companies need quantitative assessments that provide relevant information to select, rank, monitor and manage their supplier relationships. The multicriteria methodology represents a normative approach to address the sustainable supply chain management required by companies today. The objective of this research is to develop a robust algorithm to classify suppliers into ordered categories and its validation in real contexts.

The Global and Local search of Net Flows (GLNF) sorting algorithm is proposed, which is based on a property of the net flows of the PROMETHEE method and integrates the concepts of global and local search, used in the field of optimisation. An extension of the silhouette concept from data mining is also provided to measure the quality of ordered groups. Both contributions are easy to incorporate into decision support systems to help managerial decisions.

The results obtained are compared with those of the most cited sorting algorithm in the literature (PROMSORT) using real data from supplier evaluation of a multinational manufacturing company. A sensitivity analysis of the parameters of both methods is also carried out. The quality of the assignments has been measured with the Rosenfeld & De Smet (2020) quality index and Silhouette for Sorting (SILS). The results show that for both quality indicators the GLNF sorting method can achieve equal or better supplier assignments than those obtained with PROMSORT. GLNF is a robust multicriteria sorting method, classifies all suppliers and requires less information from the decision maker. In contrast, PROMSORT requires the definition of an additional parameter and may leave some unclassified alternatives. The sensitivity analysis shows that GLNF is a robust algorithm, as modifications in the parameters of the preference functions do not significantly affect the results obtained.

Finally, both contributions, the GLNF sorting method and the SILS quality index, can be applied to classify alternatives into ordered groups in other multicriteria problems related to supply chain management (customers) and any alternatives into ordered categories. This problem appears in an increasing number of real applications, such as education, risk assessment, financial management... among others.

**Key words:** Multicriteria sorting; supplier segmentation; PROMETHEE; local search; supply chain management.

## Búsqueda en entorno variable para un modelo bi-objetivo de turnos de personal sanitario en una residencia

Pacheco, Joaquín<sup>1</sup>; Antón Paula<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Burgos

### Resumen

El problema de programación de turnos del personal de enfermería, es un caso particular del labor scheduling. Este problema es conocido como Nurse Scheduling Problem (NSP). El objetivo es asignar turnos de trabajo al personal de enfermería, de manera que se satisfagan algunas restricciones (básicamente garantizar niveles mínimos de asistencia requeridas), mientras se optimizan una o varias funciones objetivo (horas trabajadas, preferencias de turnos, etc). El NSP es un problema NP-difícil, y ha sido ampliamente investigado en la literatura. En nuestro caso presentamos un caso del NSP. Se trata de asignar (patrones de) turnos a personal sanitario (enfermera/os y técnicos de apoyo) en una residencia de ancianos. Los patrones están equilibrados (todos tienen el mismo número de turnos de mañana, tarde, noche, y los mismos días de la semana para estos turnos). Los objetivos en este caso son maximizar la suma total de las preferencias del personal y maximizar la preferencia de la enfermera con menos preferencia satisfecha. Para resolver este problema bi-objetivo se diseña un método que combina las estrategias búsqueda en entorno variable y e-constraint.

**Palabras clave:** programación de enfermeras; preferencias; búsqueda en entorno variable.

## Variable neighbourhood search for a bi-objective model of nursing staff shifts in a residence

### Abstract

The nurse scheduling problem is a particular case of labour scheduling. This problem is known as the Nurse Scheduling Problem (NSP). The objective is to assign work shifts to the nursing staff in such a way that some constraints are satisfied (basically guaranteeing minimum required attendance levels), while optimising one or several objective functions (hours worked, shift preferences, etc). The NSP is an NP-hard problem, and has been widely investigated in the literature. In our case we present a case of the NSP. It is about assigning (patterns of) shifts to health care staff (nurses and support technicians) in a residence for the elderly. The patterns are balanced (all have the same number of mornings, afternoon, and night shifts, and the same days of the week for these shifts). The objectives in this case are to maximise the sum total of staff preferences and to maximise the preference of the nurse with the least satisfied preference. To solve this bi-objective problem, a method combining the strategies variable environment search and e-constraint is designed.

**Key words:** nurse scheduling; preferences; variable neighbourhood search; e-constraint.

## Análisis de sentimientos en Twitter del proceso de vacunación de COVID-19 en España mediante “machine learning”

Navarro, Jorge<sup>1</sup>; Turón, Alberto<sup>1</sup>; Altuzarra, Alfredo<sup>1</sup>; Moreno-Jiménez, José María<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza (GDMZ). Departamento de Economía Aplicada. Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza.

### Resumen

Presentamos un procedimiento basado en la combinación de técnicas de machine learning, en particular el análisis de sentimientos y métodos estadísticos multivariantes, para evaluar la evolución del estado de ánimo de los ciudadanos durante las fases de vacunación contra el COVID-19 en España. Se han analizado 41.669 tweets procedentes de usuarios en España publicados entre el 27-02-2021 y el 31-12-2021. Se evaluaron los diferentes sentimientos utilizando una lista de palabras en español y sus asociaciones con ocho emociones básicas (ira, miedo, anticipación, confianza, sorpresa, tristeza, alegría y asco) y tres valencias (neutra, negativa y positiva). Además, se examinaron cómo se distribuían las diferentes emociones en los tweets utilizando varios estadísticos descriptivos y también se obtuvo un gráfico de trayectoria, que es una representación del tiempo de narración frente a la valencia emocional. Los resultados obtenidos ilustran que este tipo de análisis podría ayudar a evaluar el estado de ánimo de los ciudadanos y a calibrar el apoyo social a las políticas destinadas a mitigar los efectos de la pandemia y a avanzar en la consecución de la deseada inmunidad de rebaño.

