

# SEIO

Sociedad de Estadística e  
Investigación Operativa

## BOLETIN

Volumen 17, número 2

**JUNIO 2001**

Hortaleza, 104 – 2º Izda 28004 Madrid

Tel: 91 308 24 74 - Fax: 91 308 12 38

E-mail: seio01@retemail.es

### REDACCION

**Director:** Francisco Javier Quintana  
(Univ. Politécnica de Madrid)

#### Corresponsales:

Marc Almiñana (Universidad Miguel  
Hernández de Elche)

José D. Bermúdez (Univ. de Valencia)

Miguel Angel García Martínez (I.N.E)

Aurora Hermoso (Univ. de Granada)

David Ríos (Univ. Juan Carlos I)

Rosario Romera (Univ. Carlos III)

José A. Vilar (Univ. de La Coruña)

Javier Yáñez (Univ. Complutense, Madrid)

Dolores Romero Morales (Univ  
Maastricht)

Imprime SEROTEL - Pº de la Castellana,  
87. Dep. Legal: M-13647-1995

### INDICE

Editorial..... 1

#### Artículos:

\* Estudio mediante simulación de una  
sucursal bancaria (Francisco José Lluna  
Taverner y Ramón Martínez Coscollá,  
Universidad de Valencia) ..... 2

\* Asignación cuadrática (QAP) mediante  
GRASP, Una aplicación a los cuadrados  
grecolatinos (Quintín Martín Martín y  
Alvaro Morala Rodríguez, Universidad de  
Salamanca) ..... 6

\*Ejemplo de encuestación Delphi a través  
de Internet (Juan David Ayllon Burguillo,  
Universidad de Sevilla) ..... 11

\* Thomas Bayes (1701-1761) en su  
tricentenario (Miguel Angel Gómez  
Villegas, Universidad Complutense de  
Madrid)..... 15

Entrevistas ..... 17

Noticias ..... 19

Conferencias, Cursos y Congresos ..... 23

Agenda ..... 27

Ofertas de Empleo ..... 30

Noticias de los SEIO ..... 31

## EDITORIAL

*Durante este año se ha producido el relevo de nuestros editores de Top. Laureano F. Escudero Bueno y Jaume Barceló Bugada han sido sustituidos por Marco A. López Cerdá e Ignacio García Jurado. La editora técnica de Top, Teresa Ortuño Sánchez, ha dejado paso a Antonio Alonso Ayuso. Los editores de Test, Wenceslao González Manteiga y Antonio Cuevas González están próximos al final de su mandato.*

*En el XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, ha celebrado en Úbeda (Jaén) del 6 al 9 de noviembre de 2001, se producirá el cambio en la presidencia de la Sociedad: Rafael Infante Macías dejará su cargo en favor de Pedro Gil Álvarez.*

*Los vocales del Consejo Ejecutivo, Joaquín Muñoz García y Luis Parra Guijosa, dejarán su puesto después de tres años en el cargo. El representante del Instituto nacional de Estadística en el Consejo Ejecutivo también será renovado por trasladarse al Instituto Valenciano de Estadística. Los vocales del Consejo Académico de Estadística, María Jesús Ríos Insúa, Jordi Ocaña Rebull y Ricardo Cao Abad cesan en su cargo, así como los vocales del Consejo Académico de Investigación Operativa Luis Coladas Uría, Emilio Carrizosa Priego y Joaquín Sánchez Soriano.*

*Desde Septiembre de 1993, volumen 9, número 2 del boletín de la SEIO, Francisco Javier Quintana Martín está al frente del mismo en calidad de director. Sustituyó a Javier Yáñez Gestoso, continuando la labor que éste último iniciara. A partir de entonces el boletín ha ido evolucionando hasta adquirir su formato actual. Entre otros logros conviene destacar la inclusión periódica de artículos de carácter divulgativo y de aplicaciones concretas de la Estadística y de la Investigación Operativa.*

*Desde octubre de 1994, Domingo Morales González, ha sido el Secretario General de la Sociedad. En aquel entonces, y bajo la presidencia de Elías Moreno Bas, sustituyó en el cargo a Juan Tejada Cazorla. Ha continuado en ese puesto durante las presidencias de Jesús T. Pastor Ciurana y Rafael Infante Macías, y está previsto que abandone el cargo en el congreso de Úbeda.*

*En conformidad con el artículo 6º de los estatutos de la SEIO, durante el XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, deberá celebrarse elecciones para los cargos de vicepresidente de la sección de Estadística, vicepresidente de la sección de Investigación Operativa, vocal del Consejo Ejecutivo (dos vacantes), vocal del Consejo Académico de la sección de Estadística (dos vacantes), vocal del Consejo Académico de la sección de Investigación Operativa (dos vacantes). En definitiva este año 2001 es un periodo de renovación para la SEIO, donde unos compañeros dan paso a otros para, de esta forma, revitalizar nuestra Sociedad con nuevas ideas y nuevos proyectos.*

*La presencia de la SEIO en INTERNET donde actualmente mantenemos tres páginas web. La página oficial de la Sociedad la mantienen Domingo Morales y Antonio Beato y está en el CICA. Su dirección es <http://www.cica.es/aliens/seio/>.*

**Continúa en página 30**

# Artículos

---

## ESTUDIO MEDIANTE SIMULACIÓN DE UNA SUCURSAL BANCARIA

Francisco José Lluna Taverner y  
Ramon Martínez Coscollà.  
Universidad de Valencia

---

### 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende estudiar el comportamiento de modelos de congestión donde hay recursos solicitados. Estos recursos son limitados y cuando no están disponibles los *clientes* esperan y el sistema se puede congestionar. El principal problema en el estudio de muchos de estos sistemas es que la tasa de llegadas de clientes varía a lo largo del tiempo.

Para desarrollar el modelo se ha elegido una oficina de una entidad bancaria. Mediante simulación, se variarán los parámetros del sistema (número de cajeros abiertos, afluencia de clientes, etc.) y se estudiará cómo afectan estos cambios al modelo.

#### 1. Comprensión del sistema real y planteamiento de los objetivos del estudio.

La oficina 0047 de Bancaixa tiene un horario de atención al cliente de 8:30 a 14:30 ininterrumpidamente. En la oficina se dan varios servicios: algunos por cajas, otros por cajeros automáticos y otros vía despacho. El estudio se centrará en el comportamiento de las cajas y de los clientes que las utilizan (longitud de la cola, tiempo medio de espera, tiempo de servicio, etc.) y se realizará utilizando la simulación por ordenador (programa ARENA 3.0).(1)

#### 2. Recogida de datos

La recogida de los datos se llevó a cabo durante dos días consecutivos (concretamente el 23 y 24 de febrero de 2000) a lo largo de toda la mañana.

Se recogieron tanto los tiempos entre llegadas como los tiempos de servicio en caja.

#### 3. Formulación del modelo teórico

Servidores: la oficina 0047 cuenta con cuatro cajas de las cuales, seguramente por la escasa afluencia de clientes, sólo se encontraban operativas tres (que no permanecían abiertas todo el tiempo).

El responsable de organización de Bancaixa nos proporcionó una lista con los tipos de operaciones más frecuentes y una estimación de los tiempos medios que requiere cada una de ellas. Esta información será de utilidad en el ajuste de la distribución teórica.

Cola: la disciplina de la cola es, evidentemente, FIFO. Se ha de remarcar que la cola es única (todos los clientes que llegan entran en la misma cola y esperan en ella hasta que alguno de los servidores queda libre). Esta política de cola es más eficiente que la cola individual para cada servidor como queda demostrado en *Simulation Modeling and Analysis* (Kelton & Law) pág. 541: si bien los tiempos medios de los clientes en el sistema coinciden al hacer las simulaciones, en los sistemas multicola se dan observaciones más extremas (clientes que han pasado más tiempo en cola) que en los de cola única. La razón de esta diferencia parece clara: en los sistemas multicolos los clientes no son servidos en el orden de llegada y, por tanto, la varianza tiende a ser más grande.

Llegadas: se supondrá, en principio, que las llegadas siguen una distribución Poisson no homogénea ya que la afluencia de clientes no es la misma a lo largo de toda la mañana.

#### 2. AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES TEÓRICAS

Para llevar a cabo la simulación del sistema se han de generar las observaciones aleatorias necesarias:

tiempo entre llegadas, tiempo de servicio, etc.

Habitualmente, hay tres opciones para generar estas observaciones:

Utilizar directamente los datos que hemos obtenido (trace-driven simulation).

Definición de una distribución empírica a partir de los datos (para extraer muestras).

Ajuste de una distribución teórica.

La primera de las opciones no es aplicable porque se le tendrían que proporcionar al programa de simulación los datos directamente. La definición de una distribución empírica tiene la misma dificultad además de la imposibilidad de generar (si no se modifica adecuadamente) observaciones extremas. Se elige, por tanto, el ajuste de la distribución teórica.

#### 2.1. Llegadas

Los datos de tiempos entre llegadas fueron recogidos en dos días diferentes y, por tanto, se podría dudar de que procedan de la misma distribución de probabilidad. Para asegurar que son dos muestras de la misma población (y que se pueden combinar para hacer el estudio) se lleva a cabo un test de homogeneidad (Kruskal-Wallis). Este tipo de tests contrastan:

$H_0$ : las dos funciones de distribución son iguales (o las observaciones proceden de la misma población)

$H_1$ : no  $H_0$

El SPSS realiza el test de Mann-Whitney que es equivalente al test de Kruskal-Wallis. Aplicando este test a las observaciones de tiempo entre llegadas de los dos días se obtiene el p-valor 0.818 que es aceptable.

Conviene señalar que si se realiza un test de bondad de ajuste (Kolmogorov-Smirnov) suponiendo que la

distribución teórica es la Poisson (homogénea) con los parámetros estimados de la muestra, el resultado es un p-valor de 1. Evidentemente, este resultado no puede hacer aceptar la distribución Poisson homogénea como distribución teórica porque la tasa de llegadas al banco depende fuertemente

de la hora. Además, si se lleva a cabo este test con los parámetros fijos para un intervalo de tiempo de una hora, se rechaza la hipótesis nula.

Siguiendo una técnica equivalente a la propuesta en *Simulation Modeling and Analysis* (Kelton & Law) pág. 407, se

ha dividido el tiempo en intervalos de 10, 15 y 30 minutos y para cada subintervalo se ha calculado el número de llegadas en cada día y después la media (que sería la estimación del parámetro  $\lambda$ ).

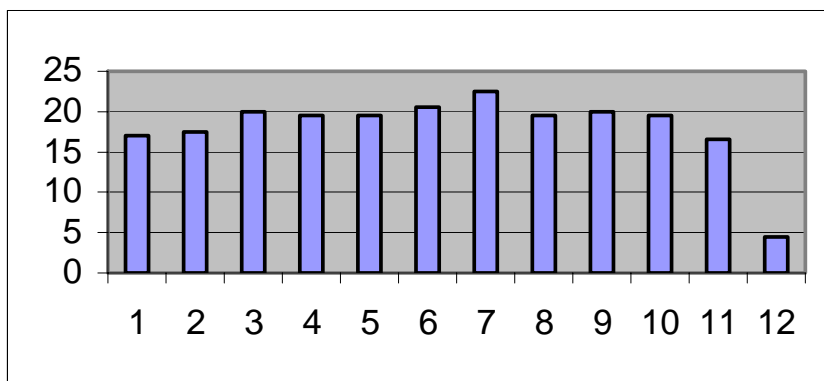


Gráfico 1:  
Número medio de entradas en intervalos de 30'

Es conocido que las horas de máxima afluencia de clientes son las horas centrales de la mañana, cosa que queda confirmada por el gráfico anterior. Se elige la división en intervalos de 30' porque no hay razones para pensar que pueda haber diferencias significativas entre intervalos de menor amplitud. Quizá una recogida más extensa de datos daría una forma más clara a los diagramas de barras y permitiría afinar mejor.

Como distribución de llegadas se considera, por tanto, una Poisson no homogénea donde el parámetro varía cada media hora.

## 2.2. Servidores

En cuanto a los tiempos de servicio suponemos que el tiempo requerido para realizar cada operación sigue una distribución normal con una varianza pequeña. Esta suposición no tiene en cuenta aquellas operaciones que presentan problemas y que tardan más a completarse y que se ajustarán de una manera diferente.

Sin tener en cuenta, por tanto, las observaciones anómalas (aquellas que superan los 142.5 segundos), el resto de tiempos de servicio pueden provenir de una mixtura de poblaciones normales:

$$f(x) = \sum_{i=1}^8 p_i \cdot f_i(x)$$

donde  $f_i(x) \approx N(\mu_i, \sigma^2)$ ;

Cada población normal representa un tipo de operación. Por otra parte, los parámetros  $p_i$  representan la probabilidad de que un cliente escogido al azar realice la operación  $i$ . Sin tener más información sobre el sistema, se tendrían que estimar los 8 parámetros  $p_i$  y las ocho medias  $\mu_i$  (método de los momentos o bien métodos iterativos más sofisticados). Ahora bien, se puede utilizar la información de la que disponemos sobre las operaciones más habituales y su tiempo medio de realización. Así, se agrupan los datos alrededor de las medias  $\mu_i$  (30,45,60...) en intervalos de amplitud constante y centrados en  $\mu_i$  (amplitud 15). Todas las observaciones que caen en el intervalo  $i$  son consideradas clientes que realizan la operación  $i$  y así se ajusta una distribución normal para cada tipo de operación. Es evidente que esto supone una simplificación quizá evitable si se dispusieran de más datos y los histogramas fueran más aclaratorios.

Dos apuntes sobre el ajuste de las observaciones anómalas: se ha de tener

en cuenta que a la hora de ajustar la distribución exponencial para aquellas observaciones que superan los 142.5 segundos se ha tenido que sumar este valor como constante (ya que la exponencial va de 0 a  $+\infty$ ). Se ha utilizado el estimador máximo verosímil del parámetro de la exponencial con la función de verosimilitud calculada con las observaciones anómalas transformadas (restando 142.5).

Por otro lado, la distribución exponencial es la que mejor se ajusta. Es esta la razón por la cual se ha utilizado aunque pueda parecer paradójico (debido a la falta de memoria) que los tiempos de servicio sigan esta distribución.

Los parámetros  $p_i$  se estiman a partir de la frecuencia relativa de las observaciones en cada uno de los intervalos.

## 3. SIMULACIÓN

En la simulación del sistema se utilizará el programa ARENA 3.0. Este programa permite simular un amplio espectro de sistemas de una manera muy sencilla. Los únicos elementos que se han de introducir para hacer el estudio son los cuatro servidores. De hecho, la dificultad del problema radica en la generación de

observaciones de la distribución Poisson no homogénea. En versiones posteriores del ARENA (ARENA 4.0) esta generación ya viene implementada con el programa.

### 3.1. Tipo de sistema

El caso de una oficina bancaria representa un ejemplo donde se han de aplicar simulaciones con criterio de parada: hay un acontecimiento (el cierre del banco) que especifica claramente la longitud de las réplicas. Como cada simulación está generada a partir de números aleatorios y las condiciones iniciales son las mismas, se puede asegurar que las variables aleatorias de interés (tiempo medio de permanencia en el sistema, número medio de clientes en el sistema, etc.) son independientes e idénticamente distribuidas.

Se considerarán, por otro lado, dos casos:

Estimaciones sobre la totalidad de la réplica (toda la mañana).

Estimaciones sobre un intervalo reducido (horas centrales).

El tiempo (esperado) de permanencia en el sistema para un cliente que llegue a las 8:35 no es el mismo que el de un cliente que llegue al sistema a las 11:30. En el caso del estudio sobre el intervalo de horas punta será necesario un período de calentamiento (warm-up) en el cual no se registrarán los valores de las variables.

### 3.2. Planteamiento de la simulación

#### Introducción

Como primer paso, se ha de fijar la unidad de tiempo. La utilización del segundo puede hacer que las réplicas se alargen demasiado (dependiendo del

procesador utilizado). Además,

podemos elegir una unidad de tiempo más grande sin riesgo de agrupar las observaciones ya que ARENA emplea doble precisión en los cálculos. Así pues, se ha optado por los 15 segundos. Las réplicas se completan en 1440 u.t.(2)

Las estimaciones del parámetro  $\lambda$  (tabla 1) se calculan dividiendo el número de llegadas entre la longitud del intervalo (30') en nuestras unidades (30·4=120).

#### 1. Proceso Poisson

La principal dificultad para simular este sistema es, como ya se ha apuntado, la generación de las observaciones aleatorias que constituirán las llegadas a cola. ARENA 3.0 no tiene la distribución Poisson no homogénea implementada y, por tanto, se tiene que programar una técnica de generación. Esta técnica se basará en el algoritmo de Lewis y Shedler (1979). La idea básica de este método es generar llegadas siguiendo la distribución Poisson con parámetro más grande y rechazarlas (si es el caso) de acuerdo con el intervalo donde nos encontramos. Matemáticamente, si  $\lambda^* = \max\{\lambda(t); t \in I\}$ :

1. Hacemos  $t = t_{i-1}$
2. Generamos  $u_1$  y  $u_2$  observaciones de una distribución  $U(0,1)$ .
3. Sustituimos  $t$  por  $t - (1/\lambda^*) \cdot \ln(u_1)$  (método transformada inversa de la probabilidad para la exponencial).
4. Si  $u_2 < \lambda(t)/\lambda^*$ , hacemos  $t_i = t$ . En otro caso, volvemos a 2.

Este método podría presentar

problemas si los valores de  $\lambda(t)$  fueran muy dispares (se generarían muchas observaciones para rechazarlas posteriormente). No es éste el caso.

La implementación en ARENA de este algoritmo requiere tres funciones:

Reloj (contador que especifique cuándo cambiamos el parámetro).

Función que determine el máximo entre los parámetros.

Creación de la entidad y rechazo si procede.

El grupo de instrucciones reloj lleva la cuenta del tiempo. Se crea una entidad para cada réplica (el tiempo entre creaciones coincide con la longitud de la réplica) que tiene asignada una variable *periodo*. Esta variable nos indica en qué intervalo estamos y cambia de valor cada 120 u.t (30 minutos).

Para llevar a cabo la simulación, al principio de la réplica se crea una variable que almacena el mínimo entre las medias de la tabla 1 (media de la exponencial más baja). Después se generan observaciones de una exponencial con esta media y se rechazan si no pasan una prueba equivalente a la indicada en el punto 4 del algoritmo.

Si la observación es aceptada, se le asigna el atributo *tiempo*. Este valor (entre 1 y 10) determina qué distribución seguirá el tiempo de servicio de esta entidad. Las probabilidades de esta asignación vienen dadas por las estimaciones de las frecuencias de cada tipo de operación (tabla 2).

El sistema del banco es muy simple:

#### 2. Forma del modelo

Intervalo	Estimación ●	Media exp. (1/λ)
8:30-9:00	0.1417	7.057
9:00-9:30	0.1458	6.858
9:30-10:00	0.1667	6
10:00-10:30	0.1625	6.154
10:30-11:00	0.1625	6.154
11:00-11:30	0.1708	5.855
11:30-12:00	0.1875	5.333
12:00-12:30	0.1625	6.154
12:30-13:00	0.1667	6
13:00-13:30	0.1625	6.154
13:30-14:00	0.1375	7.273
14:00-14:30	0.0375	26.667

Tabla 1: número medio de entradas en intervalos de 30' y estimación de la media de la exponencial

Parámetro	Frecuencia	Estimación
$p_b$	12	0.027
$p_l$	35	0.081
$p_2$	45	0.106
$p_3$	38	0.088
$p_4$	39	0.090
$p_5$	32	0.074
$p_6$	27	0.063
$p_7$	21	0.049
$p_8$	28	0.065
$p_9$	154	0.356

Tabla 2: frecuencias absolutas y relativas de cada tipo de operación

cuatro servidores con cola única. ARENA permite que cada servidor tenga unas características particulares para poder planificar descansos de los cajeros y diferencias en la rapidez de servicio.

Son de interés estadísticos sobre el número de clientes en cola (*discrete time change variable*) y el tiempo medio en cola (*tally variable*) para hacer las estimaciones y los intervalos de confianza.

### 3.3. Simulación y análisis del output

Sin tener en cuenta el proceso de llegadas y los tiempos de servicio, lo único que se ha de especificar en el sistema es el horario que siguen los diferentes cajeros.

En la simulación de la jornada completa (tabla 3), después de llevar a cabo 30 réplicas, la media del tiempo de espera es 4.71 (1'10'') y el intervalo de confianza es: [3.63,5.79] (traducido a segundos: [54'',1'26'']). Con una confianza del 95%, el intervalo que hemos encontrado contiene el verdadero valor del parámetro (tiempo medio de espera en cola).

Se ha de señalar que este tiempo se ha calculado incluyendo observaciones de todo el rango (de 8h30' a 14h30') y, por tanto, puede no ser significativo. Calculamos, pues, el tiempo de espera en las horas punta (10-13) y obtenemos una media de 5.33 (1'19'') y un intervalo de confianza de [3.54,7.12] ([53'',1'46'']) (tabla4).

Estos estadísticos se han calculado marcando un período de calentamiento de una hora y media (en el cual no se

guardan los estadísticos) y acabando la simulación a las 13 horas.

Se puede observar que el valor de la media en la hora punta es mayor aunque los intervalos de confianza se intersectan. Además, el intervalo de confianza es más amplio en el caso de las horas punta.

Llama la atención que las diferencias entre la media considerando la simulación entera y sólo las horas punta no sea mayor. Esto puede ser debido a las especiales características de los días en los que se tomaron las observaciones y a la escasa afluencia de clientes. Una rápida revisión de los coeficientes del proceso de Poisson muestra que no hay diferencias sustanciales en las cinco horas centrales (sólo un pico a las 11h30'). Además, el hecho de acabar las simulaciones a las 13 horas hace que no se computen los tiempos de aquellas observaciones que aún se encuentran en cola en ese momento (y que son altos porque han llegado cuando el sistema está congestionado).

Sí que se observan diferencias si se simula sólo la primera hora y media (tabla 5) y se compara con las horas punta (sobre todo en observaciones extremas y tiempos máximos). También se pueden hacer simulaciones con diferentes modificaciones del sistema para comprobar cómo se comporta si variamos los parámetros. En particular, nos interesa como afectan los cambios a la rapidez del servicio. Con un cajero extra abierto de manera permanente el tiempo medio de espera se sitúa en 15 segundos aproximadamente (tabla 6).

Por otra parte, considerando sólo el

tiempo medio en cola, no parece que la apertura de un nuevo cajero sea necesaria (ya que 1'19'' de espera en hora punta es un tiempo más que aceptable). Como medida de la eficiencia del sistema, se pueden considerar también las observaciones máximas en cada caso. Con tres cajeros abiertos hay una observación que ha esperado 17' aproximadamente y con cuatro cajeros el tiempo máximo de espera es de 7' 48'' en hora punta. Ésta sí que podría ser una razón para incorporar un cajero nuevo.

Se ha de apuntar que mientras se recogían los datos no se registró ninguna observación tan extrema. Estas observaciones se pueden dar en momentos puntuales de congestión (mientras un cajero hace un descanso) y siempre hay la posibilidad de mantener los tres cajeros abiertos sin tener en cuenta los descansos implementados.

### 3.4. Conclusiones

La simulación confirma, por tanto, la impresión que tuvimos mientras recogíamos los datos: no hay congestión del sistema y los tres cajeros abiertos son suficientes para absorber el flujo de clientes. Incluso modificando ligeramente los parámetros (reduciendo en un 20% los tiempos medios entre llegadas), la media de espera se encuentra alrededor de 3'30''. No obstante, no son aceptables las observaciones extremas que se dan en estos casos (14' de espera media en una réplica y estimación tiempo máximo: 13'). Este problema se puede resolver, como ya se ha comentado, abriendo los cajeros ininterrumpidamente durante los momentos de congestión.

	Media	D. T.	Semi amplitud IC 0.95	Valor mínimo	Valor máximo	Número observaciones
Tmed	4.71	2.89	1.08	1.6	13.3	30
Tmáx	36.9	14	5.23	16.2	71.1	30

Tabla 3: simulación de toda la jornada

	Media	D. T.	Semi amplitud IC 0.95	Valor mínimo	Valor máximo	Número observaciones
--	-------	-------	-----------------------	--------------	--------------	----------------------

Tmed	5.33	4.81	1.79	0.863	25.1	30
Tmáx	29.5	13.5	5.05	9.84	68.2	30

Tabla 4: simulación horas punta

	Media	D. T.	Semiampplitud IC 0.95	Valor mínimo	Valor máximo	Número observaciones
Tmed	3.19	2.56	0.955	0.186	11.3	30
Tmáx	20.1	10.1	3.79	3.36	47.7	30

Tabla 5: simulación primera hora y media

	Media	D. T.	Semiampplitud IC 0.95	Valor mínimo	Valor máximo	Número observaciones
Tmed	1.06	0.882	0.329	0.0844	3.61	30
Tmáx	14.6	6.91	2.58	3.77	31.2	30

Tabla 6: simulación horas punta con cuatro cajeros abiertos

## CONCLUSIONES

El aspecto más problemático de este estudio ha sido, sin duda, la recogida de datos y, sobretodo el ajuste de las distribuciones teóricas. Asumiendo que los sucesos en la naturaleza sigan algún tipo de distribución conocida, nunca se puede tener la seguridad de haber acertado en el ajuste. Evidentemente, no es lo mismo ajustar una distribución a unos datos generados con ordenador que intentar ajustar distribuciones con muestras reales.

Además, el hecho de no disponer de bastantes datos para que quede claro el patrón que siguen los sucesos (llegadas, servicios...) puede hacer dudar de las suposiciones y de los

criterios usados para ajustar las distribuciones. Por ejemplo, en cada intervalo definido para ajustar los diferentes tiempos de servicio sólo hay tres decenas de observaciones y es muy difícil, con tan pocas observaciones, reconocer una distribución normal. De todas formas, más datos no han de suponer necesariamente una mayor claridad en el análisis descriptivo y es posible que hubieran surgido más problemas (ya que los tests de bondad de ajuste son muy sensibles si hay muchas observaciones y la distribución de la población no es exactamente la que se especifica en la hipótesis nula).

Una rigurosa recogida de datos y el trabajo empleado para el ajuste de las distribuciones son, por tanto, los aspectos fundamentales en el estudio

de un sistema como éste. La implementación en un programa de simulación del modelo y el posterior análisis de resultados es más sencillo.

## REFERENCIAS

- Kelton, W.D., Sadowski, R.P. and Sadowski, D.A. (1998) *Simulation with Arena*, WCB/McGraw Hill.
- Law, A.M. y Kelton, W. D. (1991). *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw-Hill, Inc.

- (1) ARENA es un programa distribuido en España por Drilco  
 (2) Versiones posteriores del ARENA permiten fijar una unidad de tiempo base y variarla en cada módulo.

---

## ASIGNACION CUADRATICA (QAP) MEDIANTE GRASP. UNA APLICACIÓN A LOS CUADRADOS GRECOLATINOS

Quintin Martin Martin (e-mail: qmm@gugu.usal.es)

Dpto. de Estadística, Universidad de Salamanca  
 Alvaro Morala Rodriguez,  
 Universidad de Salamanca

---

## I.1- INTRODUCCIÓN

Vamos a estudiar un problema de teoría de localización que representa

un ejemplo típico dentro de los problemas de optimización combinatoria. Este es el problema de asignación cuadrática (QAP), en el cual se desea encontrar la mejor asignación de  $n$  instalaciones a  $n$  localizaciones dadas.

Existen varias formas de afrontar la resolución de este problema. La primera, en teoría la más sencilla, es la enumeración de todas las soluciones factibles. La segunda es la utilización de técnicas de ramificación y acotación. Y, por último, tenemos los métodos aproximados, es decir las metaheurísticas.

En el algoritmo GRASP que vamos a definir se contemplan dos posibles situaciones. En un principio, el QAP consta de dos matrices (D y F) que pueden ser o no simétricas y con valores iguales o distintos de cero en las diagonales principales. Comenzaremos por considerar matrices simétricas con ceros en las diagonales principales. Esto se debe a que, en general, la distancia de la localización  $i$  a la  $j$  es la misma que la de  $j$  a  $i$ , siendo 0 la distancia de una localización a sí misma. Lo mismo ocurre con los flujos entre las distintas instalaciones. En un apartado posterior

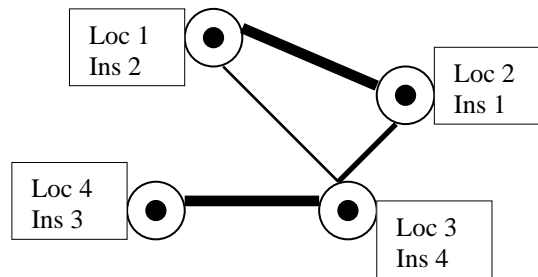
plantearemos un algoritmo GRASP más general en el que consideraremos matrices sin restricciones sobre simetría o valores de las diagonales principales y veremos cómo afecta al tiempo de respuesta del algoritmo.

En el presente trabajo sólo vamos a tratar los QAP cuadráticos puros.

## II.2.-DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En un problema estándar de teoría de localización, hemos dado un conjunto de n localizaciones y n instalaciones, y deseamos asignar cada instalación a una localización. Para medir el coste de cada posible asignación (hay n! de

ellas), multiplicamos el flujo prescrito entre cada una de las instalaciones por la distancia entre sus localizaciones asignadas, y sumamos todos los pares. Nuestro deseo es encontrar la asignación que minimice ese coste, y ese problema es precisamente el problema de asignación cuadrática



Encontraremos que si los problemas se hacen más grandes, pasará a ser muy difícil encontrar la solución óptima. Para un n grande llega a ser imposible enumerar todas las posibles asignaciones, incluso para un ordenador rápido. Las técnicas usadas para resolver este problema están normalmente basadas en la idea de ramificación y acotación.

### II.3.- FORMULACION DEL PROBLEMA

Podemos formular el problema definiendo 2 matrices n por n: una matriz de flujo F cuyo elemento (i, j) representa el flujo entre la instalación i y la j, y una matriz de distancias D que representa las distancias entre las localizaciones i y j. Se representa una asignación mediante el vector p, que es una permutación de los números 1, 2, ..., n. p(j) es la localización a la que la instalación j es asignada.

Con estas definiciones, el problema de asignación cuadrática puede ser escrito como:

$$\min_{p \in \Pi} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot d_{p(i)p(j)}$$

El problema se puede definir también de la siguiente forma:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N c_{ikjl} \cdot x_{ik} \cdot x_{jl}$$

st :

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, N$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, N$$

$$x_{ij} = 0, 1$$

donde  $c_{ijkl} = f_{ij} d_{kl}$  y  $x_{ij}$  representa la asignación de la instalación i a la localización j. Además, podemos redefinir la formulación del problema para transformarlo en un problema de programación lineal entera definiendo las variables  $x_{ikjl}$  que sustituyen en la función objetivo y en cada sumando el par de variables  $x_{ik} x_{jl}$ . También debemos añadir las siguientes restricciones:

$$\sum_{j=1}^N x_{ikjl} = x_{ik} \quad i, r, s = 1, \dots, N$$

$$\sum_{s=1}^N x_{ikjl} = x_{ik} \quad i, j, r = 1, \dots, N$$

## II.- APLICACIÓN DE LA QAP A LOS CUADRADOS GRECOLATINOS

### II.1.-INTRODUCCION

Los cuadrados latinos y grecolatinos se utilizan en el diseño de experimentos

clásico (ANOVA). Se usan cuando en el diseño completo el número de observaciones necesarias para realizar el análisis es muy grande. Hay que tener en cuenta que las observaciones a tomar son tantas como sean necesarias para cruzar todos los niveles de todos los factores, por ejemplo si tenemos 3 niveles con 4 factores cada uno nos encontramos con que debemos tomar  $4 \times 4 \times 4 = 64$  observaciones. En el caso de tener muchos niveles por factor, se recurre a diseños fraccionales como es el caso de los cuadrados.

Para utilizarlos es necesario que todos los factores tengan el mismo número de niveles. El caso del cuadrado latino se utiliza cuando hay 3 factores y el grecolatino es para 4.

De los dos es el cuadrado grecolatino en el que nos vamos a centrar ya que su diseño es más complicado. Hasta factores con 5 niveles existen cuadrados grecolatinos, pero, como veremos, para más niveles la situación es muy diferente.

### II.2.-CUADRADOS LATINOS

Como comentamos en la introducción, el cuadrado latino es un diseño fraccional utilizado en análisis de la varianza para tres factores. Un diseño fraccional lo que hace es reducir el número de observaciones a tomar para poder realizar el ANOVA. En general un cuadrado latino se podrá aplicar cuando se cumpla que:

En el modelo haya 3 factores.  
 El número de niveles en cada factor sea el mismo (k).  
 Las interacciones entre los factores sean nulas.

En general, en un diseño factorial completo se requieren  $k^3$  observaciones y, en el cuadrado latino, sólo  $k^2$ . Pero mejor que veamos un ejemplo para ver cómo es un cuadrado latino.

Sean tres factores con cuatro niveles: combustible (T), conductores (C) y vehículos (V). Entonces el cuadrado latino para estos tres factores es:

	C1	C2	C3	C4
V1	T1	T3	T2	T4
V2	T3	T4	T1	T2
V3	T2	T1	T4	T3
V4	T4	T2	T3	T1

En este caso, sólo tomaremos 16 observaciones, que son los cruces de niveles que se ven en la tabla. Por ejemplo para el conductor C3 y el vehículo V2 solo tomaríamos la observación con el combustible T1 y no con todos los posibles. El hecho de que se llamen cuadrados latinos se debe a que los niveles del factor dentro del cuadrado, en este caso T, se dan en forma de letras latinas (A, B, C).

Para crear un cuadrado latino tenemos dos restricciones a tener en cuenta:

Cada fila debe tener representación de todos los niveles del factor letra.

Cada columna debe tener representación de todos los niveles del factor letra.

O lo que es lo mismo, no pueden

coincidir en ninguna fila ni en ninguna columna ninguno de los niveles del factor letra.

### II.3.- CUADRADO GRECOLATINO

La idea es la misma que en los cuadrados latinos. En este caso, el número de factores con el que trabajamos es 4 con k niveles cada uno. Un cuadrado grecolatino se puede definir como dos cuadrados latinos superpuestos de orden k donde, además de las letras latinas, tenemos letras griegas. Además, debe verificar que:

Cada letra latina debe estar una vez en cada fila y columna, k veces en total.

Cada letra griega debe estar una vez en cada fila y columna y letra latina, k veces en total.

Veamos un ejemplo para factores con tres niveles:

A $\alpha$	B $\beta$	C $\gamma$
C $\beta$	A $\gamma$	B $\alpha$
B $\gamma$	C $\alpha$	A $\beta$

El problema que se plantea en los cuadrados grecolatinos es que pueden no existir. Un ejemplo es el caso en el que  $k = 6$ . Es este el problema en el que nos vamos a centrar. Intentaremos encontrar cuadrados grecolatinos o por lo menos dar uno que viole el menor número de restricciones posibles.

### II.4.- EL CUADRADO GRECOLATINO COMO QAP

Para transformar el problema en uno de asignación cuadrática, debemos definir dos matrices, una de distancias y otra de flujos, de tal forma que al

resolver el problema nos dé una asignación de letras (latinas y griegas) a las distintas casillas de nuestro cuadrado y manteniendo las restricciones que lo definen. Echemos primero un vistazo a nuestro cuadrado para el caso de tener 6 niveles por factor. Hemos numerado cada casilla para poder reconocerlas y diferenciarlas del resto.

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36

Vamos a considerar a cada casilla como una localización. Esto quiere decir que nos encontramos ante un problema de tamaño  $n = 36$ . Ahora tenemos que definir las distancias entre las distintas casillas. Sus valores vendrán dados de la forma:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ y } j \text{ están en la misma columna o fila.} \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Esta definición se puede alejar un poco de lo que se considera distancia, pero lo interesante de ella es que nos dice de forma sencilla si dos casillas están en la misma fila o columna. Además, define de forma única, dada la casilla superior izquierda, todo el cuadrado. Por otra parte nos va a ayudar a definir los flujos entre instalaciones (letras).

Construyamos ahora la matriz de flujos. Para construirla, vamos a ver primero la siguiente representación de las letras. En ella consideramos todas las parejas de letras latina/grecolatina posibles. Además, vamos a asociar un número a cada letra para poder definir la matriz.

A $\alpha$ 1	A $\beta$ 2	A $\gamma$ 3	A $\delta$ 4	A $\epsilon$ 5	A $\phi$ 6
B $\alpha$ 7	B $\beta$ 8	B $\gamma$ 9	B $\delta$ 10	B $\epsilon$ 11	B $\phi$ 12
C $\alpha$ 13	C $\beta$ 14	C $\gamma$ 15	C $\delta$ 16	C $\epsilon$ 17	C $\phi$ 18
D $\alpha$ 19	D $\beta$ 20	D $\gamma$ 21	D $\delta$ 22	D $\epsilon$ 23	D $\phi$ 24
E $\alpha$ 25	E $\beta$ 26	E $\gamma$ 27	E $\delta$ 28	E $\epsilon$ 29	E $\phi$ 30
F $\alpha$ 31	F $\beta$ 32	F $\gamma$ 33	F $\delta$ 34	F $\epsilon$ 35	F $\phi$ 36

En cada fila siempre se da la misma letra latina y, en cada columna la misma letra griega. Para definir la matriz, vamos a considerar penalizaciones entre pares grecolatinos. Si en los dos pares

coincide una de las letras, consideramos un valor de 1 y, si no coincide ninguna, entonces será 0. Es decir:

$$f_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si latina } i = \text{latina } j \text{ o griega } i = \text{griega } j. \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Ahora bien, si nos fijamos en la tabla anterior y construimos la matriz tenemos que esta es exactamente la

misma que para las distancias. Con lo que el problema se reduce a una sola matriz duplicada formada por ceros y

unos. Si queremos construir la matriz para otros valores de k haríamos de forma análoga a como lo hemos hecho

en este caso. La matriz para el caso k = 6 es la siguiente:

```

011111100000100000100000100000100000
101111010000010000010000010000010000
110111001000001000001000001000001000
111011000100000100000100000100000100
111101000010000010000010000010000010
111110000001000001000001000001000001
100000011111100000100000100000100000
010000101111010000010000010000010000
001000110111001000001000001000001000
000100111011000100000100000100000100
000010111101000010000010000010000010
000001111110000001000001000001000001
100000100000011111100000100000100000
010000010000101111010000010000010000
001000001000110111001000001000001000
000100000100111011000100000100000100
000010000010111101000010000010000010
000001000001111110000001000001000001
100000100000100000011111100000100000
010000010000010000101111010000010000
001000001000001000001000110111001000
000100000100000100000100111011000100
000010000010000010000010111101000010
000001000001000001111110000001000001
100000100000100000100000011111100000
010000010000010000010000101111010000
0010000010000010000010000110111001000
000100000100000100000100111011000100
000010000010000010000010111101000010
000001000001000001111110000001000001
100000100000100000100000011111100000
010000010000010000010000010001101110
00100000100000100000100001101110111
000100000100000100000100000100111011
000010000010000010000010000010111101
0000010000010000010000010000010111101
000001000001000001000001000001111110

```

Pero ¿resuelto el problema QAP, tenemos la solución del cuadrado?. La respuesta es sí. Analicemos la expresión siguiente:

$$f_{ij} \cdot d_{p(i)p(j)}$$

El QAP lo que minimiza es la suma en i y j de esta expresión. Es decir, buscará en nuestro caso que todos o la mayoría de los sumandos valga 0.

$$f_{ij} \cdot d_{p(i)p(j)} = 0$$

Esto implica que intentará conseguir que, cuando el flujo sea 1, la distancia sea 0, y viceversa. Traducido al problema original nos dice que cuando en dos pares de

letras (latina/grecolatina) coincida una de ellas (flujo 1), buscará dos instalaciones que no se encuentren en la misma fila y columna (distancia 0). Y esto es lo que queríamos conseguir.

