

PRIMER CONGRESO ESPAÑOL
SOBRE
TECNOLOGIAS Y LOGICA FUZZY

Comunicaciones

17-20 Junio 1991

GRANADA

PRIMER CONGRESO ESPAÑOL
SOBRE
TECNOLOGIAS Y LOGICAS FUZZY

Organiza:

DPTO. DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION E INTELIGENCIA ARTIFICIAL
FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE GRANADA.

PRESIDENTE:

Enrique Trillas (INTA, Univ. Pol. Madrid)

COMITE DE PROGRAMA:

C. Alsina (Univ. Pol. Barcelona)
M. Delgado (Univ. Granada)
R. Garcia (Inst. Autonarica Industria - CSIC)
J. Gutierrez (Univ. Pol. Madrid)
R. López de Mantaras (Centro Estudios Avanzados Blanes CEAB)
A. Ollero (Univ. Málaga)
L. Valverde (Univ. Illes Balears)
J.L. Verdegay (Univ. Granada)
M.A. Vila (Univ. Granada)

COMITE DE ORGANIZACION:

F. Herrera (Univ. Granada)
J.F. Huete (Univ. Granada)

ENTIDADES COLABORADORAS:

FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE GRANADA
RECTORADO DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA
CAJA GENERAL DE AHORROS DE GRANADA
DPTO. DE CONGRESOS DEL AYUNTAMIENTO DE GRANADA
DIPUTACION PROVINCIAL DE GRANADA
CONSEJERIA DE EDUCACION Y CIENCIA DE LA JUNTA DE ANDALUCIA
AGUAS DE LANJARON S.A.

Primer Congreso Español sobre Tecnologías y Lógicas Fuzzy

Depósito Legal: GR - 991 - 1991

Imprime: Proyecto Sur de Ediciones, S.A.L.

ISBN: 84 - 87387 - 24 - 1

C \ E	0	PVS	PS	PM	PL	PB
NB	NL	NL	NL	NL	NL	NL
NL	NM	NM	NM	NS	NS	NS
NM	NS	NS	NS	0	0	0
NS	0	0	0	0	0	0
NVS	0	0	0	0	0	PM
0	0	0	0	PVS	PS	PM
PVS	0	0	0	PS	PM	PM
PS	PVS	PVS	PVS	PL	PM	PL
PM	PS	PS	PS	PM	PL	PL
PL	PM	PM	PM	PL	PL	PL
PB	PM	PM	PL	PL	PL	PL

Fig. 3.- Tabla de Performance.

REFERENCIAS

- [1] T. J. Procyk and E. H. Mamdani. "A linguistic self-organizing process controller". *Automática*, Vol. 15, pp. 15-30. 1979.
- [2] O.L.R. Jacobs, R.E.S. Bullingham, P. Lanmer, H.J. McQuay, G. O'Sullivan and M.P. Reasbeck. "Modelling Estimation and Control in the Relief of Post-operative Pain". *Automática*, Vol. 21, N° 4, pp. 349-360. 1985.
- [3] Y. F.Li and C.C. Lau. "Development of Fuzzy Algorithms for Servo Systems". *IEEE Control System Magazine*, pp. 65-71. April 1989.
- [4] E.H. Mamdani and S. Assilian. "A Fuzzy Logic Controller for a Dynamic Plant". *Int. J. Man-Machine Stud.* Vol. 7, pp. 1-13. 1975.

UNA TÉCNICA MULTICRITERIO DIFUSA PARA LA EVALUACION
DE PROYECTOS DE TRANSPORTE

J. Montero, J. Tejada

DEPTO DE ESTADÍSTICA E I.O. FAC. CC. MATEMÁTICAS. UNIV. COMPLUTENSE
28040 MADRID

Resumen: Experiencias previas aplicadas al problema de cómo distribuir un determinado presupuesto entre diferentes proyectos de obras de infraestructura, sugirieron un análisis basado en las relaciones de outranking, según fueron definidas por B. Roy. El principal objetivo de este trabajo es presentar un método de análisis interactivo asistido por ordenador -aplicado a un caso real-, y que se mostrará eficaz en la ayuda a la toma de decisiones, tanto por la información que aporta sobre la estructura interna del conjunto de alternativas como por su flexibilidad.

Palabras clave: Toma de Decisiones Multicriterio, Relaciones Difusas de Outranking, Planificación de Transporte.