**Palabras clave:** Vacunación COVID-19; Análisis de Sentimientos; Machine learning; Estadística multivariante; Twitter; Estado anímico social.

## Twitter sentiment analysis of the COVID-19 vaccination process in Spain using "machine learning"

### Abstract

We present a procedure based on the combination of machine learning techniques, in particular sentiment analysis and multivariate statistical methods, to evaluate the evolution of citizens' mood during the COVID-19 vaccination phases in Spain. We analysed 41,669 tweets from users in Spain posted between 27-02-2021 and 31-12-2021. Different sentiments were assessed using a list of Spanish words and their associations with eight basic emotions (anger, fear, anticipation, trust, surprise, sadness, joy and disgust) and three valences (neutral, negative and positive). In addition, we examined how the different emotions were distributed in the tweets using various descriptive statistics and also obtained a trajectory graph, which is a representation of narrative time versus emotional valence. The results obtained illustrate that this type of analysis could help assess the mood of citizens and gauge social support for policies aimed at mitigating the effects of the pandemic and making progress towards achieving the desired herd immunity.

**Key words:** COVID-19 Vaccination; Sentiment Analysis; Machine learning; Multivariate statistics; Twitter; Social mood.

## Identificación de líderes sociales y extracción de argumentos a partir de redes sociales

Turón, Alberto<sup>1</sup>; Aguarón, Juan<sup>1</sup>; Moreno-Jiménez, José María<sup>1</sup>; Navarro, Jorge<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza (GDMZ). Facultad de Economía y Empresa.  
Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Zaragoza.

### Resumen

Presentamos un procedimiento para la extracción de argumentos en un debate en redes sociales, basado en una combinación de técnicas de machine learning, en particular el análisis de sentimientos, para evaluar la valencia (positiva, negativa o neutra) de los mensajes publicados en la red, y de análisis de redes sociales para identificar a los líderes (aquellos que producen las ideas más populares entre los participantes en el debate) a partir de las valencias de sus mensajes y el comportamiento de quienes los comparten. El estudio se llevó a cabo a partir de 772.070 mensajes publicados en Twitter por 200.000 usuarios diferentes sobre el proceso de vacunación contra el COVID-19 en España entre el 27-02-2021 y el 31-12-2021. De estos mensajes se seleccionaron 18.193 con una probabilidad elevada de pertenecer a ciudadanos españoles. La relación de influencia se determinó a través de los retweets, asumiendo que esta acción supone que se está de acuerdo con la opinión leída y se quiere compartir con los propios seguidores. La red de retweets permitió identificar a los autores más retweeteados, y por medio de la valencia de sus publicaciones se determinó la valencia emocional de cada uno de ellos. Los autores más populares y de mayor valencia emocional fueron considerados líderes de la discusión. Se probó que existe una correlación efectiva entre la valencia emocional de los ciudadanos y la de los líderes del debate, de manera que un análisis automático de textos utilizando técnicas de procesamiento del lenguaje natural proporcionó los términos más importantes utilizados en el debate analizando tan sólo los mensajes de los líderes.

**Palabras clave:** Vacunación COVID-19, Análisis de Sentimientos, Análisis de redes sociales, Liderazgo, Twitter, Valencia emocional.

## Identification of social leaders and extraction of arguments from social networks

### Abstract

We present a procedure for the extraction of arguments in a debate on social networks, based on a combination of machine learning techniques, in particular sentiment analysis, to evaluate the valence (positive, negative or neutral) of the messages published in the network, and social network analysis to identify the leaders (those who produce the most popular ideas among the participants in the debate) based on the valences of their messages and the behavior of those who share them. The study was carried out from 772,070 messages posted on Twitter by 200,000 different users about the vaccination process against COVID-19 in Spain between 02-27-2021 and 12-31-2021. 18,193 of these messages were selected with a high probability of



belonging to Spanish citizens. The relationship of influence was determined through retweets, assuming that this action means agreement with the opinion read and wish to share it with the own followers. The retweet network made it possible to identify the most retweeted authors, and by means of the valence of their publications, the emotional valence of each of them was determined. The most popular authors and those with the greatest emotional valence were considered leaders of the discussion. It was proved that there is an effective correlation between the emotional valence of the citizens and that of the debate leaders, so that an automatic analysis of texts using natural language processing techniques provided the most important terms used in the debate, analyzing only the leadership messages.

**Key words:** COVID-19 vaccination; Sentiment analysis; Social network analysis; Leadership; Twitter; Emotional valence.

## Competitividad tecnológica. Análisis de estabilidad de los resultados de AHP con medidas absolutas

Muerza-Marín, Victoria<sup>1</sup>; Larrodé-Pellicer, Emilio<sup>2</sup>; Moreno-Jiménez, José María<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza. Dpto. Economía Aplicada, Universidad de Zaragoza, Gran Vía 2, 50005 Zaragoza.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Zaragoza, Edificio Betancourt Campus Río Ebro, C/ María de Luna s/n, 50018 Zaragoza.