Ahora la cuestión es que exista o no el cuadrado grecolatino. Si existe y por el problema de asignación cuadrática lo encontramos, éste debe tener un valor de la función objetivo igual a 0. Si no existe, entonces el valor de la función objetivo será dos veces el número de letras mal colocadas, ya que, si una letra está mal colocada producirá un coste igual a 1, pero también tendrá ese coste la letra con la que se repite.

## II.5.- RESULTADOS

Para resolver el problema hemos utilizado el GRASP modificado con la estrategia I. Los ejemplos resueltos corresponden a cuadrados grecolatinos de 5, 6, 7 y 8 niveles para cada factor. Esto hace que los problemas resueltos sean de tamaño 25, 36, 49 y 64 respectivamente.

Para cada uno de los ejemplos se han tomado 20 salidas de ordenador, en cada una de las cuales se ha aplicado el GRASP con un número de iteraciones n = 100. A continuación, se presentan los resultados obtenidos incluidos los tiempos de respuesta.

Ejemplo	Niveles	Solución (f. objetivo)			Tiempo (seg.)		
		mínimo	media	máximo	mínimo	media	Máximo
Grelat25	5	0	4,20	12	4,835	5,21	5,604
Grelat36	6	4	10,50	14	20,659	21,79	22,857
Grelat49	7	10	17,20	20	68,077	75,41	89,396
Grelat64	8	16	23,30	26	201,703	210,21	220,495

Como se ve en el cuadro, sólo se ha encontrado un cuadrado grecolatino perfecto para el ejemplo grelat25. Como ya comentamos antes, para el caso de 6 niveles no existe cuadrado y el que se ha encontrado tiene dos letras mal colocadas, o mejor dicho dos pares de letras repetidas. Esta solución es óptima del problema de asignación cuadrática ya que, si su valor no puede ser cero, necesariamente debe haber al menos dos pares repetidos. Para 7 y 8 niveles tampoco se han encontrado soluciones que nos den cuadrados sin letras repetidas en alguna fila o

columna. Las mejores soluciones encontradas para estos casos son 10 y 16 respectivamente, o lo que es lo mismo, 5 y 8 letras mal colocadas.

Veamos los mejores cuadrados obtenidos para  $k = 6, 7$  y  $8$  niveles. Primero daremos la solución dada por el QAP, que es una permutación de números y cada valor es la localización (casilla) asignada a cada instalación (letra grecolatina), es decir:

$$p(i) = j \quad \text{letra } i \text{ en casilla } j$$

Empecemos por el caso de 6 niveles. La mejor solución obtenida es la siguiente:

$$P = \{4,25,24,32,9,17,14,33,5,12,28,19,31,23,26,3,18,10,11,6,34,13,20,27,30,16,7,21,3,5,2,22,8,15,29,1,36\}$$

El valor de su función objetivo es 4 y, por lo tanto, como ya hemos dicho, el número de letras mal colocadas es 2. Pero veamos el cuadrado formado por la solución dada:

Fε	Eφ	Cδ*	Aα*	Bγ	Dβ
Eγ	Fβ	Aε	Cφ	Dα	Bδ
Dδ	Bα	Fγ	Eβ	Aφ	Cε
Bφ	Dε	Eδ*	Fα*	Cβ	Aγ
Aβ	Cγ	Dφ	Bε	Fδ	Eα
Cα	Aδ	Bβ	Dγ	Eε	Fφ

Los dos pares de letras repetidos del cuadro están marcados con un asterisco.

Pasemos ahora al ejemplo grelat49 (7 niveles). La mejor solución encontrada nos da un valor de la función objetivo

igual a 10. La permutación en este caso es:

$$P = \{47,29,21,11,6,23,38,13,28,36,4,44,31,19,39,45,5,15,30,14,27,22,7,34,37,17,46,12,35,18,48,24,8,40,2,16,41,10,49,26,1,32,3,9,25,33,42,20,43\}$$

La forma de definir la matriz es la misma que vimos anteriormente. Y el cuadrado se encuentra de la misma forma. Veamos como queda:

Fφ	Eη	Gα	Bδ*	Cγ	Aε	Dβ*
Eε	Gβ	Fγ	Aδ*	Dη*	Bα	Cφ
Cδ	Fα	Dε	Eβ	Bη*	Gφ	Aγ
Dα	Aφ	Eδ	Gγ	Fε	Cη	Bβ*
Aβ	Cε	Bφ	Fη	Gδ	Dγ*	Eα
Bγ	Dδ	Aη	Cα	Eφ	Fβ	Gε
Gη	Bε	Cβ	Dφ	Aα	Eγ*	Fδ

Y, por último, la solución de grelat64 encontrada con un menor número de letras mal colocadas (10) es la siguiente:

$$P = \{45,50,57,15,27,36,8,22,49,30,7,35,58,16,21,44,34,24,52,6,13,31,41,59,14,5,32,42,33,51,60,23,40,47,18,25,4,61,54,11,3,12,62,53,48,17,39,26,63,9,43,20,38,2,29,56,28,19,37,64,55,46,10,1\}$$

Que nos lleva a obtener el cuadrado grecolatino representado a continuación:

Hι	Gφ	Fα	Eε	Dβ	Cδ	Bγ	Aη
Gβ*	Hη	Eι*	Fβ*	Cε	Dα	Aδ	Bφ
Fφ	Eγ	Hβ*	Gδ	Bη*	Aι*	Dι*	Cβ*
Eδ	Fι	Aε	Hα	Gη*	Bβ	Cφ	Dγ
Dε*	Cα*	Bδ	Aφ	Hγ	Gε*	Fη	Eα*
Cη	Dδ	Gγ	Bι	Aα	Hφ	Eβ	Fε

B $\alpha$	A $\beta$	D $\phi$	C $\gamma$	F $\delta$	E $\eta$	H $\epsilon$	G $\iota$
A $\gamma^*$	B $\epsilon$	C $\iota^*$	D $\eta$	E $\phi$	F $\gamma^*$	G $\alpha$	H $\delta$

## II.6.- CONCLUSIONES

Como hemos visto, en ninguno de los tres casos (6, 7 y 8 niveles) hemos conseguido encontrar un cuadrado grecolatino perfecto. Para 6 niveles por factor, ya sabíamos que no existía y para 7 y 8, tampoco lo hemos encontrado.

Lo que sí hemos conseguido es encontrar el cuadrado más próximo en el primer caso, con sólo 2 letras repetidas en sendas filas. En los otros dos el número ha sido mayor aunque en esos casos quizás se puedan encontrar mejores soluciones permitiendo al GRASP iterar más veces.

En cuanto a los tiempos de resolución de los problemas, hay que destacar el hecho de que, en general, cualquier problema tipo de asignación cuadrática suele tener un mayor coste computacional. Por ejemplo, para un problema de tamaño 36, los tiempos suelen rondar los 100 segundos. En nuestro problema, como hemos visto, se reduce casi a una quinta parte. Esta ganancia puede utilizarse para realizar más iteraciones y así intentar encontrar una mejor solución.

### EJEMPLO DE ENCUESTACIÓN DELPHI A TRAVÉS DE INTERNET

Juan David Ayllón Burguillo  
Facultad de Informática y  
Estadística- Univ. de Sevilla

#### Resumen

La implantación de las nuevas tecnologías ha abierto nuevos campos de investigación para la realización de encuestas. Concretamente hablaremos de las posibilidades de Internet, y se abordará la forma de desarrollar una encuesta basada en el método Delphi. Se comentan los aspectos principales a tener en cuenta para la realización de la encuesta y se expone una posible y

## BIBLIOGRAFIA

[1] Adenso Díaz (Coordinador), Fred Glover, Hassan M. Ghaziri, J. L. González, Manuel Laguna, Pablo Moscato, Fan T. Tseng: *Optimización heurística y redes neuronales*. Editorial Paraninfo, 1996.

[2] Azorín Poch, F.: *Algunas aplicaciones de los conjuntos borrosos a la estadística*. Ministerio de economía, INE, Madrid, 1979.

[3] Enrique Trillas: *Introducción a la lógica borrosa*. Ariel, Barcelona, 1995.

[4] Helena Ramalhinho Lourenço, José Pinto Paixão, y Rita Portugal: *Metaheuristics for the bus-driver scheduling problem*. Departamento de economía y administración, Universitat Pompeu Fabra.

[5] Marcelo C. Medeiros, Mauricio G. C. Resende y Alvaro Veiga: *Piecewise linear time series estimation with GRASP*. AT&T Labs Research Technical Report: 99.3.1., 1999.

[6] Mauricio G. C. Resende: *A Branch & Bound method based on LP for the QAP*. AT&T Labs Research, 1997.

[7] Mauricio G. C. Resende: *A*

sencilla infraestructura informática.

#### 1 Introducción

Uno de los puntos más importantes para la realización de una encuesta es la correcta determinación del marco (base del muestreo). En una encuesta "tradicional" podríamos buscar alguna lista con los elementos de la población que seleccionaremos por el método más apropiado. Sin embargo, si el estudio se realiza a través de un medio como Internet nos encontramos con serias dificultades a la hora de determinar el marco.

Según la definición establecida por la ONU: "El marco consta de todas las descripciones y de todo el material previo necesario. Estará constituido por mapas, listas, directorios,... de aquellas unidades muestrales que

*Bibliography of GRASP*.  
<http://research.att.com/~mgcr/>, 1999.

Panos M. Pardalos, Tianbing Qian, y Mauricio G. C. Resende: *A greedy randomized adaptive search procedure for the feedback vertex problem*. <ftp://www.research.att.com/~mgcr/doc/gfvs.ps.Z>.

[8] Paola Festa, Panos M. Pardalos, y Mauricio G. C. Resende: *Fortran subroutines for computing approximate solutions of feedback set problems using GRASP*. AT&T Labs Research Technical Report: 99.6.1, 1999.

[9] R. E. Burkard, S. E. Karisch, y F. Rendl: *QAPLIB - A Quadratic Assignment Problem Library*. Journal of Global Optimization 10: 391-403, 1997  
(<http://www.imm.dtu.dk/~sk/qaplib/>).

[10] Y. LI, P.M. PARDALOS, and M.G.C. RESENDE: *A greedy randomized adaptive search procedure for the quadratic assignment problem*. In P. Pardalos and H. Wolkowicz, editors, *Quadratic assignment and related problems*, volume 16, pages 237-261. DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science, 1994.

*puedan ser requeridas y del conjunto de posibles unidades a seleccionar. La especificación del marco deberá definir el ámbito geográfico de la encuesta, las clasificaciones de los datos a investigar, la fecha y fuente del marco.* " Si aplicamos esta definición a la búsqueda del marco en una encuesta por Internet nos encontramos con la inexistencia de una "lista" de usuarios de Internet, ya que las bases de datos de usuarios son privadas y están protegidas legalmente. Incluso en el caso de tener una lista compuesta por las listas disponibles en los proveedores de servicios de Internet (ISPs), como web y correo electrónico, nos encontraríamos probablemente con un marco imperfecto y de muy difícil corrección: elementos repetidos, ausentes, agrupados, dudosos, etc. Otro problema añadido en la definición

de marco es la cobertura, ya que la población que cuenta con acceso a Internet es aún relativamente pequeña.

### 1.1 Selección de la muestra

Uno de los grandes problemas de las encuestas por Internet es la selección de la muestra. En principio el realizador del estudio no puede seleccionar la muestra por el medio más habitual, que son las páginas web. También hay que considerar las dificultades encontradas para el marco. Así, si tuviéramos un marco podríamos ponernos en contacto con el entrevistado (a través de e-mail, por ejemplo). Todo esto hace que la selección correcta de la muestra sea muy difícil.

Las técnicas habituales para recoger entrevistados consisten en colocar anuncios (*banners*), enlaces al cuestionario en distintas páginas web, etc. de forma que si el usuario lo desea pueda acceder al formulario y rellenarlo. Es pues un mecanismo de autoselección. En vez de ser el encargado del estudio el responsable de realizar la selección de los entrevistados, son éstos quienes se autoseleccionan para formar parte del estudio. La situación es similar a los sondeos que se realizan en otros medios en los que se facilita un contacto para volcar sus opiniones en caso de desearlo.

Además, a menudo resulta muy difícil asegurar la veracidad de los datos proporcionados por el entrevistado ya que es imposible una comprobación exhaustiva. Este hecho hace que sea complicado seleccionar la muestra en otros servicios tipo IRC(1) o ICQ(2) que sí permiten la selección sobre la "población". También han de tenerse en cuenta las repercusiones que pueda tener la selección de elementos de estas "poblaciones".

### 1.2 Introducción al método Delphi

El método Delphi es una técnica de predicción grupal, que tiene como objetivo obtener una opinión consensuada de un grupo de expertos acerca de un tema propuesto. Linstone y Turoff definen esta técnica como "*Método de estructuración de un proceso de comunicación que es*

*efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo*". Se trata de un método opinático, pensado para la predicción del futuro (prospectiva) en condiciones en las que las otras técnicas objetivas no sean las más indicadas debido a falta de información, escasa fiabilidad de la misma, dependencia de muchos factores que difícilmente se podrían estudiar debido a su número, etc.

Las características básicas del método son las siguientes:

- Es un proceso iterativo. El estudio se realiza en varias rondas, consistentes en repartir un cuestionario varias veces junto con los resultados del anterior. Con esto se busca que los expertos recapaciten sus opiniones, adopten otras si les parecen más acertadas y converjan lo máximo posible.

- Anonimato de los expertos que forman el grupo. Con ello se pretende evitar que las estimaciones de los expertos se puedan ver afectadas por la presencia de otros expertos del grupo, con la libertad de poder modificar libremente su opinión, y defenderla ante los demás, con la seguridad de que sus opiniones no podrán ser asociadas a su persona.

- La realimentación (*feedback*). Controlada por el coordinador del estudio, actúa como filtro de las estimaciones de los expertos, intentado mejorar la interacción.

- La respuesta estadística.

### 1.3 Fases de un estudio Delphi

El primer punto a tener en cuenta a la hora de realizar un estudio de este tipo es que el problema pueda ser abordado por la técnica correctamente. A partir de aquí debemos seleccionar a aquellos expertos más adecuados para el objetivo del estudio para los que podamos contar con su colaboración.

Cuando ya esté constituido el grupo de expertos, el coordinador les proporcionará el formulario con las cuestiones. Es importante que en dicho formulario haya cuestiones que puedan servir para evaluar una respuesta estadística del grupo.

Las respuestas del cuestionario son remitidas al coordinador, que se encarga de su análisis y redacción posterior de las conclusiones a partir de las respuestas de los expertos. Las conclusiones son enviadas a los expertos, junto con un nuevo cuestionario basado en los resultados del análisis del primero, y que los expertos deben cumplimentar. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta que se obtenga estabilidad en las respuestas; generalmente se suele fijar un número máximo de iteraciones.

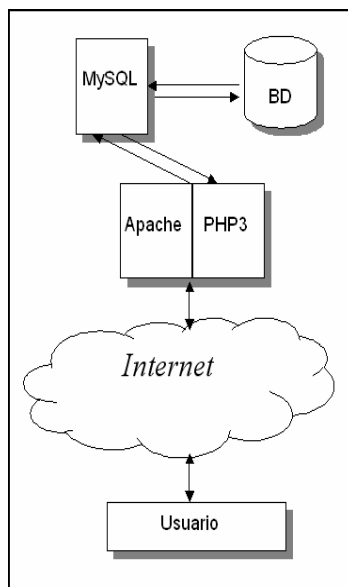
Finalizado el proceso, se realiza un informe con las conclusiones.

## 2 Ejemplo de Método Delphi vía Internet

En este apartado nos centraremos en la realización de un estudio de ejemplo aplicando el método Delphi, que bien puede servir de modelo para otros tipos de encuesta de distinta estructura.

### 2.1 Sistema informático base de la encuesta

Los puntos más importantes de la encuesta son el soporte físico de la información (servidor de páginas web) y la base de datos. Para el desarrollo de este ejemplo hemos usado el conocido servidor Apache, la base de datos relacional Mysql y el lenguaje de *script* PHP para acceder a la base de datos y mostrar los resultados de las consultas realizadas a la misma, un esquema del sistema se puede observar en la figura 1.



**Figura 1. Esquema del sistema**

Todo el software se ejecuta bajo sistema operativo Linux y es totalmente gratuito.

Además, hemos utilizado otros programas auxiliares como un gestor de listas de correo, y una biblioteca de creación de gráficos, también accesible a través del lenguaje PHP.

## 2.2 Base de datos

La base de datos es quizás el elemento software de mayor importancia a la hora de realizar una encuesta con soporte informático, más aún a través de Internet. Su función es almacenar los datos concernientes a la encuesta. Éstos son:

- Información necesaria para la identificación de los expertos. Es una tabla bastante simple, únicamente con los datos de identificación (identificador y palabra clave de acceso), aunque ha sido complementada con otra tabla con información del experto participante (datos personales).

- Respuestas de los expertos en las sucesivas iteraciones. Esta parte contendrá el grueso de la información suministrada por los expertos. Como en toda base de datos, es muy recomendable hacer un diseño o esquema previo que satisfaga las necesidades previstas. En este caso hay que tener en cuenta el tipo de información requerida y la naturaleza de las preguntas del cuestionario

(abiertas, cerradas, clasificaciones, etc.) en cada una de las iteraciones.

- Cuestionario. Almacena las respuestas de los expertos en las cuestiones planteadas. Podrá ser de estructura diferente según la iteración.

## 2.3 Estructura Web del sistema

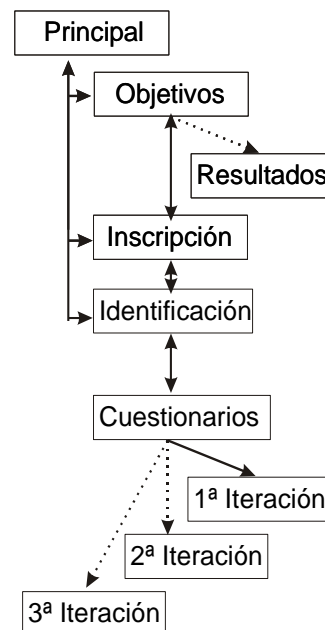
Las páginas Web son el medio de comunicación entre los expertos y el coordinador. Es uno de los puntos a tener más en cuenta, pues con él daremos una imagen a los participantes en el estudio. El diseño gráfico debe ser lo más agradable posible y fácil de utilizar. Además, se ha intentado facilitar en todo lo posible la participación de los expertos, como se detallará más adelante.

La figura 2 muestra la estructura de la Web desarrollada. Como se puede apreciar, es un esquema muy sencillo, dividido en varias páginas. A continuación describiremos sus contenidos brevemente.

- Principal: es la presentación de la encuesta. Su función es actuar como índice, ya que permite la entrada directa a las secciones del Web de forma fácil y cómoda. También incluye una breve descripción inicial de la encuesta y su metodología.

- Objetivos: contiene una descripción más detallada de la encuesta, sus objetivos y un resumen del método Delphi. Esta información es una ampliación de la enviada con anterioridad a los miembros del grupo de expertos.

- Inscripción: sirve para registrar a los expertos en el sistema, gracias a la identificación que se les ha enviado vía e-mail. Pueden confirmar su participación en el proceso y asignarse una clave de identificación y acceso.



**Figura 2. Estructura básica del sitio web**

- Identificación: es la página de acceso a los cuestionarios de las distintas iteraciones. En ella el experto debe introducir su identificación y clave.

El cuestionario de la primera iteración está formado en general por preguntas abiertas y cerradas. Las abiertas tienen como propósito que los expertos expongan sus puntos de vista personales. Posteriormente serán tratadas como cuestiones cerradas, a las que sí se podrán aplicar criterios estadísticos.

El cuestionario de cada iteración se ha dividido en tres páginas para facilitar en la medida de lo posible la participación del experto, evitándose que haya de repetir completamente la encuesta en caso de error en la recepción de la información. En las páginas se han añadido funciones para evitar que se dejen cuestiones cerradas sin contestar, y en caso de que sean las abiertas las que estén sin contestar, pedir al experto que conteste a esa parte del cuestionario, aunque se le permite continuar si así lo desea. En este caso, las cuestiones cerradas no contestadas pasarán a tomar el valor correspondiente al ítem "Ns/Nc". Una vez pasados los filtros de validación, los datos son introducidos en la base de datos página por página según las va completando el experto.

Hay que tener en cuenta que los cuestionarios de las iteraciones son accesibles una vez que ya se han finalizado las iteraciones anteriores. Esta posibilidad se realiza de forma automática gracias a una serie de funciones implementadas en PHP que finalizan la iteración si:

1. Todos los expertos han cumplimentado el cuestionario.
2. El número de expertos que han cumplimentado el proceso supera el 75 % y han transcurrido 7 días desde la participación del último experto.

En este último caso, antes de dar por finalizada la iteración, el coordinador se pondrá en contacto con los expertos que no han cumplimentado aún el cuestionario para recordarle la disponibilidad de éste.

#### 2.4 Feedback

El *feedback* se realiza de forma manual en la primera iteración debido a que al presentar el cuestionario preguntas abiertas resulta muy difícil su tratamiento informático. Por tanto éstas serán interpretadas por el coordinador para mejorar el proceso, intentando dar un lenguaje común y reunir las opiniones más próximas.

En las iteraciones siguientes, al ser las cuestiones cerradas, se realiza un proceso automático siguiendo un método basado en los cuartiles. Es de destacar que las respuestas a las cuestiones abiertas de la primera iteración se conservan en su totalidad, sin eliminarse ninguna, ya que en las siguientes iteraciones éstas serán las posibles respuestas de cuestiones cerradas. Otra razón para ello es no desestimar ninguna opinión que pueda ser a la que se llegue por consenso al final y evitar un posible malestar del experto que la formuló.

Una vez finalizada la tarea del coordinador, el experto recibe un e-mail con los resultados de la iteración (cuestionario), se le informa que está disponible la siguiente iteración y en el caso de que ésta sea la tercera y última, que podrá acceder a los resultados finales del proceso.

La labor del coordinador es realizada parcialmente por el ordenador. En este caso se encarga de las partes del *feedback* en las que resulta posible el tratamiento numérico, lo cual implica una cierta pérdida parcial de control sobre el proceso.

#### 2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico es de tipo descriptivo. Mediante PHP se han construido funciones para calcular medias, cuartiles, etc. No ha sido necesario usar ningún paquete estadístico. Además, gracias a la biblioteca GD(3) y otras funciones implementadas, es posible la representación gráfica directa de datos y resultados. El método seguido tiene la ventaja de poder dar resultados del estado del estudio en tiempo real; no obstante, en este caso no se da la posibilidad de acceder a ellos al grupo de expertos, para no influenciarlos de una forma no deseada. A todo esto hay que añadir la ventaja de poder diseñar estas herramientas a la medida del estudio, aunque tiene como factor en contra la dificultad que supone el diseño de estas herramientas.

#### 3 Ejemplo de aplicación concreta

La encuesta tendrá como objetivo intentar prever las tendencias de los formatos digitales de audio y vídeo, concretamente de los formatos comprimidos de gran actualidad, como MP3. En el estudio se busca predecir los siguientes puntos:

- Si se impondrán a los formatos actualmente comercializados (CD, DVD, ...)
- Si su difusión puede causar graves daños a las discográficas, productoras de cine, etc. y, en caso de producirse, su naturaleza y posibles modos de evitarlos o al menos minimizarlos.
- Posibilidad de aplicación a otros campos.

Con estos objetivos se pretende llegar al consenso de los expertos participantes, fijando un máximo de tres iteraciones.

#### 3.1 Selección del grupo de expertos

Los expertos fueron seleccionados entre administradores de páginas web, miembros de asociaciones relacionados con el tema del estudio, coleccionistas de música y películas y personas en general con amplios conocimientos informáticos. A todos ellos se les pidió su colaboración vía e-mail, en el que además se les informaba de los objetivos que plantea el estudio y de la metodología del mismo. Finalmente se les incluía una identificación para realizar su participación.

Hay que resaltar el hecho de que en este ejemplo, debido a sus especiales características, no ha existido ninguna clase de compensación por la colaboración. Se ha intentado contar con el máximo posible de participantes teniendo en cuenta que era probable una alta tasa de abandonos.

#### 3.2 Cuestionario

El cuestionario incluía preguntas abiertas (solo en la primera iteración) y cerradas de vía múltiple. En su redacción se ha tenido en cuenta las especiales características del medio, por lo que se hace recomendable no "cargar" a los expertos con demasiadas cuestiones abiertas, o con un excesivo número de cuestiones, dado además el carácter desinteresado de los mismos. Las cuestiones del cuestionario de la primera iteración son:

- ¿Cree que se impondrán los formatos digitales comprimidos a los tradicionales?
- Exponga y enumere las razones por las que cree que se producirá esa tendencia. (Abierta)
- ¿Cuáles de los siguientes formatos actualmente existentes se impondrá como estándar?
- ¿Cree que la facilidad que existe para la transmisión de estos formatos de forma no autorizada puede afectar de forma sensible a las productoras de estos contenidos?
- En caso afirmativo, ¿qué medidas tomaría para proteger los derechos de autor y mitigar las posibles pérdidas? (Abierta)

- ¿Cree que sería efectiva la investigación en técnicas de seguridad para este tipo de formatos?

- ¿Cuáles cree que son los campos a los que se podrían aplicar estos formatos? (Abierta)

#### 4 Conclusiones

La utilización de Internet permite acelerar la realización de estudios según el método Delphi. Puede utilizarse exclusivamente software no comercial, con el consiguiente ahorro económico. Es de especial importancia un adecuado diseño de la base de datos y de las páginas Web que den soporte y apariencia real al estudio. La posibilidad de realizar de manera rápida y sencilla programas de tratamiento de la información almacenada en la base de datos facilita la automatización de todo el proceso

---

### THOMAS BAYES (1701?-1761) EN SU TRICENTENARIO

Miguel Angel Gómez Villegas

---

Es tan poco lo que sabemos con certeza de la biografía del reverendo Thomas Bayes, a cuya notable figura dedicamos el presente escrito, que si no dispusiésemos ya del concepto mismo de probabilidad nos veríamos obligados a definirlo para acercarnos a su figura y poder, por ejemplo, comenzar diciendo que *probablemente* Bayes nació en 1701 o 1702 y que, *probablemente* también, su retrato es el que acompaña estas líneas. En efecto, en cuanto a su fecha de nacimiento, los historiadores Stigler, Dale y Hall la sitúan en 1701, mientras que Maistrov, Karl Pearson y Barnard se inclinan por 1702. En cuanto al retrato, parecen existir ciertas diferencias con respecto a los retratos de la época, como la falta de peluca y



de coordinación, *feedback*, obtención, análisis y presentación de resultados. Por todo ello conviene lograr un elevado grado de estructuración del problema. Si la seguridad fuera una consideración importante, se debería optar por un esquema de certificaciones digitales basado en criptografía de clave pública.

#### AGRADECIMIENTOS

#### Manuel Perera Domínguez

#### Bibliografía

1. LANDETA J. (1999) EL MÉTODO DELPHI. ARIEL EDITORIAL.
2. LINSTONE A., TUROFF, M. (1987) THE DELPHI METHOD. ADDISON-WESLEY.
3. LUQUE I., GOMEZ M.A. (1997)

un posible anacronismo en la indumentaria.

Probablemente, pues, se cumple ahora el tercer centenario del nacimiento del iniciador, al menos de nombre, de una de las aproximaciones más importantes a la Inferencia Estadística: la Inferencia Bayesiana.

Thomas Bayes nació en Londres, hijo de Joshua Bayes y de Anne Cotton. Joshua fue uno de los seis primeros ministros No-Conformistas ordenados pública-mente en Londres en 1694. Las ideas No-Conformistas jugaron un papel importante en el pensamiento científico del siglo XVIII, un tiempo en que la religión y las filosofías de la ciencia estuvieron inextricablemente unidas.

Bayes fue educado privadamente, según la costumbre de los No-Conformistas de la época. En la opinión de Barnard, pudo tener como profesor a De Moivre, quien era la mayor autoridad en probabilidad del momento, aunque esto no está suficientemente comprobado. Se sabe que fue ayudante de su padre en la parroquia de Tunbridge Wells, donde ya era ministro en 1731, año en que

DISEÑO Y USO DE BASES DE DATOS RELACIONALES. EDITORIAL RA-MA.

4. HILTON C., WILLIS J., BORUD B. (1999) BUILDING DATABASE APPLICATIONS ON THE WEB USING PHP3. ADDISON-WESLEY.

5. SÆTHER S., AULBACH A., SCHMID E., WINSTEAD J., TORBEN L., LERDORF R., SURASKI Z., ZMIEVSKI A. (2000) PHP MANUAL.

(1) IRC: Sistema de conversación en tiempo real para usuarios de Internet.

(2) ICQ : Sistema de comunicación entre usuarios de Internet

(3) Bibliografía de funciones para general gráficos, muy útil para elaborar páginas Web.

escribió un tratado religioso titulado *La divina benevolencia, o un intento de probar que el principal fin de la providencia divina es la felicidad de sus criaturas*.

En 1736 publica, bajo el pseudónimo de John Noon, *Una introducción a la doctrina de los fluxiones, y una defensa de los matemáticos frente a las objeciones del autor del Analista*. Esta obra constituye una defensa de la teoría de los diferenciales o evanescentes, que había sido introducida por Newton; contra ella se manifiesta el obispo Berkeley, que escribe el *Analista* criticando estas aplicaciones de la matemática. Como se ve la polémica entre la matemática teórica y las aplicaciones de la matemática viene de antiguo.

Bayes fue miembro de la Royal Society, en la que fue admitido en 1742, parece ser que como consecuencia de la publicación de la obra a que nos hemos referido.

Poco más se sabe de la vida de Bayes, salvo que se retiró de su ministerio en 1749 y continuó viviendo en Tunbridge Wells hasta su muerte el 17 de abril de 1761. Está enterrado en Bunhill Fields el cementerio No-

Conformista donde también yace su amigo el reverendo Richard Price, del que hablaremos más adelante, y otros personajes importantes como Daniel Defoe, el autor de Robinson Crusoe. Por cierto que el cementerio puede visitarse, está cerca de la estación de metro londinense de Moorgate; y también la capilla Wesley, aledaña al cementerio, merece una visita.

Fue en 1763, dos años después de la muerte de Bayes, cuando fue comunicado a la Royal Society su trabajo titulado *Un Ensayo hacia la solución de un problema de la doctrina de probabilidades*, que resultó ser la obra científica más

importante de Bayes y una de las que más han dado que escribir en la historia de la Inferencia. Richard Price, quien envió el trabajo a la Royal Society, escribió en su carta de presentación:

“Le envío un Ensayo que he encontrado entre los papeles de nuestro fallecido amigo Mr. Bayes, y que en mi opinión tiene un gran mérito y merece ser conservado. La filosofía experimental, como puede ver, está muy interesada en este tema y esto me hace pensar en la conveniencia de presentarlo como una comunicación a la Royal Society”.

El Ensayo comienza enunciando el problema que se pretende resolver:

“PROBLEMA: Dado el número de veces que un suceso ha ocurrido y no se ha presentado, calcular la probabilidad de que la probabilidad de que se presente en una sola repetición esté comprendida entre dos valores de probabilidad conocidos”.

En el lenguaje actual, diríamos que se tiene una muestra  $(X_1, \dots, X_n)$  de una población de Bernoulli de parámetro  $\theta$  desconocido y se pretende calcular la probabilidad condicionada

$$P\left\{a < \theta < b \mid \sum_{i=1}^n X_i = r\right\} \quad (1)$$

En expresión de Price, recogida en la carta de envío a Canton el secretario de la Academia inglesa, se trata del *problema inverso* al planteado por De Moivre. Hasta entonces, si se supone conocida la probabilidad de éxito  $\theta$  de la distribución Binomial, se sabía calcular la probabilidad de que se presenten  $r$  éxitos en  $n$  repeticiones. Para resolver el *problema inverso* se requiere saber calcular la distribución a posteriori, mediante la versión continua del teorema de Bayes, e introducir una distribución a priori adecuada para el parámetro  $\theta$  de la distribución de Bernoulli. Bayes utiliza

como distribución a priori la uniforme en el intervalo  $(0,1)$ .

Por ser interesante, se transcribe a continuación la definición que Bayes da de probabilidad:

“La probabilidad de un suceso es el cociente entre el valor en el cual uno espera dependiendo de la ocurrencia del suceso que debía ser calculado, y el valor de la cosa esperada una vez que el suceso ha ocurrido”.

Lo único claro de esta definición es su oscuridad, y que se trata de una aproximación subjetiva al concepto de

probabilidad.

El Ensayo de Bayes consta de dos secciones y un apéndice. Mediante el método geométrico, va desgranando las reglas del cálculo de probabilidades y obteniendo la distribución de probabilidad conjunta y la distribución a posteriori.

El valor que obtiene para la probabilidad condicionada (1) está contenido en la Proposición 9 del Ensayo, y en la notación actual equivale a

$$P\left\{a < \theta < b \mid \sum_{i=1}^n X_i = r\right\} = \frac{\int_a^b \theta^r (1-\theta)^{n-r} d\theta}{\int_0^1 \theta^r (1-\theta)^{n-r} d\theta} \quad (2)$$

Un estudio más detallado de estos aspectos puede verse en Gómez Villegas (1994).

Conocemos otro trabajo matemático realizado por Bayes, que está contenido en una carta dirigida a John Canton y consiste en la demostración de la divergencia de la serie factorial de  $n$ . Como se ve, la contribución matemática de Bayes fue escasa pero

de gran importancia.

Thomas Bayes no extendió sus resultados más allá de la distribución de Bernoulli -para esto hubo que esperar a Laplace (1749-1827)- pero su visión de la Probabilidad y de la Inferencia Inductiva ha sido ampliamente adoptada y aplicada a una gran cantidad de problemas en Inferencia Estadística y en Teoría de la

Decisión. Justo es, pues, dedicar este modesto recuerdo a su memoria.

## Referencias

Gómez Villegas, M. A. (1994). *El problema de la probabilidad inversa: Bayes y Laplace*, (Editado por, E. de Bustos, y otros), En *Perspectivas Actuales de Lógica y Filosofía de la Ciencia*, Madrid: Siglo XXI, 385-396.

Hald, A. (1998). *A History of Mathematical Statistics from 1750 to*

1930, New York: Wiley.

Stigler, S. M. (1999). *Statistics on the*

*Table the History of Statistical Concepts and Methods*, Cambridge: Harvard University Press.

# Entrevistas

## **Entrevista al Prof. D. Sixto Ríos realizada por Sixto Ríos Insua el 23 de Abril de 2001**

En primer lugar deseo darte la enhorabuena por este nuevo Doctorado Honoris Causa por la Universidad de Sevilla.

### **Me gustaría conocer, ¿qué te trajo al campo de la E. e I.O.?**

Este nuevo Doctorado Honoris Causa, que me ha sido concedido por la Universidad de Sevilla, me confirma especialmente el afecto y gratitud de mis antiguos discípulos, lo que me colma de alegría y agradezco a todos. A mi edad estímulos de este tipo, ayudan a continuar trabajando y a mantener el interés por la vida activa, el estudio y la investigación en la medida de las posibilidades individuales. He observado que no hay una gran diferencia de concentración mental durante la primera hora de estudio, de cada día, pero después de una hora el descenso es mucho más rápido cuanto más edad se tiene, lo que asociado a la pérdida de memoria para los detalles dificulta la actividad global sensiblemente. Pero hay que perseverar y “petit a petit”...

Tras los problemas de la Guerra Civil y estudios de doctorado, con mi tesis, sobre Problemas de Hiperconvergencia, dirigida por Rey Pastor, obtuve mi primera cátedra de Análisis Matemático en la Universidad de Valencia, pasando un año después a la Universidad de Valladolid donde seguí explicando Matemáticas para Químicos, ya que en ninguna de las dos universidades había Licenciatura en Matemáticas. Este tipo de enseñanza era poco estimulante para un matemático, ya que el nivel de las matemáticas para químicos era bajo y

tampoco había cursos de doctorado. Felizmente en 1942, la Real Academia de Ciencias me asignó la Cátedra de Matemáticas de la Fundación Conde de Cartagena por cinco años, después prorrogados, en los que expliqué cursos sobre Teoría de la Integral (citado por Kolmogoroff), Familias Normales, Series de Fourier, Fundamentos de Cálculo de Probabilidades,... (publicados en las Memorias de la Real Academia) y en 1946, accedí por oposición a la Cátedra de Estadística Matemática de la Universidad de Madrid, por entonces la única Cátedra de Estadística en las universidades españolas, ocupada interinamente en 1933 por D. Esteban Terradas y después por D. Olegario Fernández Baños.

Durante los años de trabajo en la Cátedra Conde de Cartagena, fui formándome en Análisis de Funciones Reales y Probabilidades y me pareció fácil en el momento oportuno completar mi formación Estadística para optar a la Cátedra de Estadística de la Universidad Central. En todo caso en estos años de explicar Matemática Aplicada en Valencia, Valladolid, Escuela de Ingenieros Aeronáuticos, Facultad de Económicas de Madrid y Cátedra Conde Cartagena, fui adquiriendo un deleite especial en la resolución de problemas que implican inventar un nuevo modelo que se aproxime a la estructura que describimos en un nuevo fenómeno y en buscar la solución del modelo y en la comprobación de su ajuste a la realidad, lo que presenta alguna relevante diferencia con la aptitud de trabajo del matemático teórico, que yo anteriormente había desarrollado en variados problemas de Análisis Real y Complejo.

## **¿Cuáles fueron tus primeras actividades en la Cátedra de Estadística?**

Estaba convencido de que la labor formativa en tal Cátedra debía rectificar la línea tradicional en una Cátedra de Matemática pura (conferencias magistrales del profesor y ejercicios más o menos novedosos o triviales de los alumnos) para apoyarse en el trípode: enseñanza, investigación y consulta. Para ello conseguimos la creación de una Escuela de Estadística e Investigación Operativa en la Facultad y un Instituto de Investigación Operativa y Estadística en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. La Escuela permitió ampliar enormemente la población de personas interesadas en los métodos estadísticos modernos (pedagogos, militares, médicos, abogados, ingenieros, psicólogos, economistas,...) a distintos niveles de preparación (peritos, técnicos, científicos,...) y el Instituto del CSIC permitía organizar un servicio de consultas a las empresas y otros organismos, formando a los alumnos en los problemas de la realidad, que además proporcionaban temas para tesis doctorales y otras investigaciones teóricas y aplicadas que permitían una formación más completa a los alumnos.

## **¿Y a nivel de investigación superior?**

Asociada a la creación del Instituto se comenzó a publicar en 1950 la Revista “Trabajos de Estadística e Investigación Operativa” que ha mantenido durante 50 años un excelente nivel internacional y apenas perturbado por un cambio de nombre en la revista que pasó a llamarse TEST

y TOP, coincidiendo con un cambio en las estructuras y la supresión del Instituto, tras mi jubilación. Este periodo de crecimiento rápido y fecundo de la Estadística e Investigación Operativa en España, será recordado por la actividad simultánea de trabajos en Hispanoamérica, como la creación de la Escuela de Estadística de Venezuela (Ríos, Azorín, Repiso, Camacho,...), Centro de Estudios Estadísticos de Chile de la OEA (Cansado, Azorín,...), Cursos de Investigación Operativa para hispanoamericanos (Instituto de Cultura Hispánica, Ríos).

Continué manteniendo una estrecha y eficaz colaboración con las empresas a través de haber tenido en diversas etapas la dirección científica de Bedaux, Sofemasa, Metrarseis,..., lo que nos permitía la introducción de numerosos becarios para participar en problemas internacionales abordados en estos prestigiosos centros de consulta hispano europeos.

En mi más reciente etapa de Presidente de la Sección de CC Exactas de la Real Academia de Ciencias, iniciamos juntamente con otros académicos la formación de un Grupo de Análisis de Decisiones (GAD) que establecieron conexión con otros que se formaron en la Facultad de Informática (UPM), U. Rey Juan Carlos, U. Complutense, UNED, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Ministerio de Defensa,... El tema de Análisis de Decisiones de fuerte carácter multidisciplinar permitió pronto tratar temas de gran relevancia en las aplicaciones como la colaboración con el Hospital Gregorio Marañón o con los militares de la Escuela Superior del Ejército o de la Escuela de Ingenieros de Montes (UPM), etc., que dieron lugar a publicaciones reunidas en dos volúmenes editados por Kluwer y varias más en la Revista de la Real Academia de Ciencias,...

**¿Hacia donde nos dirigimos o deberíamos dirigirnos para que la E. e I.O. tenga un papel cada vez más importante?**

Es natural que esté orgulloso de haber aportado mi granito de arena a estos progresos, que he señalado, realizados durante la segunda mitad del siglo XX, para pasar de existir una única

Cátedra de Estadística para todas las universidades del país a tener una Facultad o Departamento de Estadística e Investigación Operativa y otro de Informática en casi todas las universidades, publicando en revistas de buen nivel internacional y colaborando con la industria y las administraciones en problemas importantes para el progreso de las empresas, de la técnica, de las profesiones, de la Ciencia,... Es natural que en este momento deje constancia del recuerdo y gratitud que debemos a sucesivas generaciones de estadísticos, algunos discípulos míos y otros muchos no. He aquí también algunos de los profesores que más nos ayudaron: Frechet, Wold, Cramer, Mahalanobis, Fortet, Anscombe, Saaty, Dantzig, Neyman,... Sus seminarios y conferencias de alto nivel contribuyeron decisivamente a nuestro evidente progreso, comparable al de otros países de la UE. Creo que cuando un país llega a un nivel que es aproximado al de los países que le rodean, es importante que sus dirigentes comprendan el nivel económico necesario para que sus científicos mantengan un nivel de crecimiento comparable y no sientan la necesidad de emigrar o pasar a actividades colaterales, adoptando así un nivel de gastos en I+D semejante al de los países importantes. Sino se puede romper en cualquier momento el paralelismo y dar al traste con la buena trayectoria. Y ciertamente este riesgo, por causas ajenas a los propios científicos, lo está padeciendo España, como es bien sabido. Esperemos que el situar la "Ciencia" en un nuevo Ministerio signifique un cambio profundo en los tratamientos económicos, políticos y administrativos de los problemas existentes. Que las empresas y organizaciones miren más, mucho más al futuro de la investigación que a las pesetas inmediatas.

**Has llevado a cabo gran cantidad de investigaciones y estudios durante tu vida académica, podrías destacar alguno que te hubiera resultado más satisfactorio, ¿por qué?**

Creo que el primer trabajo de Investigación Operativa presentado a una reunión internacional por un español fue el titulado *Quelques*

*Exemples de Recherche Operationelle* (Colloque International del Centre Nat. De la Recherche Scient., París 1958, p. 113-121, S. Ríos). Este trabajo era un resumen de otros originales del Instituto de Investigación Operativa y Estadística del CSIC. Recuerdo que el más interesante era un estudio para establecer en unos grandes almacenes de Madrid un sistema de patrones para vestir a toda la población de hombres de acuerdo con un criterio que tuviera en cuenta una serie de costes y en particular los costes de rectificaciones por no adaptarse correctamente algunos de los compradores. Es un problema económico-estadístico bastante complejo en que, con la participación durante algunos meses de casi todos los alumnos de un curso, se tomaron medidas a una extensa muestra de la población de potenciales compradores hasta el establecimiento de las medidas finales que caracterizan al conjunto de patrones y permiten vestir a la "población de clientes" de la manera más económica posible, tras una sucesión de aproximaciones,... y finalmente que beneficio para "alumnos pijos" trabajar al lado de botones, oficinistas, empleados,...

**¿Cuáles piensas que son las grandes lecciones que has aprendido durante tu vida como Estadístico e Investigador Operativo?**

Haciendo referencia al ejemplo anterior se comprende fácilmente que la labor del profesor para elegir ejemplos pertinentes, que a la vez que resuelven con los alumnos problemas reales (no imaginados por el docente, sino apoyados en la realidad existente) contribuye a despertar en el alumno la idea de que colabora a mejorar la economía de su propia familia, al poder comprar los trajes más baratos y mejor ajustados, así como la economía de los empresarios y por tanto la suya y del país, y también la de su profesor al pensar que ha formado mejor al alumno que si se hubiera limitado a enseñarle el análisis discriminante y sus aledaños, con algún tedioso ejercicio numérico.

**¿Qué percibes que pueden ser las mayores amenazas u oportunidades para aquellos que estamos ya implicados en este área?**

El que los matemáticos puros nos consideren como unos aplicadores de recetas y cálculos con ordenador, o los profesionales de distintos tipos nos consideren como unos teóricos faltos del conocimiento profesional necesario, ignoran (o fingen ignorar) unos y otros que el investigador operativo y estadístico ocupan un lugar central privilegiado por su conocimiento especializado difícil y especialmente delicado en estos problemas, en que es necesario abordarlos con rigor científico por un *equipo multidisciplinar* entrenado y compenetrado en los diversos aspectos de las realidades del problema. Si los problemas no se abordan con este rigor, seremos únicamente sujetos de las discusiones vacías e interminables de “algunos medios”.

**Parece que los estudios de CC Matemáticas se encuentran actualmente en baja, ¿qué se podría ofrecer y recomendar a los**

**estudiantes que buscan en la E. e I.O. un posible campo de estudio y trabajo?**

Un gran matemático como Munford, que cuando era especialista en geometría algebraica, disuadía a sus discípulos de trabajar en Estadística porque consideraba este campo dominado por los recetarios de decisiones, hoy tras haber trabajado en el campo que ahora se llama *estocástica* (fundamentalmente de incertidumbre, probabilidad, inferencia, decisión, causalidad,...) escribe las siguientes palabras que copiamos: “Creo que los métodos estadísticos transformarán tanto las matemáticas puras como las aplicaciones al comenzar el tercer milenio. El mundo intelectual considerará la lógica como una bella y elegante idealización, pero considerará la Estadística como el método estándar de razonar y pensar”.

**Si hubiera la posibilidad de disponer de importantes recursos para fundar un Centro dedicado a la Estadística e Investigación Operativa, ¿qué características debería tener?**

Debería ser análogo al Centro que se creó en Viena en octubre de 1972 con el nombre IIASA, una institución internacional no gubernamental de investigación, creada y sostenida por 12 naciones del Este y del Oeste, cuyo objetivo es reunir científicos de todo el mundo, para trabajar en problemas de interés común, especialmente en relación con el progreso científico y tecnológico. España, quizá en colaboración con Italia, Francia, Portugal y Grecia, debería organizar un instituto similar al IIASA, dedicado más directamente a problemas de nuestra área, tratados con el rigor científico propio de nuestra época.

## Noticias

---

### INFORMACION INE

Mercedes Manjavacas (INE)

---

#### **Publicaciones editadas por el INE, durante el mes de Marzo de 2001:**

Estadística de Sociedad Mercantiles 1998. Publicación electrónica PC-AXIS Fecha de publicación: 1 de marzo de 2001, 1.784 ptas.

Estadística de Efectos de Comercio Devueltos Impagados 1999. Publicación electrónica PC-AXIS Fecha de publicación: 1 de marzo de 2001, 1.784 ptas.

Estadística de Declaraciones de Quiebras y Suspensiones de Pagos 1999. Publicación electrónica PC-AXIS, Fecha de publicación: 13 de marzo de 2001, 1.784 ptas.

Encuesta de Población Activa. Principales Resultados. Cuarto

trimestre 2000. Publicación electrónica PC-AXIS, Fecha de publicación: 13 de marzo de 2001 1.283 ptas.

Encuesta de Población Activa. Resultados Detallados. Cuarto trimestre 2000. Publicación electrónica PC-AXIS, Fecha de publicación: 16 de marzo de 2001 4.797 ptas.

Ultimas Cifras 2/01 Fecha de publicación: 16 de marzo de 2001, Publicación gratuita

Boletín Mensual de Estadística. Número 110. Febrero 2001. Con publicación electrónica., Fecha de publicación: 16 de marzo de 2001, 335 págs. 2.400 ptas.

Defunciones según la Causa de Muerte. Resultados por comunidades autónomas 1998. Publicación electrónica PC-AXIS, Fecha de publicación: 20 de marzo de 2001, 3.458 ptas.

Relación de Municipios y Códigos por

provincias a 1 de enero de 2001. Publicación electrónica PC-AXIS Fecha de publicación: 20 de marzo de 2001, 1.031 ptas.

Boletín Trimestral de Coyuntura. Número 79. Marzo de 2001. Con publicación electrónica., Fecha de publicación: 22 de marzo de 2001, 312 págs. 3.500 ptas.

Encuesta de Población Activa. Principales Resultados. Cuarto trimestre de 2000. Fecha de publicación: 30 de marzo de 2001, 121 págs. 1.375 ptas.

#### **Publicaciones editadas por el INE, durante el mes de Abril de 2001:**

Anuario Estadístico de España 2000. Fecha de publicación: 30 de mayo de 2001. 964 págs. 5.000 ptas.

Ultimas Cifras 4/01. Publicación gratuita. Fecha de publicación: 30 de mayo de 2001

Boletín Mensual de Estadística. Número 112. Abril 2001. Con publicación electrónica. Fecha de publicación: 25 de mayo de 2001. 335 págs. 2.400 ptas.

Anuario Estadístico de España 2000. Edición en CD-ROM. Fecha de publicación: 22 de mayo de 2001. 2.342 ptas.

Censos de Población y Viviendas 2001. Proyecto (2ª edición marzo 2001). Fecha de publicación: 22 de mayo de 2001. 124 págs. 1.150 ptas.

Encuesta de Discapacidades, Deficiencias y Estado de Salud 1999. Metodología. Fecha de publicación: 9 de mayo de 2001. 244 págs. 1.600 ptas.

EPA. Módulo de transición de la educación al mercado laboral. Segundo trimestre de 2000. Fecha de publicación: 7 de mayo de 2001. 66 págs. 925 ptas.

#### DIRECCIONES EL INE DE ATENCION AL PUBLICO

INE. Paseo de la Castellana, 183. Tfno: 91.583.91.00 <http://www.ine.es> 28046 Madrid

INDICE. Librería del INE. Tfno: 91.583.94.38 e-mail: [indice@ine.es](mailto:indice@ine.es). Lunes a viernes de 9 a 14 horas

AREA DE INFORMACION. Tfno: 91.583.91.00 e-mail: [info@ine.es](mailto:info@ine.es) Lunes a viernes de 9 a 14 horas y de 16 a 18 horas

BIBLIOTECA Tfno: 91.583.94.10 Lunes a viernes de 9 a 14 horas y de 16 a 18 horas

---

#### TESIS DOCTORALES LEIDAS EN ESTADISTICA E INVESTIGACION OPERATIVA

---

#### \* Obtención de facetas de poliedros asociados a problemas de empaquetamiento.

AUTOR: Mercedes Landete Ruiz;  
DIRECTORES: Lázaro Cánovas Martínez y Alfredo Marín Pérez;  
FECHA DE LECTURA: 28 de

Febrero de 2001; Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Murcia. RESUMEN: El objetivo general de la memoria es profundizar en el estudio poliédrico de los problemas de empaquetamiento. El problema de empaquetamiento, en inglés el *set packing problem*, es el problema de maximizar una función objetivo lineal sujeta (i) a que las variables sean binarias y (ii) a un conjunto de restricciones lineales con coeficientes 0-1 y términos independientes unitarios.

El estudio poliédrico consiste básicamente en la identificación de desigualdades válidas o, preferiblemente, de facetas. El estudio poliédrico es un procedimiento para tratar problemas enteros en general: no es exclusivo para los problemas de empaquetamiento.

Varios motivos para abordar el estudio de desigualdades válidas del problema de empaquetamiento son:

1. Los métodos de ramificación y corte son herramientas muy usadas y útiles para resolver problemas enteros en general.
2. Algunos problemas enteros o mixtos contienen restricciones con coeficientes 0-1 exclusivamente.
3. Algunos procesadores de problemas enteros generan de manera automática restricciones con coeficientes binarios como, por ejemplo, cotas.

La memoria se propone cuatro objetivos específicos:

1. Obtener procedimientos que transformen facetas de poliedros en facetas de otros poliedros. Por un lado se busca transformar facetas de poliedros en otros de mayor dimensión, lo que se conoce con el nombre de levantamientos, y por otro transformar las originales en otras de poliedros de menor dimensión, lo que se dice proyectar la faceta.
2. Identificar familias de poliedros de las que se conozcan familias de facetas. Aprovechando los procedimientos transformadores se pueden exportar las facetas de poliedros pequeños con buenas propiedades a otros más complejos.

3. Aplicar todo lo anterior para mejorar la descripción poliédrica actual de dos problemas conocidos de localización discreta que se formulan como problemas de empaquetamiento: los llamados "problema de localización de plantas simple" y "problema de localización de plantas con capacidades".

Se distinguen cinco capítulos. En el Capítulo 1 se responde a las cuestiones ¿cuáles son los problemas de empaquetamiento?, ¿para qué sirve resolver un problema de empaquetamiento?, ¿cómo se resuelve un problema de empaquetamiento? ¿cuáles son los contenidos de la memoria?. Además, se presentan los conceptos preliminares sobre teoría poliédrica y propiedades conocidas del problema de empaquetamiento.

En el Capítulo 2 se estudian varias técnicas para transformar facetas; partiendo de una faceta de un poliedro de empaquetamiento se obtienen diversas facetas de poliedros de empaquetamiento distintos entre sí y distintos al original de manera que el número de coeficientes no nulos en las nuevas facetas es siempre mayor o igual que el número de coeficientes no nulos en la faceta original: en cierto sentido, podemos decir que se estudian técnicas que refuerzan facetas dadas. El número de facetas distintas que se pueden obtener a partir de una misma depende del número de procedimientos transformadores que se introduzcan.

En el Capítulo 3 se aborda la construcción de grafos que inducen facetas de poliedros de empaquetamiento utilizando parte de la teoría desarrollada en el Capítulo 2. Una propiedad del problema de empaquetamiento es que su poliedro factible está unívocamente asociado a un grafo que se llama *grafo de intersección*. Cualquier vector de incidencia de un empaquetamiento de nodos en el grafo de intersección es una solución factible del problema de empaquetamiento asociado y viceversa. Así el problema de empaquetamiento se traduce en encontrar el empaquetamiento de nodos del grafo intersección de mínimo peso y el problema de obtener facetas del poliedro factible del problema de empaquetamiento en el

problema de obtener subgrafos del grafo intersección con determinadas propiedades. A la búsqueda de los grafos con dichas propiedades se dedica el Capítulo 3. En particular, a estos grafos se les llama grafos productores de facetas.

En los Capítulos 4 y 5 se aplican los resultados de los capítulos anteriores para identificar facetas asociadas a dos problemas muy conocidos que se pueden formular como problemas de empaquetamiento: el llamado "problema de localización de plantas simple" y el llamado "problema de localización de plantas con capacidades". En ambos casos, se obtienen nuevas familias de facetas, algunas que generalizan otras conocidas.

Una característica atractiva de la mayoría de las familias de facetas del poliedro factible del problema de empaquetamiento que se presentan en esta memoria es el carácter no binario de sus coeficientes: el lado izquierdo de muchas de las facetas conocidas de dicho poliedro es una suma de variables con coeficientes 0-1.

#### **\* Mejora de estimadores en muestreo en ocasiones sucesivas.**

AUTOR/A: Amelía Victoria García Luengo; DIRECTORES: Eva M. Artés Rodríguez, Andrés Gonzalez Carmona, Alfredo Martínez Almécija; FECHA DE LECTURA: 27 de Abril de 2001, Departamento de Estadística y Matemática Aplicada, Universidad de Almería. ; RESUMEN: Cuando se dispone de información suplementaria puede ser ventajoso, de cara a obtener estimaciones más precisas, poder incorporarla. Por este motivo, en el primer capítulo de esta memoria se revisan los distintos métodos de estimación que hacen uso de la información auxiliar disponible, por medio del muestreo doble, a cuya técnica se dedica el segundo capítulo, con el objetivo de estimar la media o el total de una población finita.

En algunos casos se dispone de información adicional referida a más de una variable auxiliar, y en tales circunstancias lo más adecuado será utilizar toda la información existente

para mejorar la precisión de las estimaciones. Así, en el tercer capítulo se proponen estimadores indirectos multivariantes de doble muestreo (razón, producto, diferencia, razón-producto) bajo un diseño de muestreo en ocasiones sucesivas.

El cuarto capítulo, lo dedicamos a estimar otros parámetros poblacionales distintos de la media. Si el interés recae en estudiar una relación entre dos variables para una determinada ocasión y el cambio en los parámetros que explique dicha conexión a través del tiempo, se estiman el coeficiente de regresión para la ocasión actual, y el cambio en el coeficiente de regresión en las dos ocasiones. Además se considera la estimación de la suma de los coeficientes de regresión.

En muchas encuestas continuas, la estimación de la razón poblacional de dos características, para la ocasión actual, resulta de interés práctico, así como el producto poblacional de dichas características. Tripathi y Sinha (1976), Das (1982), Okafor (1992) dedujeron estimadores de la razón poblacional para la ocasión actual, utilizando el muestreo en ocasiones sucesivas. Siguiendo esta idea, hemos construido un estimador para la razón poblacional en la segunda ocasión, que utiliza un estimador razón con producto de doble muestreo para la parte apareada. La utilización de este estimador de la razón tipo razón con producto de doble muestreo se hace al principio para obtener estimaciones separadas de las medias poblacionales. Dicho estimador supone que la característica de la segunda ocasión está correlacionada positivamente con una variable auxiliar de la primera ocasión y de forma negativa con otra variable auxiliar también de la primera ocasión. De la misma manera, la otra característica, de la segunda ocasión está correlacionada positiva y negativamente con dos variables auxiliares de la primera ocasión. A continuación, proponemos otras alternativas para construir un estimador óptimo de la razón de dos medias en la segunda ocasión, considerando una sola variable auxiliar de la primera ocasión.

Asimismo, utilizando la metodología

de Hansen, Hurwitz y Madow (1953), construimos otro estimador alternativo para la razón de las medias poblacionales en la ocasión actual, comparándola con otras estrategias, y obteniendo las condiciones bajo las cuales, se mejora la precisión. También hemos obtenido los estimadores para el cambio y la suma de las razones poblacionales. Un estudio semejante es desarrollado para el producto.

Todo lo descrito hasta el momento se ha desarrollado bajo un diseño de muestreo aleatorio simple. Sin embargo, el quinto capítulo se dedica a extender la teoría sobre muestreo sucesivo a otros diseños muestrales más complejos. Comenzamos con el muestreo con probabilidades proporcionales al tamaño, utilizado para estimar el total poblacional en la segunda ocasión, recopilando los trabajos de Raj (1965), Ghangurde y Rao (1969), Chotai (1974), Prasad y Graham (1994). Aplicando la metodología de Hansen, Hurwitz y Madow (1953) construimos un estimador alternativo para el total poblacional en la segunda ocasión.

Por último, recopilamos el trabajo de Sekkappan y Thompson (1994) dedicado a estimar la media en la segunda ocasión bajo un muestreo estratificado. Estos autores utilizan para la parte apareada estimadores diferencia, razón (separada y combinada) y regresión (separada y combinada).

Completamos ese trabajo, construyendo un estimador producto separado de doble muestreo, para dicha parte apareada, con objeto de obtener la media aritmética ponderada de los dos estimadores independientes que componen el estimador de la media en la segunda ocasión.

Para finalizar consideramos otro enfoque o punto de vista: el de la superpoblación. En un modelo de superpoblación, el parámetro poblacional desconocido ya no es considerado como una cantidad fija, sino como una variable aleatoria procedente de una serie temporal. Esta última aproximación, por series de

tiempo, se puede considerar semejante a un esquema Bayesiano, y por tanto es opuesta a la aproximación clásica del muestreo en varias ocasiones.

#### \* Localización mediante votos en redes.

AUTORA: Clara Margarita Campos Rodríguez (Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de La Laguna). DIRECTOR: José Andrés Moreno Pérez. FECHA DE LECTURA: 18 de Diciembre de 2000. Departamento de Estadística, Investigación Operativa y Computación. Universidad de La Laguna. RESUMEN:

La Teoría de la Localización se ocupa principalmente de las cuestiones relativas al establecimiento de la ubicación de servicios en un contexto espacial en referencia a los usuarios o clientes con los que interactúa. En los modelos de localización mediante voto se plantea la elección de la ubicación de servicios aplicando los criterios inspirados en los procesos de elección social. Se trata de decidir la ubicación del servicio teniendo en cuenta las preferencias de los usuarios. Usualmente estas preferencias vienen manifestadas por sistemas de votaciones y el objetivo global consiste en tratar de satisfacer a la mayoría.

Existen otros muchos criterios para elegir la ubicación de un servicio planteados desde otros puntos de vista. Generalmente se trata de satisfacer ciertos objetivos económicos como son los criterios más clásicos de la mediana y del centro. Sin embargo los resultados de la aplicación de estos criterios pueden ser rechazados por una amplia mayoría de la población. El objetivo de esta memoria es estudiar diversos aspectos derivados de la consideración de criterios con inspiración social en los modelos de localización.

En particular se aborda el modelo estándar de la localización en redes mediante votos cuando se considera que los usuarios tienen un sistema de preferencias con estructura de semiorden respecto a la distancia. Un usuario frente a dos localizaciones posibles para el servicio puede preferir una a otra o ser indiferente entre

ambas, fundamentalmente en función de la distancia que lo separa de ellas. Si para decantarse por la indiferencia entre las localizaciones o la preferencia por una de ellas existe un valor umbral para la diferencia entre las distancias a ellas, la estructura de preferencias del usuario es un semiorden. La introducción de los semiórdenes como estructura de preferencia de los usuarios permite considerar modelos más ajustados a la realidad que si se consideran sistemas de preferencias en los que los usuarios son indiferentes entre dos puntos sólo cuando están exactamente a la misma distancia de ambos. Además el uso de un umbral común permite graduar el grado de compromiso de los usuarios para solventar el inconveniente de que los sistemas de preferencias clásicos no garantizan la existencia de una solución para el problema de la localización mediante votos. Esta es una dificultad presente en la aplicación de los modelos de votaciones a la mayoría de los problemas de decisión colectiva.

En este trabajo se aborda la aplicación de los modelos estándares de la localización mediante voto tanto para el caso de servicios deseables como de servicios repulsivos. Se analiza la comparación de las soluciones mediante votos y las soluciones obtenidas al aplicar los criterios clásicos de medianas o centros siguiendo una línea similar a varios artículos publicados por diversos autores.

Tratamos los problemas de localización mediante votos en los que además de aplicar los criterios clásicos de Condorcet y Simpson se consideran sistemas de preferencias con estructuras de semiórdenes basados en un umbral uniforme para la indiferencia de los usuarios. De esta forma se obtiene una familia de problemas con un doble objetivo: que el número de usuarios que prefieran otra ubicación sea mínimo, y que la distancia que define el umbral de indiferencia sea mínima. Estos propósitos son antagónicos y se intenta combinarlos de forma que se garantice la existencia de una solución.

El reparto de los usuarios indiferentes entre varios servicios nos conduce a

una familia de problemas entre los que están los de solución plural. Estos problemas son semejantes a los de Condorcet pero usando la mayoría simple en vez de la mayoría absoluta.

El uso de modelos de localización mediante votos da una información diferente a la que se obtiene con los modelos clásicos de la mediana y el centro. En un Sistema de Ayuda a la Toma de Decisiones (DSS) la observación de distintos tipos de información puede llevar a la toma de una decisión de mayor calidad.

Igual que la Teoría de la Localización se enriquece con la introducción de conceptos de Teoría de Decisión los resultados obtenidos en el desarrollo de la localización mediante votos nos ha llevado a proponer un método de decisión en grupo aplicable cuando los miembros del grupo tienen una función de valor normalizada sobre las alternativas. También se puede considerar este método como un método de decisión multicriterio en el que las alternativas están valoradas por criterios normalizados.

En el primer capítulo de esta memoria se realiza una introducción dividida en tres apartados. En la primera sección de este capítulo se hace una revisión del estado actual de la localización mediante votos. En la segunda se aportan la notación básica y las definiciones de los conceptos fundamentales utilizados en la memoria. Por último, en el tercer apartado se exponen los resultados más importantes para la resolución práctica de los problemas planteados en este contexto.

Para realizar en la primera sección del capítulo 1 la revisión del estado actual de la localización mediante votos se exponen, en primer lugar, las cuestiones fundamentales sobre la localización. A continuación se exponen las bases de los modelos para la adopción de decisiones mediante votos y el papel que juegan en ellos las estructuras de los sistemas de preferencia de los decisores. Finalmente se exponen los fundamentos que permiten conjuntar estos paradigmas para plantear problemas de localización con criterios basados en los procesos de decisión mediante votos.

La segunda sección de este primer capítulo aporta la notación básica y las definiciones fundamentales que serán utilizadas en la memoria. Para ello se concretan los aspectos formales de los conceptos de la teoría de grafos que se utilizan para formular los modelos sobre los que se trabajará. Se establecen los términos en los que se formulan los problemas de localización sobre grafos o redes, describiendo los aspectos esenciales de los modelos clásicos de localización y como se establecen los modelos básicos de localización mediante votos.

El tercer apartado de este capítulo introductorio se exponen los resultados más importantes obtenidos por diversos autores para la resolución de problemas de localización mediante votos. Gran parte de este apartado se dedica a exponer en detalle el importante procedimiento para obtener la solución de Condorcet en grafos generales debido a Hansen y Labbé. La relevancia de este algoritmo viene determinada por abordar el problema paradigmático de la localización mediante votos, el problema de Condorcet, y porque proporciona las ideas fundamentales del mecanismo de comparación por pares para la eliminación de candidatos que se utiliza en la práctica totalidad de algoritmos para obtener las soluciones de los problemas de localización mediante votos. La descripción del algoritmo se ha modificado para mejorar su comprensión y facilitar la descripción del algoritmo fundamental del capítulo segundo que se deriva en parte de éste.

En el segundo capítulo se expone la introducción de los semiórdenes en el modelo estándar del problema de

Condorcet en redes dando lugar a la solución  $\alpha$ -Condorcet. El capítulo arranca con una introducción motivada a la formulación de este nuevo modelo donde se contempla la existencia de un umbral para la indiferencia de los usuarios que se denota por  $\alpha$ . Tras establecer formalmente el planteamiento del problema en la segunda sección se expone y analiza el algoritmo de solución propuesto para resolver el problema con un umbral  $\alpha$  dado. En el siguiente apartado se aborda la determinación del mínimo valor del umbral de indiferencia, que permite la existencia de solución del problema y que representa el grado de compromiso que permite la adopción de una solución aceptable por la mayoría de los usuarios, y da lugar a la solución tolerante de Condorcet. Se plantea y analiza el correspondiente algoritmo de solución. Finalmente se exponen los resultados que permiten acotar la calidad de las soluciones aportadas por este modelo teniendo encuenta los criterios aplicados en los modelos clásicos de localización: el criterio de la mediana o *minisum* y el del centro o criterio *minimax*. Estas cotas reflejan lo peor que puede ocurrir con las soluciones aportadas por el nuevo modelo desde dicho punto de vista, pero no reflejan la calidad de la solución que, respetando el criterio democrático que inspira el nuevo modelo, más se acerca a la solución óptima de los problemas clásicos.

El tercer capítulo se dedica a los modelos de localización mediante votos que se obtienen al generalizar los distintos aspectos que condicionan la existencia de solución. En primer lugar, siguiendo la propuesta de la solución de Simpson, se varía el número de usuarios necesarios para rechazar una localización, fijando una

mayoría de rechazo por medio de un parámetro  $\gamma$ ; la mayoría de rechazo puede ser distinta de la mitad de usuarios. También se estudian los conceptos relacionados con los puntos plurales, resultantes al sustituir la mayoría absoluta por la mayoría simple, al tratar la comparación de pares de localizaciones alternativas. Las soluciones de ambos planteamientos para el rechazo de una solución, mayoría absoluta (la mitad más uno de usuarios en contra) y mayoría simple (más usuarios en contra que a favor) se ha implementado para el caso discreto; el correspondiente programa PASCAL aparece como apéndice. Por último, se considera la generalización adicional de contemplar un reparto de usuarios indiferentes entre las localizaciones comparadas gobernado por un parámetro  $\beta$ .

El capítulo cuarto se dedica a algunos resultados de líneas de investigación en las que se ha trabajado y que aún permanecen abiertas. Este capítulo está dividido en tres partes que corresponden a la localización mediante votos de servicios no deseables, a la localización de conjuntos de varios puntos de localización, y una tercera parte que engloba las localizaciones eficientes, la aplicación de modelos generales de toma de decisión en grupo y el uso de umbrales de indiferencia proporcionales.

La memoria finaliza con la bibliografía y un apéndice en el que se encuentra el programa PASCAL usado para buscar las soluciones de los problemas discretos presentados en el tercer capítulo.

# Conferencias, Cursos y Congresos

July 11 - 13, 2001, Maastricht, The Netherlands

---

With more and more firms using the Internet for selling and purchasing goods, the design of trading mechanisms becomes one of the most important issues in electronic commerce research. In the past economic theory has observed markets and tried to explain market outcome and agent behaviour. Electronic trading mechanisms change this picture as they can fix market rules. Market mechanisms can further rely on an amount of information exchange and processing that was not feasible before. An electronic marketplace therefore becomes an artifact that can be designed and planned specifically to the needs of participants. But not only electronic commerce has an interest in electronic market design. Market-based coordination in multi-agent systems, and market-based algorithms in combinatorial optimization, for example in scheduling, enjoy a significant research interest and require insights in strategies, incentives and equilibria in markets.

Research in electronic market design is interdisciplinary not only because of very different applications, but also because of different problems that require solutions. The design asks for a game theory analysis of strategies and equilibria. Then the implementation of a particular design has to take computational complexity into account.

Finally, the question of behavior of a human agent has to be evaluated, for example by experimental economics. The program committee of the workshop has invited excellent researchers from various fields to give a presentation on the most important research topics. Areas of research include combinatorial optimization, multi-agent systems, game theory, microeconomics, and information systems.

For further information and registration go to

[www.etrade.infonomics.nl/workshop](http://www.etrade.infonomics.nl/workshop)

Registration including a hotel reservation has to be done until May 4, 2001.

Registration without hotel reservation is possible until June 15, 2001.

Rudolf Müller  
International Institute of Infonomics and University of Maastricht  
Web:  
[www.personeel.unimaas.nl/r.muller](http://www.personeel.unimaas.nl/r.muller)  
E-Mail: [r.muller@ke.unimaas.nl](mailto:r.muller@ke.unimaas.nl)  
Phone: +31 43 388 3799  
Fax: +31 43 388 4874

---

**Curso Extraordinario  
"TRATAMIENTO DE DATOS  
ESTADISTICOS CON EL SPSS  
10"**

Salamanca, 2-10 Julio 2001

---

(Créditos de Libre Elección: 3)

Matrícula ordinaria: 25.000 ptas  
Matrícula reducida (estudiantes): 15.000 ptas

Fecha de celebración del 2 al 10 de julio (30 horas), por las tardes.  
El Curso se desarrollará en las Aulas de Informática de la Facultad de Ciencias (Universidad de Salamanca).

**ÍNDICE DE MATERIAS:**

1.1. Manejo de datos. 1.2. Análisis descriptivo y Análisis exploratorio de datos.

2.1. Comparación de medias: caso paramétrico y no paramétrico. 2.2. ANOVA.

3.1. Regresión: lineal, no lineal y logística.

4.1. Clasificación: Cluster y Discriminante.

5.1. Reducción de datos: Análisis Factorial y Análisis de Correspondencias

6.1. Análisis de Supervivencia

7.1. Series temporales.

Puede reservar su plaza a través de

Internet:

<http://www.usal.es/precurext>

Material que se entregará para el curso: Libro de prácticas con su disco correspondiente y una carpeta.

Cualquier consulta:

Quintín Martín Martín (e-mail: [qmm@gugu.usal.es](mailto:qmm@gugu.usal.es)) (Director del curso)

---

**EIGHTH INTERNATIONAL  
WORKSHOP ON  
PROJECT MANAGEMENT AND  
SCHEDULING  
(PMS 2002)**

April, 3-5, 2002, Valencia (Spain)

---

Department of Statistics and Operational Research

Department of Financial and Mathematical Economics  
University of Valencia

**FIRST ANNOUNCEMENT**

**OBJECTIVES**

The EURO Working Group on Project Management and Scheduling (EURO WG-PMS) was established during the EURO VIII Conference in Lisbon in 1986. Since then a workshop has been held every two years with the objective of bringing together researchers in the area of project management and scheduling to exchange and discuss recent research findings and generate promising areas for future research.

The University of Valencia (Spain) is hosting the eighth conference (PMS 2002). We aim to retain a 'workshop atmosphere' as much as possible, to stimulate the discussion of major developments in the field, and create an opportunity for researchers and practitioners to get involved in joint research.

**SCOPE**

PMS 2002 will cover the following topics. Further topics may also be added.

Project management  
- Network modeling

- Single and multi-project scheduling
- Resource management
- Due-date management
- Uncertainty issues in project management
- Applications

#### Machine scheduling

- Single machine scheduling
- Parallel machine scheduling
- Shop scheduling (flow, job, and open shop)
- Scheduling of transportation robots
- Machine assignment and scheduling
- Applications

### PROGRAM COMMITTEE

J. BLAZEWICZ (Poland)  
 F. BOCTOR (Canada)  
 P. BRUCKER (Germany)  
 J. CARLIER (France)  
 E. DEMEULEMEESTER (Belgium)  
 DREXL (Germany)  
 S. ELMAGHRABY (U.S.A.)  
 S. ERENGUC (U.S.A.)  
 W. HERROELEN (Belgium)  
 W. KUBIAK (Canada)  
 C.-Y. LEE (U.S.A.)  
 K. NEUMANN (Germany)  
 L. OZDAMAR (Turkey)  
 J. PATTERSON (U.S.A.)  
 E. PESCH (Germany)  
 M.-C. PORTMANN (France)  
 A. SHTUB (Israel)  
 R. SLOWINSKI (Poland)  
 L. VALADARES TAVARES (Portugal)  
 G. ULUSOY (Turkey)  
 V. VALLS (Spain)  
 J. WEGLARZ (Poland)

### ORGANIZING COMMITTEE

Pilar LINO  
 Concepcion MAROTO  
 Angeles PEREZ  
 Marisa QUINTANILLA  
 Vicente VALLS (Chairman)

### WORKSHOP VENUE

#### THE UNIVERSITY OF VALENCIA

The University of Valencia was founded in 1499 and is one of the largest, oldest, and most diverse universities in Spain. It has grown considerably in recent decades and now includes almost 3,000 professors

and lecturers in 82 departments and 10 research institutes. The university is distributed into four campuses, and teaches 44 degree courses to a total of around 70,000 students.

The Department of Statistics and Operational Research and the Department of Financial and Mathematical Economics will be organising the workshop. Together the two departments have 90 professors and lecturers and manage operational research studies for the university.

### THE CITY OF VALENCIA

Valencia is a vibrant, cosmopolitan city on the Mediterranean coast. Once the capital of its own kingdom, it is now a regional capital and Spain's third largest city. Surrounded by immense orange orchards and sandy beaches, the city enjoys year-round sunshine and has become a popular conference centre.

The city was founded by the Romans, taken by the Visigoths, and prospered under the Moors. Each civilisation has left its mark and the historic centre includes a 13th century cathedral (La Seo), and a splendid gothic 15th century silk exchange (La Lonja). However, the city is looking to the future and is now home to one of Europe's most exciting urban development projects. Some \$200m has been invested in building an immense and futuristic Arts and Science Centre.

Valencia's mild climate is another reason to come for a stay. Its warm atmosphere is always inviting and hospitable. Ready to be enjoyed. Valencia means commerce and culture, cinema, theatre, museums, music and business. It is a centre for industrial design and avant-garde movements. Valencia is a city that never sleeps, with an extensive cultural line-up.

During your stay in Valencia, you will also be able to enjoy the peace and quiet of several exceptional natural sites. Between the sea and the rice paddies, the Albufera Natural Park is a paradise for migratory birds and a recreation area for the city.

No visit to Valencia would be complete without a taste of its ample

mediterranean cuisine based on a fertile 'huerta' or market garden, and fresh fish and shellfish. Traditional Valencian cooking is a five star pleasure!

### WORKSHOP LOCATION

The workshop will be held at ADEIT, a foundation created to encourage links between the university and local businesses. The new ADEIT building is located near the ancient city centre. This fascinating area is being carefully restored.

### PRE-REGISTRATION

If you are interested in participating, please visit our website: <http://www.adeit.uv.es/pms2002> in order to complete the pre-registration form. Pre-registration does not involve any obligations, but helps us to plan the schedule and keep you informed.

### ABSTRACTS

The selection of papers for presentation will be based on three-page abstracts, which will be reviewed by the program committee. All accepted papers will be placed on the website of the conference and published in the workshop proceedings, which will be available at the workshop.

Abstracts should be submitted before October 1, 2001.

A selection of the best papers will be published in a special issue of the European Journal of Operational Research.

### REGISTRATION COSTS

Prices shown below are provisional and include the conference fee, a welcoming party, coffee breaks, and three lunches.

Early registration fee: 170 EURO  
 Late registration fee: 200 EURO  
 Excursion and dinner: to be announced.

The deadline for early registration is January 15, 2002. Registration will be

made via the conference website.

## IMPORTANT DATES

The provisional deadlines are:  
Abstract submission: October 1, 2001  
Notification of acceptance: November 15, 2001  
Early registration deadline: January 15, 2002  
Full paper submission: July 31, 2002

## INFORMATION AND CORRESPONDENCE

All correspondence should be directed to:

PMS2002  
Dpto. de Economía Financiera y Matemática  
Edificio Departamental Oriental  
Avda. de los Naranjos s/n  
46071 VALENCIA (SPAIN)

Telephone: 34-96-382-8396  
Telefax: 34-96-382-8370  
E-mail: pms2002@uv.es

For up-to-date information, please consult the conference website:  
<http://www.adeit.uv.es/pms2002>

## IV CONGRESO NACIONAL DE ESTUDIANTES DE ESTADÍSTICA

Elche, 26-28 Septiembre 2001

### Objetivos del Congreso.

Contribuir a la difusión de las mejoras que la Estadística, la Investigación Operativa y sus Aplicaciones Informáticas asociadas pueden aportar en el ámbito empresarial, bancario, de la salud, educación, etc.

Estimular la participación de los estudiantes universitarios e actividades científico-técnicas mediante la presentación en forma de Comunicaciones Orales o de Pósters, de los trabajos que hayan realizado.

Potenciar la inserción de los estudiantes en el mercado laboral, en actividades relativas al análisis estadístico, la implementación de técnicas de Investigación Operativa y

Aplicaciones Informáticas asociadas, vinculadas a su entorno.

En esta línea se inscribe la sesión monotemática “*Aplicaciones Estadísticas en la Toma de Decisiones en la Empresa de Hoy*”, en la que se espera contar con la participación de empresarios de diferentes sectores.

### ¿ A quién va dirigido?

A TODOS los estudiantes universitarios ( o recién titulados) de todas las carreras, interesados en las técnicas de la Estadística, Investigación Operativa y sus aplicaciones informáticas asociadas.

**Bases de asistencia y presentación de trabajos (para más detalle, ver página web**  
**<http://ulises.umh.es/4congreso>):**

Podrán participar estudiantes o recién titulados de cualquiera de las Universidades Españolas.

Para asistir al congreso, tanto si se presenta trabajo, como si no, deberá formalizarse la inscripción como se indica en el apartado “Inscripción en el congreso” antes del 7 de Septiembre de 2001.

Aquellos estudiantes que los deseen, podrán presentar un trabajo cuyo contenido se englobe en alguna de las siguientes áreas: Estadística, Investigación Operativa, o Aplicaciones Informáticas relacionadas con éstas.

Junto al trabajo deberá realizarse un **resumen del mismo, con una longitud máxima de tres páginas**. Este resumen será publicado en un libro de actas que se entregará a todos los asistentes al congreso. Además una selección de estos resúmenes será publicada en el Boletín de la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa (SEIO).

Los trabajos de los estudiantes deberán estar tutelados por profesores de la Universidad de procedencia.

Las modalidades de exposición de los trabajos en el congreso serán: (a) Comunicación oral y (b) Póster.

### Envío del resumen y del trabajo

### completo:

Se enviará por correo ordinario, a la dirección del congreso, antes del 7 de septiembre de 2001 una copia en papel (DIN-A4) del resumen, junto con una hoja adicional en la que se indique: título, autores, universidad, profesor-tutor, departamento, modalidad de exposición que se prefiere (comunicación oral o póster), soporte técnico necesario (proyector de transparencias, cañón de video, pizarra, etc.), y un teléfono o e-mail de contacto. El fichero del resumen deberá enviarse, también antes del 7 de septiembre de 2001, por e-mail a [congreso4@apollo.umh.es](mailto:congreso4@apollo.umh.es), o bien incluirse en disco de 3'5 junto con la copia en papel. enviado, antes

Igualmente, el trabajo completo deberá ser del 14 de septiembre de 2001, tanto en papel, por correo ordinario a la dirección del congreso, como por e-mail o disco de 3'5.

### Formato del resumen y el trabajo completo: (ver ejemplo en la página web):

- Procesador de texto *Microsoft Word*.

Los números de las páginas deben estar centrados.

Los márgenes de las páginas del resumen deben ser:

Izquierda: 2.5 cm, Derecha: 2 cm  
Superior: 3 cm, Inferior: 3 cm

El interlineado en los párrafos debe ser sencillo.

Las tablas y las figuras deberán estar centradas, pudiendo usar color y blanco y negro a elección del autor.

Formato del encabezado:

<b>TÍTULO:</b> Fuente: Times New Roman, mayúsculas, Tamaño: 12, Negrita y centrado
<b>AUTORES:</b> Fuente: Times New Roman, Tamaño: 12
<b>UNIVERSIDAD:</b> Fuente: Times New Roman, Tamaño: 12
<b>DEPARTAMENTO:</b> Fuente: Times New Roman, Tamaño: 12

Formato del contenido:

[LETRA Fuente: Times New Roman, Tamaño: 12, está permitido el uso de negrita y cursiva]  
[JUSTIFICACIÓN Completa]

El *comité científico* del congreso será el encargado de:

Evaluar los trabajos y decidir la modalidad de exposición (comunicación oral o póster). Se optará principalmente por la primera, salvo que haya escasez de tiempo.

Realizar una selección de trabajos a los que se otorgará una mención especial honorífica.

Realizar una selección (de 4 o 5) de entre los trabajos relacionados con aplicaciones a la empresa. Éstos serán presentados en la sesión monotemática: del día 26 de Septiembre

#### **PROGRAMA DE ACTOS (VER ACTUALIZACIONES EN PÁG. WEB):**

Miércoles 26 de septiembre de 2001. – Edif. Altabix de la Universidad Miguel Hernández de Elche  
**9:00 – 13:00** Recepción de los congresistas inscritos con alojamiento. Entrega de material. Traslado al hotel.

#### **Hotel Huerto del Cura, Elche**

**15:00 – 16:30** Recepción de los congresistas sin alojamiento. Entrega de material

**16:30 - 17:30** Comunicaciones

**17:30 - 18:00** Pausa

Sesión monotemática: “*Aplicaciones Estadísticas en la Toma de Decisiones dentro de la Empresa de Hoy*”

**18:00 - 18:30** Exposición del Plan Futurelx por parte del Excmo. Ayto. de Elche

**18:30 - 19:30** Mesa redonda: “Sistemas Estadísticos de apoyo a la decisión en la empresa de hoy.”

**19:30 - 19:45** Pausa

**19:45 - 20:45** Comunicaciones

**20:45 - 21:00** Pausa

**21:00 - 21:30** Inauguración oficial del congreso

**21:30** Bienvenida a los congresistas por parte del Excmo. Ayto. de Elche. - Vino de Honor

Jueves 27 de septiembre de 2001. - Aula Magna (Edif. Altabix) de la Universidad Miguel Hernández de Elche

**10:00 - 11:00** Comunicaciones

**11:00 - 11:30** Pausa

**11:30 - 12:30** Conferencia Plenaria

**12:30 -14:00** Visita cultural por la ciudad organizada por el Excmo. Ayto. de Elche

**14:00 - 16:30** Descanso / comida

**16:30 - 18:30** Comunicaciones

**18:30 - 19:00** Pausa

**19:00 - 20:00** Conferencia Plenaria

**20:00 - 20:30** Pausa

**20:30 – 21:00** Exposición Pósters  
Viernes 28 de septiembre de 2001. - Aula Magna (Edif. Altabix) de la Universidad Miguel Hernández de Elche

**10:00 - 11:00** Conferencia Plenaria

**11:00 - 12:00** Pausa

**12:00 - 14:00** Comunicaciones

**14:00 - 16:30** Descanso / comida

**16:30 -18:00** Comunicaciones/Mesa redonda

**18:00 - 18:30** Pausa

**18:30 - 19:30** Conferencia Plenaria

**19:30 - 20:00** Pausa

**20:00** Entrega de Premios y Acto de Clausura

**22:00** Cena de Clausura

#### **Inscripción en el congreso:**

El **boletín de inscripción** del reverso (también disponible en página web), o fotocopia del mismo, deberá ser cumplimentado por todos los participantes, independientemente de que presenten trabajo o no. Todos los participantes recibirán el respectivo diploma de exposición o asistencia.

**Tasa de inscripción sin alojamiento: 6000 ptas.**

Cubre la participación en todos los actos del programa, incluyendo las comidas de los días 27 y 28 y la cena de clausura.

**Tasa de inscripción con alojamiento: 12000 ptas**

Incluye además alojamiento (en hab. doble o triple\*) y desayuno en el Hotel Polamar de Santa Pola (a 13 Kms. de Elche), entrada el 26-09-01 y salida el 29-09-01, y los traslados en autobús a los actos del congreso.

\*Se intentará respetar las preferencias de los congresistas. La asignación de habitaciones se realizará por orden de recepción de las inscripciones.

El abono de las tasas se hará efectivo mediante transferencia a la siguiente cuenta de **Bancaja:**

**2077.0266.31.00761964**

**Concepto:** Inscripción en el IV Congreso Nacional de Estudiantes de Estadística.

**El justificante del abono de la tasa de inscripción deberá enviarse por correo , junto con el boletín de inscripción, a la dirección o fax del congreso, antes del 7 de septiembre de 2001**

**Nota del comité organizador:** Por cuestiones operativas, se ruega a los interesados que nos hagan saber su intención de asistir al congreso (indicando si desean alojamiento o no), enviándonos un e-mail (o fax).

#### **Dirección del congreso:**

IV Congreso Nacional de Estudiantes de Estadística  
Dpto. Estadística y Matemática Aplicada  
Universidad Miguel Hernández  
Campus de Elche - La Galia  
Avda. Ferrocarril, s/n  
C.P. 03202 - ELCHE (Alicante)

E-mail: congreso4@apolo.umh.es  
Fax: 96.665.87.15

# Agenda

2001

## AGOSTO

- 2-4 **THE 6<sup>TH</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS**, Berne, Switzerland; Inf: <http://www.isahp2001.ch/>
- 5-9 **2001 JOINT STATISTICAL MEETINGS**. Atlanta, Georgia, USA. Inf: ASA, 1429 Duke Street, Alexandria, VA 22314-3415, USA; Tel: (1-703) 684-1221; e-mail: [meetings@amstat.org](mailto:meetings@amstat.org).
- 6-10 **INTERNATIONAL CONFERENCE ON EXTREMES IN THEORY AND PRACTICE**, Leuven, Belgium, Inf: Jan Beirlant, University Center of Statistics, Katholiege Universiteit Leuven, De Croylaan 52B, 3001 Heverlee, Belgium, Tel: +32 16 322789; Fax: +32 16 322831; E-mail: [jan.beirlant@wis.kuleuven.ac.be](mailto:jan.beirlant@wis.kuleuven.ac.be).
- 12-18 **4<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON STATISTICAL DATA ANALYSIS BASED ON L<sub>1</sub> NORM AND RELATED METHODS**, Neuchatel, Switzerland; Inf: Prof. Yadolah Dodge, Conference Organiser Statistics Group, Case Postale 1825, CH-2002 Neuchatel, Switzerland; Tel: +41 32 718 13 80; Fax: +41 32 718 13 81; e-mail: [yadolah@seco.unine.ch](mailto:yadolah@seco.unine.ch).
- 13-19 **23<sup>RD</sup> EUROPEAN MEETING OF STATISTICANS**, Funchal, Madeira, Portugal; Inf: E-mail: [Danis.Pestana@fc.ul.pt](mailto:Danis.Pestana@fc.ul.pt).
- 15-20 **SRTL-2, SECOND INTERNATIONAL RESEARCH FORUM ON STATISTICAL REASONING, THINKING AND LITERACY**, Armidale, Australia. Inf: Dr. Chris Reading, Department of Curriculum Studies, University of New England, Armidale, NSW 2351 Australia; Tel: (02) 67735060; Fax: (02) 67735078; e-mail: [creading@metz.une.edu.au](mailto:creading@metz.une.edu.au); WWW: <http://www.beeri.org.il/SRTL/>.
- 20-23 **INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND PRODUCTION MANAGEMENT**, Quebec, Canada, Inf: <http://www.iepm.net/>
- 21-25 **ICAN 2001 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**, Vienna, Austria; Inf: Austrian Research Institute for Artificial Intelligence, Schottengasse 3, A-1010 Vienna, Austria, E-mail: [icann@ai.univie.ac.at](mailto:icann@ai.univie.ac.at).
- 21-24 **LOGISTICS 2001**, International Conference On Integrate Logistics, Singapore. Inf: <http://www.peerview.com/logistics2001>.
- 22-29 **INTERNATIONAL STATISTICAL INSTITUTE, 53<sup>RD</sup> BIENNIAL SESSION**, Seoul, Korea; Inf: ISI Permanent Office, Prinses Beatrixlaan 428, P.O. Box 950, 2270 AZ Voorburg, The Netherlands; Tel: +31 70 3375737; Fax: + 31 70 3860025; E-mail: [isi@cbs.nl](mailto:isi@cbs.nl). WWW:<http://www.nso.go.kr/isi2001>.
- 24-25 **CANQUEUE 2001 3<sup>rd</sup> NATIONAL WORKSHOP ON QUEUEING THEORY AND ITS RELATED FIELDS OF APPLICATIONS**, Waterloo, Ontario. Inf: Elizabeth Jewkes; Tel: (519)-888-4567 Ext. 3279; e-mail: [emjewkes@engmail.uwaterloo.ca](mailto:emjewkes@engmail.uwaterloo.ca).
- 30-31 **IAOS SATELLITE MEETING ON STATISTICAL FOR INFORMATION SOCIETY**, Tokio, Japan, Inf: Akihito ITO, Japan Statistical Association, 2-4-6 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan; Tel: + 81 3 5332 3151; Fax: +81 3 5389 0691; E-mail: [jsa@stat.or.jp](mailto:jsa@stat.or.jp) or [ito@stat.or.jp](mailto:ito@stat.or.jp).
- 30-1 **INTERNATIONAL CONFERENCE ON STATISTICAL CHALLENGES IN ENVIROMENTAL HEALTH PROBLEMS**, Fukuoka City, Japan; Inf: Tahaski Yanagwa, Graduate School of Mathematics, Kyushu University, Fukuoka 812 8581, Japan, E-mail: [yanagwa@math.kyushu-u.ac.jp](mailto:yanagwa@math.kyushu-u.ac.jp).

## SEPTIEMBRE

- 4-7 **AIRO2001 ANNUAL CONFERENCE**, Cagliari, Italy, Inf: Prof.ssa Paola Zuddas, Dip. Ingegneria del Territorio, Sezione Idraulica, Piazza d'armi 09123 Cagliari, Tel: +39 070 6755320; Fax: +39 070 6755310; e-mail: [zuddas@unica.it](mailto:zuddas@unica.it).
- 4-6 **OR 43**, Bath, UK; Inf: Chris Barret, Operational Research Society, 12 Edward Street, Birmingham B1 2RX, UK; Tel: +44 (0)121 233 9300; Fax: +44 (0)121 233 0321; E-mail: [Barret@orsoc.org.uk](mailto:Barret@orsoc.org.uk); WWW:[www.orsoc.org.uk](http://www.orsoc.org.uk)
- 10-14 **SIO 2001 SYMPOSIUM ON OPERATIONAL RESEARCH**, Buenos Aires, Argentina, Inf: Nelida E. Echebest, Dept. de Matematica, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de la Plata (UNLP), casilla de correo 172, calle 50 y 115, La Plata (1900), Argentina; Fax: +54 -221 4229850 (ext 201); e-mail: [opti@mate.unlp.edu.ar](mailto:opti@mate.unlp.edu.ar); WWW: <http://www.springer.de/author/index.html>.
- 11-13 **IV INTERNATIONAL WORKSHOP OPERATIONS RESEARCH, APPLICATIONS OF MATHEMATICAL MODELS IN ECONOMY**, La Habana, Cuba, Inf: WWW:<http://www.uh.cu/eventos/workshop4>
- 9-22 **EURO SUMMER INSTITUTE XIX: DECISION ANALYSIS & AI**, Toulouse, France; Inf: [www.poleia.lip6.fr/~perny/ESI2001](http://www.poleia.lip6.fr/~perny/ESI2001).
- 18-20 **8<sup>th</sup> SYMPOSIUM ON ANALYSIS, DESIGN AND EVALUATION OF HUMAN-MACHINE SYSTEMS (HMS)**, Kassel, Germany, Inf: IFAC-HMS 2001, P.O. Box 10 11 39, D-40002 Dusseldorf, Germany, Tel: +49 211 6214-215; Fax: +49 211 6214-161; e-mail: [rosenzweig@vdi.de](mailto:rosenzweig@vdi.de); WWW: <http://www.imat.maschinenbau.uni-kassel.de/hms2001/index.html>.
- 24-27 **WMC'2001 THIRD WORLD MANUFACTURING CONGRESS**, Rochester, New York, USA, Inf: <http://www.icsc.ab.ca/wcm2001.htm>.

26-28 **OPERATIONAL PERIPATETIC POST-GRADUATE PROGRAMME; A EURO CONFERENCE FOR YOUNG RESEARCHERS**, Paris, France; Inf: <http://www.orp3.com>

26-29 **ORP3 EURO CONFERENCE FOR YOUNG RESEARCHERS**, Paris, France; Inf: e-mail: [staff@orp3.com](mailto:staff@orp3.com), WWW: [www.orp3.com](http://www.orp3.com)

## **OCTUBRE**

4-5 **MULTICRITERIA AID FOR DECISIONS**, Durbuy, Belgium; Inf: [pvincke@ulv.ac.be](mailto:pvincke@ulv.ac.be)

8-12 **SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEASUREMENT AND CONTROL IN COMPLEX SYSTEMS**, Vinnitsa, Ukraine, Inf: <http://vstu.vinnica.ua/mccs2001>

23-26 **WI'2001 FIRST ASIA-PACIFIC CONFERENCE ON WEB INTELLIGENCE**, Maebashi City, Japan; Inf: <http://kis.maebashi-it.ac.jp/wi01/>

## **NOVIEMBRE**

4-7 **ANNIE 2001**, St. Louis, Missouri, Topics of interest include neural networks, fuzzy logic, evolutionary programming, complex systems, data mining, and rough sets. Inf: Dr. Cihan H. Dagli, Dept. of Engineering Management, University of Missouri-Rolla; Tel: (573) 341-6576 or (573) 341-4374; e-mail: [annie@umr.edu](mailto:annie@umr.edu); WWW: <http://www.umr.edu/~annie>.

4-7 **INFORMS MIAMI BEACH FALL 2001**; Inf: Gary J. Koehler, University of Florida, Dept. of Decision & Info. Sciences Warrington College of Business, P.O. Box 117169, Gainesville, FL 32611; Tel: 352-846-2090; Fax: 352-392-5438; E-mail: [Koehler@ufl.edu](mailto:Koehler@ufl.edu).

6-9 **XXVI CONGRESO NACIONAL DE ESTADISTICA E INVESTIGACION OPERATIVA**, Ubeda (Jaen), España; Inf: Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Edificio D-3, Campus de Las Lagunillas s/n, Universidad de Jaen, 23071.- Jaen. E-mail [conseio@ujaen.es](mailto:conseio@ujaen.es); Www: <http://www.ujaen.es/huesped/conseio/>.

12-15 **CONGRESO LATINOAMERICANO DE PROBABILIDAD Y ESTADISTICA MATEMATICA (CLAPEM)**, La Habana, Cuba, Inf: Prof G. Perera, Presidente del Comité de Programa ([gperera@fing.edu.uy](mailto:gperera@fing.edu.uy)); o Prof. Pablo Olivares, Comité Local ([olivares@matcom.uh.cu](mailto:olivares@matcom.uh.cu) o [olivares@discrete.concordia.ca](mailto:olivares@discrete.concordia.ca)).

29-2 **ICDM'01 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA MINNING**, Silicon Valley, California, USA; Inf: <http://kais.mines.edu/~xwu/icdm-01.html>.

29-1 **OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY OF NEW ZEALAND, CONFERENCE TWENTY NAUGHT ONE**, Christchurch, NZ; Inf: John F. Raffensperger; e-mail: [raffensperger@mang.canterbury.ac.nz](mailto:raffensperger@mang.canterbury.ac.nz) ; WWW: <http://www.mang.canterbury.ac.nz/orsnz/conf2001>.

## **2002**

### **ENERO**

16-19 **NF 2001:FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEURO-FUZZY TECHNOLOGIES**, La Habana, Cuba, Inf: [www.icsc-naiso.org/conferences/2002](http://www.icsc-naiso.org/conferences/2002).

### **MARZO**

20-21 **SIMULATION WORKSHOP**, Birmingham, UK, Inf. Chris Barret. Operational Research Society, 12, Edward Street, Birmingham B1 2RX, UK; Tel: +44 (0) 121 233 9300; Fax: + 44 (0) 121 233 0321; e-mail: [Barret@orsoc.org.uk](mailto:Barret@orsoc.org.uk) ; WWW: [www.orsoc.org.uk](http://www.orsoc.org.uk).

### **ABRIL**

2-6 **DECISION SUPPORT SYSTEMS**, Brussels, Belgium; Inf: [jpbans@vnet3.vub.ac.be](mailto:jpbans@vnet3.vub.ac.be)

3-5 **EIGHT INTERNATIONAL WORKSHOP ON PROJECT MANAGEMENT AND SCHEDULING,PMS 2002**; Valencia, Spain, Inf: PMS2002, Dpto. de Economía Financiera y Matematica, Edificio Departamental Oriental, Avda. de los Naranjos s/n 46071 Valencia (Spain), Tel: +34 96 3828396; Fax: +34 96 3828370; E-mail:[pms2002@uv.es](mailto:pms2002@uv.es); WWW: <http://www.adeit.uv.es/pms2002>.

16-17 **LOCAL SEARCH WORKSHOP**, London, UK, Inf. Chris Barret. Operational Research Society, 12, Edward Street, Birmingham B1 2RX, UK; Tel: +44 (0) 121 233 9300; Fax: + 44 (0) 121 233 0321; e-mail: [Barret@orsoc.org.uk](mailto:Barret@orsoc.org.uk) ; WWW: [www.orsoc.org.uk](http://www.orsoc.org.uk).

28-30 **CONFERENCE ON APPLIED STATISTICS IN AGRICULTURE**. Manhattan, Kansas, USA, Inf: George A. Milliken, Kansas State University, Department of Statistics, Dickens Hall, Manhattan, Kansas 66506-0802; Tel: (1-785) 532-6883; Fax: (1-785) 532-7736.

### **JUNIO**

2-5 **ANNUAL MEETING OF THE STATISTICAL SOCIETY OF CANADA**, Ontario, Canada, Inf: Peter Macdonald, Department of Mathematics and Statistics, McMaster University, 1820 Main Street West, Hamilton, Ontario, L8S 4K1, Canada; E-mail: [pdmac@mcmail.cis.mcmaster.ca](mailto:pdmac@mcmail.cis.mcmaster.ca).

23-29 **8<sup>TH</sup> INTERNATIONAL VILNIUS CONFERENCE ON PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS**, Vilnius, Lithuania; Inf: Dr. Aleksandras Pilkus, Institute of Mathematics and Informatics, Akademijos str 4, 2600 Vilnius, Lithuania. Tel: 370-2-729209; Fax: 370-2-729209; e-mail: [conf@ktl.mii.lt](mailto:conf@ktl.mii.lt)

## JULIO

- 2-5 **MCQT'02 1<sup>ST</sup> MADRID CONFERENCE ON QUEUEING THEORY**; Madrid, España, Inf: Jesus R. Artalejo, Department of Statistics and O.R., Faculty of Mathematics, Complutense University of Madrid, Madrid 28040, Spain. Fax: + 34 91 3944607, e-mail: mc\_qt@mat.ucm.es; WWW: <http://www.mat.ucm.es/deptos/es/mcqt/conf.html>.
- 7-12 **ICOTS 6 SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING STATISTICS**, Durban, South Africa; Inf: Dr. Maria Gabriella Ottaviani, Chair International Program Committee. e-mail:ottavian@pow2.sta.uniroma1.it.
- 8-12 **IFORS 2002/OR 44**, Edinburgh, UK; Inf: Chris Barret, Operational Research Society, 12 Edward Street, Birmingham B1 2RX, UK; Tel: +44 (0)121 233 9300; Fax: +44 (0) 121 233 0321; e-mail:Barret@orsoc.org.uk; WWW: <http://www.orsoc.org.uk>.

## AGOSTO

- 11-15 **2002 JOINT STATISTICAL MEETING**, New York, New York., USA, Inf: ASA, 1429 Duke Street, Alexandria, Virginia 22314-3415, USA; Tel: (1-703) 684-1221; e-mail: meeting@amstat.org.
- 19-23 **24<sup>th</sup> EUROPEAN MEETING OF STATISTICIANS**, Prague, Czech Republic. Inf: Martin Janzura, Institute of Information Theory and Automation, POB 18, 182 08 Praha 8, Czech Republic; Tel: 420 2 6605 2572; Fax: 420 2 688 4903; e-mail: janzura@utia.cas.cz..

### **Viene de la primera página**

*La página Web de Test la mantiene la editora técnica Ana Justel Eusebio en la dirección <http://www.cica.es/aliens/seio/test/test.html>. La página web de Top está en el centro de Investigación Operativa de la Universidad Miguel Hernández de Elche. La mantienen Marta Sellés Nogueroles y Antonio Alonso Ayuso. Su dirección es <http://ulises.umh.es/top/>.*

*Durante los últimos años se han producido algunos hechos relevantes para nuestra Sociedad, como la consolidación de nuestras revistas Top y Test, y en especial la entrada de esta última en las listas de impacto. También conviene destacar algunos datos menos conocidos pero también importantes: el número de socios de la SEIO que supera los 700, el éxito de participación que tienen nuestros congresos donde el número de congresistas ya se aproxima a los 500 y los cuatro grupos de trabajos de la SEIO que siguen trabajando activamente.*

*No cabe duda de que nuestra Sociedad goza de buena salud. Pero aun quedan muchas cosas por hacer. A Pedro Gil Álvarez le corresponderá llevar el timón de nuestro barco a partir de noviembre. ¡Mucha suerte en su gestión!*

# Ofertas de Empleo

---

## **PHD POSITION AT ERASMUS UNIVERSITY ROTTERDAM, THE NETHERLANDS**

---

### **Supervisor**

Albert P.M. Wagelmans  
email: [wagelmans@few.eur.nl](mailto:wagelmans@few.eur.nl)  
url: <http://www.few.eur.nl/few/people/wagelmans>

### **Research school**

Erasmus Institute of Research in Management (ERIM)  
url: <http://www.irim.nl>

### **Period**

September 2001- August 2005

### **Title**

Design of advanced optimization methods for production and supply chain planning

### **Short problem description**

#### Background

The planning problems that we will study in this project all have in common that for a number of consecutive periods, we are given the (deterministic) demand for one or

more items in each of these periods and we are asked to determine how much to produce in each period so as to minimize the total cost (or maximize the total profit) over these periods. It is allowed to hold inventory to satisfy future demand. Relevant cost typically include production costs and holding (inventory) costs.

For some of these planning problems it is possible to design efficient methods that generate optimal production plans, but for others no such efficient methods are known. For instance, this is the case when production capacities are present. In fact, for these problems the existence of efficient solution methods is

considered very unlikely. As a consequence, it is often impractical to look for a production plan that is guaranteed to have minimal cost. Instead, one typically resorts to efficient approximation methods that do not give this guarantee, but that try to find a plan that is reasonably good. Ideally, an approximation method should generate production plans that always – or at least very often – have a cost that is close to the minimal cost.

From a theoretical point of view, the most interesting efficient approximation methods are those that guarantee to find always a plan with a cost that is within  $x\%$  of the minimum, where  $x$  is a known – preferably small – constant. Until a few years ago, despite a lot of research, approximation methods with this desirable theoretical property were unknown for capacitated problems, even for large values of  $x$ . Therefore, proposed approximation methods could only be evaluated empirically. In Van Hoesel and Wagelmans (2001), however, it is not only shown that such methods do exist for a very broad of capacitated problems, but also that it is even possible to let  $x$  be part of the input of the method. This means that we can specify a priori the quality of the production plans that we want to find (Of course, specifying a smaller value of  $x$  will – in general – mean that the method will take longer to come up with a solution that satisfies the quality

guarantee; it is important to note, however, that the method remains efficient). This is about the strongest possible theoretical approximation result. Besides the fact that the result applies to a very broad class of capacitated problems, the proposed approach has the nice property that it is very flexible, making it (potentially) suitable as an approach to related and more complicated problems.

### Objectives of the proposed project

Although the method proposed in Van Hoesel and Wagelmans (2001) has nice theoretical properties, developing an implementation of the method that optimizes its practical performance with respect to computations times is a non-trivial task. Therefore, the first objective of the project is to develop such an implementation and to compare its performance empirically with other (less sophisticated) approximation methods that have been proposed in the literature. Developing a good implementation is not only a goal as such, but it is also a useful preparation step for carrying out the second, more ambitious, objective of the project, namely the development of advanced methods for more complex planning problems. The complex planning problems that we would like to study arise in *Reversed logistics*, *Supply chain planning* and the *Integrated planning of marketing and production activities*.

Although we will try again to obtain theoretical results for these problems, it may not always be possible to obtain strong theoretical approximation results.

Therefore, it is necessary to evaluate the performance of approximation methods (also) empirically, which means that it is essential to have efficient and effective implementations. Earlier experience with the development of a good implementation of the Van Hoesel-Wagelmans method may be very useful here, since it is likely that advanced methods for the more complex problems will use elements of this method.

The scientific significance of the project consists of the analysis of complex models that naturally arise in the three areas indicated above. Our aim is to develop methods for the associated planning problems that are interesting from both a theoretical and a practical point of view. As explained above, theoretical results are still very scarce or non-existent.

### Reference

C.P.M. van Hoesel and A.P.M. Wagelmans (2001), "Fully Polynomial Approximation Schemes for Single-Item Capacitated Economic Lot-Sizing Problems", *Mathematics of Operations Research* 26 (to appear)

# Noticias de la SEIO

---

## ELECCIONES 2001

Domingo Morales

---

En conformidad con el artículo 6º MÉTODOS DE ELECCIÓN de los estatutos de la SEIO, durante el XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa (Úbeda (Jaén), 6 al 9 de Noviembre del año 2001), deberá celebrarse elecciones para los cargos de vicepresidente de la sección

de Estadística, vicepresidente de la sección de Investigación Operativa, vocal del Consejo Ejecutivo (dos vacantes), vocal del Consejo Académico de la sección de Estadística (dos vacantes), vocal del Consejo Académico de la sección de Investigación Operativa (dos vacantes).

En este boletín se adjunta la **hoja de candidaturas**, que deberá ser remitida a la sede de la SEIO (Hortaleza 104 2º izquierda, 28004 Madrid) antes del 10

de septiembre de 2001. Se ruega además que se remita copia por fax al Secretario General: Domingo Morales, 96. 665.87.15.

El Consejo Ejecutivo proclama candidatos a todos aquellos socios individuales que sean propuestos por un mínimo de cinco miembros de la SEIO. Para un mejor desarrollo de las elecciones conviene que, si el candidato propuesto no figura entre los firmantes de la candidatura, éste envíe su aceptación explícita a la sede de la

SEIO. Prestándose a aceptar el cargo en caso de ser elegido.

El tiempo de mandato de todos los cargos electivos, salvo el de Presidente, será hasta el segundo Congreso siguiente al de su elección. Nadie puede ser reelegido inmediatamente para el mismo cargo.

Todas las elecciones comenzarán con anterioridad a la Asamblea General, y se realizarán sobre una lista de candidatos publicada con un mínimo de veinte días de anticipación por el Consejo Ejecutivo. Los candidatos elegidos son proclamados en el seno de la Asamblea General. Todos los

miembros de la Sociedad tienen derecho a un voto, que puede ser efectuado por correo, pero que no puede ser delegado.

Todos los miembros individuales de la Sociedad son elegibles para cualquier cargo que no hayan estado ocupando en el mandato anterior. Los Vocales de cada Consejo Académico y el Vicepresidente que lo preside son propuestos y elegidos, exclusivamente, por los miembros de la Sociedad que pertenecen a la Sección correspondiente. El cargo de Vocal de un Consejo Académico es compatible con cualquier otro cargo de la Sociedad. Todos los demás cargos

electivos son incompatibles entre sí.

---

### REUNION DEL GRUPO DE TRABAJO EN PREDICCIÓN DINAMICA

Mariano J. Valderrama

La IV Reunión de Trabajo en Predicción Dinámica tendrá lugar en Granada los días 20 y 21 de Septiembre de 2001. Los interesados deben dirigir un correo al organizador local Mariano J. Valderrama: valderrama@ugr.es.

---

# Noticias de los Socios

---

## ALTAS DE SOCIOS DESDE MARZO DE 2001

---

ALBARRAN LOZANO, IRENE	MADRID
BARRIOS GOMEZ, M <sup>a</sup> PILAR	MADRID
BROTO PELEGRIN, CARMEN	MADRID
CAMARGO HURTADO, YANINA	MADRID
CAROLLO LIMERES, M <sup>a</sup> CARMEN	A CORUÑA
DE LAS CUEVAS AGUIRRE, MIKEL	MADRID
ESCRIBANO RODENAS, M <sup>a</sup> CARMEN	MADRID
FERNANDEZ DE CASTRO, BELEN MARIA	A CORUÑA
FERNANDEZ DEL POZO DE SALAMANCA, JUAN ANTONIO	MADRID
GARCIA REINALDOS, LETICIA	PAMPLONA
GOBERNA TORRENT, MIGUEL ANGEL	ALICANTE
GONZALEZ AGUILERA, SILVIA	GRANADA
HERNANDEZ JIMENEZ, BEATRIZ	SEVILLA
IBAÑEZ BEOIZ, BERTA	PAMPLONA
JACOME PUMAR, MARIA AMALIA	ORENSE
JORGE SANTISO, JESUS MANUEL	TENERIFE
MAYOR GALLEGO, JOSE ANTONIO	SEVILLA
MIRANDA MENENDEZ, PEDRO	ASTURIAS
MONGE IVARS, JUAN FRANCISCO	ALICANTE
MORENO ROLDAN, DIEGO	HUELVA
MORENO SAEZ, ALFREDO	MADRID
NOGALES MARTIN, F. JAVIER	MADRID
PALOMO MARTINEZ, JESUS	MADRID
PARREÑO TORRES, FRANCISCO	ALBACETE
PERALTA SAEZ, JUAN LUIS	CADIZ
PEREZ GONZALEZ, ANA	LUGO
PEREZ SANCHEZ, CARLOS	CACERES
RAYA MIRANDA, ROCIO	CORDOBA
REDCHUCK, ANDRES	MADRID
RIVERA GALICIA, LUIS FELIPE	MADRID
ROLDAN LOPEZ DE HIERRO, CONCEPCION	GRANADA
RUIZ GARCIA, RUBEN	SEVILLA
SALAZAR GONZALEZ, JUAN JOSE	TENERIFE
SANCHEZ ESPIGARES, JOSE ANTONIO	BARCELONA
SANCHEZ GALDON, ANA ISABEL	VALENCIA
SANTOS GUERRERO, JAVIER	PAMPLONA
SANTOS MARTIN, MARIA TERESA	SALAMANCA
TOLEDO MELERO, FRANCISCO JAVIER	ALICANTE
TRUJILLO CARMONA, MANUEL	CORDOBA

---

## BAJAS DE SOCIOS DESDE MARZO DE 2001

---

CEBRIAN GUAJARDO, ANA CARMEN	.....ZARAGOZA
CORTINEZ PONTONI, ALVARO	.....MADRID
FREIXAS BOSCH, JOSEP	.....BARCELONA
LUCAS SANZ, MARIA JUANA	.....MADRID
OREJAS CONTRERAS, MANUEL	.....MADRID
RODRIGUEZ MARTIN, INMACULADA	.....TENERIFE
RODRIGUEZ SANCHEZ, OSCAR	.....ALICANTE
RUIZ MORCILLO, VICTOR MANUEL	.....MADRID
SANCHEZ PLA, ALEX	.....BARCELONA