



XXXIV CONGRESO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA
E INVESTIGACIÓN OPERATIVA
VIII Jornadas de Estadística Pública

Libro de Abstracts

**XXXIV CONGRESO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA E
INVESTIGACIÓN OPERATIVA
VIII Jornadas de Estadística Pública
SEIO 2013**

**Universitat Jaume I
CASTELLÓN**

Septiembre 2013

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT JAUME I. Dades catalogàfiques

Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa (34è. 2013. Castelló de la Plana, Comunitat Valenciana)

XXXIV Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa [y] VIII Jornadas de Estadística Pública [Recurs electrònic]. : SEIO 2013 : Universitat Jaume I, Castellón, septiembre 2013 : libro de abstracts / [organizado por la Universitat Jaume I, Sociedad de Estadística e Investigación Operativa (SEIO)] - Castelló de la Plana : Publicacions de la Universitat Jaume I, 2013
1 recurs electrònic - (e-Treballs d'Informàtica i tecnologia ; 16)

Bibliografia

e-ISBN 978-84-8021-957-0

1. Investigació operativa – Congressos. 2. Estadística matemàtica - Congressos. I. Sociedad de Estadística e Investigación Operativa. II. Universitat Jaume I. Publicacions.III. Jornadas de Estadística Pública (8es. 2013. Castelló de la Plana, Comunitat Valenciana). IV. SEIO 2013. V. Títol. VI. Sèrie
519.8(063)
519.2(063)

PBT

PBUD

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus propietarios, excepto la excepción prevista por la ley. Dirigiros a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesitáis fotocopiar o escanear fragmentos de esta obra.

Publicaciones de la Universitat Jaume I es una editorial miembro de la UNE, cosa que garantiza la difusión y comercialización de las obras en los ámbitos nacionales e internacionales. www.une.es.

©Del texto: los autores, 2013

©De esta edición: Publicacions de la Universitat Jaume I, 2013

Edita: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions Campus del Riu Sec. Edifici Rectorat i Serveis Centrals. 12071 Castelló de la Plana Fax: 964 72 88 32
www.tenda.uji.es
e-mail: publicacions@uji.es

e-ISBN: 978-84-8021-957-0

DOI: <http://dx.doi.org/10.6035/e-TIiT.2013.16>

Organizan



Colaboran



Índice general

1. Presentación	6
2. Comité organizador	7
3. Comité científico	8
4. Conferencias plenarias	9
5. Conferencias premio Ramiro Melendreras	13
6. Contribuciones grupos SEIO	15
6.1. Localización (GELOCA)	15
6.2. Teoría de juegos	16
6.3. Decisión multicriterio	23
6.4. Clasificación y análisis multivariante	25
6.5. Enseñanza y aprendizaje EIO	36
6.6. Análisis de datos funcionales (FDA)	40
7. Contribuciones por categorías	43
7.1. Algoritmos metaheurísticos	43
7.2. Análisis envolvente de datos	46
7.3. Aplicaciones de la investigación operativa	47
7.4. Aplicaciones de la probabilidad	56
7.5. Clasificación y análisis multivariante	60
7.6. Distribuciones estadísticas	63
7.7. Estadística computacional	65
7.8. Estadística espacial y espacio-temporal	70
7.9. Estadística no paramétrica	76
7.10. Inferencia estadística	78
7.11. Innovación docente	82
7.12. JEP-Estimación de pequeñas áreas	85
7.13. JEP-Investigación metodológica en estadística pública	87

7.14. Jornadas de estadística pública	88
7.15. Métodos estadísticos	91
7.16. Modelos de gestión energética	95
7.17. Modelos de probabilidad	96
7.18. Modelos estadísticos	97
7.19. Modelos estocásticos	102
7.20. Optimización bajo incertidumbre	104
7.21. Optimización combinatoria y optimización entera	107
7.22. Optimización matemática	112
7.23. Probabilidad, convergencias y teoremas límite	117
7.24. Problemas de localización	118
7.25. Problemas de rutas	120
7.26. Procesos estocásticos	122
7.27. Series temporales	126
7.28. Teoría de juegos	128
7.29. Técnicas de muestreo	131

Presentación

Este libro recoge los abstracts de los trabajos presentados durante el XXXIV Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa y de las VIII Jornadas de Estadística Pública, que ha tenido lugar en Castellón, del 11 al 13 de septiembre de 2013.

En el 51 aniversario de la fundación de la SEIO, este congreso nacional llega por vez primera a Castellón. El Comité Organizador ha querido poner su máximo empeño en que todo salga a la perfección, y así mantener el nivel de calidad científica de siempre asociada al congreso nacional y hacer del congreso un momento y espacio común de diálogo entre investigadores y profesionales de la Estadística. Entusiasmo no ha faltado y confiamos que este reto haya sido conseguido con holgura.

Además, el 2013 está calificado como Año Mundial de la Estadística y nuestro congreso contribuye al papel que el ISI quiere reforzar en este 2013, que no es otro que la justa presencia de la Estadística e Investigación Operativa en amplios sectores de la sociedad. El correcto reconocimiento de nuestra disciplina por parte de la sociedad será un síntoma de madurez y modernidad. El programa ha incluido a 5 plenarios, entre los que queremos destacar el español seleccionado este año para impartir la Conferencia Sixto Ríos, Enrique Castillo. Dos son los premios que son concedidos durante el congreso, el Premio Ramiro Melendreras y el Premio del INE Eduardo García España. El resto del programa se divide en conferencias orales y posters. A fecha de cierre de este libro de Abstracts tenemos algo más de 300 participantes, de entre los cuales más del 80 % presentan algún tipo de trabajo.

Este libro está estructurado de la siguiente forma: (a) Conferencias plenarias; (b) Candidatos al Premio Ramiro Melendreras; (c) Contribuciones a los grupos SEIO; (d) resto de contribuciones por categorías. Desde estas líneas queremos expresar nuestro agradecimiento a los asistentes y ponentes, a la sociedad SEIO por dar esta oportunidad a Castellón y a los colaboradores materiales e inmateriales que han contribuido a la correcta organización del evento.

Comité organizador**Presidente**

Jorge Mateu Mahiques

(Departamento de Matemáticas, Universitat Jaume I)

Vocales

Pablo Gregori Huerta

Amelia Simó Vidal

Maria Victoria Ibáñez

Pablo Juan Verdoy

Carlos Ayyad Limonge

Jonatan González Monsalve

Francisco Rodríguez Cortés

Gil Lorenzo Valentín

(Departamento de Matemáticas, Universitat Jaume I)

Comité científico

Presidente

Jorge Mateu Mahiques

(Departamento de Matemáticas, Universitat Jaume I)

Vocales

- Lola Ugarte Martínez
(Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad Pública de Navarra)
- Joaquín Sánchez Soriano
(Departamento de Estadística, Matemáticas e Informática, Universidad Miguel Hernández)
- Ana María Aguilera del Pino
(Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Granada)
- Mathieu Kessler
(Departamento de Matemática Aplicada y Estadística, Universidad Politécnica de Cartagena)
- Antonio Alonso Ayuso
(Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad Rey Juan Carlos)
- Juan José Salazar González
(Departamento de Estadística, Investigación Operativa y Computación, Universidad de La Laguna)
- Miguel Angel Martínez Vidal
(Subdirección General de Estadísticas de la Población, Instituto Nacional de Estadística)
- Jose Vicente Espí Macías
(Instituto Nacional de Estadística)

Conferencias plenarias

1. Extreme value theory in practice. Some examples

Enrique Castillo (*University of Cantabria*),

Carmen Castillo (*University of Castilla-La Mancha*),

Roberto Mínguez (*University of Cantabria, University of Castilla-La Mancha*)

After providing a motivation for the problem of extremes in real life and a list of applications to engineering problems, the concept of order statistics, mainly maxima and minima, are revised together with the joint distribution of any subset of order statistics. After a short review of the concepts of exceedances and return periods and their applications to engineering problems, the limit distributions of order statistics are analyzed for independent and some special cases of dependent samples. Next, some practical methods for identifying the domains of attraction of given distributions are described, including probability paper methods. The generalized Pareto distribution is also introduced to deal with exceedances over a threshold. Finally, the example of the wave data for the design of a breakwater is discussed in some detail.

Keywords: order statistics, extremes, domains of attraction, return periods, exceedances, generalized Pareto, applications.

2. Formulations and exact algorithms for the asymmetric Traveling Salesman Problem

Paolo Toth (*DEI, Alma Mater Studiorum, A.D. 1087, University of Bologna*)

The Traveling Salesman Problem (TSP) is one of the best-known combinatorial optimization and graph theory problems. In this talk, the “asymmetric” (i.e. defined on a directed graph) version of the problem, called ATSP in the following, is considered. ATSP can be defined as follows. Given a complete directed graph G , where each arc has an associated cost, a Hamiltonian circuit of G is a circuit passing through

each vertex of G exactly once. The ATSP is to find a Hamiltonian circuit of G whose total cost (given by the sum of the costs of its arcs) is a minimum. Such a problem is known to be NP-hard in the strong sense, and finds many practical applications (e.g. in vehicle routing, scheduling, wiring, FMS, and sequencing problems).

The talk will review the main Integer Linear Programming formulations and the most effective exact (branch-and-bound and branch-and-cut) algorithms proposed for ATSP.

Extensive computational results comparing the performance of the previously described formulations and algorithms on random and real-world instances from the literature will be reported.

Keywords: asymmetric traveling salesman problem, integer linear programming models, branch-and-bound algorithms, branch-and-cut algorithms, experimental Comparison.

3. Integrated network flow and location models with applications in evacuation planning

Horst W. Hamacher (*Optimization Working Group, Department of Mathematics, University of Kaiserslautern*)

One of the prominent models used in evacuation planning is the dynamic network flow problem. In this model, the evacuees correspond to the flow units sent over time from their homes (sources) to evacuation shelters (sinks). Objective values of this model help to predict evacuation parameters, for instance, the time to evacuate all evacuees, the minimization of the risk, or the determination of the main evacuation routes as input of subsequent simulations. Several location decisions, like the choice of shelters or the placement of the emergency units, influence the outcome of the network flow models. In this presentation we show how these decisions can be integrated in the network flow model. In the FlowLoc model we consider the following situation: A decision on locating one or more facilities in a network has to be made which changes the capacities of the arcs. The quality of the location decision is measured by the change in the optimal objective value before and after the location of the new facilities. Using the SinkLoc model, we show how suitable evacuation shelters can be chosen for a given number of evacuees. This is achieved by considering the number of evacuees as supplies in source nodes and finding a best possible set of locations as sinks which can take on all evacuees. We propose solution algorithms for maximal, multi-terminal and multi-commodity FlowLoc and SinkLoc problems, discuss their theoretical complexity and present results of numerical tests.

Keywords: network flows, locational planning, integrated model.

4. Modernisation of statistical production and services

Lidia Bratanova (*Director, Statistical Division, United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, Switzerland*)

We live in an age of information. The amount of information is increasing exponentially, and access to it is becoming easier. This deluge of data challenges the ability of users to build the systems and tools needed to manage it and interpret it. This situation raises a number of opportunities and challenges, which are particularly profound for producers of official statistics. From the collection or acquisition of data as raw material to the output of high quality products and services, information is the core business of national and international statistical organisations.

The changes in the relationship between people and information are leading to increased demands and higher expectations for a wider range of statistics to be made available more quickly. The challenge for statistical organisations is to be sufficiently flexible and agile to provide quality statistics quickly, to meet user needs at an acceptable cost. Cost is an important factor. At a time when it is becoming increasingly difficult and costly to collect data via surveys, governments are demanding greater efficiency. Statistical organisations have to do more with fewer resources.

Failing to address the challenges and opportunities of a world where data are available in abundance from many sources, sometimes on an almost “real time” basis, may reduce the relevance of producers of official statistics. Already there are new competitors who have the ability to produce statistics more quickly although not always to the same quality. Modernisation of statistical production and services is therefore essential.

The presentation will describe the drivers for the modernisation of official statistics, and the response of the global statistical community. This response takes the form of a recently created High-Level Group for the Modernisation of Statistical Production and Services, which brings together ten heads of national and international statistical organisations, and provides strategic direction and coordination to modernisation activities. The presentation will summarise the vision of standards-based modernisation and the key standards that are being developed to support this vision.

5. Spatial statistics: An overview and some recent developments

Alfred Stein (*Twente University, The Netherlands*)

During the past decades, spatial statistics has developed as a specific and well defined domain of science. Methodologies range from geostatistics towards point pattern analysis and spatial autocorrelation. The data to be analyzed are from various domains and they concern important problems at multiple scales: global change, continental mapping, earthquake mapping at the national scale, econometric issues at many levels, indoor fires in buildings within a city, remote

sensing imagery at the agricultural field scale towards even smaller areas. Similarities between the studies are the inherent relation between observables and coordinates. This relation leads to a range of challenges and opportunities. Also sampling is recognized as an important issue within spatial statistics. Recent modern developments focus more and more on an object based analysis. Here the attention is on homogeneous objects, or at least on objects of a clear, although sometimes vague semantic definition. We have to realize that those objects have an uncertainty on the basis of their definition and that additional ways of analysis are needed to deal with that. For these reasons, increasingly attention has been given to stereology and random sets in applications for spatial statistics. Those serve as alternatives for fuzzy methods. Finally, extension of the methodology towards the space-time domain is evolving, following a range of recent publications. This presentation aims to present an overview of the domain of spatial statistics, and includes some recent developments. Attention will be given to the different ways of analyzing spatial data, their challenges and questions. This is followed by a selected presentation of some recent developments. Extensions towards the spatio-temporal domain are discussed.

Conferencias candidatas al premio Ramiro Melendreras

6. Propuesta y comparación de distintas versiones penalizadas de la regresión PLS funcional

M. Carmen Aguilera Morillo (*Universidad de Granada*)

El principal objetivo de este trabajo es mejorar la estimación y la capacidad de predicción del modelo lineal funcional para una respuesta escalar en términos de curvas suaves observadas con error. Este modelo está afectado por la alta dimensionalidad de los datos, la multicolinealidad y la falta de suavidad en la estimación del parámetro funcional. Con objeto de resolver los tres problemas al mismo tiempo, se proponen dos estimaciones penalizadas distintas basadas en la regresión PLS funcional. La primera introduce la penalización en la definición de la norma de las funciones peso asociadas a las componentes PLS. La segunda considera una estimación penalizada de la covarianza entre la respuesta y las componentes PLS.

Las estimaciones penalizadas del PLS funcional se han comparado con la regresión PLS funcional no penalizada mediante un estudio de simulación y una aplicación con datos funcionales quimiométricos.

Palabras clave: modelo lineal funcional, regresión PLS funcional, B-splines.

7. Diseño óptimo de experimentos con material granular

Elvira Delgado Márquez (*Universidad de Castilla - La Mancha*)

El trabajo con material granular está ampliamente extendido, teniendo especial importancia en las industrias química, alimentaria y farmacéutica. Durante la descarga de un silo de dos dimensiones, el flujo de granos que pasan a través del orificio de salida puede detenerse si el tamaño de dicho orificio no es lo suficientemente grande. Los atascos se producen debido a la formación de un arco en la salida. Cuando se ha producido un atasco, es necesaria la entrada de energía para romper

el arco y reestablecer el flujo. Entonces el flujo de material granular se reestablecerá hasta que se produzca un nuevo atasco.

El modelo que describe el flujo de granos de un silo de 2 dimensiones y el coste de experimentación se ha estudiado en este trabajo desde la perspectiva del Diseño óptimo de experimentos. Se ha calculado el Diseño óptimo de experimentos y sus eficiencias.

Palabras clave: D-optimalidad; materiales en forma granular; matriz de información de Fisher.

8. **Modelling competition and cooperation among social autonomous agents**

Pablo G. Esteban (*Rey Juan Carlos University of Madrid*)

Machines that perform intelligent tasks interacting with humans in a seamless manner are becoming a reality. A key element in their design is their ability to make decisions based on a reasonable value system, and the perception of the surrounding environment, including the incumbent persons and the other surrounding machines. In this paper, we develop a framework based on Adversarial Risk Analysis to support the decision making of an intelligent agent which needs to interact with several agents and persons. We propose several contextualizations of the problem including competitive and cooperative scenarios. We describe which is the conceptual and computational solution for the proposed scenarios, including, when incumbent, a comparison with Nash equilibria concepts. We also explore the transition from competitive and cooperative behaviour, and viceversa, based on a parametric model. Our motivation is the design of societies of robotic agents that interact among them and with one or more users, to be used as interactive robotic pets, teaching assistants or cooperative caregivers for the elderly.

Keywords: adversarial risk analysis; game-theory; decision analysis; intelligent agents; robots.

Contribuciones de los grupos de trabajo de la SEIO

6.1. Localización (GELOCA)

9. Un modelo general de cubrimiento y localización

Alfredo Marín (*Universidad de Murcia*)

Desde su introducción hace ya casi un siglo, el problema de cubrimiento de conjuntos ha sido extendido en diversas maneras, recibiendo especial atención dentro del ámbito de la Localización. Modelos de cubrimiento-localización de servicios de emergencia y otros son modelizados mediante el uso de variables enteras que representan el número de centros ubicados en un lugar, con el objetivo de cubrir determinadas demandas a mínimo coste o maximizar el cubrimiento con una limitación de recursos. Una sencilla formulación de Programación Entera introducida en este trabajo generaliza una docena de estos modelos, incluyendo los más significativos del campo. Adicionalmente, el problema de la p -mediana y el problema de localización de plantas sin capacidades son también casos particulares cuando se eligen adecuadamente los parámetros. Como técnica de resolución del modelo alternativa al uso de software estándar de Optimización Discreta proponemos la relajación lagrangiana, vastamente utilizada en muchos de los casos particulares por distintos autores.

Palabras clave: localización, cubrimiento, programación entera, optimización discreta.

10. Estrategia de localización en redes con funciones de atracción y demanda variable

Saúl Cano Hernández (*Universidad Autónoma de Tlaxcala, México*),

Blas Pelegrín Pelegrín (*Universidad de Murcia*),

Pascual Fernández Hernández (*Universidad de Murcia*)

Se presenta un nuevo modelo de localización competitiva tipo Huff donde las preferencias de los consumidores son de tipo binario; la

demanda se encuentra en los nodos de una red y es variable. El objetivo de la firma entrante es maximizar su cuota de mercado conociendo de la existencia de otras firmas en el mercado. Los consumidores compran en el centro del que perciben la mayor atracción (patrón binario). Si un consumidor percibe la misma atracción en un centro existente y uno nuevo, una proporción de su demanda es capturada por el nuevo. Se establece la relación entre los conceptos de punto isoatractivo y punto isodistante, y se demuestra que existe un conjunto finito de candidatos a solución óptima o -óptima. Se presenta una formulación como un problema de programación lineal entera mixta para encontrar las localizaciones óptimas y se realiza un análisis de sensibilidad respecto a la tasa de la distancia, el número de centros existentes y el número de nuevos centros, aplicado a la Región de Murcia (España).

Palabras clave: localización competitiva, elección binaria, programación lineal entera.

11. **An unified approach for continuous l_p ordered median single-facility location problems**

Víctor Blanco (*Universidad de Granada*),

Justo Puerto (*Universidad de Sevilla*),

Safae El Haj Ben Ali (*Universidad de Sevilla*)

This talk addresses the general continuous single facility location problems in finite dimension spaces under possibly different l_p norms in the demand points. We analyze the difficulty of this family of problems and revisit convergence properties of some well-known algorithms. Our goal is provide a common approach to solve the family of continuous l_p ordered median location problems in dimension d . We prove that this approach has a polynomial worst case complexity for monotone lambda weights and can be also applied to constrained and even non-convex problems.

Keywords: location analysis, semidefinite programming, second order conic programming, polynomial optimization.

6.2. Teoría de juegos

12. **Un concepto de solución para juegos con estructuras de coalición múltiple**

René van den Brink (*VU University Amsterdam*),

Natividad Llorca Pascual (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Joaquín Sánchez Soriano (*Universidad Miguel Hernández de Elche*)

En muchas situaciones sociales los agentes se pueden dividir teniendo en cuenta diferentes dimensiones sociales. Por ejemplo, mirando el apoyo a los diferentes partidos políticos, se podría dividir la población votante en dimensiones tales como el género, la edad, los ingresos,

etc. Dichas dimensiones pueden ser representadas por estructuras de coaliciones en el sentido de Aumann y Drèze (1974) u Owen (1977). Un caso especial es la estructura de niveles de Winter (1989), que es un conjunto ordenado de particiones donde cada partición siguiente es un refinamiento de la anterior. Sin embargo, para nuestro propósito esto es demasiado restrictivo, ya que no hay razón para suponer que, por ejemplo, la partición de la población votante de acuerdo a los ingresos es un refinamiento de la partición según el género. Por lo tanto, se considera un modelo juegos cooperativos de utilidad transferible con un conjunto arbitrario de particiones del conjunto de jugadores. En este contexto, se introduce y caracteriza un concepto de solución para juegos con estructuras de coalición múltiple (MCS).

Palabras clave: juegos TU, estructuras de coalición múltiple, conceptos de solución, caracterización.

13. In or Out? Competitive aspects of Assortment Planning

Hans Sebastian Heese (*Indiana University*),

Victor Martínez de Albéniz (*IESE Business School*)

Retailers use their assortment planning decisions not only to maximize store profits but also to influence supplier competition. We present a model where different assortment planning strategies are compared: the retailer can decide how much information can be passed onto the suppliers, e.g., how many competitors they will face, which ones, etc. We find that it is usually best to pre-announce the assortment breadth but not to declare which suppliers are included, as opposed to requesting bids from all candidates selected in the assortment. Furthermore, we find that no supplier equilibrium may exist when no announcement is made, and that when it does, it performs worse than pre-announcing the assortment breadth. Finally, we show that the best assortment breadth is not always smaller than the one that a centralized system would choose. It depends on which announcements are made: if the suppliers are chosen a priori, despite supplier mark-ups, sometimes a larger assortment is preferred in order to stimulate supplier competition; if only the assortment breadth is pre-announced, then artificially limiting the assortment breadth is better.

Keywords: Assortment, supplier competition.

14. Bargaining and membership

María Gómez-Rúa (*Universidade de Vigo*),

Juan Vidal-Puga (*Universidade de Vigo*)

Endogenous formation of coalitions has been widely studied in the game theory literature. For example, Chatterjee et al. (1993) and Okada (1996) study coalition formation models in which players can agree on payoff division at the time they form a coalition. In these models, the coalitions are formed along with the final payoff of their members.

An alternative approach is to assume that the final payoff is given by the coalition structure. For example, Hart and Kurz (1983) and Bloch (1996) present models of endogenous formation of coalitions in two stages: in the first stage, players decide the coalition structure. In the second stage, the final payoff is given according to the chosen coalition structure. In Hart and Kurz's model, the final payoff is given by the Owen value (Owen, 1977). A similar model is given by Aumann and Myerson (1988), where players decide how to connect through a graph, and the final payoff is given by the Myerson value (Myerson, 1977) depending on the particular graph.

On the other hand, there are many situations in which the coalition structure is given a priori. For example, consider the members of a Parliament: Even though all have the same rights, they do not act independently, since they belong to different political parties. Other examples include wage bargaining between firms and labor unions, tariff bargaining between countries, and bargaining between the member states of a federated country. Broadly speaking, these coalitions negotiate among them as single agents. The fundamental feature is that the coalition structure is exogenously given by the problem, which means that players do not choose which coalition they belong to.

In this paper, we take an intermediate approach between the endogenous and the exogenous coalition structure models. We assume that there exists a prior coalition structure (exogenous), but players inside a priori union may have the chance to act as singletons (endogenous). For example, consider the parties with representation in the European Parliament: Some of these parties may decide, prior to the discussion of an issue, to collude and defend a common policy. By doing so, they join forces and act as a single party.

Usually, this cooperation is useful because the colluded party is stronger than its individual parties. It may happen, however, that this cooperation is not beneficial, as the "joint-bargaining paradox" of Harsanyi (1977) shows. The paradox is that an individual can be worse off bargaining as a member of a coalition than bargaining alone. Chae and Heidhues (2004, p. 47) justify this paradox as follows: Treating a group as a single bargainer reduces multiple "rights to talk" to a single right and thereby benefits the outsiders. See also Chae and Moulin (2010) and Vidal-Puga (2012) for a study of the Harsanyi paradox from an axiomatic and a cooperative point of view, respectively. Supranational parties such like the EPP-ED or the Socialist Group usually do not act as single agents, because its members are not committed to follow the same policies on the same issues. Instead, these supranational associations provide a common working environment in which cooperation agreements are easier to settle, but only if they are beneficial for everyone.

In this framework, we define a mechanism in two stages: in the first

stage, players simultaneously announce whether they stay or exit their coalition. The decision to stay is interpreted as the agreement to act as a single player in the second stage. The players who decide to leave their coalition act as singletons. Thus, a new coalitional structure derives from the player's decisions. In the second stage, the final payoff is given by the Owen value.

A similar mechanism is presented by Thoron (1998) based on a model defined by d'Aspremont et al. (1983) in the context of cartel formation in oligopolist markets. In those papers, however, firms are identical (only the cartel membership can distinguish them) and the total worth to be shared depends on the actual cartel size. As opposed, the model presented in this paper allows for all the player heterogeneity that a coalitional game can provide. Furthermore, the total worth to be shared, as given by the Owen value, is always efficient and independent of the actual coalition structure. A different approach to coalitional games is considered in Arin et al. (2012), where a noncooperative allocation procedure for coalitional games with veto player is studied.

In games with coalition structure, the Owen value is a relevant solution concept. It has been supported axiomatically (Owen (1977), Hart and Hurz (1983, 1984), Winter (1992), Calvo et al. (1996), Hamiache (1999, 2001), Peleg and Sudhölter (2003), Albizuri and Zarzuelo (2004), Gómez-Rúa and Vidal-Puga (2010)) and also non-cooperatively (Vidal-Puga and Bergantiños (2003)). It has been applied to cost allocation problems (Vázquez-Brage et al. (1997), Fragnelli and Iandolino (2004)), political situations (Carreras and Owen (1988, 1996), Vázquez-Brage et al. (1996), Ono and Muto (2001)), and differential information economies (Krasa et al. (2003)). Moreover, it has been successfully generalized to several levels of cooperation (Winter (1989)), games without transfer utility (Winter (1991), Bergantiños and Vidal-Puga (2005), Bergantiños et al. (2007)), generalized coalition configurations (Albizuri et al. (2006)) and generalized characteristic functions (Sánchez and Bergantiños (1999)). In Vidal-Puga (2005) it is also shown that the Owen value arises in equilibrium of a mechanism that models the bargaining among heterogeneous groups. Hence, it seems justifiable to assume that, once the coalition structure is formed, the final payoff is given by the Owen value. Notice that this assumption is also made by Hart and Kurz (1983). We are interested in finding the stability of the resulting coalition structure. We focus on the incentives of each player to stay or leave her group. These incentives are given by the difference between what they get by changing their strategies and what they get by not doing so. We show that these differences are independent of the order in which players move. As a consequence, there are no cycles. Players, acting myopically, can reach a Nash equilibrium.

Keywords: bargaining, coalitional games, coalition structure, Owen value, Nash equilibrium.

15. **Convexity and population monotonic allocation schemes**

Jesús Getán Olivan (*Universitat de Barcelona*),

Jesús Montes Peral (*Universitat Abat Oliba CEU, Universitat de Barcelona*),

Carles Rafels Pallarola (*Universitat de Barcelona*)

In the framework of cooperative games, from the notion of population monotonic allocation schemes (PMAS) (Sprumont, 1990) and imitating the classical concepts of exactness (Schmeidler, 1972) and extendability (Kikuta and Shapley, 1986), we introduce three new notions for a cooperative game: PMAS-extendability, PMAS-exactness and population monotonic set schemes, and we show that each of these notions provides a new characterization of the convexity of the game.

Keywords: cooperative game, convex game, extendability, exactness, population monotonic allocation scheme.

16. **Benefactors and beneficiaries: the effects of giving and receiving on cost-coalitional problems**

Ana Meca Martínez (*I.U. Centro de Investigación Operativa, UMH*),

Greys Sosic (*Marshall School of Business, University of Southern California*)

We introduce a class of cost-coalitional problems, based on a-priori information about the cost faced by each agent in each set. We assume that there are players whose participation in an alliance contributes to the savings of alliance members (benefactors), and players whose cost decrease in such an alliance (beneficiaries). We use k -norm cost games to analyze the role played by benefactors and beneficiaries in achieving alliance stability, and provide conditions for stability of the grand coalition and of some alternative coalition structures by considering the core and the bargaining set.

Keywords: game theory, production and inventory systems, supply chain management.

17. **The axiomatic approach to the problem of sharing the revenue from bundled pricing**

Gustavo Bergantiños Cid (*Universidade de Vigo*),

Juan Moreno Ternerero (*Universidad Pablo de Olavide*)

We explore the axiomatic approach to the problem of sharing the revenue from bundled pricing. We formalize two models for this problem on the grounds of two different informational basis. In both cases, we provide axiomatic rationale for natural rules to solve the problem. Nonetheless we obtain drastic differences under each scenario, which highlights the importance of setting the appropriate informational basis of the problem.

Keywords: game theory, cost allocation.

18. **Juegos cooperativos con función de cohesión**

Manuel Alfredo Mosquera Rodríguez (*Universidade de Vigo*),

María Gloria Fiestras Janeiro (*Universidade de Vigo*),

José Manuel Gallardo Morilla (*Universidad de Sevilla*),

Andrés Jiménez Losada (*Universidad de Sevilla*)

Cuando se trabaja con juegos cooperativos con Utilidad Transferible, usualmente se asume que todas las coaliciones son factibles. Sin embargo, cuando se habla de juegos cooperativos con configuración de coaliciones se asume que solo unas determinadas coaliciones son factibles y además la unión de todas ellas es la gran coalición. Estos juegos representan situaciones donde los individuos prefieren cooperar con unos jugadores y no con otros. En este trabajo proponemos una generalización de los juegos con configuración de coaliciones donde la factibilidad de una coalición viene determinada por la propia cohesión de los componentes de la coalición y que, obviamente, no tiene porqué ser igual para todas las coaliciones. La cohesión de cada coalición estará determinada por una función de cohesión. Nuestro objetivo es encontrar una regla de asignación para estas situaciones que esté caracterizada por propiedades razonables.

Palabras clave: juegos cooperativos, configuración de coaliciones, integral de Choquet, valor de Shapley, valor de Owen, conjuntos difusos.

19. **Poder y centralidad de grupos**

Ramón Jesús Flores Díaz (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Elisenda Molina Ferragut (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Juan Antonio Tejada Cazorla (*Universidad Complutense de Madrid*)

Definimos una medida de centralidad de grupo en redes sociales que considera la posición relativa del grupo en la red, y también su poder estratégico. Siguiendo a Gómez et al. (2003), modelamos la motivación de los agentes para interactuar por medio de un juego-TU simétrico, y medimos el capital social (centralidad) de un grupo como la diferencia entre su poder de grupo en el juego restringido por el grafo y su poder global en el juego sin estructuras de coalición ni efectos de integración. Así, proponemos un valor de grupo que evalúa a priori las perspectivas de un grupo de jugadores que actúan como uno solo.

Palabras clave: valor de grupo, centralidad, juegos cooperativos, redes sociales.

20. **The nucleolus of the assignment game: A simple procedure and a rule**

Javier Martínez-de-Albéniz (*Universitat de Barcelona*),

Carles Rafels (*Universitat de Barcelona*),

Neus Ybern (*Dept. de Matemàtica Aplicada IV, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria, Universitat Politècnica de Catalunya Av. Víctor Balaguer 1, 08800 Vilanova i la Geltrú, Barcelona, Spain*)

We study assignment games such that their nucleolus coincide. We observe, first, that matrices that give rise to the same nucleolus form a join-semilattice with one maximal element, which is fully optimal, and a finite number of minimal elements. Second that for any assignment matrix there is a unique fully optimal matrix such that the corresponding nucleolus is the same, and third we find a simple rule to compute this nucleolus. Finally we give a procedure to compute the nucleolus of any assignment game, and derive some properties. For the 2×2 case we give the explicit formula of the nucleolus, depending on some inequalities.

Keywords: assignment game, core, nucleolus, cooperative game.

21. **Valores basados en reglas de bancarrota y en el valor de Banzhaf**

José María Alonso Meijide (*Universidad de Santiago de Compostela*),

Mikel Alvarez Mozos (*Universidad de Barcelona*),

Gloria Fiestras Janeiro (*Universidad de Vigo*)

A partir de diferentes reglas de bancarrota y del valor de Banzhaf, se definen nuevos valores para juegos cooperativos con utilidad transferible que cumplen las propiedades de eficiencia, simetra y jugador nulo.

Palabras clave: juegos cooperativos, valor de Banzhaf, reglas de bancarrota.

22. **A new rule for source connection problems**

Manuel Pulido (*Universidad de Murcia*),

Gustavo Bergantiños (*Universidade de Vigo*),

María Gómez Rúa (*Universidade de Vigo*),

Natividad Llorca (*Universidad Miguel Hernández*),

Joaquín Sánchez Soriano (*Universidad Miguel Hernández*)

In this paper we study source connection problems; situations where a group of agents require a service that can only be provided from a source. These problems include the standard fixed tree, the classical minimum spanning tree and some other related models such as the k -hop, the degree constrained and the generalized minimum spanning tree problems among others. Our goal is to divide the cost of a network among the agents. To this end, we introduce a rule which will be referred to as a painting rule because it can be interpreted by means of a story about painting. Some meaningful properties in this context and a characterization of the rule are provided.

Keywords: cost sharing, source connection problems, painting rule.

6.3. Decisión multicriterio

23. Técnicas implementadas en los sistemas de ayuda a la toma de decisiones en gestión forestal

Marina Segura Maroto (*Universitat Politècnica de València*),

Duncan Ray (*Centre for Ecology, Society and Biosecurity. Forest Research, Roslin (UK)*),

Concepción Maroto Álvarez (*Universitat Politècnica de València*)

En Gestión Forestal Sostenible hay que resolver un buen número de problemas de toma de decisiones en los que las técnicas estadísticas y la optimización juegan un papel relevante. Este trabajo analiza las relaciones entre las características de los problemas, el contexto y escala espacial, la escala temporal, el número de objetivos y decisores/stakeholders y los bienes y servicios ambientales- y las técnicas utilizadas por los Decision Support Systems (DSS) en la actualidad. Los resultados obtenidos, mediante tablas de contingencia, muestran relaciones significativas entre las características de los problemas y los métodos aplicados. Las técnicas de optimización son las más utilizadas, incluyéndose en el 60 % de los DSS. Tanto los modelos tradicionales de optimización, como las técnicas estadísticas deben evolucionar para adaptarse a los nuevos retos y fuentes de datos en gestión forestal. Por último, es destacable la necesidad creciente de desarrollar e integrar técnicas multicriterio y de decisión en grupo en los DSS, que faciliten la toma de decisiones en la gestión sostenible de los ecosistemas forestales. Palabras clave: decision Support System, toma de decisiones multicriterio, optimización.

24. Metodología multicriterio para jerarquizar proyectos de infraestructura social

Julio Cesar Mero Vera (*Universidad Central de Venezuela*)

Los organismos gubernamentales responsables de ejecutar políticas públicas orientadas a satisfacer las necesidades básicas de la sociedad y a promover su desarrollo, enfrentan el problema de decidir a cuáles proyectos asignarles recursos. Debido a que éstos son finitos e insuficientes para atender toda la problemática existente, razón por la cual resulta una tarea fundamental, el establecimiento de mecanismos que faciliten realizar una asignación efectiva de los mismos, en virtud de los objetivos trazados (políticos, económicos, sociales y ambientales) y el marco jurídico establecido. Para este complicado y cotidiano problema de toma de decisiones, el presente trabajo de investigación estableció un conjunto de objetivos cuyo cumplimiento resultó en una metodología multicriterio, cuya aplicación permite jerarquizar proyectos de inversión en infraestructura social, los cuales pueden tener como propósito atender necesidades de diferentes áreas (educación, salud, vialidad, agua potable, agua servida, vivienda, medios de

transporte, electricidad, saneamiento ambiental, deporte), basada en criterios técnicos, económicos y sociales, la cual sirve de apoyo a los responsables de la selección de proyectos y asignación de recursos a éstos (instituciones públicas, fundaciones privadas, comunidades o cualquier otro ente que se involucre con la asignación de recursos a los mismos). La metodología constituye una respuesta a la necesidad identificada en instituciones públicas venezolanas responsables de la identificación y ejecución de este tipo de proyectos. Este trabajo de investigación representa un aporte al conocimiento y a las ciencias sociales ya que resuelve un problema complicado y de gran relevancia para las instituciones públicas venezolanas mediante:

- La identificación y clara definición de un conjunto de criterios que sirven de base para jerarquizar los proyectos propuestos.
- La integración de diferentes herramientas de cierto nivel de dificultad (Método Delphi, Análisis Multicriterio) para darle respuesta al problema antes señalado.

La metodología propuesta provee a los usuarios de una forma sencilla para comparar y jerarquizar proyectos de inversión en infraestructura social.

Palabras clave: análisis multicriterio, proyectos de inversión en infraestructura social.

25. Soluciones basadas en conjuntos de mejora en optimización vectorial

Vicente Novo Sanjurjo (*UNED*),

César Gutiérrez Vaquero (*Universidad de Valladolid*),

Bienvenido Jiménez Martín (*UNED*)

Una línea actual de trabajo en optimización vectorial consiste en tratar de obtener conceptos de solución que unifiquen las diferentes nociones de eficiencia, considerando además los marcos más generales posibles. En esta línea, se presenta y se caracteriza por escalarización un concepto de solución basado en conjuntos de mejora (*improvement sets*) en espacios vectoriales quasi-ordenados.

Palabras clave: conjuntos de mejora, optimización vectorial, nociones de eficiencia.

26. Relación entre la eficiencia y la eficiencia propia aproximada Benson en optimización vectorial

Lidia Huerga (*UNED*),

César Gutiérrez (*Universidad de Valladolid*),

Bienvenido Jiménez (*UNED*),

Vicente Novo (*UNED*)

Se estudia un concepto de solución aproximada propia para un problema de optimización vectorial introducido en [C. Gutiérrez, L. Huerga, B. Jiménez and V. Novo, *Nonlinear Anal.* 79 (2013), 52–67]. Explícitamente, se analiza el comportamiento de este tipo de soluciones cuando el error tiende hacia cero, obteniéndose que este conjunto de soluciones permite aproximar el conjunto de soluciones eficientes del problema de optimización.

Palabras clave: poptimización vectorial, eficiencia aproximada.

27. **A semidefinite programming approach for solving multiobjective linear programming**

Justo Puerto (*Universidad de Sevilla*),

Victor Blanco Izquierdo (*Universidad de Granada*)

Several algorithms are available in the literature for finding the entire set of Pareto-optimal solutions of Multiobjective Linear Programmes (MOLPs). However, all of them are based on active-set methods (simplex-like approaches). We present a different method, based on a transformation of any Multiobjective Linear Programme (MOLP) into a unique lifted Semidefinite Program (SDP), the solutions of which encode the entire set of Pareto-optimal extreme point solutions of any MOLP. This SDP problem can be solved, among other algorithms, by interior point methods; thus, unlike an active set-method, our method provides a new approach to find the set of Pareto-optimal solutions of MOLP.

Keywords: multiobjective linear programming, semidefinite programming and polynomial optimization, moment problem.

6.4. Clasificación y análisis multivariante

28. **Aplicación de modelos multivariantes para la detección de siniestros fraudulentos en el seguro de automóvil**

Pau Miró i Martínez (*Universidad Politécnica de Valencia*),

Jorge Segura Gisbert (*Universidad de Córdoba*),

Guillermo Ferrer Andrés (*Universidad Politécnica de Valencia*)

El fraude al seguro del automóvil ha aumentado considerablemente en los últimos años, potenciado sin duda por la crisis económica. Este relevante aumento de expedientes fraudulentos y las nuevas exigencias de las normativas asociadas a Solvencia II, conlleva a un mayor control y asignación de recursos contra el fraude por parte de las aseguradoras. Por estos motivos, la importancia del uso de técnicas de predicción para la detección de siniestros sospechosos está más que justificada. Existen diversas metodologías con fundamentación estadística (modelos de regresión logística, modelos discriminantes, redes neuronales artificiales) que posibilitan el análisis y la detección de dichos siniestros. En este

artículo se presenta la revisión de una herramienta creada ad hoc para una compañía de seguros, basada en la regresión logística y fundamentada en el estudio previo de muestras de expedientes de siniestros reales. Se establece como objetivo principal la asignación de una probabilidad de fraude a los nuevos siniestros acaecidos, siendo un pilar indispensable en la toma de decisiones mejorando así la gestión y tramitación de los mismos.

Palabras clave: regresión logística, detección fraude, seguro auto.

29. **Estimación de los parámetros de un modelo de regresión lineal múltiple de naturaleza intervalar**

Marta García Bárzana (*Universidad de Oviedo*),

Ángela Blanco Fernández (*Universidad de Oviedo*),

Ana Colubi Cervero (*Universidad de Oviedo*)

Se presenta un modelo de regresión lineal simple para predecir una variable intervalar en función de una variable real. Este modelo está basado en la aritmética intervalar y en la representación canónica de los intervalos. La flexibilidad del modelo permite considerar por separado la contribución de la variable real independiente para estimar la semiamplitud y centro de la dependiente. Seguidamente se extiende dicho modelo al caso múltiple, pudiéndose predecir la variable dependiente intervalar en función de tanto variables reales como intervalares. El problema de estimación mínimo-cuadrático se resuelve mediante técnicas de optimización cuadrática, dando lugar a una solución exacta. Finalmente se ilustran las propiedades del modelo a través de simulaciones de Monte Carlo y de varios ejemplos reales.

Palabras clave: regresión lineal, aritmética intervalar, datos intervalares, estimación mínimo-cuadrática.

30. **Comparación de modelos predictivos aplicados a mujeres que han recibido tratamientos FIV/ICSI en Valencia (España), mediante las curvas ROC**

Patricia Carracedo Garnateo (*Universitat Politècnica de València*),

Ana María Debón Aucejo (*Universitat Politècnica de València*),

Inmaculada Molina Botella (*Universitat Politècnica de València y Hospital Universitari i Politècnic La Fe de València*)

Uno de los principales objetivos de las Técnicas de Reproducción Asistida es disminuir el número de gestaciones múltiples logrando el mayor número de gestaciones a término. Por lo que se han de seleccionar los embriones de mayor calidad para transferir. El presente estudio propone varios modelos lineales generalizados que permiten predecir el potencial de implantación de embriones a partir de variables morfológicas, las cuales se consideran factores para evaluar el efecto de éstas sobre el potencial de implantación, clínicas y de ciclo. Para ello, se han considerado únicamente transferencias de dos embriones en

mujeres menores de 35 años que han recibido tratamientos FIV-ICSI en el Hospital “La Fe” de Valencia, durante los años 2001-2006. La validación de los modelos, se realiza mediante curvas ROC. Por tanto, esta metodología permite evaluar el efecto del valor de cada variable sobre el potencial de implantación y además compara los distintos modelos.

Palabras clave: modelos lineales generalizados, regresión Stepwise, curvas ROC , índice Youden , puntuación de embriones.

31. Reducción de la dimensión en clasificación con datos funcionales

Santiago Velilla Cerdán (*Universidad Carlos III de Madrid*)

Se presenta un procedimiento para reducir la dimensión en un problema de clasificación con datos funcionales. La idea básica consiste en generalizar el concepto de subespacio de reducción de la dimensión, -introducido en el caso finito-dimensional por Li (1991) y Cook (1998)-, a una situación en la que las observaciones proceden de un proceso estocástico. En la práctica, un subespacio funcional de reducción de la dimensión puede aproximarse por un subespacio finito-dimensional convenientemente elegido. Se analizan también ejemplos de aplicación con datos reales.

Palabras clave: expansiones en serie, análisis de datos funcionales, subespacios funcionales de reducción de la dimensión.

32. Efecto del sexo del parental sobre la morfología externa del híbrido (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomus*)

Danny Villegas Rivas (*UNELLEZ-Guanare*),

Manuel Milla (*UNEY*)

En este trabajo se realizó un análisis morfométrico multivariado a través del método de análisis discriminante entre dos híbridos cachamoto (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomus*) y sus parentales; (*Colossoma macropomum*) hembra y el morocoto (*Piaractus brachypomus*) macho. El material utilizado en el ensayo se obtuvo de la colección de peces del museo de zoología de la UNELLEZ, Guanare, Portuguesa, Venezuela, donde se estudiaron un total de 81 ejemplares; 25 híbridos (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomus*), 19 híbridos (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomus*), 20 ejemplares de cachama negra (*Colossoma macropomum*) y 17 de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), a cada pez se le tomaron 29 medidas siguiendo el método de las cerchas o “trusses” con base en la distancia entre puntos homólogos. Los resultados del análisis multivariado correspondientes a la discriminación entre los dos híbridos de cachama, sugieren un potencial carácter dominante del macho reflejado en el largo de la cabeza del híbrido. En este caso, cuando el híbrido es el resultado del cruzamiento con un macho de *C. macropomun*, este tiende a presentar una cabeza pronunciada igual que su padre, mientras que si el mismo es el resultado del cruzamiento con

un macho de *P. brachypomus*, este entonces tiende a mostrar una cabeza pequeña igual que su padre.

Palabras clave: híbrido, sexo, parental, morfología y multivariado.

33. **Two quirks in multiple and canonical correlation**

Carles M. Cuadras Avellanas (*Universitat de Barcelona*)

We present two counterexamples in correlation. First, if Y is correlated with p explanatory variables, we expect that increasing the simple correlations with Y may increase the multiple correlation. We show that this is not always true and give a principal component interpretation. This quirk is related to the ecological fallacy. Second, the singular values which arise in correspondence analysis can be interpreted as canonical correlations. In general, any bivariate density has a diagonal expansion where the coefficients constitute a finite or countable set C of canonical correlations. We show a bivariate distribution such that C is a continuous set rather than countable.

Keywords: principal components; enhancement in multiple regression; ecological fallacy; diagonal expansion; continuous canonical correlation.

34. **Caracterización de incendios forestales en el arco mediterráneo de la Comunitat Valenciana**

Manuel Marí Benlloch (*Universitat Politècnica València*)

El trabajo analiza la incidencia y causalidad de incendios forestales en la Comunitat Valenciana, con el objetivo de mejorar su conocimiento y facilitar la planificación de actuaciones de prevención de incendios. Mediante técnicas estadísticas multivariantes de análisis clúster y discriminante se analizan la amplia variedad de situaciones que presentan los incendios derivada de factores relacionados con el territorio, y de las diversas causas que los originan (humanas y naturales). Los resultados aportan un mejor conocimiento de los factores implicados y la obtención de una clasificación de los municipios de la Comunitat Valenciana, en tipologías de ocurrencia de incendios forestales bien diferenciadas y de fácil interpretación, con características similares en cuanto a incidencia y causalidad. Por último, se representarán cartográficamente las tipologías obtenidas, a fin de que sirva como herramienta para la planificación y programación de estrategias de prevención de incendios forestales.

Palabras clave: análisis clúster, análisis discriminante, sistema de información geográfica (SIG), incendios forestales, incidencia y causalidad, tipologías de ocurrencia.

35. **Datos composicionales con un total**

Vera Pawlowsky-Glahn (*Universitat de Girona*),

Juan José Egozcue (*Universitat Politècnica de Catalunya*),

David Lovell (*CSIRO Mathematics, Informatics and Statistics*)

El análisis de datos composicionales suele comenzar con datos representados por vectores de componentes positivas, que divididas por la suma de sus componentes se proyecta en el simplex. Este enfoque permite el análisis composicional, pero ignora toda información sobre el total (abundancias, masa, cantidad, ...). Para analizar toda la información contenida en la muestra, se recurre a: (i) tomar logaritmos de cada una de las componentes y analizar el vector real resultante; (ii) proyectar la composición en el simplex y tomar la suma como variable positiva adicional. Aunque similares, estas alternativas no son equivalentes y difieren en la forma de analizar la cantidad total. Para realizar un análisis real multivariante de los vectores resultantes, es necesario expresarlos en coordenadas reales de los respectivos espacios. El estudio se ilustra mediante datos de abundancias totales de fitoplankton en un río australiano.

Palabras clave: geometría de Aitchison, datos composicionales, simplex.

36. Comparación empírica de la robustez de varios conceptos de medias recortadas en el caso Fuzzy

Beatriz Sinova (Universidad de Oviedo),

Ana Colubi (Universidad de Oviedo),

Gil González Rodríguez (Universidad de Oviedo),

Stefan Van Aelst (Universidad de Gante)

Los números fuzzy constituyen una herramienta muy útil para modelar matemáticamente la información obtenida en múltiples estudios procedentes de campos de conocimiento tan dispares como la Ingeniería, la Medicina o las Ciencias Sociales, pues permiten expresar la subjetividad subyacente en opiniones y valoraciones. Desde el punto de vista estadístico, es crucial disponer de una medida de tendencia central adecuada, pero la más habitual (el valor esperado tipo Aumann), si bien satisface multitud de buenas propiedades, es demasiado sensible a la presencia de datos muestrales “extremos”. En trabajos anteriores se introdujo como alternativa la media recortada, adaptada a partir de su definición en espacios de Hilbert. Existen otros conceptos generales de medias recortadas (a través de profundidades, centradas en otras estimaciones y calculadas a través de otros algoritmos, etc.) que se podrían adaptar al caso fuzzy y es deseable un análisis comparativo. Con ese objetivo, en este trabajo se estudia empíricamente la robustez de algunas de estas nociones en situaciones de contaminación de la muestra.

Palabras clave: números fuzzy, medias recortadas, robustez, comparación empírica.

37. Estudio empírico sobre un criterio de clasificación de respuestas Fuzzy libres según una escala lingüística Fuzzy

Sara de la Rosa de Súa (Universidad de Oviedo),

María Ángeles Gil (*Universidad de Oviedo*),

María Asunción Lubiano (*Universidad de Oviedo*)

A menudo, para poder analizar estadísticamente una serie de datos, resulta conveniente o necesario clasificarlos previamente en grupos. Para ello, existen una gran variedad de técnicas de clasificación. En este trabajo se estudia un criterio para determinar la mejor escala lingüística Fuzzy para clasificar datos basados en una escala de valoración Fuzzy continua y libre. Para ello, se recurre al criterio de clasificación basado en la distancia mínima, que asocia cada dato Fuzzy de la escala continua con el “valor lingüístico” que menos diste del mismo, empleando una métrica entre datos Fuzzy versátil y operativa. La búsqueda de la mejor escala se lleva a cabo validando el criterio de clasificación a través de dos ejemplos con cuestionarios reales, en los que se dispone de respuestas Fuzzy libres y respuestas según una escala Likert de cinco puntos, que se identifican con valores de una escala lingüística Fuzzy. Sobre la base de ese estudio se elige la escala lingüística Fuzzy de cinco valores más idónea, de entre varias de las más empleadas en la práctica, comparándose las conclusiones con las de un criterio de clasificación Fuzzy supervisada de datos Fuzzy propuesto recientemente.

Palabras clave: escala lingüística fuzzy, escala de valoración fuzzy, clasificación.

38. **Análisis factorial múltiple dual de tablas de frecuencias agregadas generalizadas: AFMD-TFAG**

Belchin Kostov (*Universitat Politècnica de Catalunya*),

Mónica Bécue-Bertaut (*Universitat Politècnica de Catalunya*),

François Husson (*Agrocampus-Ouest*)

Se ofrece una metodología para comparar diferentes sistemas ecológicos a partir de la estructura de variabilidad de su fauna o flora en los distintos puntos de observación. Dichos sistemas están caracterizados por variables ambientales, o instrumentales, compartidas. En cada sistema, el recuento de las ocurrencias de las especies se codifica en una tabla puntos_observación×especies y las características ambientales en una tabla puntos_observación×variables ambientales. Se obtiene una serie de tablas de frecuencia (TF) con filas y columnas distintas cuya comparación requiere integrar las variables ambientales compartidas en el análisis. La metodología propuesta combina el análisis de correspondencias con restricciones lineales (AC-RL) y el análisis factorial múltiple dual (AFMD). El AC-RL conduce a construir una tabla especies×variables_ambientales o tabla de frecuencia agregada generalizada (TFAG) por cada sistema. El AFMD analiza la tabla múltiple que yuxtapone las TFAG por columnas.

Palabras clave: análisis factorial múltiple dual, tabla de frecuencia agregada generalizada, datos ecológicos, análisis de correspondencias con restricciones lineales.

39. **Evaluación de la importancia relativa de los predictores observados en el modelo lineal generalizado basado en distancias**

Eva Boj del Val (*Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Universidad de Barcelona*),

Josep Fortiana Gregori (*Departamento de Probabilidad, Lógica y Estadística, Universidad de Barcelona*),

Anna Esteve Gómez (*Centre d'Estudis Epidemiològics sobre les ITS/Sida de Catalunya (CEEISCAT-APDCAT), Hospital Universitari Germans Trias i Pujol*),

Teresa Costa Cor (*Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial, Universidad de Barcelona*)

Al igual que en el modelo lineal generalizado (MLG) clásico, en el MLG basado en distancias (Boj et al. 2012) se tiene una variable respuesta, un predictor lineal y, se suponen una distribución del error y una función de enlace. Pero a diferencia, en el MLG basado en distancias el predictor lineal no hace referencia a los predictores originales sino a las variables latentes derivadas a partir de la matriz de distancias observada. Esta relación indirecta impide interpretar directamente los coeficientes estimados mediante mínimos cuadrados re-ponderados del mismo modo que en el MLG clásico. Con el objetivo de estudiar dicha influencia se estudian medidas locales que cuantifican su importancia relativa, extendiendo la idea ya propuesta anteriormente para el modelo lineal basado en distancias. Se utiliza el paquete *dbstats* de R y se aplica al problema de la tarificación de los seguros no-vida. Esta investigación forma parte del proyecto: *Métodos Semiparamétricos y Basados en Distancias con Aplicaciones en Bioinformática, Finanzas y Gestión del Riesgo (MTM2010-17323)*. Boj, E., Delicado, P., Fortiana, J., Esteve, A. and A. Caballé (2012). Local distance-based generalized linear models using the *dbstats* package for R. *Documentos de Trabajo de la Xarxa de Referència en Economia Aplicada (XREAP)*, XREAP2012-11.

Palabras clave: predicción basada en distancias; modelo lineal generalizado; influencia de predictores; ciencias actuariales; *dbstats*; R.

40. **A Structural Equation Multidimensional Scaling model for three-way one-mode dissimilarity data**

José Fernando Vera (*Departamento de Estadística e I.O. Universidad de Granada*),

Albert Satorra (*Universitat Pompeu Fabra. Departament of Economics and Business*)

In the context of least squares MDS allowing transformations, a Structural Equation Multidimensional Scaling model is proposed for three-way one-mode dissimilarity data, in order to estimate the unknown subjacent dissimilarity matrix while simultaneously the objects are represented in a low dimensional space. Considering different

dissimilarity matrices as indicators of the unobserved dissimilarities, an alternating estimation procedure is proposed in which the unknown symmetric dissimilarity matrix is estimated in a covariance structure framework. Several applications of the proposed procedure are examined.

Keywords: multidimensional scaling, structural equations, three-way dissimilarity data.

41. **Aplicación de análisis multivariantes para la detección de estados prefebriles en pacientes terminales**

Jorge Jordán Núñez (*Universitat Politècnica de València*),

Pau Miró Martínez (*Universitat Politècnica de València*),

David Cuesta Frau (*Universitat Politècnica de València*),

Manuel Varela Entrecanales (*Hospital de Móstoles*),

borja vargas rojo (*Hospital de Móstoles*)

Existe un gran número de enfermedades que tienen como nexo común la subida de la fiebre como síntoma. Desde el punto de vista clínico se cree que puede ser más provechos la obtención de hemocultivos bacterianos en un periodo poco anterior a la fiebre. Para conseguir estas muestras es necesario conocer el momento en el que hay que tomarlas, por lo que se ha tratado de modelar la subida de la fiebre en el tiempo mediante métodos de análisis Multivariantes. Se obtienen las señales de temperatura con un equipo de medida y almacenamiento llamado Thercom ® capaz de obtener medidas de complejidad. Los pacientes a los que se monitoriza pertenecen a la Unidad de Cuidados Intensivo (UCI).

Palabras clave: análisis multivariante, thercom, análisis discriminante, regresión logística.

42. **MANOVA de datos composicionales**

Josep Daunis-i-Estadella (*Universitat de Girona*),

Josep A. Martín-Fernández (*Universitat de Girona*),

Glòria Mateu-Figueras (*Universitat de Girona*)

El análisis multivariante de la varianza (MANOVA) es una poderosa herramienta para el análisis de las diferencias entre las medias de diferentes grupos. Esta técnica, basada en herramientas inferenciales, se utiliza ampliamente en muchas disciplinas para analizar la estructura de datos agrupados. El simplex es el espacio muestral de los datos composicionales, datos que expresan las proporciones de las partes respecto a un todo. El simplex posee una estructura de espacio vectorial euclidiano, con unas operaciones propias y diferentes a las del espacio real. Esta estructura de espacio permite aplicar cualquier técnica estadística a las coordenadas de las composiciones respecto a una base. En este trabajo revisamos las reglas básicas para aplicar

Manova en un contexto composicional y adaptamos la metodología Manova a la naturaleza específica del *simplex*. En particular, se estudia el efecto de la transformación *log-ratio* aplicada y la base seleccionada. También, se discuten los contrastes *post hoc* que se utilizan cuando obtenemos diferencias significativas. Aplicamos la metodología propuesta a conjuntos de datos simulados y reales, introduciendo nuevas herramientas descriptivas para resaltar las diferencias entre los grupos.

Palabras clave: manova, *s*Ámplex, logcociente, composicional.

43. **Uncovering family relationships in genomic databases**

Jan Graffelman (*Universitat Politècnica de Catalunya*),

Elena Zanetto (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

In population-based genetic association studies individuals are genotyped for large numbers of markers. Statistical procedures for investigating disease-marker associations often assume the individuals to be independent. The information on genetic polymorphisms can be of help for detecting violation of the independence assumption. Family relationships (twins, parent-offspring, siblings, half-siblings, avuncular, cousins etc.) can be visualized by an allele-sharing study, counting the number of alleles that are identical by state (IBS) within pairs of individuals. A scatter plot of the standard deviation of the number of IBS alleles against the mean number of IBS alleles is often used for this purpose. The resolution of such plots depends on the number of alleles per polymorphism, and on the number of polymorphisms used. In this contribution we explore the use of classical multidimensional scaling (MDS) as a tool to corroborate the findings of an allele-sharing study.

Keywords: identical-by-state allele, multidimensional scaling.

44. **Univariate versus multivariate approach to panel data**

Albert Satorra (*Universitat Pompeu Fabra*),

Joan-Carles Bou (*Universitat Jaume I*)

Panel data can be arranged into a matrix in two ways, called “long” and “wide” formats (LF and WF). The two formats suggest two alternative ways of analyzing panel data: (i) the univariate regression approach (with unit-varying intercept); and (ii) the multivariate approach of factor analysis and repeated observation models. The present paper compares the two approaches showing in which circumstances they yield equivalent or mathematically equal results. The comparison shows that the univariate approach is a restricted version of models formulated in the multivariate approach. Test encountered in the univariate approach are translated into asymptotic chi-square difference tests in the multivariate approach. For the purpose of illustration, an empirical panel data set of profitability data (corresponding to a sample of Spanish firms) is analyzed by the two approaches and the results are

compared.

Keywords: panel data, mix effects models, fixed and random effects, structural equation models, factor analysis.

45. **Técnicas composicionales aplicadas a los datos de una encuesta del empleo del tiempo**

Josep A. Martín-Fernández (*Universitat de Girona*),

Marc Comas-Cufí (*Universitat de Girona*),

Josep Daunis-i-Estadella (*Universitat de Girona*),

Glòria Mateu-Figueras (*Universitat de Girona*),

Santiago Thió-Henestrosa (*Universitat de Girona*)

El Instituto de Estadística de Cataluña (Idescat) realizó la encuesta sobre el empleo del tiempo en Cataluña (EUT10) durante los años 2010-2011. En esta segunda edición de la encuesta se seleccionó una muestra de hogares para examinar las actividades diarias llevadas a cabo por sus miembros y muchas otras variables relacionadas con las actividades. Esta información es crucial en la formulación de políticas sociales para mejorar las condiciones de vida en los aspectos sociales, familiares, laborales y de ocio, entre otros. En este trabajo se revisan los principales rasgos de la EUT10: objetivos, toma de muestras, el contenido de la encuesta (cuestionarios), y las herramientas descriptivas usualmente aplicadas a este tipo de datos. Atendiendo que uno de los centros de interés es la distribución del tiempo dedicado a cada una de las diferentes actividades diarias, se sugiere el uso de la metodología de logcociente para analizar los datos EUT10. Se discutirán las técnicas de pre-procesamiento de agregación de datos, las amalgamas y el tratamiento de los ceros. Se presentarán las técnicas multivariantes composicionales apropiadas en el análisis de los datos EUT10.

Palabras clave: símplex, logcociente, análisis multivariante, agregación, amalgama, ceros.

46. **The Mahalanobis consensus ranking for profiles of quantitative data**

José Carlos Rodríguez Alcantud (*Universidad de Salamanca*),

Rocío de Andrés Calle (*Universidad de Salamanca*),

Teresa González Arteaga (*Universidad de Valladolid*)

In this work we explore the problem of measuring the degree of consensus/disconsensus in a setting where experts express their opinions on alter natives or issues by means of quantitative evaluations. To this purpose we introduce the use of the Mahalanobis distance on vectors of Euclidian spaces. This permits to define a new family of disconsensus measures (namely, the Mahalanobis disconsensus measures associated with a fixed matrix), and also an endogenous Mahalanobis disconsensus measure. Since the evaluations could vary depending on the units selected, a suitable uniqueness result for ranking profiles on the basis

of their consensus is provided. Building on the well-known performance of the Mahalanobis distance, our novel proposals seem especially fit for the cases where the units for the measurement of the issues are different, e.g., performance appraisal processes when employees are evaluated attending to their productivity and their leadership capacity; or where the issues are correlated, e.g., evaluation of related public projects or committee selection when the candidates are allied to political parties. An antecedent for the weaker case of profiles of preferences has been provided elsewhere (cf., Alcantud, de Andres Calle, and González-Arteaga, “Codifications of complete preorders that are compatible with Mahalanobis consensus measures”, Mimeo), and an application to comparisons of real rankings on universities worldwide is given as an application. That case can be subsumed under the current analysis. Moreover, we set forth some general properties of the Mahalanobis consensus measures. Finally, our proposal is illustrated with a real empirical example about predictions for the Spanish economy.

Keywords: disconsensus measure, Mahalanobis distance, issues correlation.

47. **Trimmed cluster-weighted restricted modeling**

L.A. García-Escudero (*Universidad de Valladolid*),

A. Gordaliza (*Universidad de Valladolid*),

A. Mayo-Isca (*Universidad de Valladolid*),

F. Greselin (*Università degli Studi di Milano-Bicocca*),

S. Ingrassia (*Università di Catania*)

Cluster-weighted modeling (CWM), introduced in Gershenfeld (1997), is a mixture approach to modeling the joint probability of data coming from a heterogeneous population. Ingrassia et al. (2012) shows that Gaussian CWM includes mixtures of distributions and mixtures of regressions as special cases. They also study the Student-t CWM as a way to provide some robustness to the CWM. In this work, we propose the use of constraints in the estimation of the Gaussian CVM in order to avoid not only the singularities of the objective function, but also the appearance of spurious solutions. Moreover, we will resort to trimming to robustify the Gaussian CVM. Thus, we will introduce and study the Trimmed Cluster-weighted restricted modeling (TCWRM). We will present theoretical results on existence and consistency as well as empirical evidence of its good performance.

48. **Comparación de la asimetría relativa para vectores aleatorios**

Julio Mulero (*Universidad de Alicante*)

El estudio de vectores o variables aleatorias incluye usualmente el análisis de la asimetría. La comparación de la asimetría entre ciertas

cantidades aleatorias puede llevarse a cabo a través de órdenes estocásticos que sean capaces de resumir lo que significa el hecho de que una distribución sea menos (o más) asimétrica que otra. En este sentido, van Zwet (1964) propuso un orden estocástico en función de la convexidad de una función que transforma una variable en la otra. En la literatura, se han propuesto muchas extensiones de este orden al caso multivariante. En este trabajo, proponemos y analizamos dos generalizaciones basadas en la construcción estándar, así como presentamos diferentes propiedades y aplicaciones.

6.5. Enseñanza y aprendizaje de la Estadística e Investigación Operativa (GENAEIO)

49. Diseños óptimos en el modelo de Adair

M. Mercedes Rodríguez Hernández (*Universidad de Castilla la Mancha*),

Jesús López-Fidalgo (*Universidad de Castilla la Mancha*)

La farmacocinética es una rama de la farmacología que estudia la relación entre el paso de un medicamento a través del organismo y otras fuerzas o procesos que le afectan. Una vez que el fármaco es absorbido, ingresa a la sangre y en el plasma sanguíneo se liga a las proteínas en parte y el resto circula en forma de moléculas libres. Se realizan uniones a las proteínas siendo estas uniones reversibles, aunque la concentración total vaya disminuyendo progresivamente en el plasma. Generalmente el porcentaje de moléculas que circulan como fracción ligada a las proteínas es mucho mayor que el correspondiente a la fracción libre.

La primera etapa del Diseño Óptimo de Experimentos es la elección del modelo. Para el caso de reacciones de macromoléculas biológicas, la ecuación de Adair se adapta perfectamente a este tipo de reacciones. Hasta ahora se explicaba la fracción de saturación de una macromolécula en función de la concentración del ligando libre, nosotros explicamos la fracción a través del ligando inicial que se puede controlar experimentalmente y por tanto se modifica el modelo de Adair. Se realizan Diseños Óptimos para un ligando inicial con una determinada concentración de proteína para la ecuación de Adair modificada y para la ecuación de Adair. Después realizamos comparaciones en la obtención del valor del parámetro con otros diseños y los diseños óptimos a través de simulaciones. También se estudia la eficiencia y se realiza un análisis de sensibilidad realizando comparativas entre estos los diseños obtenidos.

Palabras clave: diseño óptimo de experimentos; ecuación de Adair; ecuación de Adair modificada.

50. Limitación simétrica de los los errores relativos en los pronósticos de ventas

Antonio Boada (*Universidad Simón Bolívar*),

María Antonieta Di Alessio (*Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada Nacional*)

Dicho trabajo, expone la importancia del indicador de gestión (Key Performance Indicators) en el departamento de predicción de negocio; colocando especial énfasis en el área correspondiente a los Pronósticos de Ventas. La ausencia de simetría en los indicadores relativos porcentuales actuales utilizados en los pronósticos de ventas, origina una falta de equidad al momento de valorar una determinada predicción, generando una limitación estadística de la formulación cuando la variable aleatoria (Ventas Futuras) presenta un dominio limitado en los reales positivos. Mediante demostraciones estadísticas, en donde los errores relativos en los pronósticos presentan inconvenientes de simetría, y se evidencia la limitación matemática de equidad del indicador de gestión, generando un sesgo o preferencia a sobre pronosticar o bajo estimar (según sea el tipo de error porcentual utilizado). El tipo de estudio manejado en este artículo corresponde a un estudio científico demostrativo de verificación empírica, utilizado la comprobación de los hechos para formular respuestas estadístico - matemático del problema planteado.

Palabras clave: control, predicciones, errores, KPI, estadística, indicadores de gestión.

51. Método de simulación MonteCarlo bajo el enfoque de revisión bayesiana y procesos markovianos aplicado a sistemas de producción en serie para optimizar los costos asociados al monitoreo de procesos

Rodrigo Alberto Barbosa Correa (*Universidad del Norte*)

Teniendo en cuenta algunos pocos estudios hechos de manera incipiente podemos encontrar autores como S.W. Roberts y Brugger R.M. quienes proponen las cadenas de estados Markovianos como medio para evaluar los planes de muestreo de producción continua y por lotes. Más hacia la actualidad encontramos a S. Baramurali y K. Govindaraju que exponen los planes de muestreo CSP ajustados a los requerimientos del cliente. En la actualidad por referencias bibliográficas, estudios matemáticos, estadísticos y en situaciones industriales reales de producción continua y por lotes, las probabilidades condicionales de predicción y validez según el enfoque bayesiano, no existen o son aplicaciones desviadas del tema central del proyecto. De hecho, en las empresas existen inspectores o dispositivos que se dedican solo a determinar productos conformes y no se aplican condiciones de predicción para reducir al máximo la entrega de productos no conformes. En el presente trabajo, además, se busca integrar el área de control de calidad con el de simulación con el fin de generar modelos que no se limiten a considerar constante la fracción no

conforme de un proceso, sino que por el contrario, la considera como una variable aleatoria con una función de densidad de probabilidad, que permita una mejor descripción del comportamiento de los procesos productivos.

Palabras clave: cadenas de Markov, planes de muestreo CSP, teorema de Bayes, control de calidad.

52. **Simulation model using the transformed inverse function applied to Flowshop Production to minimize the sampling costs**

Luz Stella Rueda Castillo (*Universidad del Norte*),

Rodrigo Alberto Barbosa Correa (*Universidad del Norte*)

Nowadays, businesses consider that their methods are perfect, this means that by having available a department of analysis and statistic control of the process, everything that the inspector or the inspection tools decide are considered to be correct, with not even a minimum of error involved. Yet, if they considered the principles of uncertainty of Heisenberg, in which he believes that the uncertainty associated to the observation does not contradict the existence of laws that govern the behavior of the particles in the universe, not even the capacity of the scientists to discover those laws, which will be seen as precise predictions, which can be substituted by the calculations of probabilities. This investigation focuses on the study of CSP sampling plans for acceptance with Bayesian and Markovian revisions, in the processes of production in series and by lots, that support the quality activities and reduction of costs by inspection.

Keywords: simulación de procesos, método Montecarlo, planes CSP, procesos estocásticos.

53. **Evaluación de nuevos módulos Moodle para el aprendizaje de la Estadística**

Josep Maria Mateo Sanz (*Universitat Rovira i Virgili*),

Carme Olivé (*Universitat Rovira i Virgili*),

Dolors Puigjaner (*Universitat Rovira i Virgili*)

En este trabajo se describen y evalúan dos nuevos módulos de Moodle que se han desarrollado para mejorar el enfoque de aprendizaje basado en problemas en Estadística. Uno de los módulos ofrece la posibilidad de personalizar ejercicios creando preguntas que contienen variables numéricas aleatorias diferentes para cada alumno y cuyas respuestas se calculan automáticamente. El otro módulo facilita la subdivisión de un ejercicio en diversos apartados. A través de estos dos módulos, los profesores pueden ofrecer a sus estudiantes la oportunidad de practicar contestando cuestionarios individualizados en cualquier lugar y en cualquier momento. El análisis de los efectos de la utilización de estos dos módulos en el rendimiento de los estudiantes reveló la existencia de un fuerte vínculo entre la cantidad de problemas en

línea contestados por los estudiantes y sus calificaciones finales. Por otra parte, se demostró que el uso de dichos módulos dificulta que los alumnos copien entre ellos.

Palabras clave: moodle, ejercicios, aprendizaje.

54. **Estudio de las actitudes hacia la estadística en estudiantes de psicología**

Carles Comas Rodríguez (*Dept. matemàtica, Universitat de Lleida*),

Assumpta Estrada Roca (*Dept. matemàtica, Universitat de Lleida*),

José Alexandre Martins (*Centro de Matemática, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*),

Maria Manuel Nascimento (*Centro de Matemática, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*)

La Estadística se ha incorporado, de forma generalizada, en el currículum de la mayoría de estudios universitarios, como fruto de su importante papel en la formación científica y técnica de profesionales de muy variado perfil. Esta importancia reconocida, contrasta con las dificultades detectadas en los procesos de enseñanza - aprendizaje de esta materia. Según diferentes autores parte de esta problemática radica en la actitud de los alumnos hacia la materia y añaden que el éxito en esta asignatura, está relacionado con la actitud positiva hacia la propia actividad estadística. Por ello, el trabajo que aquí presentamos se centra en el estudio de las actitudes hacia la Estadística de estudiantes de Psicología de una universidad pública española. En particular, analizamos las respuestas a los ítems de la Escala de Actitudes hacia la Estadística de Estrada EAEE (Estrada, 2002). Dicha escala ha sido aplicada en diferentes países y considerando estudiantes universitarios de diversas titulaciones aunque no de psicología y, por lo tanto, ahí radica el interés de este trabajo.

Palabras clave: escalas, actitudes hacia la estadística, análisis de ítems, formación estadística.

55. **Los datos, nuestra materia prima para aprender**

Pau Miró i Martínez (*Universitat Politècnica de València*),

Sandra Oltra Crespo (*Universitat Politècnica de València*)

Las dificultades que muchos alumnos encuentran a la hora de aprender estadística son siempre un reto para los que nos dedicamos a enseñarla. Entender la estadística como un medio que nos sirva para la toma de decisiones, y no como un fin en si misma es nuestro objetivo principal. La materia prima que todo análisis estadístico necesita son los datos, por eso antes de enseñar las técnicas hemos de crear las condiciones para que los alumnos consigan un conjunto de datos. Las experiencias presentadas se basan en la impartición de distintas asignaturas, tanto de grado como de post-grado, y en el éxito conseguido en el proceso de

enseñanza aprendizaje.

Palabras clave: datos.

56. **Diseño de una heurística, para resolver el problema de corte bidimensional rectangular en una empresa metalúrgica**

David De Santis Bermeo (*Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Guayaquil-Ecuador*),

Sthefany Vargas Cuesta (*Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Guayaquil-Ecuador*),

Guillermo Baquerizo Palma (*Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Guayaquil-Ecuador*)

La presente investigación se basó en el desarrollo de una heurística para optimizar el proceso de corte que se desarrolla en una empresa metalúrgica guayaquileña. Para este caso de estudio, que cabe decir no es de implantación, solo de diseño y comparación. El cliente solicita la elaboración de tres recipientes metálicos, los cuales son recipientes para contener rocas y granito extraídos de canteras, lo cual servirá para la elaboración de concreto armable. Nuestro aporte será, la planificación del corte utilizando técnicas de optimización, como heurísticas.

Palabras clave: bin packing problem.

6.6. Análisis de datos funcionales (FDA)

57. **Spatio temporal kriging prediction: An approach based on functional data**

Ramón Giraldo (*Universidad Nacional de Colombia*),

Pedro Delicado (*Universitat Politècnica de Catalunya*),

Jorge Mateu (*Universitat Jaume I*)

We extend cokriging analysis to the case where the observations at each sampling location consist of samples of random functions. Our cokriging method predicts one variable at a time as in a classical multivariable sense, but considering as auxiliary information curves instead of vectors. A non-parametric approach based on basis functions expansions is used in order to estimate the parameters. A linear model of coregionalization is used for establishing spatial dependence among coefficients of basis functions and therefore for estimating functional parameters. As an illustration the methodologies are applied to a real data set corresponding to average daily temperatures measured at 35 Canadian weather stations.

Keywords: basis functions; cross-validation; functional linear model; LMC; cokriging.

58. **Selección de variables con LASSO en regresión funcional**

Nicola Mingotti (*UC3M*),

Rosa Elvira Lillo (*UC3M*),

Juan Romo (*UC3M*)

En las últimas décadas los datos funcionales se han hecho muy populares por aparecer de forma natural en muchos campos, que abarcan desde la meteorología hasta las finanzas. Es posible extender las técnicas de regresión multivariante al caso de que la variable dependiente sea de naturaleza funcional pero la selección de variables no es inmediata y es todavía un tema de investigación abierto. En este trabajo se aborda la selección de variables en regresión funcional extendiendo la conocida técnica LASSO al contexto funcional. En particular, se estudia la regresión con respuesta funcional y variables independientes escalares. Se indica cómo se puede reducir el problema de selección a un problema de optimización y se aportan reglas prácticas para realizar la selección de variables. La metodología se aplica en un problema práctico de gran interés económico que es la determinación de variables significativas en choques de baja velocidad entre vehículos, causa frecuente de esguince cervical.

Palabras clave: datos funcionales, selección de variables, optimización convexa, penalización.

59. **Distancia de Mahalanobis para datos funcionales con aplicaciones al problema de clasificación**

Esdras Joseph (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Pedro Galeano San Miguel (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Rosa Elvira Lillo Rodríguez (*Universidad Carlos III de Madrid*)

El análisis de datos funcionales está proliferando en la actualidad debido a que muchos de los datos que se recogen en campos tan dispares como la meteorología, la economía, el análisis de imágenes o la quimiometría, son en esencia curvas. En los últimos años se han tratado de extender algunas técnicas multivariantes al contexto funcional teniendo en cuenta las diferencias fundamentales entre estos dos campos. En este trabajo se presenta la extensión del concepto de distancia de Mahalanobis que tanto protagonismo ha tenido en el ámbito multivariante. Un ámbito de la Estadística donde se ha utilizado la distancia de Mahalanobis ha sido el de clasificación. En este trabajo también se incorpora la nueva distancia a procedimientos de clasificación conocidos para datos funcionales que utilizan en su desarrollo distancias o semi-distancias, comparándose los resultados tanto para datos simulados como reales.

Palabras clave: datos funcionales, métodos de clasificación, semi-distancia de Mahalanobis funcional, componentes principales funcionales.

60. **Aplicación de los métodos de downscaling y análisis de datos funcionales en meteorología**

Ana María Aguilera del Pino (*Universidad de Granada*),

Sheila Carreño Madinabeitia (*EUSKALMET (Basque Meteorology Agency)*),

Mariano José Valderrama Bonnet (*Universidad de Granada*)

Las predicciones meteorológicas de calidad son muy importantes en la sociedad de hoy en día y mejorar los métodos estadísticos utilizados habitualmente para realizar predicciones meteorológicas o encontrar nuevos métodos es el objetivo de muchos investigadores en la actualidad. Teniendo en cuenta que un gran número de variables meteorológicas (temperatura, presión a nivel del mar, velocidad del viento,...) son de naturaleza funcional, el objetivo de este trabajo es aplicar métodos de análisis de datos funcionales, concretamente los modelos de predicción en componentes principales, y la técnica de downscaling MOS (Model Output Statistics) para predecir la temperatura a escala local en la estación de Abetxuko en el País Vasco a partir de las predicciones de temperatura a escala global proporcionadas por el modelo sinóptico GFS (Global Forecast System).

Palabras clave: análisis de datos funcionales, downscaling, componentes principales, global forecast system.

Contribuciones por categorías

7.1. Algoritmos metaheurísticos

61. Heuristics for heterogeneous shop scheduling in sheltered work centers for disabled

Alexander J. Benavides (*Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS*),

Marcus Ritt (*Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS*),

Cristóbal Miralles (*ROGLE, Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València*)

We created instances for the heterogeneous shop problems based on known benchmarks by adding random custom times for workers. We have results of scatter search with path relinking for Heterogeneous Flowshop and Jobshop, and preliminary results of the proposed iterated local search. Scatter search results were compared with mathematical models using CPLEX. Heterogeneous shop problems are considerably more difficult than their traditional counterparts, even small instances cannot be solved within one-hour time limit. Scatter search is effective to find good quality solutions for Heterogeneous Flowshop in reasonable computational time and the planned efficiency in the resulting schedules is better than the expected average; thus we conclude that companies can integrate people with disabilities without jeopardizing their efficiency. We intend to compare the proposed algorithms. First tests show that both algorithms have the potential of finding solutions of good quality. Our tests show that scatter search relatively quickly converges to a small set of reference solutions of good quality, and after that, the creation of random solutions to diversify is bigger, but with slow progress in the late iterations. We think that iterated construction with path relinking will show better statistical results through time.

Keywords: scheduling, jobshop, flowshop, meta-heuristics.

62. Una comparación de operadores de variación para algoritmos evolutivos Multi-objetivo

Isolina Alberto Moralejo (*Universidad de Zaragoza*),

Pedro M. Mateo Collazos (*Universidad de Zaragoza*),

Carlos A. Coello Coello (*CINVESTAV-IPN, Depto. de Computación*)

En este trabajo se estudia si el uso de operadores de variación que utilizan la información de la calidad de las soluciones puede conducir a Algoritmos Evolutivos Multi-objetivo más eficientes.

En el trabajo consideramos el algoritmo NSGA-II y diversos operadores de variación que utilizan de forma explícita información sobre la calidad de las soluciones, medida en términos de Pareto optimalidad.

En un primer experimento se compara cada operador con una versión suya en la que se elimina la información sobre la calidad de las soluciones a variar, con objeto de comprobar si realmente el uso de dicha información mejora su calidad. En un segundo se compara el rendimiento de todos los operadores seleccionados entre si, para determinar si alguno de ellos destaca frente al resto.

En contra de lo esperado, los resultados muestran que las versiones originales no siempre superan a las simplificadas, sugiriendo la necesidad de una mayor investigación sobre el tema.

Palabras clave: computación evolutiva, metaheurísticos, optimización multi-objetivo.

63. El algoritmo mu-G-ELM con un operador de selección modificado

Beatriz Lacruz Casacau (*Dpto. Métodos Estadísticos. Univ. Zaragoza*),

David Lahoz Arnedo (*Dpto. Métodos Estadísticos. Univ. Zaragoza*),

Pedro M. Mateo Collazos (*Dpto. Métodos Estadísticos. Univ. Zaragoza*)

Las Máquinas de Aprendizaje Extremo son algoritmos para el entrenamiento de redes neuronales artificiales. Los autores de este trabajo han desarrollado un algoritmo de este tipo, denominado mu-G-ELM que, a diferencia de otros en la literatura, es micro-genético y bi-objetivo. Este trata de minimizar simultáneamente el error cuadrático medio y el número de nodos ocultos de la red, proporcionando tras su ejecución un conjunto de soluciones de compromiso del cual se selecciona la “mejor” red.

En este trabajo se presenta una mejora del algoritmo mu-G-ELM que, principalmente, modifica el operador de selección haciendo que su funcionamiento dependa más de si el algoritmo está buscando redes con un mayor número de neuronas ocultas o menor. Para evaluar la eficacia de esta nueva versión se compara con el algoritmo original aplicando

ambos a una amplia colección de conjuntos de datos reales que abarcan distintos problemas de clasificación y regresión.

Palabras clave: optimización multiobjetivo, redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos.

64. **Desarrollo y aplicación de heurísticas aplicadas a un modelo de negocio dentro de centros de distribución basados en el modelo cantidad económica del pedido para n productos con más de dos restricciones**

Gerardo Alexander Rangel Enríquez

María Helena Bernal Loaiza

El objetivo principal de este trabajo es ubicar un contexto real donde podemos observar que muchos de los problemas que afectan la administración de una organización es el gerenciar de manera eficiente las diferentes líneas de productos, estos poseen diferentes características, como su demanda, su stock mínimo, sus dimensiones para representar su espacio ocupado, y el costo de cada unidad además de que en cada organización la inversión de capital puede estar limitada. Este tipo de problemas son combinatoriales por lo cual encontrar una alternativa con métodos de solución como programación lineal simple o programación no lineal etc. No es muy sencillo, por eso se propone solucionarlo con algoritmos evolutivos, específicamente un Algoritmo Genético. El modelo de cantidad económica de pedido abordado en este trabajo presenta una serie de características de diferentes fenómenos, que hacen variar estas condiciones y que son difíciles de abstraer e incluir en un modelo de inventarios común. Una de las más grandes ventajas de los algoritmos genéticos, es proponer diversas soluciones factibles de buena calidad cada vez que se ejecute el algoritmo, brindando de esta manera una amplia gama de soluciones que sirven como información primaria en la toma de decisiones gerenciales, esto se propuso desde el inicio del desarrollo de la solución a este modelo mediante una MetaHeurística capaz de brindar información de posibles combinaciones que administren de la mejor manera el capital máximo que tiene el cual se puede gastar por completo pero con la restricción de almacén en m^3 que no se puede superar, debido a la cantidad limitada de la bodega. De estas combinaciones se desprende el costo asociado para los productos, Sin superar una demanda preestablecida y stock mínimo propuesto para cada producto. Uno de las alternativas desarrolladas fue enlazar los n productos de la empresa a un aplicación que permite su selección e inserción de características que se convierten en parámetros de entrada para el desarrollo de algoritmo evolutivo, desde aquí empieza el proceso para evolucionar los parámetros ingresados. Los resultados fueron obtenidos bajo la simulación de casos puntuales de demanda y abastecimiento, consiguiendo el objetivo de brindar una directriz cuantitativa al momento de realizar la compra de existencias, con la premisa de limitación de recursos en escenarios que se presentan

a diario en las organizaciones, que en muchas ocasiones gracias a la presión del entorno genera la toma de decisiones erróneas que derivan en una pérdida económica y finalmente generan consecuencias irreversibles en los movimientos financieros de las organizaciones.

7.2. Análisis envolvente de datos

65. Análisis de la significación de los inputs y outputs en un modelo de análisis envolvente de datos

Fernando Fernández Palacín (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Cádiz*),

M. Auxiliadora López Sánchez (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Cádiz*),

Manuel Muñoz Márquez (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Cádiz*)

En el análisis envolvente de datos o DEA, usado para evaluar la eficiencia de las unidades de decisión o DMU's, no se han definido medidas de significación para las variables inputs y outputs. La evaluación de la aportación total de los inputs y outputs al cálculo de las eficiencias de las DMU's ofrece, en general, resultados muy desequilibrados, por lo que se propone un procedimiento para reequilibrar dichas aportaciones conservando los índices de eficiencia de las DMU's. En este trabajo se introduce el concepto de nivel de significación y se propone un procedimiento secuencial para la selección de las variables significativas a usar en el modelo DEA. El trabajo se concluye con una aplicación del procedimiento que se propone a distintas situaciones, en las que se adoptan diferentes estrategias de actuación.

Palabras clave: DEA, eficiencia, PPL, nivel de significación.

66. Algoritmos genéticos: una aplicación al análisis envolvente de datos

Juan Aparicio (*Universidad Miguel Hernández*),

Josep Xavier Barber (*Universidad Miguel Hernández*),

José J. López-Espin (*Universidad Miguel Hernández*),

Raúl Martínez-Moreno (*Universidad Miguel Hernández*),

Juan Fco Monge Ivars (*Universidad Miguel Hernández*),

Jesús T. Pastor (*Universidad Miguel Hernández*)

En este trabajo se presenta un Algoritmo genético para la determinación de los targets más cercanos en DEA (Data Envelopment Analysis). Tradicionalmente, este problema no ha sido resuelto en la literatura de forma satisfactoria, ya que requiere la resolución de un problema combinatorio NP-hard, por lo que el uso de técnicas metaheurísticas

proporciona buenas soluciones al problema.

Palabras clave: algoritmos genéticos, DEA.

7.3. Aplicaciones de la investigación operativa

67. Una metaheurística para el problema de ordenamiento de flota y asignación de tripulación en sistemas de transporte público

Miguel Machado Borggio (*Universidad de la República*)

El problema de asignación de flota y personal en empresas de transporte público es objeto de estudio de diversas técnicas dada su alta complejidad. La correcta resolución de este problema tiene enorme implicancia en la economía tanto de las empresas que brindan el servicio como de sus usuarios. Las empresas competirán buscando proveer un servicio de buena calidad por tarifas acordes, lo que requiere una buena gestión de recursos de alto costo como son los vehículos, tripulación y depósitos. El objetivo de este trabajo es la resolución de un problema de optimización combinatoria que modela la ordenación de la flota disponible y asignación de tripulación buscando minimizar sus costos (viajes sin pasajeros o “expresos” y cantidad de jornales, entre otros). Se considera como caso de estudio una compañía de transporte suburbano con múltiples depósitos, una flota de más de trecientas unidades, más de mil viajes diarios y un conjunto de restricciones que contemplan normas laborales dinámicas. Se plantea el estudio, diseño e implementación de un algoritmo genético para resolver el problema, así como una serie de experimentos con dicho algoritmo.

Palabras clave: transporte público, asignación de flota y tripulación, metaheurísticas, algoritmos genéticos.

68. Aplicación de modelos de flujo en redes para la detección eficiente de fugas en refinerías

Luis Alejandro Benavides Vázquez (*Universidad Autónoma de Nuevo León*),

Yasmín Águeda Ríos Solís (*Universidad Autónoma de Nuevo León*)

Las redes de proceso de las refinerías son complejas ya que involucran una serie de procesos químicos para hacer cerca de 20 diferentes productos finales. Actualmente se tienen medidores volumétricos o másicos a lo largo del proceso de refinación para detectar fugas, los cuales por naturaleza tienen cierto grado de incertidumbre y error que se propaga a lo largo de la red generando falsas alertas. Lo que se plantea es realizar un balance másico de los productos petrolíferos en la refinería con el fin de conocer las pérdidas que se puedan ocasionar entorno al proceso, donde se incluya la diferencia de entradas con salidas, los inventarios y el autoconsumo y además se tome en cuenta la incertidumbre y los datos

en tiempo real de los medidores. Se presentan modelos matemáticos basados en algoritmos de flujo en redes que consideran la incertidumbre para localizar los medidores y poder detectar eficientemente las fugas que puedan ocurrir en los diferentes procesos en la refinería.

Palabras clave: detección de fugas, refinería de petróleo, fugas en redes, medidores.

69. Optimal deployment of RFID reader antennae

Laura Hervert-Escobar (*ITESM Monterrey Mexico*),

Neale R. Smith (*ITESM Monterrey Mexico*),

Timothy I. Matis (*Texas Tech University*),

Cesar Vargas-Rosales (*ITESM Monterrey Mexico*)

Recently, radio frequency identification (RFID) systems have received increased attention from academia and practitioners. RFID facilitates data acquisition and storage; it can provide accurate and real-time data without human intervention. One of the areas for RFID deployment is supply chain management, where passive RFID tags can be used to automatically identify and locate product inventory within manufacturing facilities, distribution centers, and warehouses. RFID can also simplify product shipments out of or into facilities. Currently, RFID system design in industry is typically based on a trial and error approach or on simulations and testing of selected components of the RFID system. This research focuses on the problem of deployment of RFID reader antennae for identifying items. In this way, two optimization models and a metaheuristic are proposed in order to minimize the total quantity of reader antennae required to identify all tags in a given area. The testing of the model was performed using several types of generated instances based on a passive UHF RFID system. Instances gradually increase their complexity by adding factors considered by practitioners and researchers.

Keywords: RFID, antennae, interference, optimization.

70. Programación de un flow shop híbrido con tiempos de montaje dependientes de la secuencia y máquinas paralelas no relacionadas usando métodos aleatorios

Ángela González Palacio (*Universidad Nacional de Colombia*),

Omar Danilo Castrillón Gómez (*Universidad Nacional de Colombia*),

Jaime Antero Arango Marín (*Universidad Nacional de Colombia*)

Un Flow Shop Híbrido es un ambiente de manufactura en el cual un conjunto de n trabajos es procesado en una serie de m etapas secuenciales, donde existen por lo menos dos máquinas en paralelo en al menos una de las etapas y algunos de los trabajos pueden omitir uno o varios de los procesos productivos. Un gran número de industrias

pueden ser representadas por esta configuración productiva, tales como la industria textil, cerámica, farmacéutica, química, metalúrgica, del papel, del aceite, del tabaco y de semiconductores. La programación en un Flow Shop Híbrido es una combinación de dos tipos de problemas: la asignación de trabajos a las máquinas y la secuenciación de los mismos a través de las etapas de procesamiento. A pesar de que se han formulado diversas propuestas de programación en ambientes Flow Shop Híbrido, estas no consideran muchas de las complejidades existentes y usan supuestos que generalizan en gran medida el problema haciéndolo menos cercano a la realidad y volviendo imposible su aplicación. La metodología propuesta en el presente trabajo pretende reducir el tiempo total de proceso y al mismo tiempo considerar las complejidades existentes en este tipo de ambientes, tales como la existencia de máquinas paralelas no relacionadas, es decir, que no poseen los mismos tiempos de preparación y las mismas tasas de producción; y los tiempos de montaje dependientes de la secuencia, los cuales varían dependiendo de la similitud del trabajo recién terminado y el que va a ser procesado a continuación.

Palabras clave: método aleatorio, Flow Shop Híbrido, máquinas paralelas no relacionadas, tiempos de montaje dependientes de la secuencia.

71. **Marco de referencia para la estimación del stock de referencia en un contexto de demanda discreta**

Eugenia Babiloni Griñón (*Universitat Politècnica de València*),

Ester Guijarro Tarradellas (*Universitat Politècnica de València*),

Manuel Cardós Carboneras (*Universitat Politècnica de València*)

Este artículo propone un marco de referencia para seleccionar el método más eficiente para calcular el stock de referencia, i.e. el stock máximo que debemos tener en el almacén de cada artículo, en un sistema de gestión de stocks bajo un contexto de revisión periódica. Se asume que: (i) el periodo de revisión es fijo y está predeterminado; (ii) el stock de referencia máximo se calcula para satisfacer un nivel de servicio de ciclo (CSL) objetivo; (iii) no se permite diferir demanda; (iv) la demanda se considera discreta e i.i.d. En la literatura encontramos cuatro métodos para estimar el CSL, tres de ellos aproximados (el método clásico, el PI y el PII) y uno exacto. Una vez que se define un CSL objetivo para un artículo, se puede utilizar cada uno de estos métodos para calcular el stock de referencia. Dado que el método exacto es muy complejo para su utilización práctica, el marco de referencia propuesto en este trabajo tiene como objetivo definir bajo qué condiciones, tanto referentes a la demanda como al sistema de gestión, podemos utilizar cada uno de los métodos aproximados, en lugar del exacto, sin cometer errores. Para generar dicho marco de referencia se lleva a cabo un amplio experimento con 115.941 casos y se utilizan árboles de clasificación y

regresión para encontrar las zonas de comportamiento homogéneas de las aproximaciones frente al exacto. Finalmente, el marco de referencia se organiza en mapas donde se indica qué método utilizar en cada zona. **Palabras clave:** inventario, stock de referencia, demanda discreta, nivel de servicio de ciclo.

72. **Un método heurístico para el problema de reposición dinámica de inventarios con múltiples artículos y limitación de almacenaje**

José Miguel Gutiérrez Expósito (*Universidad de La Laguna*),

Marcos Colebrook Santamaría (*Universidad de La Laguna*),

Beatriz Abdul-Jalbar Betancor (*Universidad de La Laguna*),

Joaquín Sicilia Rodríguez (*Universidad de La Laguna*)

Se aborda en este trabajo el problema de reposición dinámica de inventarios considerando múltiples artículos y capacidad de almacenaje. A pesar de que se puede caracterizar fácilmente un subconjunto de soluciones óptimas a partir de la extensión natural de las propiedades del caso con un único artículo, lamentablemente éstas no son útiles a la hora de diseñar un algoritmo eficiente para el caso multi-artículo. Es por ello que las heurísticas toman protagonismo como técnicas apropiadas, que permiten diseñar políticas cuasi-óptimas para este problema NP-duro. En este sentido proponemos un método heurístico basado en una técnica de suavizado, que será validado sobre un conjunto de instancias generadas aleatoriamente. Los resultados computacionales obtenidos muestran que nuestro método es capaz de construir políticas que son fácilmente implementadas y muy efectivas, ya que se alejan, en media, un 5% de la mejor solución proporcionada por CPLEX. Además, mediante un experimento computacional adicional se demuestra que la nueva heurística tiene un rendimiento medio mejor y más robusto que el de otros métodos propuestos previamente en la literatura.

Palabras clave: inventario, capacidad de almacenaje, heurísticas, múltiples artículos, técnica de suavizado.

73. **Algunas características comunes a los proyectos de optimización con recursos humanos**

Juan Manuel García López

Varias de las clases de problemas de Investigación Operativa habituales tienen entre sus elementos a los recursos humanos, por ejemplo, Timetabling, Task Scheduling, Rostering, Shift assignment o Routing. A diferencia de otros recursos escasos de naturaleza material, los recursos humanos cuentan con una obvia naturaleza especial, que hace que su tratamiento deba ser diferenciado en el contexto de una implantación de proyecto. Cuando un proyecto en el que intervienen recursos humanos se modela sin tener en cuenta las particularidades de este tipo de recursos, aumenta el riesgo de rechazo de la solución por las partes implicadas. El objetivo de esta presentación es compartir algunas

experiencias observadas durante la implantación de algunos proyectos de optimización con recursos humanos, presentando algunas características particulares de gestión de proyecto, incidiendo en aquellas que requieren especial tratamiento y enumerando algunas recomendaciones para el tratamiento de estos recursos, surgidas de la implantación con éxito de algunos proyectos.

Palabras clave: recursos humanos, task Scheduling, shifts, rostering, project management.

74. Modelo de gestión de stocks con demanda potencial y roturas recuperables

Joaquín Sicilia Rodríguez (*Universidad de La Laguna*),

Manuel González de la Rosa (*Universidad de La Laguna*),

Jaime Febles Acosta (*Universidad de La Laguna*)

En este trabajo se estudia la política de inventario apropiada para productos cuya demanda no es uniforme durante el ciclo del inventario, sino que el comportamiento de la misma sigue un patrón potencial. Se asume la posibilidad de que haya roturas en el inventario, y que las mismas se recuperan con la llegada de nuevos artículos. Se considera que la reposición es instantánea. Para este sistema se calculan los costes relacionados con la gestión del stock y se busca determinar el periodo de planificación óptimo y la cantidad económica de pedido que minimizan el coste total por ciclo de inventario. Finalmente, se presentan algunos ejemplos numéricos que ayudan a ilustrar el modelo analizado.

Palabras clave: sistemas de inventario, periodo de planificación óptimo, cantidad económica de pedido, patrón potencial de demanda, roturas recuperables.

75. Aplicación de las técnicas del Revenue Management al sector hotelero

Helena Grande Hernández (*Universidad de Salamanca*),

María Teresa Cabero Morán (*Universidad de Salamanca*)

El Revenue Management (RM) consiste fundamentalmente en vender el producto adecuado, al cliente adecuado en el momento adecuado y al precio adecuado. La cualidad principal que ha de tener un producto para que se le pueda aplicar el RM es que sea perecedero, las estrategias variarán en función de los días previos a que el producto ya no esté disponible. El RM comienza por segmentar la demanda a partir de la base de datos disponible en donde se realizarán estudios de predicción que permiten al analista fijar un nivel de overbooking adecuado y poner el precio ajustado para cada cliente. Esta técnica comenzó a popularizarse en los años noventa entre las compañías aéreas al pasar de tarifas estáticas a tarifas dinámicas: el mismo asiento de avión tenía diferentes precios en función de distintos factores. En el presente estudio se aplicará el RM sobre un hotel teniendo en cuenta las diferencias y

similitudes, en términos de gestión de ingresos, entre una habitación y un asiento de avión.

Palabras clave: Revenue Management, predicción, hoteles.

76. The parallel assembly line worker assignment and balancing problem (PALWABP)

Cristóbal Miralles (*ROGLE - Dpto. Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València, Spain*),

Felipe F.B. Araujo (*Instituto de Ciências Matemáticas e Computação, Universidade de São Paulo, SP, Brazil*),

Alysson Machado Costa (*Instituto de Ciências Matemáticas e Computação, Universidade de São Paulo, SP, Brazil*)

In this work we present a new assembly line balancing problem that occurs in sheltered worker centers for disabled, a scenario where the workforce presents high levels of heterogeneity. We are interested in the situation in which complete parallel assembly lines are allowed, naming the resulting problem as PALWABP (parallel assembly line worker assignment and balancing problem); and observing its practical advantages, both from the managers and workers perspectives. Once introduced, we present a linear mixed-integer formulation and a four-stage heuristic algorithm. After several exhaustive tests with a large set of instances, the computational results show how the parallel lines provide an additional powerful approach for coping with worker's heterogeneity while ensuring productivity; what becomes crucial for many SWD's survival in the current economical context.

Keywords: assembly line balancing; heterogeneous workers; heuristics.

77. QMR: Modeling quality mobility routes under uncertainty

Rocio Colina (*Universidad Complutense de Madrid*),

Beatriz Municio (*Universidad Complutense de Madrid*),

Inés Gómez-Chacón (*Universidad Complutense de Madrid*),

Victoria López (*Universidad Complutense de Madrid*)

This paper presents a mathematical model to calculate quality mobility routes (QMR) around a point of interest. The model is constructed from a set of qualitative crisp variables and the qualitative variable “quality level”. The “quality level” is computed per each arc of the graph that models the original map. To optimize the value of the solution (QMR), the fuzzy variables are modeled by using soft techniques based on linguistic labels and fuzzy sets. Once the optimal model is got, the evaluation of the results is computed by using simple aggregation of information. The result is the quality level that QMS offers around the target point. As an application, this paper presents some results as part of the government project “Madrid” on foot, secure way to school which favors independent movement of children to school, and make

them safe by incorporating the perception of children and parents in urban mobility. This study concerns mobility routes around a school in Madrid (Ntra. Sra. de la Paloma, Madrid, Spain), as point of interest within the model. The selected quantitative variables have measured values as the number of traffic lights, pedestrian crossings, width of sidewalks, etc. The level of quality is defined in terms of safety for children 9 - 11 years old on their way to school. The original map around the school is used to construct the graph of edges (streets or a piece of a street) and nodes (intersection between the arcs, meeting points) in which is taking into account the number of children who walk through each arc on their way to school. The quality / safety of each arc is measured from the data allocated by children to each section. In this case we have performed an experiment with 81 children. Each student has marked on the map the path they walk from home to school. In addition, they have colored each section according to the perceived level of safety: red (unsafe), blue (normal), green (very safe). Arcs without coloring are treated as uncertainty. In order to solve this uncertainty we introduce two methods. The first is based on representing information (red-blue-green-NoColor) as vertices of a tetrahedron; the second one is based on representing information by using fuzzy sets. Both of them produce similar successful results about the evaluation of the final route. Therefore, both of them can be used to calculate the QMR in this specific problem.

Keywords: routing problem, quality routes, safety, linear optimization, fuzzy logic, uncertainty.

78. Influencia de los datos en las simulaciones en el ELSP

Pilar Isabel Vidal-Carreras (ROGLE, DOE - Universidad Politécnica de Valencia),

Raúl Cortés-Fibla (DOE - Universidad Politécnica de Valencia),

Jose Pedro García-Sabater (ROGLE, DOE - Universidad Politécnica de Valencia)

El problema de lotificar y secuenciar la producción de n productos con el objetivo de obtener patrones cíclicos de producción se conoce como el problema ELSP. Este problema encuentra una de las primeras formas de resolución en la EOQ (Harris, 1913). Desde entonces han sido muchos los enfoques de resolución planteados siendo la mayor parte de ellos métodos heurísticos al ser NP duro. Para evaluar el comportamiento de estas heurísticas la simulación se plantea como una alternativa. Sin embargo son muchas las decisiones que han de considerarse a la hora de plantear una simulación, y que pueden influir en los datos obtenidos, como por ejemplo que datos se van a simular. Uno de los benchmarks más ampliamente empleado es el de Bomberger (1966), aunque en muchas ocasiones los autores plantean sus propios conjuntos de datos. Los datos requeridos para un problema ELSP general implican decidir el número de productos a fabricar en la máquina, que tiempo

y coste de setup requieren, y cuál es su ratio de fabricación y su coste de almacenamiento. En el presente trabajo se pretende analizar como en función de los datos empleados los resultados de determinadas heurísticas pueden variar.

Palabras clave: ELSP, heurísticas, simulación, benchmark.

79. Aplicaciones de la investigación operativa en desarrollo de Apps sobre medio ambiente, movilidad y sociedad

Victoria López (*Universidad Complutense de Madrid*),

Guadalupe Miñana (*Universidad Complutense de Madrid*),

Inmaculada Pardines (*Universidad Complutense de Madrid*),

Jesús Escribano (*Universidad Complutense de Madrid*),

Juan Tejada (*Universidad Complutense de Madrid*)

La Investigación Operativa (IO) ofrece una gran variedad de técnicas que sirven como solución a infinidad de problemas que se plantean en la sociedad. Muchos de estos problemas se resuelven hoy en día mediante el desarrollo de aplicaciones móviles que se ejecutan en dispositivos inteligentes de reducido tamaño, como los smartphones, tablets, etc. En este trabajo se presenta el trabajo desarrollado por el grupo G-TeC de la Universidad Complutense de Madrid en el ámbito de las tecnologías móviles. Se presentan 8 aplicaciones móviles en las que se utilizan técnicas de la IO para calcular y muchas veces optimizar la solución a los problemas. Las técnicas más utilizadas son Teoría de Grafos, Caminos Mínimos, Árboles de Decisión y Optimización Combinatoria. Las aplicaciones se han desarrollado para Android en lenguaje Java y se ejecutan sobre bases de datos relacionales (SQL Server, MySQL y SQLite). Su descripción se da a continuación. Camino Seguro: Se trata de una app para fomentar la autonomía y la seguridad en niños de 9 a 11 años en su camino al colegio. La aplicación sirve para generar arañas de seguridad alrededor de los centros (22 colegios en Madrid para este estudio) optimizando la seguridad de los tramos y las distancias. Hábitat: Aplicación que permite informar al ciudadano sobre talleres y cursos que ofrece el Ayuntamiento de Madrid en el área de Medio Ambiente y Movilidad. Esta aplicación contiene un sistema de recomendación de acuerdo al perfil del usuario y permite la inscripción en tiempo real. Recyla.me y Recycla.te: Aplicaciones para enseñar y fomentar el reciclado, reutilización y reducción de residuos domésticos. La primera orientada para niños ofrece un juego de aprendizaje y la segunda para adultos incluye un juego tipo trivial con publicaciones en redes sociales. Ambas basadas en árboles de decisión y gestión de bases de datos donde se gestionan los códigos de barras y los materiales correspondientes a los productos. Jardines Retiro: Aplicación que permite la visita virtual a los jardines artísticos del Parque del Retiro de Madrid. Esta aplicación ejecuta algoritmos sobre caminos mínimos que permiten el acceso rápido a los puntos de interés desde

cualquier punto de acceso a la aplicación dentro del parque. *Mapa de Recursos*: Esta app permite la localización de parques, gasolineras, aparcamientos, gasineras, puntos limpios, etc. , mediante geolocalización del dispositivo mostrando el camino mínimo entre los puntos y ofreciendo alternativas de acceso. Además proporciona información al usuario sobre los puntos de interés para el ciudadano de Madrid. *Ludus Manager*: Juego interactivo dispositivo-usuario donde el jugador aprende mediante competición a gestionar una escuela de gladiadores. En este caso se utilizan técnicas de inferencia fuzzy para realizar evaluaciones de los gladiadores y resolver incertidumbre, lo que permite incrementar la calidad del juego. *ANVM: Augmented Navigation and Virtual Mapping*, es un proyecto orientado a la localización y guía dentro de una gran superficie (aeropuertos, centros comerciales) que consta de tres partes: 1. La construcción de mapas de superficies interiores mediante un dispositivo basado en Kinet de Microsoft. 2. Un enlazador de mapas que permite incorporar el mapa virtualizado en la aplicación móvil. 3. La propia app que permite la localización dentro del mapa, el guiado a un punto de interés y la exploración del mapa. **Palabras clave**: investigación operativa, juegos competitivos, inferencia Fuzzy, geolocalización, caminos mínimos, árboles de decisión.

80. **Estrategias de reposición centralizadas versus descentralizadas en un sistema multinivel de inventario permitiendo a los minoristas retraso en los pagos**

Beatriz Abdul-Jalbar (*Universidad de La Laguna*),

Marcos Colebrook (*Universidad de La Laguna*),

José M. Gutiérrez (*Universidad de La Laguna*),

Joaquín Sicilia (*Universidad de La Laguna*)

En este trabajo analizamos políticas de reposición de inventario en un sistema de distribución formado por un mayorista que es el encargado de suministrar artículos a dos minoristas. A su vez, cada minorista debe satisfacer la demanda de los clientes que se asume conocida y constante. Las reposiciones son instantáneas y las roturas no están permitidas. Estos sistemas de distribución son frecuentes en la actividad comercial y es habitual que el mayorista permita a los minoristas cierto retraso en el pago de la mercancía por un período de tiempo. Durante este plazo, denominado periodo de retraso, los minoristas obtienen intereses debido a las ganancias generadas y antes de finalizar dicho periodo deben abonar la mercancía al mayorista. En caso de que no tengan suficiente liquidez tienen que pagar intereses por la cantidad que les falta para saldar la deuda. En este contexto estudiamos dos tipos de estrategias de reposición. En primer lugar, asumimos que el sistema de decisión sigue una política centralizada y, a continuación, analizamos el problema considerando que cada instalación toma decisiones de manera independiente. Finalmente, se realiza un experimento computacional en

el que se compara la efectividad de ambos tipos de políticas.

Palabras clave: sistema multinivel de inventario, retraso en los pagos, políticas centralizadas, políticas descentralizadas.

7.4. Aplicaciones de la probabilidad

81. Configuración óptima entre las componentes de sistemas paralelo-series y series-paralelo utilizando ordenaciones estocásticas

Henry Laniado (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Rosa E. Lillo (*Universidad Carlos III de Madrid*)

En este trabajo se trata de obtener comparaciones estocásticas a través del orden de la tasa de fallo y de la tasa de fallo reversa entre las configuraciones posibles que se pueden considerar en un sistema 2-paralelo-serie compuesto por $2n$ componentes con tiempos de vida independientes y de las cuales n de ellas están igualmente distribuidas y las otras n también, aunque no necesariamente con la misma distribución. Bajo la hipótesis de que los dos tipos de componentes tienen tasa de fallo proporcional, se presentan comparaciones estocásticas entre las posibles configuraciones de todas las $2n$ componentes que forman el sistema. Los resultados indican que el sistema es más fiable cuanto más heterogeneidad exista entre las componentes de los dos sistemas en paralelo. También se presentan comparaciones para el problema dual, un 2-series-paralelo siendo las conclusiones las opuestas a las anteriores, es decir, el sistema es más fiable cuanto más homogeneidad exista entre las componentes de los dos sistemas en serie.

Palabras clave: sistemas series-paralelo, paralelo-series, tasa de fallo, tasa de fallo reversa.

82. A test for the validity of the HNBUE assumption based on an L^1 distance

Sofía Nieto (*UAM*)

We consider a test to check if a random variable X is HNBUE (Harmonic New Better than Used in Expectation), an ageing class commonly used in reliability theory. We propose a test statistic based on an L^1 distance between integrated survival functions defined in terms of a random sample of X . We discuss in depth the asymptotic behavior of the test statistic: its asymptotic distribution; the universal consistency of the testing procedure; and the rates of the corresponding power. We show the performance of our proposal in practice via some simulations and the analysis of real data sets.

Keywords: convex order; Brownian bridge; empirical process, exponential distribution, reliability theory.

83. **Exceedances of records**

Antonia Castaño Martínez (*Universidad de Cádiz*),

Fernando López Blázquez (*Universidad de Sevilla*),

Begoña Salamanca Miño (*Universidad de Sevilla*)

Records are observations whose values are larger than all the previous ones. In recent years several generalizations of the concept of record have appeared in the literature, among them we can cite near records, epsilon-repeated records, delta-exceedance records, delta-records and geometric records. In this work we consider a continuous and strictly increasing real function ψ , and introduce a new generalization of the concept of record, the upper ψ -exceedances of records as those observations exceeding the function ψ of the previous ψ -exceedance. In the particular case of the identity function we obtain the ordinary record values, other choices provide some record-like variables of interest like peaks over (fixed) threshold (POT), arithmetic and geometric exceedances. We study the basic distribution theory of ψ -exceedances and in particular we investigate the cases of some common distributions as: Exponential, Pareto, Weibull among others. Finally, we point out applications of these concepts to the theory of particle counters and telecommunications.

Keywords: records, delta-exceedance records, geometric exceedance records, record times.

84. **Condiciones suficientes para comparación en concentración**

Félix Belzunce (*Universidad de Murcia*),

Carolina Martínez-Riquelme (*Universidad de Murcia*),

José M. Ruiz (*Universidad de Murcia*)

En este trabajo se presentan condiciones suficientes para la comparación de las funciones expected proportional shortfall de dos variables, en términos de las funciones cuantiles de las mismas. Estos resultados son de interés cuando el orden estrella no se verifica.

Palabras clave: expected proportional shortfall, orden estrella.

85. **Una caracterización y condiciones suficientes para el orden TTT**

Félix Belzunce (*Universidad de Murcia*),

Carolina Martínez-Riquelme (*Universidad de Murcia*),

José M. Ruiz (*Universidad de Murcia*)

En este trabajo damos una caracterización del orden TTT y damos también condiciones suficientes para el orden TTT cuando el orden estocástico no se verifica. Damos aplicaciones a la comparación de distintas familias paramétricas de distribuciones.

Palabras clave: transformada TTT, orden creciente cóncavo.

86. Modeling and forecasting prices in Spanish electricity markets under uncertainty

Hugo Marrao (*Indizen Technologies*),

Guadalupe Miñana (*Universidad Complutense de Madrid*),

Raquel Caro (*Universidad Pontificia de Comillas*),

Victoria López (*Universidad Complutense de Madrid*)

Electricity is one of the most important goods for our society. Forecasting electricity prices at different time-frames is very important for all industry stakeholders for cash-flow analysis, capital budgeting and financial procurement as well as regulatory rule-making and integrated resource planning, among others. All factors determining the price can be classified as endogenous or exogenous to the market bring about uncertainty and volatility to the electricity prices. The most important outcome of an electricity market is the formation of a price at which all power is traded, at least on a daily basis, by way of the so-called “Spot” market. The daily (spot) electricity market serves as a marketplace of last resort for generators and demands to trade their remaining available not-contracted power. Almost all spot-electricity markets currently under operation have implemented a mandatory day-ahead bidding framework, which may or may not be complemented with intra day and real-time (balancing) markets. In terms of the amount of energy being traded, the day-ahead market is the most significant one among all spot (intra day or real-time) markets. As a matter of fact, the economy of the whole electricity industry depends on a great deal on the electricity prices cleared at the market. In the short run (from three to 24 hours) electricity price forecasting is especially important in electricity markets in which participants must optimize their positions (bidding price and quantity for the various markets, namely day-ahead and intraday) based on their perception of what the future hourly prices and incremental costs will be over the bidding period. Moreover, some agents, especially large consumers with selfpower production, are able to decide which portion of their consumption is to be supplied by the market or by their own production and the corresponding timing. Nonetheless, the driving force behind the decision-making of all market participants is the maximization of profit. Forecasting electricity prices is a challenging task not only because the prices are uncertain but, most importantly, because of the particularities of how these prices are brought into being. The process of price formation in electricity markets follows in essence the basic rule of microeconomic theory (Law of Supply and Demand) by which the price of the underlying commodity in a competitive market should reflect the relative scarcity of the supply for a given demand level. If the demand for a commodity is low, those suppliers with higher incremental costs must step out of competition (or make negative profits) and give way to suppliers with the lowest

incremental costs. This process results in relatively low equilibrium prices. On the other hand, as the demand increases, those suppliers with the lowest incremental costs are the first ones to enter the market and use up their production capacity so more and more expensive suppliers have to come in to supply the increasingly scarce commodity, rising the equilibrium price. This process is observed in electricity markets on a regular basis. The market-clearing prices tend to follow closely the daily and seasonal swings in consumption. If consumption and price were determined by a one to one deterministic relationship, anticipating the electricity prices would boil down to forecasting accurately the demand, which is one of the most investigated problems in power systems operation and planning. The influence of the demand on the electricity prices is, however, far from being deterministic. There are a series of factors that bring about uncertainty to the price formation process even if the demand is known with certainty. One of the known factors that play a special role in electricity prices are the renewable energies. For example, in Spain the wind power is the most important factor to know electricity prices. The aim of this work is the development of a prediction model of the hourly generation program and price of the Spanish power market. As consequence, in this work an analysis-prediction-decision step model is developed as follows: Step 1 - Modeling and fitting: A Linear Dependency Analysis was preformed between Electric Market Prices and the amount of energy produced by each technology (such as Nuclear, Hydraulic, Gas Fuel, Combined Cycle, etc. ...) for each price using different time tables (as for example early hours or late hours) different seasons (as for example summer or winter) or using special features as labor days (or holidays). At this point, models are evaluated to obtain the important variables, increasing fitness and, as consequence, reducing model noise. Step 2: Prediction Methods: In this stage, obtained models are exploited to preform predictions for the Electric Energy Price. A comparison with known time series techniques (Auto Regressive Models, Exponential Smoothing and Moving Average), the near-neighbours Method and the prediction techniques defined using stage 1 modeling is set. A calendar codification was set with the intention to improve Predictions and an error measure has been defined to compare these techniques. Step 3 - Decision Making: After modelling and forecasting, a decision-making model is set using fuzzy logics. Previous codification is used in order to obtain the logical fuzzy system that uses the defined Models. All calculations and programming are developed in R programming language.

Keywords: energy cost, temporal series, prediction, linear optimization, fuzzy logic, uncertainty.

7.5. Clasificación y análisis multivariante

87. Clustering of binary images

Maia Angeles Gallego Pitarch (*Departamento de matemáticas. UJI*),

Maria Victoria Ibáñez Gual (*Departamento de matemáticas. UJI*),

Amelia Simó Vidal (*Departamento de matemáticas. UJI*)

Boolean models in particular and germ-grain models in general, have been extensively used to analyze binary images of random clumps in many scientific fields. They have been broadly used to model global patterns in various fields, such as communication networks, materials science or physics among others. They have also been useful in modelling many medical and biological problems, especially those which require extracting information from microscopical images.

This paper is concerned with clustering problems of germ-grain patterns, i.e. we will focus our attention in finding clusters when the objects to group are binary digital images which are assumed to be realizations of different germ-grain patterns. It is an unusual problem in the statistical literature, but it arises in a wide range of applications. This paper has been motivated by a clinical application: the clustering of a sample of images of peripheral blood smears obtained from patients with Sickle Cell Disease. When analyzing peripheral blood smear images, it is very important to identify those images that belong to areas of morphological interest. Those images with high accumulation of cells and those where the cells are too disperse, will not be adequate for the analysis. So, it is very important to have an automatic procedure to classify images as belonging to disperse, accumulated or morphological interest field.

Two different classification procedures will be proposed and tested. In the first one, each image will be described by a generalization of a classical descriptor function largely used in the point processes literature: the non-homogeneous K -function. From this descriptor, traditional clustering methods, based on the Euclidean distance between descriptors will be used. In the second classification method, the Hausdorff distance between images will be directly used to form clusters.

Keywords: germ-grain patterns, clustering, inhomogeneous K -function, Hausdorff distance.

88. Uso del análisis conjunto para evaluar la prioridad de atributos de refrigerantes

Pedro Pablo Díaz Jaimes (*Universidad Metropolitana*)

En Venezuela existe poca información relacionada con la percepción que tienen los consumidores sobre los refrigerantes o el impacto que estos ocasionan al medio ambiente. Evaluar la preferencia del

consumidor para ciertas características de los refrigerantes podría ser determinante para concienciar y comprometer a los diferentes sectores de la industria de la refrigeración con la problemática ambiental asociada a los refrigerantes. El propósito del presente trabajo es evaluar el comportamiento de compra de los técnicos y profesionales de la industria de la refrigeración y aire acondicionado capacitados en buenas prácticas en refrigeración en Venezuela. Se utiliza el análisis conjunto (AC) para determinar en qué medida valoran los aspectos ambientales de los refrigerantes, estudiando la conducta de selección de compra de una muestra de 55 técnicos y 12 ingenieros de la industria de la refrigeración. Se define una función de preferencia por encuestado comparando la condición de los atributos “poder de calentamiento global” y “poder de agotamiento de la capa de ozono” con el precio de venta e instalación y operación. El 60 % de los encuestados prefieren los atributos ambientales, en especial por refrigerantes con poder de calentamiento global mínimo, mostrando como los capacitados en buenas prácticas asimilan su compromiso en la selección de refrigerantes con bajo impacto ambiental. Esta preferencia podría estar afectada por factores de índole cultural, social y psicológica. Dado que la muestra fue tomada para un sector específico sólo es posible afirmar condicionalmente los resultados obtenidos. El Análisis Conjunto (AC) es una técnica multivariante que se utiliza para estudiar las preferencias que manifiestan los consumidores por bienes o servicios con determinados atributos (Hair, 2000). Esta técnica, cuya aplicación data de los años 70, se basa en la suposición que los consumidores evalúan la utilidad total de un producto sumando los valores parciales que respectivamente proporcionan sus atributos (Malhotra, 2000). El Análisis Conjunto se ha usado para examinar cómo los consumidores valoran las características ambientales de un producto y cómo influye esto en su decisión de compra (Dahl, 2003). También para determinar la influencia del precio de venta sobre la decisión de compra de un producto ecológico o con menor impacto ambiental (Sanchez, 2002). Este método se ha convertido en una importante herramienta en la evaluación de las preferencias asignadas por un comprador a los distintos atributos que lo componen (Aaker, 2003). Es más común estudiar los refrigerantes desde el punto de vista técnico que desde el punto de vista ambiental y del mercado. No obstante se han evaluado las propiedades de los refrigerantes por medio del análisis del ciclo de vida (Bovea, 2007). Para determinar las propiedades de los refrigerantes se requiere de la evaluación de aspectos técnicos y condiciones de operación (Ciantar, 2000; Armas 2007; Girotto, 2004). En cuanto a la reconversión industrial de los equipos para la sustitución de refrigerantes es necesario identificar sus propiedades y aspectos técnicos relacionados con el funcionamiento (Pereira, 2005; Sand, 1997; Poblete, 2004, Chen, 2007). El análisis está dirigido al sector de los técnicos y profesionales (Ingenieros) de la industria de la refrigeración, para determinar la influencia de la capacitación en buenas prácticas en refrigeración en el comportamiento

de compra por medio del Análisis Conjunto. Combinaciones de atributos y niveles previamente establecidos se someten a la evaluación de una muestra poblacional para obtener una función de valor por encuestado y una comparación de preferencias relativas para toda la muestra. La selección de los atributos se fundamenta en el análisis jerárquico de la matriz de ponderación, con esta jerarquización se eligen los atributos más importantes en relación con el objetivo de la investigación. De acuerdo con las condiciones técnicas y características del mercado de los refrigerantes se definen máximo tres niveles para cada atributo. Con la ayuda del software SPSS 13.0 se establece el número de estímulos a través de un diseño ortogonal fraccionado, el cual da el número de tarjetas o alternativas a evaluar para definir la preferencia de los encuestados. Se obtiene la información mediante cuestionarios o tarjetas, de acuerdo con el número de alternativas del diseño ortogonal fraccionado. Cada combinación de niveles de atributos correspondientes a los 9 estímulos obtenidos del diseño ortogonal con el software SPSS 13.0, se presenta en una tarjeta a cada encuestado quien puntúa en una escala del 1 al 10 la probabilidad de compra de esta alternativa, considerando que las características señaladas son las de un Refrigerante. La calificación 1 es la más baja y la calificación 10 la más alta. Las preferencias parciales de cada encuestado pueden graficarse para obtener una imagen de cómo se distribuyen las preferencias por cada nivel en la muestra. Las utilidades de los niveles para cada atributo, donde se observa que los niveles “menor a 1” de poder de calentamiento global, “0” poder de agotamiento de la capa de ozono, “40 BsF/Kg” Precio de Venta, y el “Drop-in” para instalación y operación, tienen las preferencias de mayor peso. Una vez analizadas las preferencias de los encuestados se evalúan productos hipotéticos del mercado para definir escenarios que representan situaciones de acuerdo con los intereses del estudio. En cada uno de ellos, se muestran diferentes alternativas de definición de refrigerantes en función de los niveles de atributos combinados. Con el valor de las utilidades individuales por producto se obtiene la preferencia que cada uno de los 67 encuestados asigna a las 54 posibles combinaciones de niveles de los atributos considerados. Se le da mayor preferencia a los refrigerantes con menor impacto ambiental por calentamiento global, comparados con el agotamiento de la capa de ozono, dado que las valoraciones de las alternativas 5 y 6 con 7% y 10% cada una respectivamente, están por encima de las alternativas 7 y 8 con 0% y 1%. Para el atributo Instalación y Operación sigue predominando el Drop-in sobre el Retrofit, dado que la alternativa 4 es mayor con 14%.

Palabras clave: análisis conjunto, atributos refrigerantes, priorización.

7.6. Distribuciones estadísticas

89. The sinh-arcsinhed logistic family of distributions

Arthur Pewsey (*Universidad de Extremadura*),

Toshihiro Abe (*Tokyo University of Science*)

The sinh-arcsinh transform is used to obtain a flexible four-parameter model that provides a natural framework with which to perform inference robust to wide-ranging departures from the logistic distribution. Its quantile-based properties are shown to be particularly tractable, and two of its subfamilies are explored. Maximum likelihood estimation is discussed, and reparametrisations involving quantile-based measures are identified which reduce the asymptotic correlations between the maximum likelihood estimates. Powerful likelihood-ratio tests for logisticness and symmetry follow naturally. The application of the proposed model and inferential methods is illustrated in an analysis of carbon fibre strength data.

Keywords: likelihood-ratio test; maximum likelihood estimation; quantile-based measure; reparametrisation; sinh-arcsinh transform; skewness; tailweight.

90. Bivariate beta-generated distributions with applications to income distributions

José María Sarabia Alegría (*Universidad de Cantabria*),

Faustino Prieto Mendoza (*Universidad de Cantabria*),

Vanesa Jordá Gil (*Universidad de Cantabria*)

The class of beta-generated distributions (Jones, 2004) has received a lot of attention in the last years. In this paper, several classes of bivariate distributions with marginal and/or conditional beta-generated distributions are presented. These classes are constructed from different definitions of bivariate distributions with classical beta marginal and/or conditionals with different covariance structures. In particular, we work with the classes proposed by Jones (2001), Olkin and Liu (2003), Jones and Larsen (2003), Arnold, Castillo and Sarabia (2004, 2006), Sarabia and Castillo (2006) and Arnold and Ng (2011). A new class of bivariate beta-generated distributions based on the Sarmanov-Lee distribution (Sarmanov, 1966; Lee, 1996) is proposed and studied. Some specific bivariate distributions with marginal and/or conditionals GB1 and GB2 distributions are studied. Bivariate distributions based on generalized beta-generated distributions (Alexander et al, 2012) are also presented. Finally, an empirical application with income and well-being data is presented.

Keywords: beta distribution; bivariate beta distribution; covariance structure; GB1 and GB2 distributions.

91. **Explicit expressions for moments of order statistics from the half-logistic distribution**

Pedro Jodra Esteban (*Universidad de Zaragoza*),

María Dolores Jiménez Gamero (*Universidad de Sevilla*)

The standard half-logistic distribution was studied by Balakrishnan (1985) as a life-testing model and he established recurrence relations to evaluate the moments of order statistics from this distribution. Balakrishnan and Puthenpura (1986) and Balakrishnan and Wong (1991) employed these recurrence relations to determine the best linear unbiased estimators for the location and scale parameters of the half-logistic distribution. In this work, we provide analytical explicit expressions for the moments of order statistics from the half-logistic distribution, which can be expressed as a finite sum involving the polylogarithm function together with the generalized Stirling numbers of the first kind introduced by Mitrinovic (1961).

Keywords: half-logistic distribution; order statistics; moments; polylogarithm function; Stirling numbers.

92. **Estimadores de mínima phi-divergencia en modelos loglineales con modelos de muestreo complejo. Aplicación para el modelo de Althman y Cohen**

Juana María Alonso Revenga (*Universidad Complutense de Madrid*),

Nirian Martín Apaolaza (*Universidad Carlos III de Madrid*)

Normalmente los planes de muestreo utilizados en modelos loglineales están basados en las distribuciones Multinomial, Poisson o producto de Multinomiales independientes (Agresti 1990). Estos planes de muestreo suponen que las frecuencias de aparición en las tablas de contingencia están negativamente correladas (MN), son independientes (P) ó correladas negativamente en estratos independientes en el caso de producto de Multinomiales. Sin embargo, en muchas ocasiones los datos categóricos provienen de muestras donde los datos están agrupados por familias (cluster) dentro de las cuales existe una dependencia que no se puede ignorar. En estos casos es necesario el estudio de los modelos loglineales basados en muestreos complejos distintos del aleatorio simple. Cohen (1976) y Altham (1976) presentaron modelos que describen la correlación entre respuestas dentro de un mismo grupo. Sus modelos suponen grupos de igual tamaño. Más tarde Brier (1980) propuso la utilización de la distribución de Dirichlet-Multinomial para modelizar este tipo de muestreos permitiendo la generalización a tamaños muestrales distintos entre grupos. En este trabajo comprobaremos que este tipo de modelos pueden agruparse en un modelo de muestreo complejo general que describa estas situaciones en el que nos basaremos para desarrollar el modelo loglineal como modelo paramétrico para la explicación de los datos. Estableceremos

las propiedades asintóticas del estimador de mínima Phi-divergencia para el modelo loglineal con muestreo complejo cuando el número de clusters tiende a infinito. Desarrollaremos una aplicación numérica sobre los datos aportados por Cohen, estudiando el comportamiento de los Phi-estimadores para la familia de Cresie y Read, estudiando el error cuadrático medio cometido con cada uno de ellos. Por último presentaremos los resultados de una simulación con datos generados según el modelo de muestreo complejo de Cohen con diferentes grados de dependencia dentro de cada una de las subpoblaciones o clusters estudiando su influencia sobre el comportamiento de cada uno de los Phi-estimadores citados anteriormente.

Palabras clave: phi-divergencia, modelo loglineal, muestreo complejo.

7.7. Estadística computacional

93. Gestión de datos y diseño de pruebas analíticas para un servicio hospitalario de Anestesiología

Jesús Javier Rodríguez Sala (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Alejandro Rabasa Dolado (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Laureano Santamaría Arana (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Laura Noguera Mora (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Alejandro Bía Platas (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Antonio Compañ Rosique (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Javier Agulló Agulló (*Hospital Universitario de San Juan (Alicante)*)

En este trabajo se presenta la primera fase de un proyecto para optimizar la gestión y análisis de datos del servicio de anestesiología de un hospital público. El objetivo final es estudiar la correlación entre los resultados de las pruebas pre-operatorias y las posibles incidencias detectadas en el proceso pre/post-operatorio. Se muestra la aplicación web implementada para captura de datos y las pruebas de ingeniería del software realizadas para asegurar su correcto funcionamiento. También se desarrolla el método parametrizado de generación de reglas de clasificación que se utilizará en la futura fase de análisis. El sistema servirá de apoyo a la toma de decisiones acerca de qué pruebas pre-operatorias son realmente necesarias y prescindir, cuando sea posible, de aquellas más invasivas para el paciente o que generen retrasos en las listas de espera, consiguiendo también una reducción del gasto médico. En definitiva, se busca realizar un uso óptimo de los recursos sanitarios.

Palabras clave: minería de datos, predicción, optimización, medicina, anestesiología, reglas de clasificación.

94. **COMEDIAN para datos funcionales**

Dalia Jazmín Valencia García (*Universidad Carlos III*),

Rosa E. Lillo (*Universidad Carlos III*),

Juan Romo (*Universidad Carlos III*)

El par (mediana, MEDA) es conocido como una alternativa robusta al par (media, desviación típica). Utilizando la idea que subyace en el cálculo de la MEDA, Falk (1997) definió un estimador robusto para la covarianza que llamó COMEDIAN. El trabajo que se presenta adapta el concepto de COMEDIAN para medir dependencia entre dos conjuntos de funciones, introduciendo una alternativa robusta a la función de correlación cruzada definida en la literatura en datos funcionales. Como la extensión más natural de mediana al contexto funcional se ha realizado utilizando las medidas de profundidad, la COMEDIAN funcional también se contruye vía profundidad. Se ilustra este concepto con ejemplos con datos simulados y reales.

Palabras clave: COMEDIAN, datos funcionales, MEDA.

95. **Programa MIDAP: Diseñado para ejecutar el algoritmo apriori en bases de datos**

Lorena Martín Sánchez (*Universidad de Salamanca*),

María Teresa Cabero Morán (*Universidad de Salamanca*)

En grandes bases de datos, las reglas de asociación, en particular el algoritmo A Priori permiten la búsqueda automática, mediante el entrenamiento de los datos, de reglas que relacionan conjuntos de pares atributo-valor entre sí. Este tipo de técnicas estadísticas se emplea para establecer las posibles correlaciones entre distintos sucesos aparentemente independientes. Podrían reconocer como la ocurrencia de una acción induce la aparición de otras. Las asociaciones identificadas se pueden usar para predecir comportamientos. MIDAP dará los medios para la ejecución de esta técnica estadística de una forma rápida y sencilla, con la utilización de una hoja de cálculo programada. Un ejemplo, como es el “análisis de la cesta de la compra” en marketing, permitirá ver aplicaciones del programa.

Palabras clave: algoritmo a priori, minería de datos, programa.

96. **Programa MIDONER: Diseñado para ejecutar el algoritmo oneR en bases de datos**

Mercedes Parra Sánchez (*Universidad de Salamanca*),

María Teresa Cabero Morán (*Universidad de Salamanca*)

En grandes bases de datos, dentro de las técnicas predictivas, las reglas de clasificación, en Minería de Datos, permiten la búsqueda automática

de patrones, a partir de los valores en ciertos atributos de entrada, para clasificar los individuos, según unos grupos excluyentes propuestos a priori. En particular, el algoritmo oneR habilita métodos de tipo probabilístico para generar un árbol de decisión de un nivel expresando reglas. Consiste en seleccionar un atributo del cual nace una rama por cada valor que va a parar a un nodo hoja con la clase más probable de los ejemplos de entrenamiento que se clasifican a través de ella. MIDONER dará los medios para la ejecución de esta técnica estadística de una forma rápida y sencilla, con la utilización de una hoja de cálculo programada. Un ejemplo como la clasificación de setas en comestibles y venenosas, permitirá ver aplicaciones del programa.

Palabras clave: algoritmo 1R, minería de datos, programa.

97. **MDBAYESIANO: Programa para realizar el algoritmo naivebayesiano en bases de datos**

María Teresa Cabero Morán (*Universidad de Salamanca*),

Santiago Mecoleta Finó (*Bankia Pensiones*),

Martín García Martín (*Universidad de Salamanca*)

De las técnicas predictivas, las reglas de clasificación, en Minería de Datos, permiten la búsqueda automática de patrones, a partir de los valores en ciertos atributos de entrada, para clasificar los individuos, según unos grupos excluyentes propuestos a priori. En particular, el algoritmo Naivebayesiano ha demostrado una alta exactitud y velocidad cuando se ha aplicado a grandes bases de datos, siendo un clasificador sencillo es comparable en rendimiento a un árbol de decisión o a redes neuronales. Basado en el teorema de Bayes clasifica cada individuo por la más alta probabilidad de pertenecer a una clase según un conjunto de entrenamiento. MDBAYESIANO dará los medios para la ejecución de esta técnica estadística de una forma rápida y sencilla, con la utilización de una hoja de cálculo programada. Un ejemplo como la clasificación de flores según una serie de características, permitirá ver sus aplicaciones.

Palabras clave: algoritmo naivebayesiano, minería de datos, programa.

98. **Un enfoque MCMC para la estimación de parámetros en el modelo FitzHugh-Nagumo**

Anders Jensen (*Department of Mathematical Sciences, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark*),

Susanne Ditlevsen (*Department of Mathematical Sciences, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark*),

Mathieu Kessler (*Departamento de Matemáticas Aplicada y Estadística, Universidad Politécnica de Cartagena*),

Omiros Papaspiliopoulos (*ICREA y Departamento de Economía, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Spain*)

Excitability is observed in a variety of natural systems, such as neuronal dynamics, cardiovascular tissues, or climate dynamics. The stochastic FitzHugh-Nagumo model is a prominent example representing an excitable system. To validate the practical use of a model, the first step is to estimate model parameters from experimental data. This is not an easy task because of the inherent nonlinearity necessary to produce the excitable dynamics, and because the two coordinates of the model are moving on different time scales. Here we propose a Bayesian framework for parameter estimation, which can handle multidimensional nonlinear diffusions with large time scale separation. The estimation method is illustrated on simulated data.

99. **Modelos temporales lineales mixtos de área en R**

María Dolores Esteban Lefler (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Domingo Morales González (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Agustín Pérez Martín (*Universidad Miguel Hernández de Elche*)

En esta comunicación se muestra el manejo y aplicación del paquete SAERY de R, desarrollado para el cálculo de estimadores EBLUP en áreas pequeñas bajo modelos temporales lineales mixtos de área. La particularidad de los modelos lineales mixtos es que son idóneos para la estimación de efectos de factores con muchos niveles. Los modelos lineales anidados son un caso particular de estos, que permiten modelar las relaciones entre los diferentes niveles de agregación territorial y temporal. En la estimación en áreas pequeñas este punto es muy importante, pues el efecto de la componente temporal es un factor que se descompone habitualmente en varios niveles en la componente geográfica. Por este motivo, los modelos de área implementados en el paquete SAERY, cubren tanto efectos temporales autocorrelados como independientes, ofreciendo errores cuadráticos medios de los estimadores EBLUP mediante fórmulas explícitas y obtenidas a través de técnicas de remuestreo bootstrap.

Palabras clave: estimación en áreas pequeñas, modelos de área, correlación temporal bootstrap, R-project.

100. **Multiplicative algorithm for discriminating between Arrhenius and non-Arrhenius behaviour**

Raúl Martín-Martín (*Universidad de Castilla La Mancha*),

Roberto Dorta-Guerra (*Universidad de La Laguna*),

Ben Torsney (*University of Glasgow*)

The Arrhenius equation has found numerous applications throughout chemical kinetics for diverse rate processes. This equation involves the assumption that the pre-exponential factor, A , does not vary with

temperature. For simple reactions, deviations from this equation are usually quite small, and in only a few instances are they at all readily detectable. However, in many reactions this assumption leads to several difficulties. The temperature dependence of the linear parameter is widely used as an alternative model. Consequently, a correct selection of the model and a correct estimation of the parameters are crucial tasks. The focus of this paper is on algorithm in order to discriminate between two rival models. Even for moderate examples the calculation of T-optimal designs is not straightforward. There are no known specific iterative numerical techniques for constructing T-optimum designs; there is just the classical adaptation of the Wynn-Fedorov scheme (Atkinson and Fedorov, 1975a; Fedorov and Hackl, 1997), which is far from being satisfactory to solve these computational problems. The results are illustrated by numerical examples for different deviations of the Arrhenius equation. On the other hand we demonstrate in several examples that the new algorithm outperforms the current state of the art algorithms.

Keywords: T-optimum design, Arrhenius equation, multiplicative algorithm.

101. Geometric prediction of cancer growth

Iulian Teodor Vlad (*Universitat Jaume I*)

In present societies, cancer is a widely spread disease that affects a large proportion of the human population. A large number of research teams have developed algorithms to help understand and find the cure of this disease. A hand of help is to provide some methods of growth prediction. Our aim is to make predictions about shape growth where shapes are given as domains bounded by a closed curve in R^2 . These predictions are based on geometric properties of vectors. In this sense, we propose two methods of prediction and compare the results. Both algorithms can be used to study the evolution in time of any 2D and 3D geometrical forms such as cancer skin and all type of cancer boundaries. One of these methods is based on using the normal vectors of the curvature in each point (normal method) and the other method is based on using the radial vectors from the center of the curvature to each point (radius method). The data consists in at least two curves that bound a plane domain. As all calculations are done using the comparison of these curves, each contour defines a set of points that are used as input of the functional procedure to predict the dynamics of the tumor's growth. Also, to perform the prediction, we start from the hypothesis that the velocity of variation in time (the growth) is constant. The prediction is based on geometric properties as normal variations, curvature and parallel curves.

Keywords: cancer growth, normal vector, radius method.

102. **Estudio de optimalidad para modelos compartimentales con coeficientes de transferencia no constantes**

M. Teresa Santos-Martín (*Universidad de Salamanca*),

Guillermo Sánchez-León (*Universidad de Salamanca / ENUSA Industrias Avanzadas S.A.*),

Juan Manuel Rodríguez Díaz (*Universidad de Salamanca*)

En este trabajo se analizan distintos diseños óptimos para modelos biocinéticos compartimentales. En particular para el modelo compartimental de intoxicación por yodo considerando coeficientes de transferencia no constantes como funciones periódicas del tiempo y correlación exponencial entre los datos. Para estos modelos no es posible obtener la expresión explícita del modelo por lo que será necesario resolver el sistema de ecuaciones diferenciales numéricamente. Se determinan diseños D -óptimos y A -óptimos, comparando los resultados desde el punto de vista de la eficiencia.

Palabras clave: diseños óptimos, modelos compartimentales, coeficientes no constantes.

7.8. Estadística espacial y espacio-temporal

103. **Estimating GPS measurement errors**

Ana F. Militino (*Universidad Pública de Navarra*),

M. Dolores Ugarte (*Universidad Pública de Navarra*)

GPS receivers are currently the most widely used positioning systems because they present good accuracy and precision levels. However, uncertainty is still inherent in geospatial data. There are important and well-known sources of uncertainty such as atmospheric disturbances, multipath, clock synchronization or satellite geometry. Some of these sources can be reduced and controlled, but there is a residual uncertainty that cannot be reduced because it is not systematic neither known. This uncertainty might come from the geographical features of the region, low-coverage broadcasting, inadequate transmitting formats, or human or instrumental unknown errors. This work aims for analyzing and mapping stochastic positional errors to study the quality of GPS measurements in a specific region. Positional errors are estimated by spatial linear mixed models, and the model performance is illustrated through GPS positioning measurements with 10 different formats in 54 geodetic vertex taken in Navarra, Spain, in 2011-2012. The results show interesting error patterns depending on the geographical characteristics of the region, the transmitting formats, and the different axes X , Y and Z .

Keywords: spatial statistics, spatial linear mixed models, kriging.

104. **Spatio-temporal ANOVA for replicated point patterns**

Jonatan A. González (*Department of mathematics, University Jaume I, Castellón-Spain*),

Jorge Mateu (*Department of mathematics, University Jaume I, Castellón-Spain*)

Spatio-temporal point processes stand as a powerful tool to treat mathematically the idea of randomly distributed points with coordinates corresponding to spatial and temporal components. Usually the analysis focuses on finding interaction patterns between points, however, it has not been paid attention to the analysis of patterns for spatio-temporal replicated data. There are several approaches when treating spatial replicated data that served as a basis for further statistical analysis. But the analysis of spatio-temporal patterns is not yet fully developed, in fact is still in its infancy. Large sets of questions could be answered by analysing the underlying structures of the pattern's sets. We extend the initial analysis of variance for spatial patterns into spatio-temporal patterns. We calculate one functional descriptor of pattern for each subject to investigate departures from completely spatio-temporal random patterns, both between subjects and between groups. The distributions of our main functional pattern descriptor and of our proposed statistical test are unknown. For nonparametric inference, we use a bootstrap procedure in which we resample our data to estimate the null distribution of our statistical test. A simulation study provides evidence of the validity and power of our procedure for bootstrap hypothesis testing in our context. We conclude with an application of our method to an ecological dataset of most abundant tree species in the Barro Colorado Island.

Keywords: Spatio-temporal analysis, ANOVA, replicated patterns, K -function, bootstrapping, simulation.

105. **Análisis de orientaciones en patrones espacio-temporales forestales**

Carles Comas Rodríguez (*Universitat de Lleida*),

Jorge Mateu Mahiques (*Universitat Jaume I*),

Carles Capdevila Marqués (*Universitat de Lleida*),

Francisco Rodríguez Cortés (*Universitat Jaume I*)

En este trabajo definimos una nueva función basada en medidas de segundo orden para detectar efectos anisotrópicos en patrones puntuales espacio-temporales estacionarios. Un patrón puntual espacio-temporal estacionario es isotrópico si su función de distribución no varía bajo rotación, o más informalmente, si no hay efectos direccionales. En particular, esta nueva función es una extensión, asumiendo anisotropía, de la función espacio-temporal K de Ripley formulada por Gabriel y Diggle [*Statistica Neerlandica* (2009) Vol.63]. Esta nueva función permite detectar el grado y la orientación de

efectos direccionales (anisotropía) para patrones espacio-temporales estacionarios. Así mismo presentamos e ilustramos un estimador con corrección de efecto borde espacio-temporal de esta función a través de un estudio de simulación y un caso de estudio basado en puntos de ignición de incendios forestal en una región de Galicia durante cuatro años. Nuestros resultados confirman la utilidad de esta función para detectar efectos direccionales en patrones espacio-temporales.

Palabras clave: anisotropía, patrones puntuales espacio-temporales, incendios forestales.

106. **A Spatio-temporal Markov model over the differenced rates for the detection of influenza outbreaks**

Rubén Amorós Salvador (*Bayestats*),

David V Conesa Guillén (*Universitat de València*),

Miquel Ángel Martínez Beneito (*Centro Superior de Investigación en Salud Pública*),

Antonio López Quílez (*Universitat de València*)

An approach for the detection of influenza outbreaks is proposed in this work. It consists in modeling the differenced rates from one moment and the previous one by means of a two-states Bayesian hidden Markov model. The distribution for the differenced observations is considered Normal. The temporal structures are set as a white noise in the non-epidemic phase and as a first order autoregressive structure for the epidemic phase. This results in a natural spatio-temporal extension of the temporal detection model presented in Martínez-Beneito et al. (2008). Space structure comes from a proper conditional autoregressive model over the differenced rates for each time unit. Modeling the differenced rates instead of the raw rates brings the possibility to use data in form of rates when the total population from which these rates are calculated is not available and it can offer early detection of influenza outbreaks despite of the possibly low rates of the beginning of the epidemic seasons.

Keywords: outbreak detection, influenza, hidden Markov, spatio-temporal.

107. **Construcción de mapas de riesgo utilizando metodología no paramétrica**

Pilar García Soidán (*Universidad de Vigo (España)*),

Raquel Menezes (*Universidade do Minho (Portugal)*),

Óscar Rubiños López (*Universidad de Vigo (España)*)

Los máximos niveles admitidos de determinados elementos químicos están establecidos por la legislación, de modo que el riesgo de sobrepasarlos puede generar problemas en la salud de la población y contaminar el entorno, además de provocar importantes sanciones a

los agentes responsables. Por ello en la práctica se suelen muestrear determinadas localizaciones del área de interés para medir en ellas la concentración de dichos elementos. A partir de estos datos se podría estimar, en cada posición, el nivel del elemento considerado o la probabilidad de que sobrepase un cierto valor prefijado. En este trabajo nos centramos en el último objetivo, que permite la construcción de mapas de riesgo. Para ello se utilizará metodología no paramétrica de tipo núcleo, adaptada al contexto espacial, que proporcionará estimadores válidos de la probabilidad de riesgo, asumiendo estacionariedad o incluso relajando esta hipótesis y admitiendo la presencia de una tendencia determinista.

Keywords: función de distribución, estacionariedad, método núcleo, tendencia.

108. **Spatial Bayesian modelling of armed conflicts in Africa**

Pablo Juan Verdoy (*Universitat Jaume I de Castellón*),

Jorge Mateu Mahiques (*Universitat Jaume I de Castellón*),

Kawsar Riazuddin (*University of Muenster, Germany*)

Several studies have found the potential link between climate change and armed conflicts. This link has been tightened through some recent methodological improvements and higher data availability. This study fills a gap by taking the climate conflict analyses into a different scale and using high resolution geo-referenced data sets. We present the results from 10 years (1991-2000) of observations to understand the effects of climate change on the conflict occurrence in the Eastern Africa. The main objectives of the study are to identify and understand the conflict dynamics, verify the pattern of conflict distribution, possible interaction between the conflict sites, and the influence of climatic covariates of conflict outbreak. Modelling the relationship between armed conflict and climate change for future scenario prediction can be the starting point towards peace by taking a right decision for a particular moment in space and time. We make use of a hierarchical Bayesian strategy through latent continuous Markov random fields.

Keywords: climate change, armed conflicts, bayesian modelling, latent continuous Markov random fields.

109. **Statistical properties of the Spatio-temporal Second-order Product Density Function**

Francisco Javier Rodríguez Cortés (*Department of Mathematics, University Jaume I, Castellon*),

Jorge Mateu (*Department of Mathematics, University Jaume I, Castellon*),

Mohammad Ghorbani (*Department of Mathematics Sciences, Aalborg University, Aalborg, Denmark*)

There is an extensive literature on the analysis of point process data in time and in space. However, methods for the analysis of spatio-temporal point processes are less well established. Many spatial processes of scientific interest also have a temporal component that may need to be considered when modelling the underlying phenomenon. Spatio-temporal point processes, rather than purely spatial point processes, must then be considered as potential models. A natural starting point for analysis of spatio-temporal point process data is to investigate the nature of any stochastic interactions among the points of the process. Second-order methods provide indeed a natural starting point for such analysis. In this paper kernel estimates of the second-order product density of a spatio-temporal point process with and without considering first- and second-order spatio-temporal separability are given. Further, the expectation and variance of these estimators are obtained, and an approximation of the estimation variances of these estimators for planar Poisson processes is obtained. We finally present an application in the environmental field.

Keywords: spatio-temporal separability, second-order product density, second-order intensity-reweighted stationarity.

110. **Modeling big wildfires using a two-part econometric model**

Laura Serra Saurina (*Universitat de Girona*),

Marc Saez Zafra (*Universitat de Girona*),

Diego Varga Linde (*Universitat de Girona*),

Jorge Mateu Mahiques (*Universitat Jaume I*),

Pablo Juan Verdoy (*Universitat Jaume I*)

Forest fires are nowadays one of the main environmental problems of the Mediterranean basin causing enormous economic and ecological damage. Wildfires, though rare, can magnify these effects. They destroy biodiversity, increase desertification, affect air quality, the balance of greenhouse gases and water resources. Wildfires can further have negative effects on human life and health, human property and wellbeing, cultural and natural heritage, employment, recreation, economic and social infrastructures and activities. During recent years the increasing extension of urban areas mixed with rural or forest areas associated with a marked increase of activity make this impact even greater. Our objective is to model the occurrence of wildfires using an adapted two-stage econometric model, specifically a hurdle model. In particular, our aim is to determine the factors that make any fire from becoming a wildfire. Our work addresses two issues: It develops complex joint models for wildfires and, at the same time, provides methods facilitating the routine to fit these models, using a Bayesian approach. The approach is based on integrated nested Laplace approximation (INLA), which speeds up parameter estimation substantially so that modeling processes can be fitted within feasible time.

Keywords: wildfire, spatio-temporal point processes, hurdle model, log-Gaussian Cox models, GMRF, INLA.

111. **Análisis de tendencias espacio-temporales para el análisis evolutivo de la costa**

Elena Sánchez García (*Dpto. Matemática Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia*),

Ángel Balaguer Beser (*Dpto. Matemática Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia*),

Josep Eliseu Pardo Pascual (*Dpto. Ing. Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universidad Politécnica de Valencia*),

Jaime Almonacid Caballer (*Dpto. Ing. Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universidad Politécnica de Valencia*)

El objetivo principal de este trabajo es proponer una metodología para analizar la evolución de la línea de costa utilizando la información proporcionada por mapas vectoriales obtenidos a partir de imágenes del satélite Landsat TM y ETM+. En una primera fase se ha evaluado la solvencia de los datos Landsat mediante una estimación de la magnitud de las diferencias entre dicho grupo de datos y un paquete de líneas de costa de alta precisión. Posteriormente se ha adaptado el análisis regional de tendencias de Kendall para definir la tendencia a medio plazo de los cambios en la costa, limitando la influencia que las oscilaciones intranuales tienen en el establecimiento de las tasas de cambio interanuales. La metodología es ilustrada usando datos del litoral mediterráneo entre 1984-2011, localizados en transectos de 200 m. de longitud separados cada 25 m. El análisis realizado ha permitido identificar las tendencias de acumulación y regresión costera en los distintos tramos del sector.

Palabras clave: análisis de tendencias, diferencias entre grupos, línea de costa.

112. **Using random projections on the optimal sampling design for functional data**

M.P. Bohorquez (*Universidad Nacional de Colombia*),

R. Giraldo (*Universidad Nacional de Colombia*),

J. Mateu (*Universitat Jaume I*)

The optimal spatial sampling problem has been addressed from several perspectives. Optimal prediction based on the observations is one of the most important goals of spatio-temporal geostatistics. The methods for that purpose, are based on the first two moments of the random variable. Therefore, a model for the spatio-temporal dependence structure is needed. This statistical dependence, determines the weights of the individual observations in the predictor and so, the prediction depends on the spatial configuration of the sites and temporal frequency

where and when the measurements are taken. Thus, spatial and spatio-temporal sampling strategies need new developments, which face these goals and features. If the spatio-temporal process is considered as time series of spatial processes, it can be analyzed with functional data analysis. This work pretends to give tools for optimal sampling designs by using the random projection methods in order to reduce the dimension of the original space while approximately preserve space-time dependence with high probability.

7.9. Estadística no paramétrica

113. Direct semiparametric estimation of fixed effects panel data varying coefficient models

Alexandra Soberón Vélez (*Universidad de Cantabria*),

Juan Manuel Rodríguez Poo (*Universidad de Cantabria*)

This paper is concerned with the estimation of varying coefficient panel data models. This type of specification consists in a linear regression model where regression coefficients are assumed to be varying depending on some exogenous continuous variables proposed by economic theory. Within this context, two issues are of interest for econometricians: First, correct specification of the parameter of the functional form is of great interest because otherwise resulting estimators might be asymptotically biased. Traditionally, the functional form was assumed to belong to a family of parametric functions and there is no need to say that a wrong choice of the parametric function would lead to inconsistency of the estimators. Second, in the specification of the model, there might be some unobserved explanatory variables that, although not varying along time, can be statistically correlated with other explanatory variables in the model. Again, if this correlation effect is not taken into account, standard estimation techniques will lead to inconsistent estimator. Within the context of panel data, several estimation procedures have been proposed to account for this potential correlation. In order to guard against a wrong choice of functional form, nonparametric techniques are recommended. However, the use of this technique becomes rather cumbersome in the context of a fixed effect model. To be more precise, consider a linear panel data model where the individual heterogeneity is arbitrarily correlated with some/all covariates and there is an unknown function that needs to be estimated. In order to simplify things let us assume that the error term is an i.i.d. random variable with zero mean and finite variance. It is clear that, under the conditions established above, any attempt to estimate directly this function through standard nonparametric estimation techniques will rend inconsistent estimators of the underlying curve given that the statistical dependence between the individual heterogeneity and the regresor. A standard solution to this problem is to

remove this heterogeneity by taking a transformation and then estimate the unknown curve through the use of a nonparametric smoother. There exist several approaches to remove these effects. The simplest one is probably to take first differences. Until now, direct nonparametric estimation of the unknown function has been considered as rather cumbersome. The reason is that, for each individual, the right part of the model contains a linear combination of the varying component for different moments. This can be considered as an additive function with the same functional form at different times. In some special cases, consistent estimation of the quantities of interest has been provided in the literature. In addition, nonparametric models are a type of this specification. In this case, [Mammen et al. (2009)] consider the consistent estimation of nonparametric additive panel data models with both time and individual effects via backfitting. On its part, [Quian et al. (2012)] consider the marginal integration estimator of the nonparametric additive component resulting from the first differencing step. This paper mainly generalizes the previous results to a rather general varying coefficient model as the one specified in the model in differences. We provide an oracle efficient nonparametric estimator of the unknown function and calculate its asymptotic distribution. Furthermore, we also propose a data driven method to select the bandwidth parameter. The main idea of the paper is to develop a local linear regression estimate that relies in a local approximation of the additive function. The idea was proposed in a completely different context in [Yang (20021)].

Keywords: varying coefficients model, fixed effects, panel data, local linear regression, oracle estimator.

114. **Influencia de la recta elegida en un $Q-Q$ Plot Normal en la potencia de la prueba de normalidad basada en las bandas de confianza**

María Dolores Estudillo Martínez (*Universidad de Jaén*),

Sonia Castillo Gutiérrez (*Universidad de Jaén*),

Emilio D. Lozano Aguilera (*Universidad de Jaén*)

Las bandas de confianza en un $Q - Q$ Plot Normal eliminan la subjetividad del observador al utilizar este gráfico como herramienta para el estudio de la normalidad de un conjunto de observaciones. En la construcción del gráfico es habitual ajustar una recta a la nube de puntos, de forma que sirva tanto para ayudar al diagnóstico sobre la posible normalidad (configuración lineal de los puntos ajustados) como para producir estimaciones de los parámetros de la distribución. Se puede optar por distintos tipos de rectas. En este trabajo, realizamos un estudio de la influencia de la recta utilizada para construir un $Q-Q$ Plot Normal, sobre la potencia asociada a las bandas de confianza propuestas por Fox en 1997. En concreto, nos centraremos en la comparación de la potencia de las bandas de confianza obtenida cuando se utiliza en el $Q - Q$ Plot Normal la recta de mínimos cuadrados y la recta que pasa

por el primer y el tercer cuartil.

Palabras clave: Q-Q Plot Normal, bandas de confianza, recta ajustada, bondad de ajuste.

7.10. Inferencia estadística

115. Longitudinal Markov mixture models for the progression of chronic renal disease in children

Carmen Armero (*Universitat de València*),

Peter Diggle (*Lancaster University*),

Anabel Forte (*Universitat Jaume I*),

Hèctor Perpiñán (*Universitat de València*)

Chronic kidney disease (CKD) consists of a progressive loss of renal function which ends in the so-called end-stage renal disease, at which point the individual needs renal replacement therapy (dialysis or transplantation) to remain alive. The main goal of our study is to assess the evolution of CKD in children through a longitudinal analysis of the estimated glomerular filtration rate (eGFR), the most widely used variable for quantifying renal function. In particular, we use data from ReVaPIR, a data bank containing information and follow-up for all children with CKD living in the Comunitat Valenciana from 1st January 2005 until 31st December 2010. Bayesian Hierarchical Linear Mixed Models are the main statistical framework for the analysis of the different models which we have explored, all them constructed on covariates, independent and structured random effects and measurement error terms. Unfortunately, none of the models seems able to capture the heterogeneity in the $\log(\text{eGFR})$ data, especially for children whose eGFR sequences show high variability. To capture these effects, we develop a model that includes, in addition to the previous covariates, random effects and measurement error, a Hidden Markov model to describe the stochastic fluctuations over time within each patient.

Keywords: bayesian statistics; hierarchical linear mixed models; hidden Markov models.

116. Empirical phi-divergence test statistics for testing simple and composite null hypotheses

Nirian Martín (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Leandro Pardo (*Universidad Complutense de Madrid*),

Narayanaswamy Balakrishnan (*McMaster University*)

The main purpose of this paper is, first, to introduce a new family of empirical test statistics for testing a simple null hypothesis when the vector of parameters of interest are defined through a specific

set of unbiased estimating functions. This family of statistics is based on a distance between two probability vectors, with the first probability vector, obtained by maximizing the empirical likelihood on the vector of parameters, and the second vector, defined from the fixed vector of parameters under the simple null hypothesis. The distance considered for this purpose is the phi-divergence measure. The asymptotic distribution is then derived for this family of test statistics. The proposed methodology is illustrated through the well-known data of Newcomb's measurements on the passage time for light. A simulation study is carried out to compare its performance with respect to the empirical likelihood ratio test when confidence intervals are constructed based on the respective statistics for small sample sizes. The results suggest that the "empirical modified likelihood ratio test statistic" is a competitive alternative to the empirical likelihood ratio test statistic, and is also more robust than the empirical likelihood ratio test statistic in the presence of contamination in the data. Finally, we propose empirical phi-divergence test statistics for testing a composite null hypothesis and present some asymptotic results, as well as simulation, to display the performance of these test procedures.

Keywords: empirical likelihood, Empirical phi-divergence test statistics, Phi-divergence measures, power function.

117. **Estimación de parámetros de tiempo de vida con censura progresiva utilizando aproximaciones a los momentos de los estadísticos de orden**

Carlos J. Pérez-González (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de La Laguna*),

Arturo J. Fernández (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de La Laguna*)

En el análisis de supervivencia y fiabilidad, los métodos de estimación de los parámetros de modelos de distribución del tiempo de vida a partir de muestras censuradas suelen presentar algunos problemas debido a la dificultad que supone la obtención de los momentos de estadísticos de orden. Existen diversos trabajos que desarrollan algunos métodos computacionales intensivos para el cálculo de dichos momentos en el caso de la censura progresiva. Estos métodos suelen emplear los correspondientes momentos de los estadísticos de orden usuales pero el tiempo necesario para su cálculo de forma exacta se incrementa rápidamente con el tamaño muestral. Este trabajo propone ciertas aproximaciones de los momentos utilizando desarrollos de Taylor que son suficientemente precisas en la mayoría de los casos. Se presentan varios ejemplos ilustrativos en el caso de estadísticos de orden cuando la distribución del tiempo de vida es log-normal.

Palabras clave: censura progresiva; estadísticos de orden; distribución log-normal.

118. **Test de bondad de ajuste para la distribución Poisson bivalente**

Francisco Novoa-Muñoz (*Departamento de Ciencias Básicas, Universidad del Bío-Bío, Chile*),

M^a Dolores Jiménez-Gamero (*Departamento de Estadística e I.O., Universidad de Sevilla, España*)

Los datos de conteo pueden aparecer bajo diferentes circunstancias. En un marco univariante, la distribución Poisson es la que con mayor frecuencia ha sido empleada para modelar tales datos. En la práctica, los datos de conteo bivariantes surgen en varias disciplinas diferentes y la distribución Poisson bivalente (DPB), siendo una generalización de la distribución Poisson, juega un rol importante en modelarlos, siempre que dichos datos presenten una correlación no negativa. Contrastar la bondad de ajuste de las observaciones dadas con las hipótesis distribucionales asumidas es un aspecto crucial del análisis de datos. Por esta razón, en este trabajo proponemos y estudiamos un test de bondad de ajuste para la DPB. Este test está basado en la función generatriz de probabilidades y es consistente contra alternativas fijas. Es capaz de detectar alternativas locales que convergen a la distribución nula a razón de $n^{-1/2}$. Para estimar consistentemente la distribución nula del test estadístico utilizamos el método bootstrap y a través de un estudio de simulación investigamos la bondad de la aproximación bootstrap y la potencia para tamaños de muestra finito. Finalmente aplicamos el test estadístico propuesto a dos conjuntos de datos reales. **Palabras clave:** distribución Poisson bivalente, bondad de ajuste, función generatriz de probabilidades, consistencia contra alternativas fijas, alternativas contiguas, estimador bootstrap

119. **Función de distribución combinación lineal de dos Gammas**

José Ángel Aranda Domingo (*TRURVING S.A.*),

Juan Marco Segura (*Universidad Politécnica de Valencia*),

Jorge Mateu (*Universitat Jaume I*)

En algunos campos de la ingeniería, en particular en la hidrología, el comportamiento de ciertos fenómenos se rige por procesos multivariados, a pesar de que hasta hace pocos años sólo era tratado de forma unidimensional. Los procesos multivariados pueden ser tratados mediante el empleo de cópulas matemáticas. Pero para la determinación de éstas últimas es necesario definir las funciones de distribución de cada una de las variables que intervienen así como el parámetro de ajuste de la cópula. Sin embargo, hay casos como el volumen correspondiente a un episodio de lluvia en zonas propensas a fenómenos convectivos donde las funciones de distribución habituales no son capaces de reproducir el fenómeno. Es por ello que se hace necesario recurrir a la combinación lineal de ellas. En este trabajo se muestra como obtener una función de distribución combinación lineal de dos funciones de distribución Gamma. Para el ajuste de los cinco parámetros que

intervienen, se utiliza el método de la máxima verosimilitud, obteniendo tantas ecuaciones como incógnitas, en este caso cinco. Una vez ajustada la función de distribución se está en condiciones de montar la función cópula que gobierna el problema. Todo lo anterior se contextualiza en la seguridad hidrológica de presas, sirviendo para determinar el riesgo de crecidas y vertido aguas debajo de una presa.

Palabras clave: cópulas, verosimilitud, combinación lineal y función Gamma.

120. Efectos aleatorios en modelos mixtos: REML

Sandra Martín Chaves (*Universidad de Salamanca*),

Maria Jesus Rivas López (*Universidad de Salamanca*),

Juan Manuel Rodríguez Díaz (*Universidad de Salamanca*)

El método REML para estimar los componentes de varianza en modelos mixtos fue introducido por Patterson y Thompson (1971) y Thompson (1973) para los modelos lineales y luego adaptado por Schall (1991) para los modelos lineales generalizados. La idea esencial es tener en cuenta que estamos estimando efectos fijos además de las variaciones (efectos aleatorios). Así, la verosimilitud se divide en dos partes, una se utiliza para la estimación de los efectos fijos y la otra para la estimación de las varianzas. Esta última estimación tiene en cuenta que parte de la información ya ha sido utilizado para estimar los parámetros de localización y por esta razón se corrigen los estimadores ML habituales (mediante los grados de libertad), produciendo estimadores de la varianza insesgados, a diferencia de los estimadores ML de la varianza tradicionales. Más tarde, Kenward y Roger (1997) vieron que las estimaciones de las varianzas de los parámetros los subestimaban y por ello propusieron un método de corrección con el fin de obtener estimadores más precisos de estas varianzas. En este trabajo también describieron un método para determinar los grados de libertad para un test de hipótesis basado en los errores estándar ajustados. Desde entonces, los métodos REML con estas correcciones se han utilizado en la práctica (alguna de estas aplicaciones puede ser encontrada en Gilmour y Trinca (2000)). En este trabajo, revisamos los métodos REML y los presentamos con detalle. Mostramos también que algunos de los estimadores de la varianza utilizados rutinariamente en realidad son estimadores REML, por ejemplo: el estimador insesgado de la varianza de una población, o el estimador de la varianza en un análisis de modelo de un factor o un modelo de regresión. Finalmente como trabajos futuros se plantea la utilización de los estimadores REML para el Diseño Óptimo en Modelos Lineales Mixtos Generalizados.

Palabras clave: modelos mixtos, diseño óptimo, efectos aleatorios, máxima verosimilitud restringida.

121. **Un estimador consistente de la varianza en modelos lineales con heterocedasticidad severa**

Ali S. Hadi (*American University in Cairo, Egypt*),

Beatriz Lacruz (*Departamento de Métodos Estadísticos. Universidad de Zaragoza*),

Ana Pérez-Palomares (*Departamento de Métodos Estadísticos. Universidad de Zaragoza*)

Durante las últimas décadas, se han publicado muchos trabajos que tratan de resolver el problema de estimación paramétrica en modelos lineales con heterocedasticidad. Los diferentes métodos que se han desarrollado se centran en las distintas funciones que pueden representar a la varianza. Los tipos más comunes incluyen la forma polinómica, la heterocedasticidad multiplicativa y las varianzas que dependen de la esperanza del modelo. En este trabajo proponemos una forma alternativa de la heterocedasticidad que da lugar a varianzas no acotadas. Esta clase de heterocedasticidad puede producir la inconsistencia del estimador OLS y, por tanto, con los métodos desarrollados en la literatura podrían no obtenerse los resultados deseados. Nuestro objetivo es, entonces, estimar los parámetros de esta nueva forma de la varianza de manera consistente y construir un estimador de la esperanza del modelo que pueda ser usado en inferencia. La comparación del método en varios ejemplos simulados muestra su buen comportamiento cuando se compara con los métodos antes mencionados.

7.11. Innovación docente

122. **¿Qué perciben los estudiantes al aprender Estadística en un contexto de investigación?**

Ana Corberán Vallet (*Universidad de Valencia*),

Francisco J. Santonja Gómez (*Universidad de Valencia*),

Ramón Álvarez-Valdés Olaguíbel (*Universidad de Valencia*),

José D. Bermúdez Edo (*Universidad de Valencia*),

Enriqueta Vercher González (*Universidad de Valencia*)

Analizamos la percepción que tienen los estudiantes ante el nuevo diseño de la asignatura de Estadística en los grados de “Ciencia y Tecnología de los Alimentos” y “Nutrición Humana y Dietética” de la Universitat de València. Hemos desarrollado la asignatura bajo un enfoque diferente en el que el estudiante trabaja con proyectos de investigación relacionados con su titulación, de forma que completar el proyecto supone analizar, entender e integrar todos los conceptos teóricos estudiados, al tiempo que se familiarizan con el software estadístico R. De entre los proyectos propuestos destacamos “El efecto de diferentes dietas en el control de

la diabetes mellitus tipo 2” y “Análisis de las propiedades nutricionales de los alimentos más habituales en la dieta mediterránea”. El análisis estadístico de las percepciones de los estudiantes sobre la asignatura indica que consideran útil la Estadística, tanto para su formación universitaria como para su futuro profesional.

Palabras clave: estadística, innovación docente, aprendizaje basado en proyectos, actitudes.

123. **Índice de homogeneidad de distractores en preguntas de elección múltiple**

Mariano Amo-Salas (*Universidad de Castilla-La Mancha*),

María del Mar Arroyo-Jiménez (*Universidad de Castilla-La Mancha*),

David Bustos-Escribano (*Universidad de Castilla-La Mancha*),

Eva Fairén-Jiménez (*Universidad de Castilla-La Mancha*),

Jesús López-Fidalgo (*Universidad de Castilla-La Mancha*)

Las preguntas de elección múltiple suponen uno de los instrumentos de evaluación más utilizados. Con este tipo de preguntas es habitual la realización de análisis de fiabilidad y validez utilizando los índices de dificultad y discriminación. En este trabajo se ha desarrollado además un nuevo índice que mide la calidad de las respuestas erróneas. Este nuevo índice se ha desarrollado desde una perspectiva estadística de bondad de ajuste y sus valores se aproximan a una distribución ji-cuadrado. Se plantea la homogeneidad de las alternativas como un contraste de hipótesis y se establece un valor objetivo de aceptación o rechazo de la hipótesis. La falta de homogeneidad en la distribución de las respuestas erróneas nos puede llevar a la conclusión de que alguno de los cebos no está bien planteado. El análisis permite determinar el grado y la causa de dificultad de las preguntas, así como su discriminación entre grupos fuerte y débil, convirtiéndose en una herramienta de utilidad.

124. **Una interfaz para R: Interactúa_R**

Zenaida Hernández Martín (*Universidad de La Rioja*)

A pesar de la potencia de R en el cálculo estadístico, este software no se suele utilizar para la docencia, al menos en los primeros niveles, y esto es debido al rechazo inicial que produce en los estudiantes un entorno que les parece poco atractivo. Para resolver este problema se desarrolló (y se presentó en 2012) una interfaz amigable, *Interactúa_R*, con la que empezar a trabajar con R, de modo que los estudiantes se vayan familiarizando poco a poco con la consola de R. Aquí queremos mostrar su uso en el aula para la enseñanza de la Estadística, tanto en las titulaciones menos científicas, en las que la única pretensión es que los estudiantes manejen un software estadístico para sus análisis (básicos), como en las científicas en las que partiendo de una introducción sencilla

se pretende llegar a un uso más avanzado del software, con análisis más complejos y personalizados.

Palabras clave: R, interfaz, docencia.

125. **Análisis de grupos a partir de las trazas de una actividad on-line**

Miquel Calvo Llorca (*Universitat de Barcelona*),

Artur Carnicer González (*Universitat de Barcelona*),

Jordi Cuadros Margarit (*Universitat Ramon Llull*),

Antonio Miñarro Alonso (*Universitat de Barcelona*)

En los últimos años hemos desarrollado una metodología que permite recopilar de forma pormenorizada la actividad de los alumnos cuando resuelven ejercicios de aprendizaje asistidos por ordenador. La exhaustiva monitorización del alumno mediante la aplicación Statmedia queda recogida en un listado de trazas que incluye todas sus posibles interacciones con el software y sus respuestas enviadas al servidor. En ediciones anteriores del congreso hemos mostrado ejemplos de informes individuales por estudiante y algunos resultados preliminares de análisis a nivel de grupo. Una vez completado el desarrollo de la tecnología necesaria para analizar la información de las trazas y obtener información útil a nivel de grupo, en la edición actual presentamos resultados globales sobre diversos aspectos del comportamiento de los grupos y comparaciones de diferentes grados y cursos.

Palabras clave: análisis de trazas; actividad on-line.

126. **Desarrollo de estrategias de aprendizaje-enseñanza basadas en la evaluación continua formativa con el apoyo de las TIC en las asignaturas de estadística en el grado de Gestión y Administración Pública**

Nuria Portillo-Poblador (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia*),

Jorge Martín-Marín (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia*)

En las asignaturas de Estadística del Grado en Gestión y Administración Pública hemos desarrollado una metodología consecuente con la importancia que la estadística tiene en nuestros días, de manera que los problemas que utilizamos, están basados en situaciones y datos reales similares a los que en un futuro, en su vida profesional o personal, nuestros alumnos deberán enfrentarse y solucionar apoyándose en la Estadística para optimizar su toma de decisiones. Esta metodología se complementa con la evaluación continua y formativa que ayuda al estudiante a tener una continua retroalimentación de manera que sin esperar al final de la asignatura puede organizarse para mejorar su proceso de aprendizaje-enseñanza.

Abalados por un proyecto de innovación y mejora educativa concedido y del estudio de los diferentes datos obtenidos a partir de un seguimiento continuo de los alumnos, de una encuesta y de los resultados las diferentes pruebas, podemos constatar que con esta metodología hemos conseguido que los alumnos tengan una apreciación positiva de las asignaturas, unos buenos resultados académicos y una mejora en la adquisición de diversas competencias en el Grado.

127. Diseño e implementación de distintas herramientas para la mejora educativa en los grados de ingeniería

Nuria Portillo-Poblador (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia*),

Amparo Montesinos-Guillot (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia*),

Santiago Vidal-Puig (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia*),

María Fulgencia Villa-Juliá (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia*)

Nuestro principal objetivo es mejorar el proceso de aprendizaje y los resultados de los estudiantes en el curso de estadística básica que se imparte en los Grados de Ingeniería Civil y Obras Públicas en la Universidad Politécnica de Valencia. La metodología propuesta está pensada para reforzar el carácter formativo de las evaluaciones continuas del estudiante y promover la autonomía y el autoaprendizaje de los estudiantes. El curso de estadística básica se divide en diferentes bloques temáticos. Cada bloque incluye tres diferentes tipos de actividad: unidades de teoría, sesiones de prácticas de aula y sesiones de prácticas de laboratorio. Las innovaciones han estado centradas en el diseño y evaluación de las sesiones de prácticas de aula y las sesiones de prácticas de laboratorio, la introducción de nuevos recursos de aprendizaje: unidades de autoaprendizaje y herramientas de autoevaluación. Estas innovaciones se enmarcan dentro de tres proyectos de innovación y mejora educativa.

7.12. JEP-Estimación de pequeñas áreas

128. Assessing the area-level variation of ICT activity using consecutive surveys

Albert Satorra Brucart (*Universitat Pompeu Fabra*),

Eva Ventura Colera (*Universitat Pompeu Fabra*)

We develop a hierarchical two-level factor model that allows us to perform small area estimation that borrows strength not only from neighboring areas but also from multivariate data information. The parameter estimator is obtained from an empirical Bayesian estimation of the multivariate model. Interestingly, the univariate setting yields the well known empirical Bayes small area estimator. We compute Monte Carlo estimates of the mean squared error (MSE) of the proposed EBLUP estimator, and we show that it outperforms other feasible estimators. We apply our methodology to estimate the level of ICT activity in Catalonia at “comarca”-level (small area). The survey’s questions share a (latent) common factor and we aim to assess its variation at area level as well as the evolution of the “comarcas” along four consecutive years.

Keywords: Small area estimation; hierarchical two levels factor model; Information and Communication Technologies.

129. **mme: An R package for small area estimation with multinomial mixed models**

Esther López Vizcaíno (*Instituto Galego de Estatística*),

M. José Lombardía Cortiña (*Universidade da Coruña*),

Domingo Morales González (*Universidad Miguel Hernández*)

The *mme* package for R implements three multinomial area level mixed models for small area estimation. The first model is based on the area level multinomial mixed model with independent random effects for each category of the response variable (López-Vizcaíno et al, 2013). In the second model we take advantage from the availability of survey data from different time periods and we use a multinomial model with independent random effects for each category of the response variable and with independent time and domain random effects. The third model is similar to the second one, but with correlated time and domain random effects. In all the models the package use two approaches to estimate the mean square error (MSE), first through an analytical expression and second by bootstrap techniques. The obtained model-based estimates for all the models are compared with the direct ones. They have lower mean squared errors, especially for countries with small sample size.

Keywords: small area estimation, R, multinomial mixed models.

130. **Investigación del fraude fiscal mediante análisis discriminante. Aplicaciones con las muestras y paneles de IRPF del IEF**

César Pérez López (*Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Estadística e Investigación Operativa III Instituto de Estudios Fiscales. Vocal Asesor de Unidad de Estadística*)

Este papel de trabajo tiene como finalidad presentar las posibilidades de análisis que se abren ante la disponibilidad de grandes conjuntos de

datos con información relativa a impuestos. En el caso que nos atañe se trata de mostrar el uso de la metodología del análisis discriminante aplicada a las muestras y paneles de IRPF del IEF con la finalidad de detectar posible fraude fiscal en este impuesto. A partir de la muestra de IRPF de 2009 y mediante la aplicación de la función discriminante de Fisher se buscará un modelo discriminante que permite asignar una probabilidad de fraude a cualquier declarante de IRPF (o de cualquier otro impuesto) basándose exclusivamente en la información que declara a la Agencia tributaria en el modelo correspondiente.

Palabras clave: análisis discriminante, regresión logística, árboles de decisión, muestreo, fraude fiscal.

7.13. JEP-Investigación metodológica en estadística pública

131. A set of good practice guidelines in the estimation of use tables at basic prices and valuation matrices

Antonio F. Amores (*European Commission - DG Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies*),

José M. Rueda-Cantuche (*Universidad Pablo de Olavide*),

Joerg Beutel (*European Commission - Eurostat*),

Isabelle Remond-Tiedrez (*European Commission - Eurostat*)

Para la construcción de las tablas consolidadas de origen, destino e input-output de la Unión Europea (EU27) y del área euro (EA17), es necesario estimar las tablas de destino de los países que no las tienen disponibles. Además, existen actualmente un buen número de proyectos financiados por la Unión Europea (UE) que tienen como finalidad la construcción de marcos multirregionales de origen, destino e input-output para la UE y el resto del mundo, con los cuales llevar a cabo estudios económicos y medioambientales relevantes para la UE. Para llevarlos a cabo, estos proyectos también tienen que enfrentarse con el problema de estimar tablas de destino a precios básicos y matrices de valoración (márgenes e impuestos) por países, los cuales raramente están disponibles. Sin embargo, no existe actualmente una guía práctica basada en estudios empíricos que identifique los mejores métodos de estimación. Por ello, frecuentemente usan métodos simplistas, dada la envergadura de la cobertura de los mismos en términos de número de países, sectores y productos. Con el objetivo de contribuir a solucionar este problema, este artículo realiza un análisis empírico contrastando una lista exhaustiva de métodos y comparando sus resultados con los datos reales para los países para los que toda la información está disponible (Bélgica, Alemania, Italia, Holanda, Finlandia, Austria y Eslovaquia). El resultado final es un conjunto de buenas prácticas a modo de recomendaciones para mejorar aquellas realizadas por Eurostat

(para la construcción de las tablas consolidadas EU27 y EA17) y los investigadores.

Palabras clave: cuentas económicas europeas consolidadas, marco de origen y destino, tablas input-output.

7.14. Jornadas de estadística pública

132. Estimaciones de población estacional: metodología de cálculo para los municipios catalanes

Josep Anton Sánchez Cepeda (*Idescat (Institut d'Estadística de Catalunya)*),

Antoni Pérez Salichs (*Idescat (Institut d'Estadística de Catalunya)*),

Cristina Rovira Trepapat (*Idescat (Institut d'Estadística de Catalunya)*)

Las estimaciones de población estacional de Idescat constituyen una estimación de las cargas de población que soporta cada municipio y miden el número de personas que hay en un municipio en media anual y en media trimestral. Se incluyen las personas que residen, trabajan, estudian o pasan algún periodo de tiempo (vacaciones, veraneo, fines de semana), tanto en residencias propias como en casas de familiares o en establecimientos turísticos (hoteles, campings, apartamentos).

Se conciben metodológicamente como una operación de síntesis que incluye información de estadísticas de población, turismo, laborales y educativas. La unidad de medida son las personas equivalentes a tiempo completo anual. Cada día que una persona está presente en un municipio equivale a 1/365 personas equivalentes a tiempo completo anual (ETCA). Se ofrecen resultados para los municipios mayores de 5.000 habitantes.

Palabras clave: población estacional, estadística de síntesis, ETCA.

133. El empleo de la regresión logística por el INE para enlazar las series de ocupados por cuenta propia y ajena de la Encuesta de Población Activa (EPA)

E. Javier Orche Galindo (*Instituto Nacional de Estadística (INE)*)

Un modelo de regresión logística puede ser adecuado en encuestas sociales, como la Encuesta de Población Activa (EPA), cuando se requiera la imputación de valores ausentes o la reclasificación bajo nuevos de una variable cualitativa; en función del resto de variables (fundamentalmente también cualitativas) obtenidas del resto del cuestionario. Este trabajo refleja el empleo por el INE de esta técnica para el enlace de las series de ocupados por cuenta propia y ajena de la EPA, mediante el ajuste en las series trimestrales del periodo 2005-2008. Un modelo de tipo logit binario ha permitido reflejar las probabilidades, para los encuestados y autoclasificados como trabajadores por cuenta

propia, sean reclasificados (en función de preguntas adicionales) como trabajadores por cuenta ajena o asalariados. Este método permite evaluar, según la función de verosimilitud, que variables del resto del cuestionario EPA son significativamente explicativas, así como la bondad y precisión del modelo ajustado.

Palabras clave: regresión logística, encuestas sociales, encuesta de población activa, EPA, imputación, valores ausentes, reclasificación, backcasting, variables cualitativas.

134. **Interpolación del trabajo doméstico en los años con falta de información**

Carlos Angulo Martín (*Instituto Nacional de Estadística*),

Sara Hernández Martín (*Instituto Nacional de Estadística*)

Los resultados de la encuesta española de empleo del tiempo, realizada en dos ocasiones, han permitido obtener las correspondientes valoraciones del trabajo no remunerado de los hogares en 2003 y 2010, base para la elaboración de las respectivas cuentas satélite de los hogares. En este trabajo se trata de interpolar el valor del trabajo doméstico en los años intermedios, teniendo en cuenta la falta de información sobre las horas dedicadas a estas actividades. Entre 2003 y 2010 apenas aumentan las horas dedicadas por las mujeres al trabajo doméstico, incluso disminuyen en alimentación, vestido y mantenimiento del hogar. La causa es su fuerte incorporación al mundo del trabajo remunerado. Por el contrario, las horas dedicadas por los hombres han experimentado un aumento significativo, especialmente en cuidados, debido al aumento del paro masculino desde 2008. Por tanto, si suponemos que el trabajo total es estable, la ocupación femenina en trabajo remunerado y el desempleo masculino se pueden emplear como “curvas de ajuste” de las horas dedicadas a trabajo doméstico por cada colectivo. Para interpolar un salario a esas horas estimadas, se parte de los salarios-hora obtenidos en 2003 y 2010 aplicándoles el índice de precios al consumo (IPC), por ser el habitualmente utilizado por los hogares para aumentar la remuneración de sus trabajadores domésticos. Es decir, con información de la encuesta de población activa y el IPC se reconstruye la serie del valor del trabajo doméstico en los años interpolados, que incluso se podría extrapolar hasta 2012 con las mismas hipótesis.

Palabras clave: encuesta de empleo del tiempo, trabajo doméstico, cuenta satélite de los hogares, interpolación.

135. **Estimación mediante técnicas de estimación no paramétricas y registros administrativos de datos de empleo a nivel municipal en Catalunya**

Núria Bové Ferré (*Idescat*),

Juan Manuel Rodríguez Poo (*Universidad de Cantabria*)

Los datos proporcionados por la Encuesta de Población Activa (EPA) constituyen una fuente de información básica sobre la evolución del mercado de trabajo en Catalunya. Desafortunadamente, al tratarse de una operación basada en técnicas de muestreo, no es posible aplicar directamente técnicas de estimación directa cuando se trata de conocer datos de las principales variables de la EPA a niveles territoriales muy desagregados. El indudable interés público que tiene el conocimiento de dicha información nos lleva a proponer una técnica de estimación que combina el uso de técnicas estadísticas muy flexibles, basadas en suavizado no paramétrico (modelos lineales generalizados semiparamétricos), combinadas con la utilización de registros administrativos tales como el Padrón Municipal de Habitantes o los registros provenientes del Sistema Público de Empleo. La técnica de estimación que proponemos, fácilmente implementable, genera resultados de las principales variables de interés de la EPA estratificadas por sexo y por tramos de edad a nivel municipal. Así mismo obtenemos intervalos de confianza mediante inferencia clásica y bootstrap.

Palabras clave: estimación no paramétrica, empleo a nivel municipal, registros administrativos.

136. Enhanced controlled tabular adjustment

Juan José Salazar González (DEIOC, Universidad de La Laguna),

María Salomé Hernández García (DEIOC, Universidad de La Laguna)

Presentamos una nueva técnica para proteger datos sensibles durante la publicación de tablas estadística. El método es una variante de una técnica propuesta por Dandekar y Cox (2002) llamada “Controlled Tabular Adjustment”. Consiste en modificar ligeramente los datos en las celdas de manera que se garanticen niveles deseados de protección. En nuestra variante incorporamos también elementos para maximizar la utilidad de los datos ante usuarios finales. Concretamente proponemos un algoritmos que aleatoriamente fija algunos valores sensibles a la vez que determina otros valores para garantizar una tabla aditiva final. En todo momento se valida la protección de la tabla resultante de manera que sólo se proponen tablas con garantías de protección. En nuestro trabajo comparamos el método original con nuestra variante desde un punto de vista computación, concluyendo que la nueva variante tiene notables ventajas. La implementación desarrollada es un software libre-gratuito de código abierto. Este trabajo se desarrolla dentro del proyecto europeo FP7 titulado “Data without Boundaries” (DwB), con un presupuesto de 8’6 millones de euros y en el que participan 27 instituciones europeas (entre ellos varios institutos nacionales de estadística).

7.15. Métodos estadísticos

137. Diseños Experimentales para modelos de tiempo de vida acelerado

Rodrigo del Campo (*Universidad de Salamanca*),

Jesús López Fidalgo (*Universidad de Castilla-La Mancha*),

María Jesús Rivas López (*Universidad de Salamanca*)

En los estudios de supervivencia está ampliamente extendido el uso de modelos de riesgos proporcionales. El mayor inconveniente de estos modelos es que solo se satisfacen para ciertas distribuciones de probabilidad de los tiempos de fallo. Los modelos de Tiempo de Vida Acelerado son una alternativa a los modelos de riesgos proporcionales que relajan esos inconvenientes. Las pruebas de vida acelerada de un producto o material son usadas para obtener información rápida de su distribución de supervivencia. Las unidades en prueba se someten a niveles de esfuerzo alto que aceleran el tiempo de fallo. La información que se obtiene en condiciones aceleradas se analiza en términos de un modelo y después se extrapola en a las condiciones habituales para estimar la distribución supervivencia. En este trabajo planteamos la utilización de las estrategias del diseño óptimo de experimentos a la hora de trabajar con pruebas de vida acelerada.

Palabras clave: accelerated life models, optimal design, survival analysis.

138. Comparación de métodos de elección de la matriz de correlación de trabajo en ecuaciones de estimación generalizadas

M. Carmen Pardo Llorente (*Universidad Complutense de Madrid*),

Rosa Alonso Sanz (*Universidad Complutense de Madrid*)

Las ecuaciones de estimación generalizadas (EEG) son un método muy utilizado para el análisis de datos con respuestas correlacionadas. Para utilizar las EEG, es importante considerar una matriz de correlación de trabajo apropiada ya que especificar de forma correcta la estructura de esta matriz incrementa la eficiencia de los estimadores obtenidos. Se propone un criterio para seleccionar una estructura apropiada de la matriz de correlación de trabajo para un análisis de EEG de datos longitudinales. Se estudia el comportamiento del criterio propuesto vía simulación frente algunos de los criterios existentes más conocidos de selección de la verdadera estructura de correlación para diferentes tipos de respuesta y varias estructuras de correlación. También se ilustra el uso del criterio propuesto con un conjunto de datos de un ensayo clínico. Los resultados obtenidos muestran el buen comportamiento de este criterio de selección de la mejor estructura de correlación a utilizar en la implementación de la metodología EEG.

Palabras clave: datos longitudinales; ecuaciones de estimación generalizadas; matriz de correlación de trabajo.

139. **Desempeño estadístico de cartas de control con parámetros variables para procesos autocorrelacionados**

Óscar Oviedo-Trespalacios (*Universidad del Norte, Colombia*),

Rita Peñabaena Niebles (*Universidad del Norte, Colombia*),

Andrea Lizcano García (*Universidad del Norte, Colombia*)

Estudios recientes han mostrado las ventajas estadísticas que tienen las cartas de control totalmente adaptativas o con parámetros variables (VP por sus siglas en Inglés), en el monitoreo estadístico de procesos. La independencia de las observaciones es uno de los supuestos básicos de las herramientas tradicionales para el monitoreo estadístico de procesos, omitirlo hace que se incremente el número de falsas alarmas y los costos de calidad. Existen muchos procesos productivos que no cumplen con el supuesto de independencia en las observaciones en industrias como la química y metalmecánica. A pesar de ello es poco lo que se conoce del efecto de la autocorrelación sobre el desempeño de las cartas de control con parámetros variables. En este trabajo se estudia a través de técnicas de simulación y diseño de experimentos, la utilización de cartas VP en presencia de datos autocorrelacionados con el objetivo de determinar el impacto en la velocidad de detección y su interacción con diferentes condiciones de proceso como la varianza y longitudes del corrimiento de la media, en búsqueda de realizar una selección de parámetros efectiva. La carta VP mostró mejoras en su desempeño en la medida que incrementaba el coeficiente de autocorrelación.

Palabras clave: cartas de control, ingeniería de la calidad, autocorrelación, cartas totalmente adaptativas, diseño de experimentos.

140. **Capacidad predictiva mediante redes neuronales vs modelos econométricos para variables macroeconómicas desagregadas: El caso del IPCA**

Pablo García Estévez (*CUNEF*),

Roberto Morales Arsenal (*CUNEF*)

La predicción de una variable agregada vs variable desagregada ha ocupado un lugar esencial en la predicción económica. En esta línea, el trabajo compara la capacidad predictiva, en términos de la raíz del error cuadrático medio (RECM), de tres modelos. Modelo 1: modelo econométrico estocástico univariante (ARIMA) para la variable agregada, Modelo 2: modelos ARIMA para los componentes de la variable desagregada y Modelo 3: modelo de redes neuronales para la variable desagregada. El tipo de desagregación es de tipo funcional realizada mediante dos niveles de desagregación: Nivel 1: con cinco componentes y Nivel 2: con 126 componentes. La variable seleccionada es el índice de precios armonizado (IPCA) base 2006 adaptada a la clasificación COICOP y seleccionada por su importancia en la implementación de la política monetaria. La principal ventaja del método de redes neuronales es que no es necesario especificar el

modelo para cada uno de los componentes y por lo tanto, evita errores de especificación. Especialmente en los componentes que muestran estructuras no lineales, por ejemplo, energía o alimentos no elaborados. Si bien, la desventaja es que los pesos obtenidos por la red neuronal no pueden ser interpretados como podrían ser los obtenidos por medio de modelos econométricos que podrían utilizarse para la orientación de la política económica. Inicialmente a la predicción del IPCA mediante redes neuronales se ha realizado un análisis de componentes principales con el fin de reducir la dimensión del problema y aplicar a la red neuronal un conjunto de variables incorrelacionadas. Los resultados muestran mejoras en la predicción utilizando las redes neuronales para variables macroeconómicas desagregadas en los diferentes niveles de desagregación.

Palabras clave: predicción, variables macroeconómicas desagregadas, red neuronal supervisada.

141. **Análisis de la incidencia de las desigualdades sociales en la mortalidad infantil en Colombia**

Yolanda Román Montoya (*Universidad de Granada*),

Ana María Lara Porras (*Universidad de Granada*)

En los últimos años, la investigación sobre desigualdades en salud se ha incrementado con objeto de disponer de información fiable que garantice el acierto en la aplicación de determinadas políticas sociales.

En este trabajo se presenta un análisis de la mortalidad infantil (muertes producidas durante el primer año de vida) en Colombia durante el periodo 1998-2008. Se ha tomado para ello la información proporcionada por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) relativa a la situación económica de las regiones y el número de nacimientos y muertes durante el primer año de vida. En base a ella se ha realizado un análisis general en el que se estudia la evolución de las tasas de mortalidad infantil durante el periodo indicado. A continuación, teniendo en cuenta las diferencias que las desigualdades económicas originan en la estructura social y que repercuten significativamente en el ámbito de la salud, hemos realizado el cálculo de los índices de concentración de mortalidad infantil respecto a la ordenación socioeconómica establecida por la Ley 617 de 2000 según la Constitución Política de Colombia de 1991.

Palabras clave: índice de concentración, tasas de mortalidad infantil, desigualdad social.

142. **An objective Bayesian procedure for discrete data in meta-analysis**

E. Moreno Bas (*University of Granada*),

F.J. Girón (*University of Málaga*),

F.J. Vázquez Polo (*University of Las Palmas de Gran Canaria*),

M.A. Negrín (*University of Las Palmas de Gran Canaria*)

Clinical trials for medical treatments are typically conducted in different centers, and the reports on the effectiveness from the centers need to be combined to evaluate the treatments effectiveness. Meta-analysis is the coined name for the statistical procedures for combining different reports.

Most of the statistical meta-analysis procedures are carried out with the normal random effect model, even when discrete random variables appear in a natural way for describing the effectiveness of a treatment.

We argue that this popular normal approximation is not always able to adequately capture the underlying uncertainty on the original discrete data. Furthermore, the results from this approximation can be very poor in the presence of rare events (Sweeting et al. 2004, Moreno et al. 2013).

This paper deals with the construction of a Bayesian procedure for meta-analysis for discrete random variables that adequately captures the data uncertainty, and permits to process rare events, which are out of the scope of the usual normal random effect models. In the model construction particular attention is paid to i) the coherence between the prior distribution for the parameters of the reports, the prior for the meta-parameter, and the conditional linking distribution, a topic that is usually not considered in the literature, and ii) the asymptotic behavior of the meta-inference.

The real clinical trials for the analysis of the meta-efficacy of the aspirin to prevent heart attack in post-myocard infarction carried out between 1970-1979 (Canner, 1987), are here reanalyzed with the help of a binomial objective Bayesian model, and the intrinsic copula as the linking distribution. The use of the normal model for these data was questioned by Morris et al. (1992) who suggest the use of long-tailed distributions for analyzing these data, which was carried out by Carlin (1992).

Keywords: binomial model, discrete data, intrinsic copula, meta-analysis, rare events.

143. **Testing TIP poverty dominance: an application to Andalusian data from 2004 to 2008**

Miguel Angel Sordo Díaz (*Universidad de Cádiz*),

Carmen D. Ramos González (*Universidad de Cádiz*)

We make a study of the evolution of economic poverty in the Autonomous Community of Andalusia from 2004 to 2008. Our principal tool in this study is the TIP (the Three I's of Poverty) curve introduced by Jenkins and Lambert (1997). We use the test procedure given by Xu and Osberg (1998) to test the dominance relation between TIP curves.

Keywords: TIP curves, TIP dominance, poverty ordering.

144. Metodología de la huella de carbono en las operaciones logísticas empresariales aplicada al sector alimentos

Juan Felipe Bermeo Losada (*Grupo de Investigación - GICPE FACULTAD DE INGENIERIA - Dpto. OyS. Campus Valle del Lili Cali - Colombia*),

Gloria M. López Orozco (*Grupo de Investigación - GICPE FACULTAD DE INGENIERIA - Dpto. OyS. Campus Valle del Lili Cali - Colombia*)

Los gobiernos y el sector empresarial se comprometieron a reducir las emisiones de gases mediante leyes y acciones ambientales contempladas en las políticas de responsabilidad social empresarial (RSE). Así, a las empresas les empieza a exigir el control de las emisiones de gases en sus operaciones logísticas y productos mediante la medición de huella de carbono, que permite conocer cómo impacta una empresa negativamente el medio ambiente por la generación de gases efecto invernadero. Este trabajo presenta una herramienta cuantitativa desarrollada para: (i) la generación del inventario de los elementos productores de agentes contaminantes, (ii) la medición de huella de carbono corporativa de fácil uso para las empresas PYME del sector alimentos, diseñado con la característica de sostenibilidad en el tiempo. La metodología se desarrolló con base en referentes y estándares a nivel internacional, con el objetivo de reducir emisiones a nivel de las PYMES del sector de alimentos en Colombia.

Palabras clave: sostenibilidad, logística verde, reducción emisiones.

7.16. Modelos de gestión energética

145. Mathematical optimization for energy efficiency and risk management in public buildings

Antonio Alonso Ayuso (*Universidad Rey Juan Carlos*),

Emilio L. Cano (*Universidad Rey Juan Carlos*),

Javier M. Moguerza (*Universidad Rey Juan Carlos*),

Felipe Ortega (*Universidad Rey Juan Carlos*)

EnRiMa (Energy Efficiency and Risk Management in Public Buildings) is an EU FP7 research project in which a Decision Support System (DSS), aiming at supporting building operators on both operational and strategic decisions, is being developed. Such DSS is composed of several integrated modules, which are in charge of specific tasks as a distributed system. The EnRiMa DSS relies on Stochastic Optimization as a framework for decision making under uncertainty. This approach provides optimal strategic decisions given all the scenarios considered, rather than for parameter estimates. Hence, not only average values of crucial parameters such as demand or investment and energy costs are

used, but also their variability. That variability is implemented through the use of scenario trees. A scenario tree is a discretized representation of the stochastic process of the system. Finally, the strategic problem is modeled via a Mixed Integer Stochastic Programming Model. The preliminary computational experiments are very promising.

Keywords: optimization, decision support systems, energy systems planning.

146. **Previsión de la demanda eléctrica con patrones múltiple estacionales: Una aplicación al sistema eléctrico español**

Juan Carlos García Díaz (*Universitat Politècnica de València*),

Óscar Trull Domínguez (*Universitat Politècnica de València*)

El control y previsión de la demanda eléctrica en los abastecimientos de energía eléctrica es fundamental para el correcto desarrollo de la actividad. Dado el hecho de que la energía no es almacenable en grandes cantidades a día de hoy, la relación entre cantidad demandada y cantidad producida debe ser lo más exacta posible. Para ello se utilizan herramientas basadas en el uso de las series temporales, ya que han demostrado ser muy eficaces a la hora de predecir futuras situaciones. Debido a los requerimientos de las compañías productoras y distribuidoras, se están desarrollando modelos que interpretan los diferentes patrones estacionales, y en concreto, nosotros trabajaremos con los modelos de Holt-Winters múltiple estacionales. En este trabajo mostramos los modelos generalizados, y además, su aplicación a la demanda eléctrica española, obteniendo conclusiones acerca de qué modelos son los idóneos para las previsiones de dicha demanda a muy corto plazo.

Palabras clave: predicción demanda eléctrica, series temporales, Holt-Winters.

7.17. Modelos de probabilidad

147. **Comparación entre las distribuciones CBPD y binomial negativa**

José Rodríguez Avi (*Universidad de Jaén*),

María José Olmo Jiménez (*Universidad de Jaén*)

En este trabajo se realiza una comparativa entre la distribución de Pearson biparamétrica compleja (CBPD) y la distribución binomial negativa (BN). Ambas distribuciones poseen dos parámetros, convergen a la Poisson y se emplean para modelizar conjuntos de datos que presentan sobredispersión. Sin embargo, mientras que la sobredispersión de la distribución BN es debida al exceso de ceros, la distribución CBPD presenta un perfil en el que, aun cuando exista sobredispersión, la probabilidad del cero está más cercana a la de la distribución de Poisson con la misma media. Para la comparación se procede a fijar la

media y la varianza, se calculan los parámetros correspondientes y se comparan los perfiles de las distribuciones resultantes, tanto de manera analítica como gráfica. Esto además permite interpretar los parámetros de la distribución CBPD y proporciona una justificación sobre su uso. Por último, se incluye una aplicación donde se aprecia que cuando los datos presentan una ligera sobredispersión, el ajuste obtenido mediante el modelo Poisson es mejor que el obtenido mediante el modelo BN, pero no mediante el CBPD.

Palabras clave: CBPD, Binomial negativa, Sobredispersión.

7.18. Modelos estadísticos

148. **Análisis de modelos de clases latentes mediante phi-divergencias**

Ángel Felipe Ortega (*Universidad Complutense de Madrid*),

Leandro Pardo Llorente (*Universidad Complutense de Madrid*),

Pedro Miranda Menéndez (*Universidad Complutense de Madrid*)

Los modelos de clases latentes aparecen como una técnica para estudiar datos categóricos basada en que la población en estudio está dividida en subpoblaciones de comportamiento similar y el conocimiento de las características de esas subpoblaciones y de sus tamaños permite predecir las respuestas que se esperan para un individuo concreto. El problema al estudiar las clases latentes radica en que no se observan directamente, sólo se conoce su influencia sobre otras variables. Esto complica enormemente el problema y ha llevado a considerar varias simplificaciones. Para estimar los parámetros de un modelo concreto se aplica tradicionalmente el método de máxima verosimilitud. El objetivo de este trabajo es analizar mediante los estimadores de mínima phi-divergencia el modelo de clases latentes propuesto por Formann. Para estos estimadores se estudia el comportamiento asintótico y el comportamiento para tamaños de muestra pequeños y moderados.

Palabras clave: clases latentes, máxima verosimilitud, mínima phi-divergencia, distribución asintótica.

149. **Proyección de los indicadores de mortalidad para España**

Ana María Debón Aucejo (*Universitat Politècnica de Valencia*),

Francisco Martínez-Ruiz (*Ayuntamiento de Valencia*),

Francisco Montes (*Universitat de València*),

Marta Moshuk (*Universitat de València*)

El presente estudio expone los resultados obtenidos al aplicar el modelo Lee-Carter original y sus extensiones (con dos términos y con efecto cohorte) a las probabilidades de muerte para la población española entre los años 1991 y 2010. Estos modelos se ajustaron a los datos elaborados por el INE separadamente para varones y mujeres. Por otra parte,

se calcularon los índices generales de mortalidad y sus proyecciones a futuro por medio de series temporales ARIMA entre los años 2011 y 2030. A partir de la comparación de los modelos con medidas de bondad de ajuste se constató que el modelo de Lee-Carter con dos términos proporciona mejores resultados de la predicción de las probabilidades de muerte que el modelo de Lee-Carter original o el modelo con efecto cohorte. La comparación muestra que, a pesar de la mayor complejidad de los modelos extendidos, éstos pueden explicar de mejor modo las tendencias pasadas y, por tanto, las futuras. También se calcularon los principales indicadores de mortalidad como la esperanza de vida y el índice de Gini. La mejora de estos índices refleja de modo directo el incremento en el estándar de vida en la población española durante las últimas décadas.

Palabras clave: probabilidad de muerte, modelo de Lee-Carter, ARIMA, esperanza de vida, índice de Gini.

150. **Experimental designs for different approaches of simultaneous equations**

Víctor Manuel Casero Alonso (*Universidad de Castilla-La Mancha*),

Jesús López Fidalgo (*Universidad de Castilla-La Mancha*)

Models with simultaneous equations are considered. These models are widely used in experimental economics, business, sociology, medicine, engineering... among many other fields. In particular, a model with two equations is considered in this work. One of the explanatory variables (exogenous) of the first equation is the response variable (endogenous) of the second equation. In the second equation there is a controllable variable which is being designed. If the second equation is plugged into the first one the designable variable is now in both equations. These are two different models producing different maximum likelihood estimators (MLEs) and therefore information matrices (IM) and optimal designs. Optimal designs for both approaches are computed and compared, both in a discrete and a continuous design space. The different cases of completely known correlation and a correlation dependent of estimable coefficients are considered and compared. A sensitivity analysis is performed to have an idea of the risk in choosing wrong nominal values of the parameters.

Keywords: approximate design, Information matrix, D -optimal designs, c -optimal designs, Simultaneous equations, Structural equations.

151. **Estimation of models under AUC criterion**

Luis Mariano Esteban Escaño (*Universidad de Zaragoza*),

Gerardo Sanz Sáiz (*Universidad de Zaragoza*),

Ángel Borque Fernando (*Hospital Universitario Miguel Servet*),

Arkaitz Galbete (*Departamento de Estadística e Investigación operativa. Universidad Pública de Navarra*),

Jose Antonio Moler (*Departamento de Estadística e Investigación operativa. Universidad Pública de Navarra*),

Fernando Plo (*Departamento de Métodos Estadísticos. Universidad de Zaragoza*)

Recently, considerable interest has focused in methods for estimating models with greater discrimination ability. The discrimination ability is probably one of the most popular criterion to assess the validity of predictive models. More specifically, the Area Under the receiver characteristic curve (AUC) is a common metric used to measure it. Parameters of models that maximize AUC can be estimated under parametric or non-parametric approaches. In this work, we analyze through simulated and real data, how the selection of the best method to estimate the parameters of the model depends on the characteristics of data and can render statistically significant differences between models. We also show how other aspects can help to improve the discrimination ability of models. The use of some measures to compare models as the Net reclassification improvement (NRI), the Integrated discrimination improvement (IDI) or the correlation between markers can identify new risk factors associated with a disease.

Keywords: predictive models, discrimination ability, AUC.

152. **Statistical inference for continuous distributions based on delta-records**

Lina Maldonado Guaje (*Universidad de Zaragoza*),

Javier López (*Universidad de Zaragoza*),

Gerardo Sanz (*Universidad de Zaragoza*),

Raul Gouet (*Universidad de Chile*)

In this work we show how delta-records can be used for estimating parameters and predicting future records in some continuous distributions: Exponential, Weibull and Pareto distribution. We analyze maximum likelihood, Bayes and empirical Bayes estimators for the unknown parameters. Bayes estimators are obtained based on the mean squared error and LINEX loss functions. Also, maximum likelihood and Bayesian prediction of future record values are obtained. We compare our estimations with inferences based on records only and show that the use of delta-records yields much better results.

Keywords: delta-records, Bayes and empirical Bayes estimation, LINEX loss function, Bayes and maximum likelihood prediction.

153. **Propuesta del índice antropométrico HW2. Modelización del peso del corazón en hombres condicionado a las categorías del índice**

Héctor M. Ramos (*Universidad de Cádiz*),

Ignacio Moreno (*Universidad de Cádiz*),

Mauricio Lorente (*Universidad de Cádiz*),

Joaquín Lucena (*Universidad de Cádiz*),

Rafael Vázquez (*Hospital Universitario Puerta del Mar(Cádiz)*),

Joaquín Gamero (*Universidad de Cádiz*)

Definimos un nuevo índice HW2 que sintetiza de manera adecuada el conjunto de variables antropométricas usualmente consideradas como variables explicativas del peso del corazón. A partir de una muestra de 193 hombres (base de datos ANUBIS) probamos la representatividad de dicho índice y estimamos el modelo log-normal al que se ajusta satisfactoriamente (p -valor= 0,68 para el test $K - S$ de bondad de ajuste). A partir del modelo estimado establecemos tres categorías para el índice HW2 (baja, media y alta) y, para cada una de las categorías, estimamos la distribución del peso del corazón. Aplicando el test de normalidad de Shapiro-Wilk para cada una de las tres categorías se obtienen p -valores (0,628; 0,387; 0,730 respectivamente) que indican una bondad de ajuste significativamente más alta que si consideramos el peso del corazón sin condicionar a la categoría del índice HW2 (p -valor= 0,145). Obtenemos así los valores críticos del peso del corazón atendiendo al valor categorizado del nuevo índice antropométrico, con una mejora manifiesta en la precisión del diagnóstico de una patología cardíaca previa como posible causa de la muerte, objetivo final de este trabajo.

Palabras clave: heart weight.

154. **Comparación de modelos para tiempos de supervivencia discretos**

Ana Vázquez Fariñas (*Servei d'Estadística Aplicada, UAB*),

Anna Espinal Berenguer (*Servei d'Estadística Aplicada, UAB*),

Olga Julià de Ferran (*Dept Probabilitat, Lògica i Estadística, UB*)

Este trabajo se contextualiza en el marco del Análisis de la Supervivencia. Habitualmente, el tiempo transcurrido hasta un evento está medido en una escala cuantitativa, pero por varias razones nos podemos encontrar con tiempos medidos de forma discreta. Esta peculiaridad implica el uso de metodologías específicas del análisis de la supervivencia. En este trabajo se comparan dos modelos para explicar tiempos discretos a partir de un conjunto de covariables: el modelo de Riesgos Proporcionales (Cox, 1972) y un modelo de regresión logística. La segunda opción permite obtener estimaciones del efecto de las covariables concordantes con las obtenidas usando una metodología clásica en un modelo de RP con tratamiento de empates. No obstante,

estas dos metodologías presentan discrepancias en la estimación de las funciones de riesgo y supervivencia basales. Una comparación de las ventajas e inconvenientes de cada una de estas aproximaciones se realiza con datos simulados y con datos reales.

Palabras clave: survival, logistic regression, proportional Hazards.

155. **Un análisis Bayesiano del efecto “manada” en las exposiciones al riesgo de los fondos de inversión españoles**

Laura Andreu Sánchez (*Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza*),

Pilar Gargallo Valero (*Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza*),

Manuel Salvador Figueras (*Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza*),

José Luis Sarto Marzal (*Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Zaragoza*)

En este trabajo se analiza el efecto “manada” en las exposiciones al riesgo de fondos de inversión españoles. Para ello se propone un procedimiento bayesiano de estimación dinámica por ventanas aplicado al modelo de tres factores de Fama y French (1993). Este procedimiento permite seleccionar de forma secuencial la longitud de la ventana de estimación utilizando funciones de verosimilitud ponderadas que descuentan la pérdida de información debida al paso del tiempo. El método es muy flexible y nos permite considerar diferentes enfoques para detectar el comportamiento “manada”, teniendo en cuenta las condiciones del mercado así como la incertidumbre asociada a la estimación de los coeficientes de estilo.

Palabras clave: efecto “manada”; modelo de tres factores de fama y french; fondos de inversión; inferencia Bayesiana; verosimilitud ponderada.

156. **Comparación de medidas paramétricas de eficiencia empresarial sobre datos de panel**

Felipe Manuel Rosa González (*Universidad de La laguna*),

Enrique González Dávila (*Universidad de La Laguna*)

Los métodos de estimación de la eficiencia empresarial pueden ser divididos en dos grandes bloques, los paramétricos y los no paramétricos. Entre los primeros destacan los denominados de frontera estocástica y los de distribución libre, y entre los no paramétricos el análisis de datos envolvente (DEA). En este trabajo se aplican las metodologías desarrolladas dentro de los métodos paramétricos dando pautas de cuándo puede ser aceptable la utilización de los métodos de distribución libre o de frontera estocástica. Para la aplicación de estos, se construye una población artificial de datos de panel bajo diferentes escenarios posibles calculando las eficiencias poblacionales.

Posteriormente se aplican los diferentes métodos calculando medidas de concordancia entre las eficiencias obtenidas y las reales.

Palabras clave: eficiencia, datos de panel, libre distribución.

7.19. Modelos estocásticos

157. On the determination of base stock levels in a Periodic Review system and lost sales context

Ester Guijarro Tarradellas (*Universitat Politècnica de València*),

Eugenia Babiloni Griñón (*Universitat Politècnica de València*),

Manuel Cardós Carboneras (*Universitat Politècnica de València*)

Control parameters of stock policies are usually determined to satisfy a target service level, normally the fill rate. When managing inventories it is required to know how to proceed when an item is out of stock and a customer order arrives. There are two extreme cases: the backordering case (any unfulfilled demand is backordered), and the lost-sales case (any unfulfilled demand is lost). Traditionally, inventory literature has proposed fill-rate estimations under backorder assumption since its formulation is much easier. However, there are many real-life situations in which unfulfilled demand cannot be backordered, e.g. at retail sector. This paper focuses on the estimation of the base stock level in a periodic review (R,S) stock policy when a target fill rate is given, demand is stochastic and unfulfilled demand is lost. We design a large experiment and analyze by means of statistical techniques: (i) the performance of the fill rate methods developed for the backordering case in a real lost sales context, and (ii) under which conditions the backordering fill rate expressions can provide an accurate enough approximation to the stock parameters for the lost sales case.

Keywords: fill rate, lost sales, order-up-to-level, stochastic demand.

158. Caracterización y estimación del proceso MAP no estacionario

Joanna Rodríguez (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Rosa E. Lillo (*Universidad Carlos III de Madrid*),

Pepa Ramírez-Cobo (*Universidad de Cádiz*)

Desde que el proceso de llegada marokoviano (MAP) se introdujo en los años ochenta, ha recibido mucha atención en la literatura en diversos contextos como teletráfico, finanzas o teoría de colas. La capacidad que tiene este proceso para modelizar conjuntos de datos dependientes y no exponenciales convierte a los MAPs en una clase versátil de modelos estocásticos, muy útiles sobre todo cuando los datos representan procesos de llegadas. Los trabajos que existen dedicados a estudiar la estimación de los parámetros del MAP asumen que el proceso está en su versión estacionaria, lo cual puede ser restrictivo e irreal en la práctica. En este trabajo se aborda la inferencia para un MAP no

estacionario con 2 estados dado un conjunto de múltiples muestras. El procedimiento de estimación se basa en una combinación de técnicas de métodos de los momentos con un enfoque de estimación por máxima verosimilitud.

Palabras clave: procesos MAP, estimación de máxima verosimilitud, procesos tipo fase.

159. **The robust assembly line worker assignment and balancing problem**

Marcus Ritt (*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*),

Alysson Machado Costa (*Universidade de São Paulo*),

Cristóbal Miralles (*Universidad Politécnica de Valencia*)

We introduce the Robust Assembly Line Worker Assignment and Balancing problem (RALWABP) that occurs in sheltered work centers for disabled, a scenario with a heterogeneous workforce and high levels of absenteeism. The motivation for this study is the situation faced by managers that often need to find not the optimal but the “most robust” assignment of tasks to stations, taking into account the most probable scenarios of workers availability. Once the tasks are allocated, the workers can be assigned later to the workplaces dynamically depending on the absenteeism and other operative circumstances. We model this problem as a two-stage mixed integer stochastic problem in which some or all task assignments are first stage decisions and the worker assignments (and maybe some task assignments) are second stage decisions. We further propose and evaluate a heuristic solution for the problem.

Keywords: assembly line balancing, heterogeneous workforce, mixed integer stochastic programming.

160. **Comparaciones estocásticas de distribuciones condicionadas en vectores dependientes**

Miguel Ángel Sordo Díaz (*Universidad de Cádiz*),

Alfonso Suárez Llorens (*Universidad de Cádiz*)

Se consideran dos vectores aleatorios X e Y con una determinada estructura de dependencia que describen dos portafolios de riesgos. Se proporcionan ordenaciones estocásticas de las distribuciones de los riesgos marginales de ambos vectores dado que (a) sus respectivos riesgos agregados exceden su valor en riesgo y (b) los restantes riesgos marginales exceden su valor en riesgo.

Palabras clave: órdenes estocásticos, distribuciones condicionadas, dependencia.

161. **Filtrado distribuido en sistemas con ruidos correlados a partir de múltiples medidas incompletas**

Irene García Garrido (*Universidad de Granada*),

Josefa Linares Pérez (*Universidad de Granada*),

Raquel Caballero Águila (*Universidad de Jaén*)

En este trabajo se estudia el problema de filtrado lineal mínimo cuadrático en sistemas lineales discretos con ruidos aditivos correlados y observaciones procedentes de múltiples sensores. Se supone que la información del estado contenida en las medidas de los distintos sensores puede ser incompleta; este tipo de fallo en el mecanismo de medidas es aleatorio y está descrito por variables discretas con distribución conocida en el intervalo $[0, 1]$. Además, puesto que en numerosas aplicaciones no es realista la hipótesis de incorrelación de los ruidos que afectan al sistema, se considera que estos son correlados. Para fusionar las medidas procedentes de los distintos sensores, utilizamos el método de estimación distribuido consistente en obtener, a partir de los datos de cada uno de los sensores, filtros lineales locales de mínimos cuadrados y determinar el filtro lineal distribuido como combinación lineal óptima ponderada por matrices, usando el criterio de mínima varianza.

Palabras clave: ruidos correlados, filtro lineal distribuido, múltiples sensores.

7.20. Optimización bajo incertidumbre

162. El modelo de amplitud con amplitud benigna y adversa

María J. García G. (*Minimax Consultores, C. A.*),

José G. Hernández R. (*Universidad Metropolitana*),

Gilberto J. Hernández G. (*Minimax Consultores C. A.*)

A finales del año 2001, para reforzar los métodos tradicionales para la toma de decisiones bajo incertidumbre, especialmente Hurwicz y Laplace, se creó El Modelo de Amplitud (EMA). EMA se extendió a la toma de decisiones bajo riesgo y surgió el Modelo de Amplitud para Riesgo e Incertidumbre (MARI). La característica principal de EMA y MARI es tomar en consideración la dispersión de los datos, a través de la amplitud, en el momento de realizar la toma de decisiones. EMA ha tomado vida propia y se ha trabajado para mejorarlo. En este sentido de mejorar EMA se ha pensado en considerar las dos componentes de la amplitud, la benigna y la adversa. El objetivo de este trabajo es presentar un nuevo modelo, variante de El Modelo de Amplitud, el cual considera la amplitud benigna y la amplitud adversa. Para alcanzar este objetivo general y sus objetivos específicos se usará la Metodología Integradora-Adaptable para desarrollar Sistemas de Apoyo a las Decisiones (MIASAD). Para la ilustración y validación del nuevo modelo se contrastará contra los métodos tradicionales y otras variantes de EMA, a través de problemas creados ad hoc.

Palabras clave: toma de decisiones bajo incertidumbre, el modelo de amplitud (EMA), amplitud benigna, amplitud adversa, variantes de EMA, problemas HERGAR.

163. Un modelo de simulación-optimización para la gestión de inventarios en presencia de incertidumbre

Carmen Gandía Tortosa (*Universidad de Alicante*),

Enriqueta Vercher González (*Universitat de València*),

Jose Bermúdez Edo (*Universitat de València*)

Presentamos un modelo de simulación para la gestión del inventario de un producto cuya demanda diaria y tiempo de reabastecimiento, siguen una distribución de probabilidad conocida. Se han implementado cuatro escenarios de gestión alternativos que consideran la posibilidad de tener pérdida de ventas o demanda pendiente y niveles de servicio por orden o por unidad. Se resuelve el problema de minimización de una función del coste esperado para determinar los valores de las variables decisión (Q,s) asociadas a los modelos-tipo EOQ, mediante herramientas de optimización de R. Hemos comparado los resultados obtenidos con nuestro modelo de optimización-simulación con los resultados que devuelven otras aproximaciones heurísticas del modelo EOQ con demanda incierta.

Palabras clave: inventarios, optimización, simulación, demanda incierta.

164. Risk averse stochastic dominance constraints recourse-integer in multistage stochastic mixed 0-1 optimization

María Araceli Garín Martín (*Universidad del País Vasco. UPV/EHU*),

Laureano Fernando Escudero Bueno (*Universidad Rey Juan Carlos. URJC*),

María Merino Maestre (*Universidad del País Vasco. UPV/EHU*),

Gloria Pérez Sainz de Rojas (*Universidad del País Vasco. UPV/EHU*)

We extend to the multistage case two recent risk averse measures given for two-stage models such that an objective function is maximized in the domain of a feasible region subject to first- and second-order Stochastic Dominance Constraints (SDC) integer-recourse. Given the dimensions of large-scale problems augmented by the new variables and constraints required by these two risk measures, it is unrealistic to solve the problem up to optimality by plain use of MIP solvers. We present an extension of our BFC algorithm, where a special treatment is given to cross scenario constraints that link variables from different scenarios as it happens in reality and, particularly, in the risk measures considered in this work. Based on our computational experience on dealing with this type of risk averse strategies for the multistage case, it is very advisable that the non-familiar user/ modeler with the SDC strategies to firstly working with the solution values of the scenarios in the Risk-Neutral and Wait-and-See models, in order to provide the appropriate set of

profiles for the SDC strategies.

Keywords: multistage stochastic mixed 0-1 optimization, scenario clustering, mixed 0-1 Deterministic equivalent model, risk averse measures, Stochastic dominance constraints.

165. **Cluster Lagrangian Decomposition for two-stage stochastic mixed integer programming**

Aitziber Unzueta Inchaurre (*Universidad del País Vasco*),

Laureano Fernando Escudero (*Universidad Rey Juan Carlos*),

Maria Araceli Garín Martín (*Universidad del País Vasco*),

Gloria Pérez (*Universidad del País Vasco*),

Maria Teresa Vespucci (*University of Bergamo*),

Stefano Zigrino (*University of Bergamo*)

A scheme for using 4 scenario Cluster based Lagrangian Decomposition (CLD) procedures is presented for obtaining strong lower bounds to the (optimal) solution value of two-stage stochastic mixed problems. Although the traditional aim consists of considering a splitting variable representation over the set of scenarios, we propose to decompose the model into a set of scenario clusters. We compare the computational performance of four Lagrange multiplier updating procedures, namely the Subgradient Method, the Volume Algorithm, the Progressive Hedging Algorithm and the Dynamic Constrained Cutting Plane scheme for different numbers of scenario clusters. A broad computational experience is reported for assessing the validity of the proposed scheme by using a testbed of randomly generated instances where the MIP solvers COIN-OR and CPLEX are used. Our computational experience shows that the CLD procedure outperforms the traditional LD scheme for single scenarios both in the quality of the bounds and computational effort. Finally, a two-stage stochastic mixed integer optimization model for power generation capacity expansion is considered.

Keywords: two-stage stochastic integer programming, nonanticipativity constraints, Cluster Lagrangian Decomposition, scenario cluster model, Subgradient Method, Volume Algorithm, Progressive Hedging Algorithm, Dynamic Constrained Cutting Plane scheme.

166. **On parallelizing BFC: An exact algorithm for solving large-scale stochastic multistage mixed 0-1 optimization models**

Laureano Escudero (*Universidad Rey Juan Carlos*),

Unai Aldasoro (*Universidad del País Vasco*),

Maria Merino (*Universidad del País Vasco*),

Gloria Pérez (*Universidad del País Vasco*)

The effect of parallel computing for solving large-scale stochastic multistage mixed 0-1 problems is analyzed. The parallelization is performed on two levels. The inner one parallelizes the optimization of the set of MIP submodels attached to the set of scenario clusters in our Branch-and-Fix Coordination methodology. Several strategies are presented for analyzing the performance of using MPI (Message Passing Interface) threads based inner parallel computation for solving the cluster submodels versus the sequential version of the BFC methodology. The outer level defines a set of 0-1 variables where the combinations of their 0-1 values, so named paths (one for each combination) allow independent models to be optimized in parallel, such that each one can be itself internally optimized with the inner parallelization approach. Computational results are reported on a broad testbed.

Keywords: stochastic multistage mixed integer optimization, outer and inner parallelization, MPI threads, break stage scenario clustering, Branch-and-Fix Coordination.

7.21. Optimización combinatoria y optimización entera

167. A new formulation to the discrete ordered median problem

Martine Labbé (*Universite Libre de Bruxelles*),

Diego Ponce López (*Universidad de Sevilla*),

Justo Puerto Albandoz (*Universidad de Sevilla*)

A new formulation for the ordered median problem is proposed in this work. This formulation decreases considerably the number of constraints to the problem with respect to others previous formulations. Furthermore, the bound which is obtained in the relaxed problem is better than the ones obtained with the previous formulations in the literature even when strengthened is not applied.

Keywords: discrete ordered median problem.

168. IP formulations and algorithms for earliness/tardiness parallel machine scheduling problems

Rainer Amorim (*Universidade Federal do Amazonas*),

Rosiane de Freitas (*Universidade Federal do Amazonas*),

Eduardo Uchoa (*Universidade Federal Fluminense*)

This work presents a study of scheduling problems with earliness and tardiness penalties on single and identical parallel machines, considering independent and weighted jobs with arbitrary processing times. Algorithmic strategies are developed involving Local Search and Path-Relinking techniques, and Single-start and Multi-start global

search approaches. An integer mathematical formulation based on network flow model is also proposed for the problem, which can be applied on single and parallel machines for earliness-tardiness scheduling problem without idle time. The computational experiments shows that the approximate strategies proposed are competitive in relation to existing results from the literature for single-machine scheduling, with tests performed on Tanaka's instances for single machine, achieving all optimal solutions obtained by his IP exact method. Moreover, our method is also suitable for dealing with multi-machine instances, achieving good solutions in a reasonable execution time.

Keywords: combinatorial optimization, due date penalties, heuristics, local search, scheduling problems.

169. **Enumeration algorithms for determining the 3D structure of proteins**

Clarice de Souza Santos (*Universidade Federal do Amazonas*),

Rosiane de Freitas (*Universidade Federal do Amazonas*),

Kelson Mota (*Universidade Federal do Amazonas*),

Mario Salvatierra (*Universidade Federal do Amazonas*)

Algorithmic strategies for determining the three-dimensional structure of a molecule is discussed in this work. The Molecular Distance Geometry Problem (MDGP) can be formulated as an assignment problem under distance constraints, and to do this from an incomplete set of distances is a NP-hard computational problem, presenting interesting mathematical and computational challenges. In this work, continuous and discrete mathematical approaches to solve MDGP is revised, based on the analysis of two types of calculating sphere intersection: solving systems from interatomic Euclidean distance equations, or solving internal coordinate systems using matrix multiplication techniques. We adapted the Branch-and-Prune (BP) method considering four-spheres intersection, for these two ways of approaches. Computational experiments using PDB instances are performed, and also the dA1rC2rG3dC4T5rC6rG7dA8rG9 fragment generated by Hyperchem. Our experiments showed that was possible to solve the discrete MDGP in linear time by BP method.

Keywords: algorithms, branch-and-prune, distance geometry, internal coordinates, sphere intersection.

170. **A minmax channel assignment problem, IP formulation and algorithmic strategies**

Rosiane de Freitas (*IComp/UFAM, Brazil*),

Bruno Dias (*IComp/UFAM, Brazil*),

Nelson Maculan (*COPPE, UFRJ, Brazil*)

The fact that wireless communication is growing at exponential scale makes necessary rigorous planning of how to increase the capacity of

existing networks, since the availability of channels for use by operators is regulated by government agencies that conduct auctions of frequency bands for private use. Optimize the use according to the current scenario, propose new scenarios for distribution and manipulation of frequency bands, as well as adopt new technologies and models, are part of the process of research and development in this area. In the current scenario of cellular wireless networks, broadcast frequencies are grouped into bands and are usually discretized into a set of channels. Thus, each base station receives a share of the total number of channels available to the entire system. Therefore, it is important to establish a strategy to reduce the total use of the available frequencies, but unfortunately, when it comes to wireless communication, there is the problem of interference, a problem that represents the superposition of two or more electromagnetic waves at one point. And this happens when the transmitters are close to each other, causing failures in the communications established by them. This paper presents a correlation between such problems and coloring problems in graphs, resulting in more robust integer linear programming models, and so, algorithmic strategies to global optimization are applied, such as a branch-and-cut method by CPLEX tool and a simulated annealing heuristic method involving local search. Computational experiments conducted on benchmark instances showing better results than those available in the literature.

Keywords: channel assignment, graph coloring, mathematical programming, simulated annealing.

171. **Un enfoque bi-objetivo para determinar zonas rectangulares y homogéneas en lotes agrícolas utilizando Agricultura de Precisión**

Néstor Miguel Cid García (*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México*),

Yasmín Águeda Ríos Solís (*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México*),

Víctor Manuel Albornoz Sanhueza (*Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile*),

Rodrigo Augusto Ortega Blu (*Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile*)

La variabilidad espacial de las propiedades del suelo ha sido reconocida como uno de los principales elementos que afectan en la productividad y calidad de los cultivos. En el área de Agricultura de Precisión (AP) delinear el campo en zonas sitio-específicas es usualmente implementado para hacer frente a esta variabilidad. En países como Chile se han demostrado buenos resultados en cultivos tradicionales y viñedos a través de un manejo sitio-específico. Métodos clásicos de zonificación tienen una desventaja: las zonas generadas tienen perímetro con forma ovalada o irregular lo que imposibilita el manejo de la maquinaria.

Este trabajo presenta un nuevo enfoque bi-objetivo que óptimamente determina zonas rectangulares y homogéneas en lotes agrícolas, a partir de las propiedades del suelo, combinando herramientas de AP con un modelo bi-objetivo de programación lineal entera. Los resultados experimentales sobre casos reales validan el método y arrojan una visualización de la solución.

Palabras clave: zonas de manejo, programación entera, agricultura de precisión, optimización combinatoria.

172. **Minimizar el flujo de tiempo en un sistema de máquinas en paralelo y tiempos de procesamiento dependientes de la asignación de recursos renovables**

Jose Alejandro Montoya Echeverri (*EAFIT*),

Jairo Maya Toro (*EAFIT*),

Mario César Vélez Gallego (*EAFIT*)

Esta investigación introduce el problema de maximizar el flujo en un sistema de máquinas en paralelo, con tiempos de procesamiento dependientes de la asignación de recursos renovables. Este problema está motivado en la operación de recepción de mercancía en un centro de distribución, donde los camiones se descargan en muelles, cada camión tiene una carga distinta, y cada muelle cuenta con un grupo de personas que realizan el descargue en equipos o cuadrillas. Por lo tanto, se tiene que decidir sobre la asignación de los camiones a los muelles, la secuencia de los camiones en cada muelle, y la asignación de los equipos de trabajo para cada camión, de tal manera que se maximice el flujo. Este problema es modelado como un programa lineal entero mixto (PLIM). El modelo propuesto es resuelto en un optimizador comercial, y es evaluado con un conjunto de instancias generadas aleatoriamente. Adicionalmente, se propuso una Búsqueda Local (BL), la cual también es evaluada sobre el mismo conjunto de instancias. Por último, los resultados del PLIM y la BL se comparan en términos de la calidad de la solución y del tiempo de cómputo.

Palabras clave: programación lineal entera mixta, búsqueda local, programación de producción.

173. **The U-line principles applied to heterogeneous assembly lines**

Mayron César Oliveira Moreira (*Universidade de São Paulo*),

Cristóbal Miralles (*Universitat Politècnica de València*),

Alysson Machado Costa (*Universidade de São Paulo*)

The Assembly Line Worker Integration and Balancing Problem ALWIBP-1, is a recently proposed approach arising in lines that combine both conventional and disabled workers: given a cycle time, the aim is to minimize the number of conventional workstations while integrating several disabled workers which is especially important in the current social context where companies are urged to integrate them. In

7.21. OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA Y OPTIMIZACIÓN ENTERA 111

this work, we present linear mixed-integer models and heuristics for a new very useful extension: the use of U-shaped lines. By using this extension we enable “crossover workstations”, which normally avoid disabled workers and that provide managers with an extra subspace of assignments. These additional possible combinations become crucial both for reaching the highest productivity and for job rotation purposes, as it is demonstrated with the corresponding computational study.

Keywords: assembly lines, disabled workers, U-shaped.

174. Algoritmos para problemas de logística en líneas aéreas regionales

Juan José Salazar González (*Universidad de La Laguna*)

Describimos y resolvemos varios problemas de logística asociados a la empresa BINTER Canarias, que ofrece unos 150 vuelos diarios entre los 8 aeropuertos canarios, además de algunos otros a otros aeropuertos cercanos. Se proponen algoritmos exactos y heurísticos para afrontar los llamados “fleet-assignment”, “aircraft-routing”, “crew-pairing” and “crew-schedulling”. Tradicionalmente, para líneas aéreas clásicas, estos problemas se afrontan separadamente y de forma heurística. Sin embargo, características especiales de BINTER Canarias (extrapolables a otras compañías aéreas regionales) permiten la resolución de problemas integrados y de forma exacta. Mostramos y analizamos el comportamiento de nuestros algoritmos sobre datos reales de la compañía. Nuestros análisis confirman contribuciones notables del uso de la Programación Matemática.

Palabras clave: programación matemática, logística, líneas aéreas.

175. Un modelo de localización para el diseño del plan cuadrante

Víctor Bucarey López (*Universidad de Chile*),

Fernando Ordóñez (*Universidad de Chile*),

Vladimir Marianov (*Universidad Católica de Chile*)

Carabineros de Chile es una institución policial de carácter militar, encargada de “dar eficacia al derecho, garantizar el orden público y la seguridad pública interior, en todo el territorio de la República”. Con este objetivo el Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva (PCSP) de la institución, se constituye como su estrategia operativa, basando su actuar en zonas urbanas como un método de vigilancia por sectores, en donde un distrito (comuna) es dividido en un número determinado de subsectores o cuadrantes. Con esto, se desea una mejor especialización de los recursos y una utilización más eficiente de estos.

El objetivo de este trabajo es proponer un método de diseño de cuadrantes que permita obtener cuadrantes de mejores formas, más fáciles de patrullar, con equidad de cargas con los demás cuadrantes y que permita evaluar el impacto del diseño de los cuadrantes en la gestión y utilización de los recursos.

Palabras clave: location problems, political districting, P -median problem.

7.22. Optimización matemática

176. Calmness of optimal solutions in linear semi-infinite programming

María Josefa Cánovas Cánovas (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Abderrahim Hantoute (*Universidad de Chile*),

Juan Parra López (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Francisco Javier Toledo Melero (*Universidad Miguel Hernández de Elche*)

We characterize the calmness property of the argmin mapping in the framework of linear semi-infinite optimization problems under canonical perturbations; i.e., continuous perturbations of the right-hand side of the constraints (inequalities) together with perturbations of the objective function coefficient vector. Roughly speaking, calmness is an upper Lipschitz type property which, in our context, prevents that the optimal solution set may increase at a nonlinear rate with respect to the parameter perturbation size. Our characterization is new for semi-infinite problems without requiring uniqueness of minimizers. As a key tool in this talk, we appeal to a certain supremum function associated with our nominal problem, not involving problems in a neighborhood, which is related to (sub)level sets.

Keywords: calmness, local error bounds, variational analysis, semi-infinite programming, linear programming.

177. Calmness modulus of the optimal set mapping for linear programs

María Josefa Cánovas Cánovas (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Alexander Y. Kruger (*University of Ballarat (Australia)*),

Marco Antonio López Cerdá (*Universidad de Alicante*),

Juan Parra López (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Michel A. Théra (*University of Limoges (France)*)

Our main goal is to compute or estimate the calmness modulus of the argmin mapping of linear semi-infinite optimization problems under canonical perturbations, i. e., perturbations of the objective function together with continuous perturbations of the right-hand side of the constraint system (with respect to an index ranging in a compact Hausdorff space). Roughly speaking, we are measuring the enlargement rate of the optimal set mapping (around a given optimal solution) with respect to the parameter perturbation size. When confined to finitely constrained problems, we also provide a computable upper bound as it

only relies on the nominal data and parameters, not involving elements in a neighborhood. Illustrative examples are provided.

Keywords: isolated calmness, calmness modulus, variational analysis, linear programming, semi-infinite programming.

178. **Celdas y diagramas de Voronoi de conjuntos arbitrarios**

Miguel Ángel Goberna Torrent (*Universidad de Alicante*)

Se suponen dados un conjunto T de puntos de un espacio euclídeo, llamados sedes o generadores, y una sede particular s . La celda de Voronoi de s respecto de T está formada por aquellos puntos del espacio que están más cerca de s que de ningún otro punto de T . Cuando T es finito, el conjunto de celdas forma una teselación del espacio llamada diagrama de Voronoi de T . Los diagramas de Voronoi de conjuntos finitos son una herramienta de trabajo habitual en ciencias físicas y sociales, así como en investigación operativa. Los diagramas de Voronoi de conjuntos infinitos también surgen de forma natural en las aplicaciones, pero no siempre proporcionan teselaciones del espacio. En la charla se muestran algunas de estas aplicaciones, y se discuten algunos problemas directos (descripción de las celdas) e inversos (hallar los conjuntos T que proporcionan una celda dada).

Palabras clave: diagramas de Voronoi, sistemas de inecuaciones lineales.

179. **Condiciones de regularidad para problemas de optimización e-convexos**

Margarita Rodríguez Álvarez (*Universidad de Alicante*),

M. Dolores Fajardo Gómez (*Universidad de Alicante*),

José Vidal Núñez (*Universidad de Alicante*)

Un problema de optimización e-convexo (evenly convex) es aquel en el que tanto el epigrafo de la función objetivo como el conjunto factible son e-convexos (es decir, intersección de una familia arbitraria, posiblemente infinita, de semiespacios abiertos). En esta charla consideramos problemas de optimización e-convexos de dimensión arbitraria para los cuales, via el método perturbacional, se obtiene un problema dual haciendo uso de un esquema de conjugación apropiado para las funciones e-convexas, basado en la conjugación convexa generalizada. Tomando como referencia la e-convexidad de la función de perturbación, se establecen dos condiciones de regularidad suficientes para la dualidad fuerte.

Palabras clave: función e-convexa, dualidad en optimización e-convexa.

180. **El problema dual de Lagrange en optimización e-convexa**

José Vidal Núñez (*Universidad de Alicante*),

M. Dolores Fajardo Gómez (*Universidad de Alicante*),

Margarita Rodríguez Álvarez (*Universidad de Alicante*)

El objetivo de esta charla es el estudio de la dualidad fuerte de Lagrange en problemas de optimización de dimensión arbitraria donde tanto la función objetivo como las funciones correspondientes a las restricciones son e-convexas. Las condiciones de regularidad obtenidas para “problemas de optimización e-convexos en general” se particularizan al caso del dual de Lagrange y se estudian las relaciones entre ellas.

Palabras clave: función e-convexa, dualidad de Lagrange.

181. **Dualidad de Fenchel en problemas de optimización e-convexos: condiciones de regularidad para dualidad fuerte**

M. Dolores Fajardo Gómez (*Universidad de Alicante*),

Margarita Rodríguez Álvarez (*Universidad de Alicante*),

José Vidal Núñez (*Universidad de Alicante*)

En este trabajo asociamos a un problema primal de optimización e-convexa un problema dual tipo Fenchel, y las condiciones de regularidad que garantizan la dualidad fuerte obtenidas para problemas de optimización e-convexa generales se particularizan en este contexto. Se estudian además las relaciones entre ellas, a la vez que se hace una comparativa con una condición de regularidad existente, obtenida en otro trabajo, específica para dualidad fuerte de Fenchel.

Palabras clave: función e-convexa, dualidad de Fenchel.

182. **Improve the compressed sensing reconstruction with multiple observations in WSN**

Juan Gabriel Colonna (*Universidade Federal do Amazonas*),

Mário Salvatierra (*Universidade Federal do Amazonas*),

Eduardo Nakamura (*Universidade Federal do Amazonas*)

Get acoustic signals using Wireless Sensor Networks (WSN) is a challenge due to the high rates of information collected. So, the sensors have limitation of processing, memory, transmission range and battery life time. Thus, compress the signals allows us process and transmit less information, reducing battery consumption, extending the network life. Compressed Sensing (Cs) theory allows compress sparse signals given by an incoherent basis. The operation of compression is cheap and may be implemented in the sensor, but the reconstruction one seeks values in a solution space trying to minimize the L1 norm. A set of sensors captures the same signal that has a common structure (product of vocalization) and a difference component (due to noise and distortions caused by multiples path). We explored the collaboration ability of sensors as a way to improve the reconstruction result, reducing the space of possible solutions. In our work, we propose a technique for joint reconstruction signals enabling fortify common structure and remove the difference,

which is performed by reducing the feasible space, such that the solution be the closest to the original signal.

Keywords: compressed sensing, wireless sensor networks, joint projection over convex sets

183. Sparseness in principal component analysis

Emilio Carrizosa (*Universidad de Sevilla*)

Principal Component Analysis is a popular Data Analysis dimensionality reduction technique, aiming to project with minimum error a given data set into a subspace of smaller dimension. In order to improve interpretability, variants of the method have been proposed in the literature, in which, besides error minimization, sparsity is sought. In this talk, the problem of a subspace with a sparse basis is formulated as a Mixed Integer Nonlinear Program, where the sum of squares of distances between the points and their projections is minimized. Contrary to other attempts in the literature, with our model the user can fix the level of sparseness of the resulting basis vectors. Variable Neighborhood Search is proposed to solve the MINLP.

Our numerical experience on test sets shows that our procedure outperforms benchmark methods in the literature. The strategy proposed attempts to minimize errors while keeping sparseness above a given threshold value. A problem of simultaneous optimization of sparseness and error minimization, parametrized by the total number of non-zero coordinates in the resulting principal components, is also studied. Numerical experiments show that this biobjective approach provides sparser components with less error than competing approaches.

184. Políticas de planificación de para recolección multiperiodo

Elena Fernández (*Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona*),

Cristina Nuñez del Toro (*Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona*),

Joerg Kalcsics (*Clausthal University of Technology, Alemania*),

Stefan Nickel (*Karlsruhe Institute of Technology, Alemania*)

Estudiamos el problema de planificación de recolección multiperiodo, MCSO por las siglas de su nombre en inglés, multi-period collection scheduling problem MCSP. Cada uno de los clientes de un conjunto dado debe ser visitado con una frecuencia mínima a lo largo de un horizonte temporal, y debe establecerse el calendario de visitas de cada uno de los clientes. Consideramos políticas alternativas para el establecimiento de calendarios de recogida y presentamos formulaciones como problemas de programación lineal entera para cada una de ellas. Una política impone visitar cada cliente con una periodicidad constante, mientras que la otra política es más flexible, puesto que permite reducir el número de periodos entre vistas consecutivas al mismo punto de recolección. Proponemos asimismo un algoritmo de

solución. Finalmente, presentamos los resultados obtenidos en una serie de experiencias computacionales y analizamos el efecto de cada una de las políticas consideradas.

185. **Integration formulas for nonconvex data**

Marco López Cerdá (*Universidad de Alicante*)

Reconstructing a function from its first-order variations has been a challenging problem in the history of nonlinear analysis. The problem is obviously more difficult when the function is not differentiable, and one has to choose a convenient tool for quantifying the variations of this function. This problem is approached by the so-called integration theory. For lower semicontinuous (lsc, in short) convex proper functions $f, g : X \rightarrow \mathbb{R} \cup \{-\infty, \infty\}$, X being a Banach space, the integration problem was completely solved in the sixties by Rockafellar using the Fenchel subdifferential operator. Beyond the convex setting, other concepts taken from the field of generalized differentiation also enjoy useful integration properties. In particular, if one uses the concept of ϵ -subdifferential, sufficient conditions to guarantee that the closed convex hull of the two functions f and g coincide up to a constant have been recently established by different authors (Correa, García and Hantoute [2012], and López and Volle [2011, 2013]). In this presentation we survey most of these results.

186. **Modelos para el CRSP con almacén de líneas en paralelo**

Maria Valero Herrero (*Universitat Politècnica de Valencia*),

Jose Pedro García Sabater (*Universitat Politècnica de Valencia*)

La industria del automóvil utiliza las líneas de montaje con mezcla de modelos para obtener flujos de producción eficientes a pesar de trabajar con una cartera de productos muy diversificada. En este contexto, la secuencia en la que aparecen los productos en la línea de montaje es de suma importancia. Aunque la secuencia se asigna al inicio del proceso de producción, con frecuencia las perturbaciones en la producción provocan cambios en la secuencia. También se puede dar el caso en el que la secuencia requerida en un proceso sea diferente a la requerida en el proceso anterior. Por lo tanto, se hace necesaria una resecuenciación que puede llevarse a cabo mediante el uso de almacenes. Este trabajo se centra en la resecuenciación del problema de secuenciación de automóviles (CRSP- Car Resequencing Problem) mediante almacenes de líneas en paralelo. Se proponen algoritmos a la entrada y salida del almacén, verificados mediante modelos de simulación implementados en SIMIO. Se realiza también un análisis de sensibilidad para los diferentes factores operacionales.

Palabras clave: car sequencing problem, mixed-model assembly lines, resecuenciación.

187. **Using tabu search and MILP for the accessibility windows assembly line balancing problem (AWALBP)**

Gema Calleja (*IOC Research Institute, UPC, Barcelona, Spain*),

Albert Corominas (*IOC Research Institute, UPC, Barcelona, Spain*),

Alberto García-Villoria (*IOC Research Institute, UPC, Barcelona, Spain*),

Rafael Pastor Moreno (*IOC Research Institute, UPC, Barcelona, Spain*)

The AWALBP arises in those assembly lines where, in contrast to standard ones, the length of the workpieces is larger than the accessibility windows of the workstations. Because of this, only a limited portion of one or two consecutive workpieces can be reached from each station at any moment. In our problem, the cycle decomposes into stationary stages separated between them by forward steps, according to a cyclic movement scheme. Several procedures were previously proposed to solve the problem to optimality and instances up to a certain size limit were solved. In this study, we propose a tabu search (TS) and a combination procedure using TS and a mixed integer linear programming (MILP) model in order to solve larger instances. The neighborhood search is performed in the space of the movement schemes. Results show that a better solution is obtained in most of the cases that could not be previously solved optimally.

7.23. Probabilidad, convergencias y teoremas límite

188. **Near record values**

Raúl Gouet (*Centro de Modelamiento Matemático. Universidad de Chile*),

F. Javier López Lorente (*Universidad de Zaragoza*),

Gerardo Sanz Sáiz (*Universidad de Zaragoza*)

Given a sequence of random variables $X_n, n \geq 1$ and $a > 0$, an observation X_n is a near-record if

$$X_n \in (\max\{X_1, X_2, \dots, X_{n-1}\} - a, \max\{X_1, X_2, \dots, X_{n-1}\}).$$

We analyze the point process of near-record values appearing in a sequence of i.i.d. observations, showing that it is a Poisson cluster process and computing its probability generating functional. We analyze the limit behavior of $N(s, t)$ (the number of near-records with values in the interval (s, t)). For heavy-tailed distributions we give the explicit expression of its probability generating function and solve a question posed in the literature; for medium- and light-tailed distributions we

prove a strong law of large numbers and central limit theorems for $N(0, t)$ as $t \rightarrow \infty$.

Keywords: near-record, record, poisson cluster process, Law of large numbers, central limit theorem

7.24. Problemas de localización

189. Makespan minimization strategies for solving a stochastic territory design problem

Monica G. Elizondo Amaya (*Universidad Autónoma de Nuevo León*),

Roger Z. Ríos Mercado (*Universidad Autónoma de Nuevo León*),

David Morton (*The University of Texas at Austin*),

Erhan Kutanoglu (*The University of Texas at Austin*)

Territory design can be defined as the problem of grouping small geographic units into larger geographic clusters called territories in such a way that the latter satisfy certain planning criteria. This work proposes a stochastic version of a commercial territory design problem that considers the demands uncertainty. The objective is to minimize the territorial imbalances with respect to product demand subject to planning criteria such as territory connectivity, compactness, and balance with respect to the number of customers. We study our problem from the perspective of stochastic load balancing. In particular, general rules used for makespan minimization such as the longest expected processing time strategy (LEPT) are tested in our problem and used into a heuristic strategy to provide solutions for the stochastic commercial territory design problem. A further contribution of this work is the study of the LEPT policy for a class of stochastic load balancing problems at solving more general models.

Keywords: territory design, stochastic load balancing, makespan minimization.

190. Análisis del ‘Reliability Fixed-Charge Location Problem’

Mercedes Landete Ruiz (*UMH*),

Juan Francisco Monge Ivars (*UMH*),

Javier Alcaraz Soria (*UMH*),

José Luis Sainz-Pardo Auñón (*UMH*)

Una variación del modelo ‘Simple Plant Location Problem’ viene dada por el modelo ‘Reliability Fixed-Charge Location Problem’, cuya principal singularidad es la clasificación de las plantas en plantas ‘nonfailable’ y plantas ‘failable’, en función de que estas puedan suministrar servicio ininterrumpidamente, o bien, pueda interrumpirse el mismo con determinada probabilidad. Se enumerarán

algunas propiedades poliédricas del ‘Reliability Fixed-Charge Location Problem’, e igualmente, se estudiará la relación entre el poliedro del ‘Reliability Fixed-Charge Location Problem’ y del ‘Simple Plant Location Problem’. Además, serán formuladas algunas condiciones que cumplen las soluciones óptimas. Por último, se expondrán los resultados de un estudio computacional que ilustran la eficacia del análisis realizado.

Palabras clave: fiabilidad, localización, empaquetamiento, facetas, LP gap.

191. **New results on robust location of emergency centers with failure foresight**

Inmaculada Espejo Miranda (*Universidad de Cádiz*),

Alfredo Marín Pérez (*Universidad de Murcia*),

Antonio M. Rodríguez Chía (*Universidad de Cádiz*)

This work deals with the p -center problem, where the aim is to minimize the maximum distance between any user and his reference center. The reference center for any user will be the second-closest center that will be the center where this user will be reallocated in case of failure of his closest center. Moreover, the capacity of each center must be sufficient to satisfy the demand of all users for which is the closest center and for the users for which is the second-closest center because these users will also be covered by this center in case of a failure of their closest center. The problem is of interest when locating emergency centers and, at the same time, taking precautions against emergencies which can cause failure of the center itself. We consider different formulations for the problem and extensive computational tests are reported, showing the potentials and limits of each formulation on several types of instances. Finally, some improvements for all the formulations previously presented are developed, obtaining in some cases much better resolution times.

Keywords: p -center, capacities, integer programming.

192. **Single-allocation, Ordered Median, Hub Location problems with capacity constraints**

Justo Puerto (*Universidad de Sevilla*),

Antonio M. Rodríguez Chía (*Universidad de Cádiz*),

M. Carmen Sánchez Gil (*Universidad de Cádiz*)

The Single-Allocation Ordered Median Hub Location problem is a recent hub model introduced in J. Puerto, A.B. Ramos, and A.M. Rodríguez-Chía (Single-Allocation, Ordered Median Hub Location Problems) 2011, that provides an unifying analysis of the class of hub location models. In this work, we deal with the capacitated version of this problem. We present two formulations for this problem as well as some preprocessing phases for fixing variables. In addition, a strengthening of this formulation is also studied through the use of

some families of valid inequalities. A battery of test problems with data taken from the AP library are solved where it is shown that the running times have been significantly reduced with the improvements presented in the paper.

Keywords: location problem.

193. **Un modelo de localización para el diseño del plan cuadrante**

Víctor Bucarey López (*Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile - CEAMOS*),

Vladimir Marianov (*Departamento de Ingeniería Eléctrica Universidad Católica de Chile*)

Carabineros de Chile es una institución policial de carácter militar, cuya estrategia operativa viene dada por el Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva (PCSP) la cual está basada en un método de vigilancia por sectores, en donde un distrito (es dividido en un número determinado de subsectores o cuadrantes). Con esto, se desea una mejor especialización de los recursos y una utilización más eficiente de estos.

Palabras clave: location problems, political districting, P-median problem.

7.25. Problemas de rutas

194. **A collaborative Multi Ant Colony Optimization system for a car assembly line**

Raul Pulido Martínez (*UPM*),

Alvaro García Sánchez (*UPM*),

Javier Diego (*UPM*)

This paper presents a collaborative Ant Colony Optimization to sequence the mixed assembly lines considering the inventory and the replenishment of components together. Using the well-known heuristic, ACO, for solving instances of the problem that cannot be solved to optimality by exact methods. The natural cooperative behavior of the ants is used to obtain a joint solution. Specialized groups of ants are implemented to solve the different part of the problem. This is intended to differentiate the path typically used by each part. Different types of pheromone structures are created to identify good car sequences, and convenient routes for each vehicle route. The solution is driven by three main costs: the production rule violation, the component transportation, and the transportation vehicles used. The main contribution of this paper is the implementation of the ACO for the mixed assembly line, the replenishment of components and also the compound solution of the problem.

Keywords: ant colony optimization, vehicle routing problem, car sequencing.

195. A variable neighborhood search for the multi-commodity pickup-and-delivery TSP

Hipólito Hernández-Pérez (*Universidad de La Laguna*),

Inmaculada Rodríguez-Martín (*Universidad de La Laguna*),

Juan-José Salazar-González (*Universidad de La Laguna*)

The “multi-commodity Pickup-and-Delivery Traveling Salesman Problem” (*m*-PDTSP) is a generalization of the well-known “Traveling Salesman Problem” in which cities correspond to customers providing or requiring known amounts of *m* different products, and the vehicle has a known capacity. Each customer must be visited exactly once by the vehicle serving the demands of the different products while minimizing the total travel distance. It is assumed that a unit of a product collected from a customer can be supplied to any other customer that requires this product. We discuss heuristic algorithms for the *m*-PDTSP. First, we introduce a heuristic that finds a solution of the *m*-PDTSP. After, we present several procedures which improve a solution (even when this solution is infeasible). These improvement procedures include a branch-and-bound algorithm where some variables are fixed. Computational experiments on randomly generated instances are presented.

Keywords: traveling salesman; pickup-and-delivery; branch-and-cut; multi-commodity flow.

196. Variaciones del Homogeneous Probabilistic Traveling Salesman problem

Eva María García Nové (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Juan Francisco Monge Ivars (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Javier Alcaraz Soria (*Universidad Miguel Hernández de Elche*),

Mercedes Landete Ruiz (*Universidad Miguel Hernández de Elche*)

En el Probabilistic Traveling Salesman Problem (PTSP) se asume que sólo un subconjunto de clientes del conjunto a visitar puede requerir visita, existiendo una probabilidad determinada de que un cliente necesite ser visitado. La solución buscada es el tour, que visitando todos los clientes, tenga un valor esperado mínimo (Jaillet, 1985). Si la probabilidad de todos los clientes es la misma, el problema se denomina Homogeneous Probabilistic Traveling Salesman Problem (HPTSP).

En este trabajo se presentan nuevas variaciones para el problema del HPTSP, llevando a cabo un estudio computacional y presentando posibles aplicaciones de dichos problemas.

Keywords: probabilistic TSP, programación lineal.

7.26. Procesos estocásticos

197. **Some probabilistic contributions for a class of two-sex branching processes with reproduction influenced by the numbers of females and males in the population**

Manuel Molina Fernández (*Universidad de Extremadura*),

Manuel Mota Medina (*Universidad de Extremadura*),

Alfonso Ramos Cantariño (*Universidad de Extremadura*)

Branching process theory provides mathematical models to describe the probabilistic behavior of systems whose components after a certain life period reproduce and die. It has become an active research area of interest and applicability, especially in population dynamics. We will focus our interest in stochastic models for description of sexually reproducing populations. To this end, several classes of two-sex branching processes have been investigated. In particular, significant efforts have been made to develop branching processes based on the assumption that the reproduction phase is influenced by the number of couples in the population. In this contributed work, we introduce a class of two-sex branching processes where the reproduction phase is affected, in each generation, by the numbers of females and males in the population. For such a class of two-sex processes, we derive several probabilistic results. By way of illustration, we present an application in population dynamics.

Keywords: branching processes, two-sex branching processes, population dynamics.

198. **Estimación centralizada en sistemas estocásticos con observaciones inciertas y retrasadas aleatoriamente**

Maria Jesús García-Ligero Ramírez (*Universidad de Granada*),

Aurora Hermoso Carazo (*Universidad de Granada*),

Josefa Linares Perez (*Universidad de Granada*)

Un problema usual en sistemas de comunicación es la existencia de errores durante la transmisión de la señal, tales como incertidumbre en las medidas y/o retrasos en las llegadas de las observaciones. Tradicionalmente la incertidumbre y los retrasos se han modelizado mediante variables independientes de Bernoulli. Sin embargo, existen situaciones donde el retraso en un instante suele estar correlacionado con el instante anterior; una forma razonable de modelizar esta dependencia es considerar el retraso como una cadena de Markov homogénea. En este trabajo, se estudia el problema de estimación lineal de menor error cuadrático medio para sistemas con observaciones inciertas con retrasos markovianos en un entorno multisensor. La información proporcionada por los diferentes sensores es procesada conjuntamente en cada instante de tiempo y el estimador centralizado, basado en todas las observaciones, se obtiene usando la información proporcionada por

las covarianzas de la señal y los ruidos.

Palabras clave: observaciones inciertas, retrasos markovianos, filtro, suavizamiento.

199. **Proceso de difusión Gompertz doble sigmoidal**

Eva Poza Cruz (*Departamento de Estadística e I.O. Universidad de Granada*),

Patricia Román Román (*Departamento de Estadística e I.O. Universidad de Granada*),

Francisco de Asís Torres Ruiz (*Departamento de Estadística e I.O. Universidad de Granada*)

El estudio de modelos asociados a comportamientos de crecimiento de tipo sigmoidal ha sido ampliamente considerado en múltiples campos de aplicación. Con ese objetivo han sido numerosas las curvas que han sido analizadas como base de tales modelos, entre las que podemos citar la logística, Gompertz, Bertalanffy, Richards, todas estas curvas presentan la particularidad de poseer un punto de inflexión que representa un porcentaje del crecimiento total analizado. Sin embargo hay muchas otras situaciones en las que el crecimiento presenta diversas fases, en cada una de las cuales se observa un comportamiento sigmoidal. Ello se traduce en la presencia de más de un punto de inflexión en la curva asociada. Como ejemplo podemos citar el crecimiento de determinadas especies frutales (nectarinas, guayabas, diversos tipos de bayas,...). En Geología también se han considerado modelos de este tipo (que involucran funciones hiperbólicas) para representar la transición entre diversos estados de variables como la temperatura de determinadas zonas. En esta comunicación presentamos un modelo estocástico basado en un proceso de difusión cuya media es una curva de tipo Gompertz doble sigmoidal. Ello permitirá estudiar de forma dinámica comportamientos de esta naturaleza, pudiéndose abordar el ajuste de series de datos reales así como analizar diversas variables temporales que puedan ser de interés en el campo de aplicación donde se emplee el modelo. Como un primer avance en ese sentido, consideramos la estimación máximo verosímil de los parámetros del modelo y presentamos diversos ejemplos basados en simulación.

Palabras clave: curvas doble sigmoidales, curva Gompertz, procesos de difusión.

200. **Introducción y estudio de procesos de difusión asociados a las curvas hiperbolísticas**

Antonio Barrera-García (*Departamento de Estadística e I.O., Universidad de Granada*),

Patricia Román-Román (*Departamento de Estadística e I.O., Universidad de Granada*),

Francisco Torres-Ruiz (*Departamento de Estadística e I.O., Universidad de Granada*)

Las curvas hiperbolísticas han representado en los últimos años una importante mejora en el estudio matemático de fenómenos dinámicos, principalmente enmarcados en los procesos de crecimiento en ciencias aplicadas como la Biología o la Economía. Sin embargo, tales avances se han visto restringidos desde un primer momento a un tratamiento determinista de los fenómenos bajo estudio. En esta comunicación se consideran los elementos necesarios para extender, en el ámbito estocástico, la teoría y práctica relativas a las curvas hiperbolísticas. Para tal objetivo se desarrollan los conceptos teóricos que resultan en la definición de un proceso de difusión cuya tendencia es descrita por una curva hiperbolística, ajustándose a datos provenientes de la observación y logrando así modelos matemáticos de mayor calidad para la descripción de estos fenómenos.

Palabras clave: curvas hiperbolísticas, modelos de crecimiento, procesos de difusión.

201. **On Poisson-stopped-sums that are mixed Poisson**

Jordi Valero (*Department of Applied Mathematics III, Technical University of Catalonia, Spain*),

Marta Pérez-Casany (*Department of Applied Mathematics II, Technical University of Catalonia, Spain*),

Josep Ginebra (*Department of Statistics and O. R., Technical University of Catalonia, Spain*)

Many of the alternatives to the Poisson distribution are obtained either as a mixed Poisson (MP) distribution or as a Poisson-Stopped-sum (PSS) distribution. Some distributions accept both interpretations which is the case for instance of the negative binomial, the Pólya-Aeppli or the Generalized- Inverse-Gaussian-Poisson distributions. Maceda (1948) characterized the mixed Poisson distributions that are Poisson stopped sum distributions based on the mixing distribution. In Johnson et al. (2005), this result is considered to be one of the three important theorems that assist in the understanding of the relationships between non-negative integer distributions. This paper provides an alternative characterization of the same set of distributions by identifying the set of PSS distributions that are MP to be the PSS of either a mixture of zero-truncated Poisson random variables or of a zero modification of them.

Keywords: Poisson-stopped-sum distribution, Poisson mixture, zero-truncated distribution, zero-modified distribution.

202. **On the distribution of escape times for compound renewal processes with drift**

Javier Villarroel (*Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca*),

Miquel Montero (*Universitat de Barcelona*)

Here, we consider compound renewal processes with drift, namely stochastic processes U_t whose evolution in time is the result of the combined effect of a constant drift (a linear function in time) and the occurrence of random jumps driven by a jump process S_t , namely a process that is constant everywhere except at times t_n (the jump times) at which the process has a jump J_n .

However, these results do not extend to generic present, since U_t is not a Markov and hence the conditional distribution starting at a jump time does not equal that conditioned on arbitrary present. The solution to these problems depends on the available information. It is then natural to generalize to more general situations and determine the distribution of the first escape time off a given interval when presently the process is at a fixed position x , which is the only available information. Implications due to lack of Markovianess have been ignored at large in the literature.

203. **Ordenación estocástica para el modelo financiero de Cox y Rubinstein**

Elena Almaraz Luengo (*Universidad Complutense de Madrid*),

Eduardo Almaraz Luengo (*Universidad Complutense de Madrid*)

Se estudia el modelo financiero de Cox y Rubinstein de valoración temporal de una opción como proceso estocástico y se propone un resultado de ordenación en excedencia de nivel para dicho proceso estocástico. Para ello se estudia la ordenación en excedencia de nivel debida a A. Irle y J. Gani y se hace uso de la generalización de la misma debida a A. Pacheco y F. Ferreira para obtener el resultado.

Palabras clave: excedencia de nivel, ordenación estocástica, proceso estocástico.

204. **Some aspects of structural complexity dynamics in seismic data of Torreperogil (Spain)**

Francisco J. Esquivel (*Department of Statistics and Operations Research, University of Granada*),

José M. Angulo (*Andalusian Institute of Geophysics and Prevention of Seismic Disasters, University of Granada*)

Earthquake activity is characterized by multifractality and complex structure in space and time. The study of space-time dynamics considering the effects of magnitude can have a significant importance in risk assessment. Lack of association between multifractal characteristics and magnitude can be an indicator of the presence of some external factors. We propose a complexity measure based on generalized dimensions, as well as the incorporation of the effects of magnitude by means of weighted box-counting probability distributions, for assessment. The main aim of this work is to try to detect possible

anomalies in the structural changes in the dynamic of the seismic series of Torreperogil (Spain), which has generated an important controversy.

Keywords: dimensional interaction, generalized dimension, LMC complexity measure, multifractality, seismicity.

7.27. Series temporales

205. Modelos estadísticos por umbrales para la previsión de la dirección del viento

José A. Sanchez-Espigares (*UPC-Barcelona Tech*),

M. Pilar Muñoz Gracia (*UPC-Barcelona Tech*),

M. Dolores Marquez Cebrián (*Universitat Autònoma de Barcelona*)

Poder disponer de previsiones precisas de la dirección y la velocidad del viento es de gran utilidad tanto para la previsión de generación eólica como para temas relacionados con problemas medioambientales,. No obstante, predecir la dirección del viento no es un tema nada fácil debido, en primer lugar a que sus características requieren de modelos para variables circulares, y además en nuestro caso, la zona de estudio (estrecho de Gibraltar) presenta cambios bruscos de dirección. En esta comunicación se estima y predice la dirección del viento mediante modelos para variables circulares, como por ejemplo la distribución condicional de Von Mises. Con el objetivo de capturar los cambios bruscos de dirección se ha completado el modelo anterior con modelos por umbrales. El estudio incluye el código implementado en el paquete R MSwM (<https://cran.r-project.org/web/packages/MSwM/index.html>) que aborda los modelos propuestos. Se ha comprobado que la predicción obtenida de la dirección del viento con el modelo propuesto mejora la capacidad de previsión de generación eólica.

Palabras clave: circular variables, forecasting, Von-Mises distribution, wind direction, wind power.

206. Métodos para detectar atípicos funcionales bajo dependencia

Paula Raña Míguez (*Departamento de Matemáticas, Universidade da Coruña*),

Juan Vilar (*Departamento de Matemáticas, Universidade da Coruña*),

Germán Aneiros (*Departamento de Matemáticas, Universidade da Coruña*)

El objetivo de este trabajo es detectar atípicos en un conjunto de datos funcionales suponiendo que existe dependencia entre las observaciones. Se utilizará el concepto de profundidad funcional que permite ordenar un conjunto de datos funcionales desde el centro hacia afuera. La curva más profunda es la mediana funcional, mientras que los datos atípicos, si existen, son las curvas con menor profundidad. En este trabajo

se propone el uso de dos profundidades funcionales: la profundidad modal de Cuevas, Febrero y Fraiman (2006) y la profundidad de banda modificada de López-Pintado y Romo (2009).

Palabras clave: datos funcionales, atípicos, dependencia, bootstrap, profundidad funcional, proyecciones aleatorias, componentes principales, series de tiempo.

207. **Predicción semiparamétrica multidimensional con estructura de correlación VAR**

María Piñeiro Lamas (*CIBER Epidemiología y Salud Pública*),

Manuel Febrero Bande (*USC*),

Wenceslao González Manteiga (*USC*)

En esta comunicación se presenta un modelo semiparamétrico multidimensional enfocado a la predicción. Dicho modelo es una generalización de un modelo semiparamétrico unidimensional propuesto en la literatura y tiene en cuenta la estructura de correlación entre las series que se pretende predecir: Estructura Autoregresiva Vectorial (VAR). Se muestran la consistencia y las propiedades asintóticas del estimador propuesto, así como un estudio de simulación. Su comportamiento su ilustra en la predicción de los niveles de dos importantes indicadores de polución en el entorno de una central térmica y una central de ciclo combinado: dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Tanto en el estudio de simulación como en la aplicación a datos reales se demuestra que este método supera a otros competidores estándar.

Palabras clave: predicción, series temporales, VAR.

208. **La dimensión fractal de la serie temporal de tipos EURIBOR**

M. Dolores Márquez Cebrián (*Universitat Autònoma Barcelona*),

Lina Sanou Vilarrodona (*Universitat Autònoma Barcelona*),

Cèsar Villazón Hervàs (*Universitat Autònoma Barcelona*)

En repetidas ocasiones diversos autores, que han seguido la pauta fijada por Mandelbrot, han considerado que la serie temporal de tipos de rentabilidad de las acciones y de los tipos de rendimiento de los índices bursátiles presentan las características de una serie temporal caótica por lo que se han dedicado a medir su dimensión fractal. Las primeras estimaciones de la dimensión fractal de una serie se realizaron utilizando el exponente de Hurst, pero a medida que las técnicas estadísticas han mejorado su aplicabilidad gracias a la difusión del software aplicado a la medición de la dimensión fractal se han podido utilizar métodos mejores los cuales se han seguido aplicando a series de rentabilidades bursátiles. Aceptando que la dimensión fractal cuantifica la rugosidad o escasez de suavidad de las series temporales en el límite cuando la escala observacional llega a ser infinitamente fina, nos proponemos aplicar dichas técnicas a la medición de dimensión

fractal de las series temporales de tipos EURIBOR desde su primera publicación el 30/12/1998 hasta el 31/12/2012.

Palabras clave: dimensión fractal, series temporales de tipos EURIBOR.

209. **Análisis Espectral de la estructura temporal de la precipitación en Quibdó-Chocó-Colombia**

Reiner Palomino (*Universidad de Granada. Universidad Tecnológica del Chocó*),

Jorge Andrés Urrutia (*Universidad de Chile. Universidad Tecnológica de Pereira*)

La estructura temporal de la precipitación mensual es investigada mediante el método de análisis espectral singular (SSA), en la ciudad de Quibdó (oeste de Colombia), durante un período de 38 años. Dado que este método es relativamente nuevo, se detalla su algoritmo aplicado a los datos. La técnica de la SSA mostró que la precipitación media es dominada por varios armónicos. Los primeros componentes dominantes tienen períodos alrededor de 12 meses (señal anual), 6 meses (señal de semi-anual) y 3,4 años. La señal anual es particularmente fuerte en la ciudad de Quibdó y representa el 19,37% de la señal inicial.

Palabras clave: análisis de espectro singular (SSA), análisis Espectral, armónicos, periodograma, series de tiempo, series de Fourier.

7.28. Teoría de juegos

210. **Efecto de la introducción de mercados de futuros en la estabilización de ciclos en los precios en mercados de commodities**

Karla Cristina Álvarez Uribe (*Universidad Nacional de Colombia*),

Santiago Arango Aramburo (*Universidad Nacional de Colombia*)

El comportamiento cíclico es una característica de los precios de commodities, el cual puede llegar a tener efectos dramáticos en la economía (Cuddington & Urzua, 1989; Deaton & Laroque, 1992; Deaton, 1999; Cashin & Patillo, 2000; Cashin et al., 2002; Akiyama et al., 2001, 2003). Desde el estudio realizado por Ezekiel (1938) sobre el comportamiento cíclico de los precios de commodities a través del Teorema Cobweb, se encuentran en la literatura diferentes teorías para dar una explicación al comportamiento cíclico en los precios. Los trabajos realizados por Nerlove (1958), mediante la introducción al modelo de las expectativas adaptativas de precios, aunque no eliminaron las fluctuaciones en el precio, permitieron disminuir los ciclos fuertes encontrados en el Teorema original de Cobweb. Más tarde, la teoría de las expectativas racionales propuesta por Muth (1961), permitió incluir en el modelo Cobweb variables de un alto componente aleatorio y eliminar el potencial para los ciclos endógenos,

al menos en su forma más idealizada. En estudios posteriores sobre la dinámica del precio de commodities realizados por Deaton & Laroque (1992), atribuyen las fluctuaciones en los precios a choques de la oferta frente a una demanda inelástica y al comportamiento de los especuladores. Aunque sus modelos no logran reproducir todas las características de autocorrelación del comportamiento cíclico en las series reales de precios de commodities (Cashin et al. 2002; Deaton, 1999; Deaton & Laroque, 1999; Deaton & Laroque, 2003), sus resultados muestran que se genera más autocorrelación en los precios, cuando se incluye almacenamiento que en ausencia de este. Estudios más recientes han introducido elementos al modelo básico de Cobweb para aumentar la complejidad del diseño y considerar aspectos más generales. La inclusión de no linealidades asociadas al comportamiento de los especuladores, ha permitido mostrar que la introducción de este tipo de agentes en el mercado puede desestabilizar el mercado hasta el punto de tornarse caótico Westerhoff & Wieland (2010). Por otro lado, los estudios realizados por Arango & Moxnes (2012), muestran que cuando se introducen en un mercado tipo Cobweb rezagos en las inversiones y tiempo de vida útil para la capacidad de producción, el resultado es un incremento en las variaciones y la tendencia cíclica del precio del mercado. La incertidumbre asociada a variables dentro del mercado se ha tomado como justificación para la existencia de un mercado de futuros. Aunque la introducción de este tipo de mercados se ha utilizado como mecanismo para explicar la volatilidad e inestabilidad en el precio de commodities, la justificación que normalmente se encuentra en la literatura para su aparición radica en el deseo de cubrir riesgos. Experimentos en mercados experimentales que incluyen mercados de futuros, han permitido mostrar que la introducción de este tipo de mercados aumenta la competitividad en el mercado Allaz & Vila (1993). Además cuando los jugadores son neutrales al riesgo y se pueden conocer las decisiones tomadas por los jugadores en el mercado de futuros, el precio del mercado presenta convergencia al equilibrio competitivo (Ferreira, 2000). Otros estudios han mostrado que la introducción de un mercado de futuros además de aumentar la competencia del mercado, es más eficiente que aumentar el número de participantes en el mercado para obtener el equilibrio (Lecoq 2005). Este trabajo es una extensión del estudio realizado por Arango & Moxnes (2012), tomando como punto de partida el tratamiento T4 de su estudio. Esta extensión considera además de los elementos propios del tratamiento referencia, la introducción de un mercado de futuros. EL objetivo es determinar si la introducción de este tipo de mercados permite disminuir el comportamiento cíclico en los precios de commodities. Este trabajo contiene la construcción de un modelo económico, simulaciones y mercados experimentales. El diseño experimental considera dos tratamientos con un mercado de Cournot simétrico con 5 jugadores, una función de demanda lineal, 4 años de rezago en las inversiones y 16 años de vida útil en la capacidad

instalada. El tratamiento T1 corresponde al tratamiento T4 utilizado por Arango & Moxnes (2012), en el cual se realizan inversiones en capacidad y negociaciones en spot. En el tratamiento T2 se realizan inversiones en capacidad y se tiene la opción de realizar negociaciones en un mercado de futuros y luego en mercado spot. Esta extensión muestra que bajo estas condiciones y la restricción de parámetros asociados a las compensaciones en capacidad y depreciación en las decisiones de inversiones en capacidad tomadas por los jugadores, la introducción de mercado de futuro permite estabilizar, disminuir y eliminar los ciclos en los precios de mercados de commodities. Las hipótesis planteadas en este trabajo, sobre el comportamiento del precio del mercado fueron probadas a través de simulaciones y mediante pruebas estadísticas a los resultados obtenidos en los experimentos piloto. Los resultados encontrados mediante simulaciones muestran que la introducción de un mercado de futuros antes del mercado spot permite disminuir las amplitudes en las oscilaciones y el comportamiento cíclico de los precios cuando los jugadores toman decisiones de una forma racional, ajustándose a los cambios en las variables involucradas en el modelo. Los resultados experimentales muestran que la toma de decisiones por parte de los jugadores en el mercado juega un papel fundamental, puesto que sus decisiones pueden derivar en la estabilidad o inestabilidad del precio del mercado.

Palabras clave: teorema de Cobweb, mercado de futuros, ciclos, estabilidad, toma de decisiones, simulación, experimentos de laboratorio.

211. **Cooperation tendencies in games with a coalition structure**

María Albina Puente (*Technical University of Catalonia*),

Francesc Carreras (*Technical University of Catalonia*)

We introduce a new family of mixed coalitional values, called coalitional multinomial probabilistic values and designed to take into account player's attitudes towards cooperation. They combine the Shapley value and the multinomial probabilistic values, generalizing the symmetric coalitional binomial semivalues without loss of properties. A first aspect of these values is that each one of them depends on n parameters (as many as players), which are interpreted as the individual tendencies of the players to form coalitions. A second aspect is that they apply a multinomial probabilistic value in the quotient game that arises once the coalition structure forms, but share within each union the payoff so obtained by applying the Shapley value to a game that concerns only the players of that union. This looks highly interesting in voting contexts. Once an alliance is formed—and, especially, if it supports a coalition government—, cabinet ministries, parliamentary and institutional positions, budget management, and other political responsibilities must be distributed among the members of the alliance, so that the Shapley value becomes essential here.

Keywords: cooperative game, shapley value, multinomial probabilistic value, coalition structure.

7.29. Técnicas de muestreo

212. Encuesta web “Perspectivas de futuro de los alumnos de bachillerato del campus de la Universidad de Valladolid en el curso 2012-2013”

José Antonio Menéndez (*Profesores del Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Valladolid*),

Jesús Alberto Tapia (*Profesores del Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Valladolid*),

Ana Belén de Lucas (*Alumnas del Grado en Estadística de la Universidad de Valladolid*),

Irene de la Rosa (*Alumnas del Grado en Estadística de la Universidad de Valladolid*),

Nuria Torres (*Alumnas del Grado en Estadística de la Universidad de Valladolid*)

El objetivo de este trabajo es conocer el interés de los estudiantes de bachillerato de las cuatro provincias con campus de la Universidad de Valladolid (UVa), población de aproximadamente 11.000 alumnos, por la continuación de sus estudios en alguno de los distintos grados universitarios y sus posibles salidas profesionales, estableciendo relaciones de asociación entre su perfil social y sus preferencias. Para recoger la información se han ejecutado todas las fases de un estudio social, planteamiento de objetivos, cuestionario e implementación del mismo en Google-Docs, solicitud de permisos, muestra piloto, diseño muestral, trabajo de campo, depuración de la base de datos, explotación estadística y presentación de resultados. Una de las principales características de este estudio ha sido lograr un diseño muestral completamente probabilístico, a pesar de realizar la encuesta vía web. Se han estratificado los institutos/colegios por provincia, tamaño de municipio (Capital, Alfoz, otros municipios) y se ha determinado, en cada provincia, el tamaño muestral necesario fijado un error de estimación de 0.05 para estimar una proporción con una confianza del 95%. Los tamaños de muestra resultante se han repartido proporcionalmente atendiendo a tres estratos más, tipo de centro (privado, público o concertado), curso y tipo de bachillerato. Se han considerado las aulas de los centros conglomerados de individuos, y se han seleccionado institutos/colegios mediante m.a.s. hasta cubrir las cuotas resultantes para los 144 estratos, en total 24 colegios/institutos. Para la realización del proyecto se ha contado con un equipo de cinco personas y los medios del Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la UVa, y ha sido imprescindible, en la recogida de datos

la colaboración de los profesores, los alumnos y los directores de los centros de secundaria facilitando la utilización de las aulas con conexión a internet.

Palabras clave: encuesta vía WEB, estudio social de opinión en el ámbito educativo.

213. **Metodología muestral en encuestas de opinión de usuarios de servicios con atención pública**

Jesús Alberto Tapia (*Profesores del Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Valladolid*),

Jesus Rodríguez Rodríguez (*Dirección General de Presupuestos y Estadística de la Consejería de Hacienda. Junta de Castilla y León*),

Bonifacio Salvador González (*Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Valladolid*)

El objetivo de este trabajo consiste en proponer un diseño muestral probabilístico alternativo y parcialmente contrastado de manera experimental en encuestas en las que se recoge la opinión de individuos sobre diversos aspectos de un servicio del que acaban de hacer uso. Las novedades teóricas del procedimiento son: El diseño muestral no precisa del conocimiento previo estimado del número de visitas en las unidades de tiempo que conforman el período de encuestación. El tiempo de atención de los clientes es la unidad de medida que permite tomar una muestra probabilística de clientes. Se ofrece una propuesta al cálculo exacto del tamaño de muestra de unidades de tiempo en las que se encuesta a los clientes. Se ofrece una propuesta al cálculo exacto del tamaño de muestra de clientes. Las estimaciones se realizan tanto para la población de usos como de usuarios entendiendo como tales clientes que utilizan más de una vez el servicio pero sólo responden una vez. Los ejemplos de aplicación y las simulaciones permiten validar y comparar los procedimientos y analizar la precisión de las estimaciones.

Palabras clave: Encuesta de opinión a usuarios de servicios públicos, Marco espacio-tiempo, Muestreo por conglomerados, Muestreo polietápico, Muestreo sistemático fraccional, Muestreo sistemático proporcional al tamaño, Métodos indirectos de estimación.

214. **Estudio del coste esperado en una encuesta por correo en la ocasión actual cuando hay respuesta**

Amelia Victoria García Luengo (*Universidad de Almería*),

Inmaculada Oña Casado (*Universidad de Almería*)

En muchas ocasiones prácticas, la estimación de la razón poblacional de dos caracteres, en la ocasión actual, resulta de considerable interés. Por ejemplo, en una encuesta familiar por correo podríamos estar interesados en estimar la razón entre la media de ingresos familiares y la media de gastos de alimentación, En este tipo de encuestas, la no-respuesta es un problema común. Con objeto de economizar en

las encuestas realizadas por correo y bajo un diseño de muestreo en ocasiones sucesivas, realizamos un estudio, en el que se considera el coste por cuestionario mandado por correo, el coste por cuestionario con los resultados de los entrevistados en el primer intento, el coste por cuestionario con los datos recogidos mediante entrevistas personales, y el coste total invertido en la recogida de datos mediante entrevistas personales, llevadas a cabo en la muestra completa, con lo que se asegura que no haya no-respuesta. Asumimos que el coste invertido en la recogida de datos para la parte común y no común de la muestra es el mismo y que el coste invertido en la recogida de datos en las dos ocasiones es el mismo. En estas condiciones determinamos los tamaños muestrales y el correspondiente coste esperado en la encuesta.

Palabras clave: muestreo sucesivo, no-respuesta, estimador de la razón, coste esperado.

215. **Estimación de la función de distribución en poblaciones finitas mediante aproximación mínimo cuadrática**

José Antonio Mayor Gallego (*Universidad de Sevilla*)

In order to estimate the Finite Population Distribution Function using complete auxiliary information from survey data, we apply a model calibration approach, introduced by Wu and Sitter, assuming a relationship between the variables described by a superpopulation model. As usual, the calibration weights are chosen to minimize an average distance from the basic design weights, and also to minimize a quadratic type distance between the Distribution Function and the calibrated estimator, both over the predicted study variable. In this way, we obtain the calibrated weights solving a convex quadratic programming problem with linear constraints.

Keywords: survey sampling distribution function.

216. **Algoritmo combinado para el cálculo de diseños D-óptimos**

Irene García Camacha Gutiérrez (*Universidad de Castilla La Mancha*),

Raúl Martín Martín (*Universidad de Castilla La Mancha*)

El diseño de experimentos es una parte fundamental en el proceso científico, siendo por tanto esencial identificar diseños óptimos y eficientes. El desarrollo de las nuevas tecnologías ha hecho posible el cálculo de estos diseños para modelos no lineales. Sin embargo, la selección de buenos diseños en la mayoría de casos prácticos resulta inabordable por lo que los algoritmos numéricos cobran especial importancia para el cálculo de diseños localmente óptimos. La mayoría de los algoritmos que existen en la literatura son modificaciones de los algoritmos Wynn-Federov, WF, (Wynn, 1970 y Federov, 1972) o el multiplicativo, MA, (Silvey, Titterington and Tosney, 1978). En ese trabajo se propone un nuevo algoritmo que combina las estrategias seguidas por los algoritmos anteriores WF y MA. El algoritmo

combinado aumenta de modo considerable la velocidad de resolución con respecto a los casos anteriores.

Palabras clave: diseño localmente óptimo, algoritmo multiplicativo, D-optimización.

Índice de autores

- Abe, 62
Aguilera del Pino, 41
Aguilera Morillo, 12
Alberto Moralejo, 43
Albornoz Sanhueza, 108
Alcaraz Soria, 117, 120
Aldasoro, 105
Almaraz Luengo, 124
Almonacid Caballer, 74
Alonso Ayuso, 94
Alonso Meijide, 21
Alonso Revenga, 63
Alonso Sanz, 90
Alvarez Mozos, 21
Amores, 86
Amorim, 106
Aneiros, 125
Angulo, 124
Aparicio, 45
Aranda Domingo, 79
Arango Aramburo, 127
Araujo, 51
Armero, 77
- Bía Platas, 64
Balaguer Beser, 74
Balakrishnan, 77
Baquerizo Palma, 39
Barber, 45
Barbosa Correa, 36, 37
Belzunce, 56
Benavides, 42
Bermeo Losada, 94
- Bernal Loaiza, 44
Beutel, 86
Blanco, 15
Blanco Izquierdo, 24
Boada, 36
Bohorquez, 74
Boj del Val, 30
Borque Fernando, 97
Bou, 32
Bratanova, 9
- Calleja, 116
Calvo Llorca, 83
Cano, 94
Caro, 57
Carracedo Garnateo, 25
Carreras, 129
Carrizosa, 114
Casero Alonso, 97
Castillo, 8
Coello Coello, 43
Colebrook, 54
Colina, 51
Colonna, 113
Colubi, 28
Colubi Cervero, 25
Conesa Guillén, 71
Corominas, 116
Costa Cor, 30
Cuadras Avellanas, 27
Cuadros Margarit, 83
Cuesta Frau, 31

- de Freitas, 106, 107
 de la Rosa, 130
 de Lucas, 130
 De Santis Bermeo, 39
 de Souza Santos, 107
 del Campo, 90
 Delicado, 39
 Di Alessio, 36
 Dias, 107
 Diego, 119
 Diggle, 77
 Ditlevsen, 66

 Egozcue, 27
 El Haj Ben Ali, 15
 Elizondo Amaya, 117
 Escribano, 53
 Escudero, 105
 Escudero Bueno, 104
 Espejo Miranda, 118
 Espinal Berenguer, 99
 Esquivel, 124
 Esteban, 13
 Esteban Lefler, 67
 Estrada Roca, 38

 Febles Acosta, 50
 Febrero Bande, 126
 Felipe Ortega, 96
 Fiestras Janeiro, 20, 21
 Forte, 77
 Fortiana Gregori, 30

 Galbete, 98
 Galeano San Miguel, 40
 Gallardo Morilla, 20
 Gallego Pitarch, 59
 Gamero, 99
 Garcia-Villoria, 116
 Gargallo Valero, 100
 Ghorbani, 72
 Gil, 29
 Ginebra, 123
 Giraldo, 39, 74
 Goberna Torrent, 112
 Gordaliza, 34
 Gouet, 98, 116
 Graffelman, 32

 Greselin, 34
 Guijarro Tarradellas, 48, 101

 Hadi, 81
 Hamacher, 9
 Hantoute, 111
 Heese, 16
 Hermoso Carazo, 121
 Huerga, 23
 Husson, 29

 Ingrassia, 34

 Jensen, 66
 Jodra Esteban, 63
 Joseph, 40
 Juan Verdoy, 72, 73

 Kalcsics, 114
 Kessler, 66
 Kostov, 29
 Kruger, 111
 Kutanoglu, 117

 Lacruz, 81
 Lacruz Casacau, 43
 Lahoz Arnedo, 43
 Landete Ruiz, 117, 120
 Laniado, 55
 Lara Porras, 92
 Lillo, 40, 55, 65, 101
 Llorca, 21
 Llorca Pascual, 15
 Lorente, 99
 Lovell, 27
 Lozano Aguilera, 76
 Lubiano, 29
 Lucena, 99

 Machado Borggio, 46
 Machado Costa, 51, 102, 109
 Maculan, 107
 Maldonado Guaje, 98
 Marí Benlloch, 27
 Marco Segura, 79
 Marianov, 110, 119
 Marrao, 57
 Martins, 38
 Mateo Collazos, 43

- Mateo Sanz, 37
 Mateu, 39, 70, 72, 74, 79
 Mateu Mahiques, 70, 73
 Matis, 47
 Maya Toro, 109
 Mayor Gallego, 132
 Menezes, 71
 Merino, 105
 Merino Maestre, 104
 Mero Vera, 22
 Miñarro Alonso, 83
 Militino, 69
 Milla, 26
 Mingotti, 40
 Miralles, 42, 51, 102, 109
 Moguerza, 94
 Moler, 98
 Molina Botella, 25
 Molina Ferragut, 20
 Monge Ivars, 45, 117, 120
 Montero, 124
 Montes, 96
 Montes Peral, 19
 Montoya Echeverri, 109
 Morales Arsenal, 91
 Moreno, 99
 Moreno Bas, 92
 Moreno Ternero, 19
 Morton, 117
 Moshuk, 96
 Mota, 107
 Mota Medina, 121
 Mulero, 34
 Municipio, 51

 Nakamura, 113
 Nascimento, 38
 Nickel, 114
 Nieto, 55
 Noguera Mora, 64
 Novo, 23
 Novo Sanjurjo, 23

 Oliveira Moreira, 109
 Oltra Crespo, 38
 Orche Galindo, 87
 Ortega, 94

 Ortega Blu, 108

 Palomino, 127
 Papaspiliopoulos, 66
 Pardines, 53
 Pardo, 77
 Pardo Llorente, 90, 96
 Pardo Pascual, 74
 Pastor, 45
 Pastor Moreno, 116
 Pérez, 105
 Pewsey, 62
 Plo, 98
 Poza Cruz, 122
 Prieto Mendoza, 62
 Puente, 129
 Puerto, 15, 24, 118
 Puerto Albandoz, 106
 Puigjaner, 37
 Pulido, 21

 Rabasa Dolado, 64
 Rafels, 20
 Rafels Pallarola, 19
 Ramos, 99
 Ray, 22
 Riazzudin, 72
 Ritt, 42, 102
 Romo, 40, 65
 Rovira Trepas, 87
 Rueda Castillo, 37
 Ruiz, 56

 Saez Zafra, 73
 Salvador Figueras, 100
 Salvatierra, 107, 113
 Sanou Vilarrodona, 126
 Sanz, 98
 Sarto Marzal, 100
 Satorra, 30, 32
 Satorra Brucart, 84
 Segura Gisbert, 24
 Segura Maroto, 22
 Serra Saurina, 73
 Sicilia, 54
 Sinova, 28
 Smith, 47
 Sosic, 19

Stein, 10

Tapia, 130, 131

Tejada, 53

Tejada Cazorla, 20

Toledo Melero, 111

Torres, 130

Torres Ruiz, 122, 123

Torsney, 67

Toth, 8

Uchoa, 106

Ugarte, 69

Unzueta Inchaurre, 105

Urrutia, 127

Valderrama Bonnet, 41

Valero, 123

Valero Herrero, 115

Van Aelst, 28

van den Brink, 15

Varela Entrecanales, 31

Varga Linde, 73

Vargas Cuesta, 39

Vargas Rojo, 31

Ventura Colera, 84

Vera, 30

Vespucci, 105

Vilar, 125

Villarroel, 123

Villegas Rivas, 26

Vlad, 68

Ybern, 21

Zanetto, 32

Zigrino, 105



SEIO 2013

XXXIV CONGRESO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA
E INVESTIGACIÓN OPERATIVA
VIII Jornadas de Estadística Pública