### Resumen

Definiendo la Competitividad Tecnológica en los Procesos de Diversificación como la existencia de tecnologías clave que garantizan el funcionamiento efectivo actual y futuro de las empresas en términos de su potencial tecnológico y operativo, este nuevo concepto considera tanto las actividades de ingeniería como de gestión relacionadas con la capacidad de la organización para explotar su potencial tecnológico. Este artículo extiende y completa la investigación de los autores para desarrollar un índice que permita evaluar la competitividad tecnológica para llevar a cabo un proceso de diversificación tecnológica. En particular se centra en el análisis de estabilidad de los resultados obtenidos con los indicadores definidos (30 para el potencial tecnológico y 43 para el potencial operativo) en el marco de un modelo basado en la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico con medidas absolutas.

**Palabras clave:** Diversificación Industrial y Tecnológica; Competitividad Tecnológica; Planificación Estratégica; Evaluación Multicriterio; AHP.

## Technological competitiveness. Stability analysis of AHP-Absolute Measurements Results

### Abstract

Defining the Technological Competitiveness in Diversification Processes as the existence of key technologies that guarantee the current and future effective running of firms in terms of their technological and operational potential, this new concept considers both engineering and management activities related with the organization's capacity to exploit its technological potential. This paper extends and completes the authors' research focused on the development of an index that allows evaluating the technological competitiveness in a technological diversification process. In particular, it focuses on the analysis of the stability of the results obtained with the defined indicators (30 for technological potential and 43 for operational potential) within the framework of a model based on the Analytic Hierarchy Process with absolute measurements.

**Key words:** Industrial and Technological Diversification; Technological Competitiveness; Strategic Planning; Multicriteria Evaluation; AHP.

## Decisores con Comportamiento Homogéneo en AHP. Algunas Ideas Bayesianas para un Contexto Global

Altuzarra Casas, Alfredo<sup>1</sup>; Gargallo Valero, Pilar<sup>2</sup>; Moreno Jiménez, José María<sup>1</sup>; Salvador Figueras, Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza. Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza

<sup>2</sup> Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza

### Resumen

Cuando se requiere tomar una decisión en la que intervienen múltiples actores, puede ser conveniente identificar subgrupos de decisores con opiniones homogéneas. En anteriores trabajos se ha propuesto un nuevo procedimiento dentro de un contexto local. Se ha resuelto el problema, tanto para el caso de un número reducido de decisores, como para el caso de un número más elevado de decisores. El algoritmo asociado a este nuevo procedimiento reduce significativamente el tiempo computacional de identificación de los subgrupos con respecto a un método de búsqueda exhaustiva.

EL siguiente paso es extender la metodología al caso de un contexto global, aunque el algoritmo propuesto no resulta factible al no disponer de una expresión analítica de la distribución de las prioridades totales de las alternativas.

En este trabajo se presentan algunas ideas iniciales que pretenden resolver tales dificultades. Estas posibles soluciones van desde recurrir a métodos de simulación para obtener vectores de prioridades, como definir distancias o incompatibilidades.

**Palabras clave:** AHP; Análisis Bayesiano; Análisis Clúster; Grupos Homogéneos.

## Decision Makers with Homogeneous Behavior in AHP. Some Bayesian Ideas for a Global Context

### Abstract

When a decision needs to be made involving multiple stakeholders, it may be desirable to identify subgroups of decision-makers with homogeneous opinions. In previous work, a new procedure has been proposed in a local context. The problem has been solved both for the case of a small number of decision makers and for the case of a larger number of decision makers. The algorithm associated with this new procedure significantly reduces the computational time of subgroup identification with respect to an exhaustive search method.

The next step is to extend the methodology to the case of a global context, although the proposed algorithm is not feasible in the absence of an analytical expression of the distribution of the total priorities of the alternatives.



This paper presents some initial ideas that aim to solve these difficulties. These possible solutions can range from resorting to simulation methods to obtain priority vectors, to defining distances or incompatibilities.

**Key words:** AHP; Bayesian Analysis; Cluster Analysis; Homogenous groups.

## Pósteres

### Análisis de la eficiencia y el rendimiento universitario mediante la combinación de indicadores sintéticos basados en puntos de referencia con el análisis envolvente de datos

El Gibari, Samira<sup>1</sup>; Gómez, Trinidad<sup>2</sup> ; Ruiz, Francisco<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Investigadora Posdoctoral, Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas),  
Universidad de Málaga, España.

<sup>2</sup>Catedrático de Universidad, Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas),  
Universidad de Málaga, España.

<sup>3</sup>Catedrático de Universidad, Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas),  
Universidad de Málaga, España.

#### Resumen

Las instituciones de educación superior desempeñan, hoy en día, un papel importante en la transformación e innovación de nuestra sociedad. Ante este panorama, las universidades se están viendo obligadas a responder a las nuevas exigencias de un entorno, donde el conocimiento está siendo primordial para un progreso socioeconómico consolidado. Este trabajo propone analizar universidades mediante una combinación novedosa de metodologías, que permite usar conjuntamente una técnica de puntos de referencia multicriterio y el análisis envolvente de datos (DEA) desde diferentes escenarios de compensación. De esta manera, todos los aspectos considerados relevantes para la evaluación del desempeño y de la eficiencia universitaria son considerados en el análisis. Los resultados de esta investigación ponen de manifiesto la importancia de evaluar el desempeño universitario utilizando ambos escenarios de compensación, permitiendo así al decisor, detectar las áreas de mejora del desempeño universitario, en lugar de solo dar una medida global de dicho desempeño. Asimismo, la combinación del uso de indicadores sintéticos con el análisis DEA proporciona una información más completa de las instituciones evaluadas, lo que permite a las universidades comprender mejor sus debilidades y fortalezas. El análisis se ilustra utilizando datos de 47 universidades públicas españolas para el año académico 2016-2017.

**Palabras clave:** Análisis multicriterio; Indicadores sintéticos; Análisis envolvente de datos; Compensación; Sistema Universitario Público Español.

### Analysing the university efficiency and performance by combining composite indicators with data envelopment analysis

#### Abstract

Higher education institutions play nowadays an important role in the transformation and innovation of our society. Given this scenario, universities are being forced to respond to the

new demands of an environment, where knowledge is essential for a consolidated socioeconomic progress. The purpose of this paper is to analyse universities by using a novel combination of methodologies, which allows the joint use of a multicriteria reference point technique and the data envelopment analysis (DEA) from different compensatory scenarios. Therefore, all the aspects considered relevant for the assessment of university performance and efficiency are considered in the analysis. The findings of this research highlight the convenience to assess university performance by using both compensatory scenarios, allowing the decision maker to detect improvement areas, rather than just giving an overall performance measure. Besides, combining reference point based composite indicators with the DEA analysis provides a more complete information of the institutions assessed, allowing universities to better understand their strengths and weaknesses. The analysis is illustrated using data of 47 Spanish public universities for the academic year 2016-2017.

**Key words:** Multicriteria analysis; Composite indicators; Data Envelopment Analysis; Compensation; Spanish Public University System.

## Índice sintético para la competitividad turística de países europeos

Suárez Ordaz, Daiana Ivis<sup>1</sup>; Contreras Rubio, Ignacio<sup>2</sup>; Pérez León, Víctor Ernesto<sup>3</sup>; León Sánchez, María Amparo<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica.

<sup>3</sup>Universidad de Sevilla, Departamento de Matemática Aplicada II, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

<sup>4</sup>Universidad de Pinar del Río, Cuba. Departamento de Matemáticas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

### Resumen

La competitividad ha evolucionado hasta convertirse en un concepto multidimensional, aplicado a diversos campos de estudio (empresas, regiones, países). Entre las iniciativas para su aplicación, se han propuesto indicadores sintéticos como una de las opciones para la gestión y medición del desarrollo turístico de los países. El presente trabajo tiene como objetivo contribuir a la medición de la competitividad del turismo, a través de la creación de un indicador compuesto, aplicado a los países europeos, tomando como base los pilares del Índice de Desarrollo de Viajes y Turismo del Foro Económico Mundial (WEF). Se obtiene un ranking que permite analizar las posiciones entre los destinos para realizar comparaciones entre períodos, obtenido mediante un procedimiento no compensatorio computado por un modelo de programación lineal entero mixto.

**Palabras clave:** Competitividad turística; indicador sintético; procedimiento no compensatorio.

## Synthetic index for the tourism competitiveness of European countries

### Abstract

Competitiveness has evolved to become a multidimensional concept, applied to various fields of study (companies, regions, countries). Among the initiatives for its application, synthetic indicators have been proposed as one of the options for the management and measurement of tourism development in countries. The objective of this paper is to contribute to the measurement of the competitiveness of tourism, through the creation of a composite indicator, applied to European countries, based on the pillars of the World Economic Forum's Travel and Tourism Development Index (WEF). The construction of the composite indicator was carried out using a non-compensatory procedure computed by a mixed-integer linear programming model. The result is a ranking that allows analysing the positions between destinations to make comparisons between periods.

**Key words:** Tourism competitiveness; composite indicator; non-compensatory procedure.

## Gestión del tráfico aéreo para el control de pandemias: una perspectiva multiobjetivo

Jiménez-Martín, A.; Mateos, A.; Moreno-Díaz, A.; Carbonell, J.; Cabornero, D.; Domínguez, A.; Fragua, A.; Galocha, L.; Galvañ, D.A.; Hermida, J.; Tolani, V.

Grupo de Análisis de Decisiones y Estadística, ETSI Informáticos, UPM.

### Resumen

En el año 2020, la pandemia de COVID-19 se expandió rápidamente por todo el mundo a través del tráfico aéreo internacional de pasajeros. Este hecho renovó el interés por estudiar qué medidas se pueden adoptar sobre el tráfico aéreo para prevenir la expansión de pandemias.

La solución evidente que mejor lograría este objetivo sería cerrar todo el espacio aéreo internacional. Sin embargo, esto tendría consecuencias económicas, sociales y políticas muy negativas. Como alternativa se podría realizar un cierre selectivo de parte del tráfico aéreo en el que además del impacto epidemiológico se tuviesen en cuenta los correspondientes impactos económicos, sociales y políticos, siendo éstos conflictivos entre sí.