1 - INTRODUCCION

El problema de cómo un determinado organismo público debe distribuir el presupuesto para obras de infraestructura (mejoras en los trazados de las carreteras, nudos, señalizaciones, etc.), es ciertamente un problema complejo de decisión que conlleva simultáneamente aspectos técnicos naturalmente cuantificables y aspectos de carácter puramente político o de consecuencias difícilmente evaluables. Para el decisor -representante del municipio o comunidad- es fundamental que los técnicos le presenten un sistema de análisis objetivo de las diferentes posibilidades de actuación, mínimamente flexible y que le ayude realmente a tomar una decisión justificadamente. Se puede observar en la actualidad un esfuerzo creciente en desarrollar técnicas de ayuda a la decisión que conjuntan una fundamentación matemática rigurosa con el hecho inevitable de que la mayoría de decisiones relativas al sector público contienen muchos factores difícilmente cuantificables de forma precisa. Así, un enfoque basado en técnicas difusas, dada su capacidad de representar de un modo

basado en técnicas difusas, dada su capacidad de representar -de un modo formal pero también flexible- preferencias de carácter impreciso, pareció en un principio que podría aportar un tipo de información quizá más apropiada que los modelos de función de valor aditiva previamente aplicados, y desde luego complementaria.

El punto de partida fueron las experiencias realizadas en el Transport Planning Institute de la Universidad de Leeds (cfr. Simon et al. [5] y Pearman et al. [3]), y a partir de la misma matriz de descripciones técnicas se ha elaborado un paquete interactivo de programas utilizables en un micro ordenador personal, incorporando diferentes salidas ligadas a la relación de outranking definida sobre grupos de actuaciones. El decisor, a la vista de cada salida parcial, tiene grados de libertad suficientes para enfocar su análisis personal en una u otra dirección. En concreto, los 32 criterios básicos de evaluación para cada proyecto particular se presentaban inicialmente divididos en cuatro grandes niveles de impacto (seguridad, tráfico, medio ambiente y planificación local), subdivididos a su vez en 11 subgrupos intermedios. Algunos de los criterios básicos admitían una evaluación objetiva, pero otros valores eran asignados consensuadamente por un grupo de expertos, haciendo uso de técnicas usuales en el contexto multicriterio. Un factor adicional y desde luego importante es el coste de cada proyecto, que será incorporado al modelo de tres modos alternativos -se trata de un factor fuertemente heterogéneo frente a los otros 32 criterios técnicos-.

2 - BREVE DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo básico propuesto -desarrollado inicialmente en Pearman et al [4]- está basado en el modelo descrito en Siskos et al. [6], pero la salida en cada nivel -información final a ser analizada por el decisor- ha sido extendida para incorporar algunas de las propuestas recogidas en Montero & Tejada [1]. Las evaluaciones $G(i,j)$ del impacto estimado del proyecto j bajo el criterio i habrán de ser previamente definidas por expertos. A partir de este conjunto de parámetros se definen las siguientes relaciones difusas:

a) Outranking parcial: se define el valor $PO(i,j,k)$ que

representará el grado en el que el proyecto k es desplazado por el proyecto j , cuando se tiene en cuenta sólo el criterio i ($PO(i,j,k)=1$ si $G(i,k) \leq G(i,j)$, $PO(i,j,k)=0$ si $G(i,k) \geq G(i,j) + S(i)$ y una interpolación lineal para los valores intermedios).

b) Discordancia parcial: el valor $PD(i,j,k)$ representará el grado en que el proyecto k no puede ser finalmente desplazado por el proyecto j , debido a -y en la medida en que- el proyecto k es claramente mejor que el j bajo el criterio i aislado ($PD(i,j,k)=1$ si $G(i,k) \geq G(i,j) + V(i)$, $PD(i,j,k)=0$ si $G(i,k) \leq G(i,j) + S(i)$, y de nuevo una interpolación lineal en otro caso). Modeliza el fenómeno de incomparabilidad.

c) Concordancia: $C(j,k) = \sum_i W(i) * PO(i,j,k)$, donde $W(i)$ es el correspondiente peso -normalizado- para el criterio i .

d) Outranking final: inicialmente se optó por la expresión $D(j,k) = C(j,k) * \min_i \{1 - PD(i,j,k)\}$.

Además, también se incorporan en las salidas otras relaciones difusas (similaridad, preferencia estricta e incomparabilidad), junto con otros índices que se consideraron a priori útiles (ratio evaluación/coste, por ejemplo).