Desde un punto de vista epidemiológico existen modelos matemáticos que permiten predecir el riesgo de importación de una pandemia a través de un aeropuerto, a partir del riesgo importado individual de los vuelos que llegan diariamente a él que, a su vez, dependen de la incidencia de la pandemia en el área de influencia del aeropuerto de origen, así como de la probabilidad de que los pasajeros se contagien, bien en el aeropuerto origen (principalmente, ya que es donde más tiempo pasan) y destino, o bien durante el trayecto del vuelo.

Desde un punto de vista económico, el cierre de parte del tráfico aéreo supone pérdidas económicas tanto para las compañías aéreas (pérdida de pasajeros), como para los aeropuertos (tasas aeroportuarias, restauración y comercios) y regiones en las que se encuentran (pérdida de turismo, convenciones...). Un punto a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones sería que el impacto o pérdidas económicas se pudiese distribuir de forma homogénea entre todos los agentes afectados (compañías, aeropuertos y regiones).

Desde un punto de vista socio-político, la cancelación o cierre del espacio aéreo afectará en general a la población y restringirá su movilidad, afectando también a la conectividad de la red de transporte aéreo. A esto hay que añadir que ciertas decisiones políticas podrían restringir el espacio de soluciones, estableciendo por ejemplo que se deba mantener conexiones con las principales capitales europeas o mundiales, por citar un ejemplo.

Para afrontar la resolución de este problema se ha planteado una perspectiva multiobjetivo, en la que se utilizarán varias metaheurísticas alternativas (*attractors-based sticky BPSO* y *NSGA-III*) para la aproximación del frente Pareto, y de forma paralela se incorporarán técnicas para la cuantificación de las preferencias de los decisores que permitan alcanzar soluciones satisfactorias.

**Palabras clave:** Propagación de pandemias; gestión del tráfico aéreo; optimización multiobjetivo; metaheurísticas; cuantificación de preferencias.



## Air traffic management for pandemic control: a multi-objective perspective

### Abstract

In 2020, the COVID-19 pandemic spread rapidly around the world through the international air passenger traffic. This fact renewed interest in studying what measures can be taken on air traffic to prevent the spread of pandemics.

The obvious solution that would best achieve this goal would consist of closing all international airspace. However, it would entail very negative economic, social and political consequences. As an alternative, a selective closure of part of the air traffic could be carried out in which, in addition to the epidemiological impact, the corresponding economic, social and political impacts would be taken into account, being in conflict with each other.

From an epidemiological point of view, there are mathematical models that make it possible to predict the risk of importing a pandemic through an airport, based on the individual imported risk of the daily flights arriving, which, in turn, depends on the incidence of the pandemic in the area of influence of the origin airport, as well as the probability of passengers becoming infected, either at the origin airport (mainly, since most of their time is spent on them) and destination, or during the flight.

From an economic point of view, the closure of part of the air traffic entails economic losses both for the airlines (loss of passengers) and for the airports (airport taxes, restaurants and stores) and the regions in which they are located (loss of tourism, conventions...). An important issue to take into account when making decisions would be that the economic impact or losses could be distributed evenly among all the affected agents (companies, airports and regions).

From a socio-political point of view, the cancellation or closure of airspace will generally affect the population and restrict their mobility, also affecting the connectivity of the air transport network. In addition, certain political decisions that could constraint the space for solutions should be taken into account, establishing, for example, that connections must be maintained with the main European or world capitals.

A multi-objective perspective has been proposed to address the resolution of this problem, in which several alternative metaheuristics (attractors-based sticky BPSO and NSGA-III) will be used for the approximation of the Pareto front, and in parallel, techniques for the quantification of the decision-makers' preferences will be incorporated in order to reach satisficing solutions.

**Key words:** pandemic spread; air traffic management; multi-objective optimization; metaheuristics; preference quantification.

### Resumen ampliado

En el año 2020, la pandemia de COVID-19 se expandió rápidamente por todo el mundo a través del tráfico aéreo internacional de pasajeros (Wu et al., 2020; Vicente y Mateos, 2020; Pang et al., 2021). Este hecho renovó el interés por estudiar qué medidas se pueden adoptar sobre el tráfico aéreo para prevenir la expansión de pandemias.

La solución evidente que mejor lograría este objetivo sería cerrar todo el espacio aéreo internacional. Sin embargo, esto tendría consecuencias económicas, sociales y políticas muy negativas. Como alternativa se podría realizar un cierre selectivo de parte del tráfico aéreo en el que además del impacto epidemiológico se tuviesen en cuenta los impactos económicos, sociales y políticos, tratándose de un problema de optimización multiobjetivo complejo.

En España la gestión del tráfico aéreo se encuentra centralizada y recae en ENAIRE, mientras que los aeropuertos son gestionados por AENA. Por tanto, el problema a resolver se centra en el cierre/apertura dinámico del tráfico aéreo con destino a los aeropuertos españoles.

Desde un punto de vista epidemiológico existen modelos matemáticos que permiten predecir el riesgo de importación de una pandemia a través de un aeropuerto, a partir del riesgo importado individual de los vuelos que llegan diariamente a él (García *et al.*, 2021). A su vez, el riesgo importado de un vuelo depende de la incidencia de la pandemia en el área geográfica que nutre de pasajeros el aeropuerto de origen, así como de la probabilidad de que los pasajeros se contagien, bien en el aeropuerto origen (principalmente, ya que es donde más tiempo pasan) y destino, o bien durante el trayecto del vuelo.

Para la cuantificación del riesgo de la transmisión del virus en los aeropuertos se ha propuesto un indicador (Hermida, 2022) que se basa en técnicas de *deep learning* y visión por computador, como la red utilizada en la detección de personas *YOLO V3* (Redmon y Farhadi, 2018) o la utilizada en el reconocimiento de mascarillas *Inception* (Szegedy, 2015); y también técnicas novedosas para el cálculo de distancias entre personas y de contactos estrechos.

Para la cuantificación del riesgo de la transmisión del virus en las aeronaves se utiliza el método susceptible-infectious-recovered (SIR; Kermack y McKendrick, 1927; Tolani, 2022) y sus múltiples variantes, por ejemplo, susceptible-exposed-infectious-recovered (SEIR), SEIRS, SIS (Ceria *et al.*, 2021) o ASIRS, entre otras.

Para el análisis del impacto epidemiológico se cuenta con una base de datos orientada a grafos *Neo4J* que contiene datos de vuelos, aeropuertos y países que ha puesto a nuestra disposición el Centro de Referencia de Investigación, Desarrollo e Innovación ATM (CRIDA), con el que colabora el Grupo de Análisis de Decisiones y Estadística (UPM), cuya información ha sido comprada o cedida por la *International Transport Association* (IATA, datos de ocupación de aeronaves), *flightradar* (información de vuelos) y la *John Hopkins University* (información sobre incidencia de la pandemia a nivel mundial). También se ha creado una base de datos *Neo4J* que incluye información sobre movilidad a nivel nacional desde y hacia los aeropuertos, y de incidencia a nivel de distritos, que ha permitido refinar la estimación de personas infectadas que llegan a los aeropuertos para tomar un vuelo y la propagación a nivel nacional de las personas infectadas en los vuelos que llegan a nuestros aeropuertos (Carbonell, 2022).

Desde un punto de vista económico, el cierre de parte del tráfico aéreo supone pérdidas económicas tanto para las compañías aéreas (pérdida de pasajeros), como para los aeropuertos (tasas aeroportuarias, restauración y comercios) y regiones en las que se encuentran (pérdida de turismo, convenciones...). Un punto a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones sería que el impacto o pérdidas económicas se pudiese distribuir de forma homogénea entre todos los agentes afectados (compañías, aeropuertos y regiones).

Para la cuantificación de estos impactos económicos en la base de datos de *Neo4J* disponemos de la información de los vuelos, que incluye el número de pasajeros en los mismos, así como la compañía aérea que los opera. Por otro lado, se dispone de información del gasto

medio que realizan los pasajeros que transitan los aeropuertos españoles y, a partir del INE, el gasto medio diario y la duración media de la estancia de los turistas extranjeros que viajan a España en función del país de origen.

Desde un punto de vista socio-político, la cancelación o cierre del espacio aéreo afectará en general a la población y restringirá su movilidad, afectando también a la conectividad de la red de transporte aéreo. A esto hay que añadir que ciertas decisiones políticas podrían restringir el espacio de soluciones, estableciendo por ejemplo que se deba mantener conexiones con las principales capitales europeas o mundiales, por citar un ejemplo.

Para la cuantificación de estos impactos sobre la movilidad, se dispone del número de pasajeros de los distintos vuelos en la base de datos de *Neo4J*, así como de distintas medidas de conectividad del tráfico aéreo que nos permitiría analizar el impacto que tiene sobre ellas los distintos cierres parciales de tráfico aéreo analizados.

En definitiva, nos enfrentamos a un problema de optimización complejo, que en una primera versión busca como objetivo que el riesgo importado de una pandemia en España, a través de su transporte aéreo internacional, se mantenga dentro de ciertos límites (será una entrada al modelo que establecerán las autoridades con las competencias correspondientes), con el menor impacto económico y socio-político posible, y haciendo que dichos impactos se distribuyan de la forma más homogénea posible entre los agentes implicados.

Para afrontar la resolución de este problema se ha planteado una perspectiva multiobjetivo, en la que se utilizarán varias metaheurísticas alternativas (*attractors-based sticky BPSO* y *NSGA-III*) para la aproximación del frente Pareto, y de forma paralela se incorporarán técnicas para la cuantificación de las preferencias de los decisores que permitan alcanzar soluciones satisfactorias (Domínguez, 2022). Para cuantificar cómo influye el riesgo importado por el tráfico aéreo en el número de contagios en un país, se utilizan modelos de regresión de Poisson y sus extensiones (Cabornero, 2022).

Para la modelización y cuantificación de los impactos, así como para la cuantificación de las preferencias, se cuenta con el conocimiento experto de miembros de AENA y ENAIRE, además de investigadores del CRIDA, investigadores del Grupo de Investigación de Navegación Aérea (UPM) y virólogos de la Northwestern University (EE.UU.).

## Referencias

1. Cabornero, D. Modelos de regresión de Poisson aplicados a la propagación del COVID-19 a través del tráfico aéreo, *Trabajo Fin de Máster*, UPM (2022).
2. Carbonell, J. Análisis de la relación de la propagación del COVID-19 con la movilidad de origen y destino aeropuertos, *Trabajo Fin de Máster*, UPM (2022).
3. Ceria, A., Kostler, K., Gobardhan, R, Wang, W. Modeling airport congestion contagion by heterogeneous SIS epidemic spreading on airline networks. *PLoS ONE* 16.1 January (2021), e0245043.
4. Domínguez, A. Una Metaheurística híbrida para gestión del tráfico aéreo para el control de pandemias: una perspectiva multiobjetivo, *Trabajo Fin de Máster*, UPM (2022).
5. García, J., Poveda, J., Villasante, O., Sánchez, P., Mateos, A., Vicente, E., Lorenzo, R. On-line platform of the short-term prediction of risk of expansion of epidemics. Proof-of-concept based on COVID-19 evolution, In: *Fourteenth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar* (2021), New Orleans, USA.
6. Hermida, J. Obtención del riesgo de contagio de Virus SARS-Cov-2 en aeropuertos mediante el uso de técnicas de visión por computador, *Trabajo Fin de Máster*, UPM (2022).

7. Kermack, W.O., McKendrick, A.G. A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character* 115.772 (1927), 700-721.
8. Mateos, A., Vicente, E. Diseño, desarrollo y prueba de concepto de plataforma de alerta temprana frente al riesgo de propagación de virus debido a la red de transporte aéreo (2020).
9. Pang, J.K., Jones, S.P., Waite, L.L., Olson, N.A., Armstrong, J.W., Atmur, R.J., Cummins, J.J. Probability and estimated risk of SARS-CoV-2 transmission in the air travel systems. *Travel Medicine and Infectious Disease* 43 (2021), 102133.
10. Redmon, J., Farhadi, A. YOLOv3: An incremental improvement, *arXiv e-prints*, 2018.
11. Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., Wojna, Z. Rethinking the inception architecture for computer vision, *Computer Vision and Pattern Recognition* (2015), 2818-2826.
12. Tolani, V., Generalización del modelo SIR para la predicción de propagación de epidemias, *Trabajo Fin de Máster*, UPM (2022).
13. Vicente, E., Mateos, A. COVID-19: Analizamos el papel de los vuelos internacionales en su propagación. *The conversation* (2020)
14. Wu, J., Leung, K., Leung, G.M. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study. *The Lancet* 395, 10225 (2020) 689-697.

**Palabras clave:** Propagación de pandemias, gestión del tráfico aéreo, optimización multiobjetivo, metaheurísticas, cuantificación de preferencias.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido financiado por los proyectos *Participación Ciudadana Cognitiva y Decisiones Públicas: Aplicaciones Sociosanitarias* (financiado por el Gobierno de Aragón, Ref. LMP35-21), *MadidDataSpace4Pandemics-CM* (financiado por la Consejería de Educación, Universidades, Ciencia y Portavocía de la Comunidad de Madrid y la Unión Europea-FEDER como parte de la respuesta de la Unión a la pandemia de COVID-19) y *PID202-122209OB-C31* (financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación).

## Equilibrios altruistas y apoyo mutuo en juegos no cooperativos

Monroy Berjillos, Luisa<sup>1</sup>; Mármol Conde, Amparo M.<sup>1</sup>; Zapata Reina, Asunción<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Economía Aplicada III, Instituto de Matemáticas. Universidad de Sevilla

<sup>2</sup>Dpto. de Economía Aplicada III. Universidad de Sevilla

### Resumen

El concepto de equilibrio de Berge representa una alternativa para modelar el comportamiento socioeconómico y las interacciones humanas. Mientras que la noción de equilibrio de Nash se basa en el interés propio, pues los jugadores buscan maximizar sus propios pagos dada la acción de los otros jugadores, la idea tras el equilibrio de Berge es el apoyo mutuo, ya que, dada la acción de cada jugador, los demás actúan buscando el interés de dicho jugador. En este trabajo proponemos los juegos vectoriales en forma normal como un marco unificado en el que estudiar y extender el concepto de equilibrio de Berge. Al contrario que para el equilibrio de Nash, el equilibrio de Berge no siempre existe para todos los juegos finitos debido a que supone condiciones muy exigentes. Basándonos en los equilibrios del juego vectorial altruista que definimos, presentamos nuevos conceptos de equilibrio para juegos escalares, que capturan la idea del equilibrio de Berge. Estos equilibrios constituyen una relajación de este concepto, conservando la idea subyacente de apoyo mutuo. Establecemos las relaciones entre estos nuevos equilibrios, los equilibrios de Nash y los de Berge e ilustramos los resultados analizando un juego bimatrixial vectorial y un juego matricial vectorial de tres jugadores.

**Palabras clave:** equilibrio de Berge; equilibrio de Nash; juego conjunto; equilibrio altruista.

## Altruistic equilibria and mutual support in non-cooperative games

### Abstract

Berge's notion of equilibrium represents a possible alternative to the Nash equilibrium to model socioeconomic behavior and human interactions. While the notion of Nash equilibrium is based on self-interest, as players seek to maximize their own payoffs given the action of the other players, the idea behind the Berge equilibrium is mutual support, as given the action of each player, all other players select their actions looking for her best interest. In this paper, we propose vector-valued normal-form games as a unified framework in which to study and extend the concept of Berge equilibrium. Contrary to the Nash equilibrium, Berge equilibria do not exist for all finite games due to the demanding conditions involved. Based on the equilibria of the so-called altruistic vector-valued game, we present new equilibrium concepts for scalar games, which capture the idea of the Berge equilibrium. These equilibria constitute a relaxation of Berge's notion, although they still retain the underlying idea of mutual support. We establish the links between these new equilibria, the Nash equilibria, and the Berge equilibria. To illustrate these relationships, we analyse a vector bimatrix game and a three-person matrix game.

**Key words:** Berge equilibria; Nash equilibria; joint game; altruistic equilibria.

## Índices de compatibilidad geométricos para la decisión en grupo con AHP

Aguarón, Juan<sup>1</sup>; Escobar, María Teresa<sup>1</sup>; Moreno-Jiménez, José María<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza. Departamento de Economía Aplicada. Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza.

### Resumen

En este trabajo se presentan algunos índices para la evaluación de la compatibilidad de las posiciones individuales con la posición colectiva cuando se aborda la toma de decisiones en grupo con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Se han definido distintos indicadores atendiendo a la información que esté disponible sobre las posiciones individuales y colectiva. Dicha información puede venir dada por las correspondientes matrices de comparaciones pareadas o por los vectores de prioridades asociados a las mismas. Los indicadores de compatibilidad geométricos utilizan la distancia log-cuadrática para medir las discrepancias entre las posiciones consideradas, garantizando buenas propiedades analíticas de los mismos, lo que permite obtener resultados cerrados para el establecimiento de procedimientos de reducción de la incompatibilidad.

**Palabras clave:** Proceso Analítico Jerárquico (AHP); Decisión en Grupo; Compatibilidad; Reducción de la incompatibilidad.

## Geometric compatibility indexes for Group Decision Making with AHP

### Abstract

This paper presents some indexes for the evaluation of the compatibility of the individual positions with the collective position when dealing with Group Decision Making using the Analytic Hierarchy Process (AHP). Different indicators have been defined according to the information that is available on the individual and collective positions. This information can be provided by the corresponding pairwise comparison matrices or by the associated priority vectors. Geometric compatibility indicators use the log-quadratic distance to measure the discrepancies between the considered positions, ensuring good analytical properties, which allows obtaining closed results for the establishment of incompatibility reduction procedures.

**Key words:** Analytic Hierarchy Process (AHP); Group Decision Making; Compatibility; Reduction of Incompatibility.

## Análisis de la eficiencia financiera y ESG del mercado de energía renovable en la pandemia COVID-19

Bilbao-Terol, Amelia<sup>1</sup>; Arenas-Parra, Mar<sup>1</sup>; Bilbao-Terol, Celia<sup>2</sup>; Quiroga-García, Raquel<sup>1</sup>; Cañal-Fernández, Verónica<sup>1</sup>

Grupo de Decisión Multicriterio Universidad de Oviedo (MCDMUO)

<sup>1</sup>Departamento de Economía Cuantitativa

<sup>2</sup>Departamento de Economía

### Resumen

El objetivo de este trabajo es proporcionar una herramienta para encontrar inversiones en empresas energéticas que logren tanto un buen rendimiento financiero como un razonable rendimiento medioambiental, social y de gobernanza (ESG). Nuestra metodología se desarrolla en dos pasos y se basa en modelos DEA consistente con la diversificación. El primer paso consiste en construir una frontera financieramente eficiente aplicando el modelo de Branda. En el segundo paso se propone un nuevo modelo DEA para encontrar carteras eficientes desde el punto de vista ESG entre las ya identificadas en el primer paso. Este modelo está parametrizado por un sistema de ponderación que permite asignar diferente importancia a las distancias asociadas a los criterios ESG. Además, la propuesta permite evaluar la eficiencia ESG y financiera relacionada con el mercado financiero de la energía durante dos períodos (período Pre-COVID-19 y COVID-19), considerando las empresas de energía renovable y no renovable tanto conjuntamente como por separado. Los resultados apoyan el mayor rendimiento financiero del mercado energético renovable en comparación con el del mercado no renovable.

**Palabras clave:** DEA; eficiencia financiera; eficiencia ESG; mercado energético; COVID-19.

## Analysis of the financial and ESG efficiency of the renewable energy market in the COVID-19 pandemic

### Abstract

The aim of this paper is to provide a tool for finding investments in the stocks of energy firms that achieve both a good financial and a reasonable Environmental, Social and Governance (ESG) performance. Our methodology runs in two steps and is based on diversification-consistent DEA models. The first step involves constructing an efficient frontier of investment portfolios applying the Branda model. In the second step a new DEA model is proposed in order to find the relative ESG-efficient portfolios among the ones already identified in the first step and to rank them with respect to their ESG performance. This model is parameterized by a weighting system which allows us to assign different importance to the distances associated with the various ESG outputs. Additionally, the proposal allows an evaluation of the ESG and financial efficiency related to the financial energy market over two periods (Pre-COVID-19 and COVID-19 period), considering renewable and non-renewable energy firms both jointly and separately. The results support the major financial performance of the renewable stock market compared with that of the non-renewable market.

**Key words:** Data Envelopment Analysis; Financial Efficient; ESG Efficient; Energy Stock Market; COVID-19.



**Servicio de  
Publicaciones**

**Universidad Zaragoza**