3 - ANALISIS DE LAS SALIDAS

El concepto básico para la interpretación de los salidas es el de conjunto difuso de alternativas no dominadas (Crislovsy, [2])

$$ND(j) = 1 - \max_k \{D(k,j) - D(j,k)\}$$

En su primer paso, dos salidas básicas se incluyen (cfr. Montero & Tejada [1]):

a) Representación jerárquica según los diferentes conjuntos de nivel (δ -level sets).

b) Eliminación secuencial de las peores alternativas:

(*successive discarding*).

En segundo lugar, el coste se incorpora al modelo y se repiten los dos análisis anteriores, según dos opciones alternativas:

c) Considerando la efectividad como una relación de preferencia difusa, a ser agregada con el outranking final:

$$D_{pe}(j,k) = D(j,k) * \min [1, \text{Cost}(k)/\text{Cost}(j)]$$

d) Considerando la efectividad como un conjunto difuso, a ser agregado al conjunto difuso de alternativas no dominadas:

$$ND_{fe}(j) = ND(j) * CK/\text{Cost}(j)$$

(el valor CK no es más que una adecuada constante de escala).

Por lo puesto que nuestro objetivo final no es la comparación de proyectos aislados, sino la búsqueda de un conjunto de ellos coherentes con el presupuesto global que se tiene, cada posible grupo de proyectos básicos es finalmente considerado como alternativa, supuesto que su coste global es admisible. El tratamiento diseñado ad hoc se basa en la búsqueda de los grupos maximales en dicho rango admisible de coste, dejando al decisor cierta flexibilidad para desarrollar el análisis de cada problema concreto (comparación entre grupos maximales seleccionados y comparación entre subgrupos de cada grupo maximal).

4 - CONCLUSIONES

El paquete básico de análisis multicriterio ha sido inicialmente aplicado a un problema particular de planificación dentro del Reino Unido, con doce proyectos bajo consideración, y con los parámetros asignados por el Transport Planning Institute de la Universidad de Leeds (cfr. Pearman *et al.* [4]), y básicamente es una extensión del modelo desarrollado en Siskos *et al.* [6] -con variantes en el modelo básico, la información final es más completa y además incluye una comparación por bloques de proyectos a realizar simultáneamente-. Aunque en nuestro caso se han utilizado los pesos $W(i)$ y los niveles críticos de diferencia significativa $S(i)$ y de veto $V(i)$ propuestos en primera instancia por el propio Transport Planning Institute, en general el decisor puede actuar sobre ellos y definir otros

valores que le parezcan más apropiados. El paquete se mostró realmente útil al mejorar el grado de comprensión de la estructura de las diferentes posibles actuaciones, presentando sintonía con aspectos que a priori el decisor esperaba (por ejemplo, los proyectos menores en coste tienen una mayor tendencia a ser llevados a cabo). Además, tanto en cuanto el decisor participa en el proceso de análisis y no es suplantado, puede ser admitida por él, como una técnica de ayuda a la decisión.

REFERENCIAS

- [1] Montero, J. & Tejada, J. (1986): *Fuzzy preferences in decision making*; in B. Bouchon & R.R. Yager (eds.): *Uncertainty in Knowledge-Based Systems*. Springer-Verlag, Berlin.
- [2] Orlovsky, S.A. (1978): *Decision making with a fuzzy preference relation*. *Fuzzy Sets and Systems* 1, 155-167.
- [3] Pearman, A.D.; Mackie, P.J.; May, A.D. & Simon, D. (1989): *The use of multicriteria techniques to rank highway investment proposals*; in A.G. Lockett & G. Islei (eds.): *Improving Decision Making in Organizations*. Springer-Verlag, Berlin.
- [4] Pearman, A.D.; Montero, J. & Tejada, J. (1991): *Fuzzy multicriteria techniques: an application to transport planning*; in: B. Bouchon, R.R. Yager & L.A. Zadeh (eds.), Springer-Verlag, in press.
- [5] Simon, D.; Mackie, P.J.; May, A.D. & Pearman, A.D. (1988): *Priority assessment technique for British local authority highway schemes*. *Transportation Research Record* 1156, 10-17.
- [6] Siskos, J.; Lochard, J. & Lombard, J. (1984): *A multicriteria decision making methodology under fuzziness*; in H.J. Zimmermann, L.A. Zadeh & B.R. Gaines (eds.): *Fuzzy Sets and Decision Analysis*. North-Holland, Amsterdam.

(*) Trabajo realizado dentro del proyecto PB88-0137 de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica.