

ANTONIO DRUDIS NOGUES JOAQUIM TRIGO PORTELA

Variantes del analisis multicriterio aplicable a las decisiones empresariales

1. INTRODUCCION

El análisis Multicriterio es una técnica de decisión que pretende responder a la pluralidad de enfoques o consideraciones inherentes a la toma de decisiones. La mayor parte de las opciones que han de considerarse en las decisiones económicas agrupan varias características que pesan con incidencia desigual, de modo que entre las soluciones posibles suele ser difícil establecer alguna netamente dominante, entendiéndose por ello que ésta es preferible a las demás sea cual sea la vertiente desde la que se considere.

Ante un problema, como la elección de un trabajador, por ejemplo hay que considerar su experiencia previa, su preparación académica, la trayectoria de su carrera laboral, su edad, lo apropiado de la remuneración para su status social y profesional, las perspectivas de promoción que se le ofrecen, sus circunstancias familiares, su personalidad, su encuadre en el departamento en que vaya a trabajar tanto con la función que le corresponda como con las personas con que habrá de colaborar... La persona óptima en todos los factores es casi inencontrable y se ha de ponderar no solo en cuantos de estos aspectos es cada candidato apto para el puesto y mejor que otros candidatos, sino también la importancia relativa de cada uno de estos aspectos. La decisión racional en este terreno, se toma, en general sin establecer las pondera-

ciones de factores y personas, con lo que la alta cuantificación afecta a la correlación de la decisión en tanta mayor medida cuanto mayor libertad se de al subjetivismo del evaluador, que si bien puede cuantificar niveles de inteligencia, aptitudes específicas o rasgos de personalidad gracias a las técnicas de la psicometría o considerar los datos familiares con arreglo a puntajes de obtención empírica, no suele disponer de herramientas conceptuales que le faciliten la integración del material de que dispone.

Aceptando la pluralidad de criterio propia de un análisis decisor y la desigualdad de criterios, la jerarquización de éstos, esto es la asignación de un peso específico a cada uno de ellos, conociendo su importancia exacta, facilita su cotejo. Ahora bien, estos criterios suelen referirse a situaciones, hechos o posibilidades difíciles de reducir a un denominador común y expresables en la misma unidad de medida. La formalización de objetivos del análisis multicriterio lleva, según A. Corominas a los siguientes pasos:

- a) Determinar el conjunto de soluciones posibles
- b) Determinar el conjunto de soluciones admisibles
- c) Determinación de los criterios y de los mecanismos de evaluación de las funciones objetivo
- d) Determinación del conjunto de soluciones no dominadas \bar{D}
- e) Exploración del conjunto \bar{D} y determinación de su subconjunto D' que se puede llamar conjunto seleccionado.
- f) Selección final de una solución $x \in \bar{D}'$ ¹.

El enfoque de Corominas es similar al de Valero López, que, con él, señala que una “de las características generales de toda situación multicriterio es el abandono de la idea de optimalidad y, en consecuencia; de la ordenación total que la misma induce para las distintas soluciones posibles”².

El desarrollo aquí hecho trata de ofrecer una selección ordenada cardinalmente de las distintas opciones considerando la totalidad de los criterios con sus importancias respectivas. Un elemento de subjetividad persiste siempre pero se puede minimizar en base 1) a descomponer cada criterio complejo en sus componentes simples, 2) Paliar la subjetividad en la atribución de importancia recogiendo valoraciones multi y usando la “resultante” de ellas “más apropiada”.

1. Albert Corominas *Análisis Multicriterio* Ed. E.T.S.I.I. de Barcelona. Cátedra de I.O. Mayo 1975.

2. F.J. Valero López *La Programación Lineal Multicriterio* Revista Española de Financiación y Contabilidad nº 22. Oct-Dic 1977 pág. 729.

La sucesión de fases es la siguiente ejemplificada para la ubicación de una oficina bancaria:

1.º) *Determinación de opciones que superen restricciones dadas*

- 1.1 a) Plaza por encima de cierto número de habitantes
- b) Cuota de mercado superior a tal mínimo
- c) Pasivo bancario por habitante o por oficina superior a cierta cuantía
- d)
- 1.2 Obtención de los datos a,b,... bien directamente como "1" (información del I.N.E.) o "2" (Anuarios del Mercado Español) o directamente, "3" (por ej.) estableciendo una correlación entre cuota de Mercado -A.M.E.- y pasivo bancario -Bol. Est. Banco de España- a nivel provincial y conociendo la cuota de la localidad, asignarle el volumen de pasivo correspondiente.
- 1.3 Plasmación de los datos reales de las opciones que superen el mínimo lo que daría una matriz de la siguiente forma:

Opciones	Nº Habitan Nº Person	Nº Of. ban Nº Oficina	Pas banc por hab. Miles pts.	Cuota Merc Puntos	Licencias fiscales	...
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	...Criterio i
Ciudad A	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	... D_{1i}
Ciudad B	D_{21}	D_{22}	D_{23}	D_{24}	D_{25}	... D_{2i}
Ciudad C	D_{31}	D_{32}	D_{33}	D_{34}	D_{35}	... D_{3i}
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
Ciudad N	D_{n1}	D_{n2}	D_{n3}	D_{n4}	D_{n5}	D_{ni}
	$\sum_{j=1}^n D_{j1}$	$\sum_{j=1}^n D_{j2}$	$\sum_{j=1}^n D_{j3}$	$\sum_{j=1}^n D_{j4}$	$\sum_{j=1}^n D_{j5}$	$\sum_{j=1}^n D_{ji}$

2.º) *Reducción de los datos de cada criterio a datos cotejables*

Partiendo de la suma correspondiente a cada columna, se obtiene la contribución de las cantidades de cada criterio de cada opción

al total del criterio existente en el total de las opciones consideradas. Se establece pues el porcentaje de contribución de cada opción al total de cada criterio procediendo a la transformación

$$D_{11} = \frac{D_{11}}{\sum_{j=1}^n D_{j1}} \times 100$$

aplicada a todos los datos de todos los criterios.

Opciones	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	—	Criterio i
A	D'_{11}	D'_{12}	D'_{13}	D'_{14}	—	D'_{1i}
B	D'_{21}	D'_{22}	D'_{23}	D'_{24}	—	D'_{2i}
C	D'_{31}	D'_{32}	D'_{33}	—	—	D'_{3i}
D	D'_{41}	D'_{42}	D'_{43}	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
N	D'_{n1}	D'_{n2}	D'_{n3}	D'_{n4}	—	D'_{ni}

3.º) Establecimiento del peso imputable a cada criterio

El procedimiento que ha parecido más aconsejable es recurrir al método DELPHI, indagando entre profesionales del ramo la incidencia que tiene en la eficacia de la gestión cada criterio. Así, para un banco industrial puede ser más importante el N^o de licencias fiscales que el de habitantes; un banco de gran prestigio será menos afectado por la presencia de otros colegas que uno reciente y desconocido... Tras las sucesivas peticiones y envíos de información pueden estimarse coeficientes correctores para cada criterio que podrán ser positivos o negativos según la naturaleza favorable o desfavorable del mismo para la gestión bancaria, así se tendrá una serie de coeficientes $\alpha_1, \alpha_2, \dots, i$, aplicables a cada criterio con lo que la matriz se transformaría en:

Opciones	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	—	Criterio i
A	$\alpha_1 D'_{11}$	$\alpha_2 D'_{12}$	$\alpha_3 D'_{13}$	$\alpha_4 D'_{14}$	—	$\alpha_i D'_{1i}$
B	$\alpha_1 D'_{21}$	$\alpha_2 D'_{22}$	$\alpha_3 D'_{23}$	$\alpha_4 D'_{24}$	—	$\alpha_i D'_{2i}$
C	$\alpha_1 D'_{31}$	$\alpha_2 D'_{32}$	$\alpha_3 D'_{33}$	$\alpha_4 D'_{34}$	—	$\alpha_i D'_{3i}$
D	$\alpha_1 D'_{41}$	$\alpha_2 D'_{42}$	$\alpha_3 D'_{43}$	$\alpha_4 D'_{44}$	—	$\alpha_i D'_{4i}$
—	—	—	—	—	—	—
N	$\alpha_1 D'_{n1}$	$\alpha_2 D'_{n2}$	$\alpha_3 D'_{n3}$	$\alpha_4 D'_{n4}$	—	$\alpha_i D'_{ni}$

4.º) *Agregación de los datos de cada opción*

Con los datos relativos corregidos por los coeficientes estimados puede obtenerse un valor resultante para cada opción por simple agregación de forma que el resultante r de A sería

$$r(A) = \sum_{h=1}^{h=i} \alpha_h D'_{1h}; \quad r(B) = \sum_{h=1}^{h=i} \alpha_h D'_{2h} \dots; \quad r(N) = \sum_{h=1}^{h=i} \alpha_h D'_{nh}$$

5.º) *Ordenación de las distintas opciones*

Las opciones pueden jerarquizarse de mayor a menor de acuerdo con sus resultantes, de modo que una opción x será preferible a otra x si:

$$r(x) > r(y)$$

La decisión, si todos los pasos se han seguido correctamente debe llevar a decidir por la que tenga un r más alto, y si son varias las opciones que deban tomarse, por las primeras de la serie o por aquellas que rebasen cierto umbral que se fije como mínimo, aunque en este caso es preferible separar todos los datos correspondientes a la posibilidad elegida e iniciar el proceso con n-1 opciones.

Un problema especial es el que se da cuando no es fácil estimar exactamente los datos reales con los que se inicia el proceso ni pueden establecerse con un mínimo de rigor los coeficientes correctores. En este caso puede procederse a una simple ordenación de las opciones

según cada criterio y asignar puntuación desde 1 para la menos favorecida hasta n para la más apropiada y sumar la puntuación que obtiene de esta forma cada opción para proceder a una ordenación última según el peso de la puntuación de cada alternativa. O bien fijarse un criterio de puntuación para cada criterio p.ej. de 1 a 5 (5 para excelente y 1 para malo) aplicarlos a cada opción y sumar el total.³

De una forma más versátil, que ofrezca suficiente flexibilidad para adecuar el procedimiento a la decisión específica que se encare, puede seguirse una sistemática en la que se contemple las siguientes fases:

- 1.— Determinación de la matriz criterios/pesos o valores asignados a diversos entes conforme a cada criterio. Vamos a suponer la tabla "normalizada"*

$$a_{11} \dots\dots\dots a_{1n}$$

$$a_{m1} \dots\dots\dots a_{mn}$$

aquí se denotará por $\{a_{ij}\}$ $i = 1 \dots m$ $j = 1 \dots n$

- 2.— Asignación de Pesos a cada criterio

$$r_1 \dots\dots\dots r_n \text{ denotado por } \{r\}$$

- 3.— Cálculo de la media ponderada

$$b_1 = a_{11} r_1 + \dots\dots\dots + a_{1n} r_n$$

$$\vdots$$

$$b_m = a_{m1} r_1 + \dots\dots\dots + a_{mn} r_n$$

que puede formularse según:

$$\{b\} = \{a_{ij}\} \{r\}$$

- 4.— En el supuesto $m = n$ y $\det | \{a_{ij}\} | \neq 0$

$$\{b\} = \{a_{ij}\} \{r\} \implies \{r\} = \{a_{ij}\}^{-1} \{b\}$$

3. Esta es la solución adoptada por Harald Burmeister en *Inversión y Protección del Patrimonio Particular*. Barcelona 1978 al valorar las distintas modalidades de inversión accesibles al ahorrador privado. También es el criterio aplicado por el International Business Institute en su *Programa de autoanálisis y desarrollo para ejecutivos* Ed. I.B.I. N.Y. 1979.

es decir, dadas la tabla inicial (criterios normalizados) y la tabla de elección, se deduce la tabla de pesos asignados a cada criterio.⁴

4. Cuando se dice "normalizada" se habla de una tabla obtenida por la aplicación sistemática de operaciones Δ magnitudes de variables heterogéneas. Entre las operaciones de normalización sobre la tabla puede pensarse en:

Dados los valores V_{11} V_{1n}

V_{m1} V_{mn}

Se deducen a_{11} a_{1n}

a_{m1} a_{mn}

Conforme:

a)¹ $a_{ij} = 100 \frac{V_{ij}}{\sum_{j=1}^m V_{ij}}$ Porcentaje del valor respecto a la columna (criterio)

b)² $a_{ij} = 100 \frac{V_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^m V_{ij}}{m}}{\sum_{j=1}^m V_{ij}} = \text{Desviación respecto a la media}$

$$100 \frac{V_{ij}}{\sum_{j=1}^m V_{ij}} - \frac{100}{m} = a_{ij}^1 - \frac{100}{m}$$

c)³ $a_{ij} = \left(V_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^m V_{ij}}{m} \right)^2$ Desviación cuadrática respecto a la media (no tiene sentido en este contexto)

d)⁴ $a_{ij} = \frac{(V_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^m V_{ij}}{m})^3}{\left| V_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^m V_{ij}}{m} \right|}$ Desviación cuadrática respecto a la media penalizando (signo negativo) a las variables inferiores a la media

valor absoluto

$$a_{ij}^4 = a_{ij}^3 \dots \text{SIGNO} \left(V_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^m V_{ij}}{m} \right)$$

función signo = 1 ó -1

e)⁵ $a_{ij}^5 = \frac{(V_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^m V_{ij}}{m})}{\sigma}$ $\sigma = \text{Desviación tipo de la columna.}$

5.— Operativa recomendada:

- a) Determinar los valores de la tabla completa de coeficientes
- b) Determinar los criterios de clasificación (n criterios)
- c) Utilizar el método multicriterio con pesos iguales a todos los conceptos (criterios)
- d) Presentar el resultado al decisor
- e) El decisor reclasificará "manualmente" la tabla de elementos resultante, dando la ordenación y pesos que, a su criterio, debería resultar de la aplicación del multicriterio. (se le pedirá que dé el valor de las n primeras filas).
- f) Se calcularán los pesos asignados implícitamente por el decisor a cada criterio

$$\{r\} = \{a_{ij}\}^{-1} \{b\}$$

- g) A la vista del valor de $\{r\}$ (pesos):
 - I. se razonarán los criterios implícitos
 - II. pueden ajustarse nuevamente las $\{r\}$
- h) Con los nuevos pesos $\{r\}$ calculados en f) y g) se determinará la ordenación del multicriterio, y, eventualmente, se devolverá al paso (d)

6.— Condicionantes técnicos.

El método multicriterio aquí presentado resulta de muy fácil implementación, pudiendo ser automatizado en calculadoras programables de bolsillo de bajo costo.

Para procesar la información que ilustra el método en el presente artículo se ha utilizado un mini ordenador por las ventajas que presenta un diseño estructurado del programa (es decir, la realización de módulos diferenciados para cálculos de la matriz reducida -normalización-, clasificación, listado, verificación etc.) como el almacenamiento de grandes volúmenes de información que se mantienen de forma permanente.

7.— Extensión del estudio

- a) Determinación de los $\{r\}$ caso de k decisores de distinta opinión se sugiere utilizar el análisis multicriterio conforme.

		Decisores		
		1 n	
Criterio	1	r_{11} r_{1n}	r_1^0
		⋮	⋮	⋮
		⋮	⋮	⋮
Criterio	k	r_{k1} r_{kn}	r_k^0

Pesos asignados a cada criterio

b) Trazado gráfico de los resultados del multicriterio

- Curva ABC de candidatos
- Ajuste de una curva logística “clásica”
- Determinación de las propiedades básicas de la curva
- Enunciado de las “leyes” de distribución de los elementos a clasificar...

Un procedimiento de decisión como el expuesto es una formalización del sistema habitual de razonamiento del hombre de empresa. Como señala L. von Mises “Los métodos intelectivos de la ciencia no difieren específicamente de los que el hombre corriente aplica en su cotidiano razonar. El científico utiliza las mismas herramientas mentales que el lego; ahora bien, las emplea con mayor precisión y pericia”⁵

Sus límites vienen dados, de un lado por los errores en que pueda incurrirse en el procedimiento y por la inapropiada elección del sistema de transformación genéricas que von Mises encuentra en el mundo de lo económico, donde “no hay relaciones constantes por lo que toda medición resulta imposible”⁶ y porque, “en el mundo del valor sólo son aplicables los números ordinales nunca los cardinales”⁷.

En el ámbito de la I.O. hay tratamientos en el terreno de la mejora de decisiones que aplican el enfoque multicriterio o multiobjetivo, entre otros tratamientos de interés pueden reseñarse los siguientes:

5. Ludwig von Mises *La Acción Humana: Tratado de Economía* 1949 pág. 89 Ed. Sopec. Madrid 1968.

6. Ludwig von Mises *La Acción Humana: Tratado de Economía* O.C. pág. 86.

7. Ludwig von Mises *La Acción Humana: Tratado de Economía* O.C. pág. 137.

- J.L. Eatman y C.W. Jr. Sealey *A multiobjective linear programming model for commercial bank sheet management* Journal of bank Research vol. 9 nº4 invierno 1979. págs. 227-236. Muestra el uso de la programación lineal multicriterio en la gestión de balances de la banca comercial. El modelo que considera permite considerar varios objetivos en oposición a los tradicionales objetivos únicos de la programación lineal.
- C.W. Jr. Sealey *Financial Planning with multiple objectives* Financial Management vol. 7 nº 4. invierno 1978 págs. 17-23. Compara aspectos de la programación lineal con objetivo único y la programación multicriterio mostrando que ésta sirve para hallar la mejor decisión ante problemas de objetivos múltiples. Ejemplifica con un balance bancario.
- R.M. Soland *Multicriteria Optimization: A General characterization of Efficient Solutions* Decision Sciences vol. 10 nº1 Enero-1979 págs. 26-38. Describe la importancia de la programación multicriterio en el conjunto de las ciencias de gestión y describe cuantitativamente los problemas de optimización de soluciones multicriterio eficientes.
- J.P. Ignizio *A review of goal programming: A tool for multiobjective analysis* Journal of the Operational Research Society vol. 29 nº 11 Nov.-78 pág. 109-119. Explica la relativamente nueva herramienta de programación objetivo que ha sido muy útil para el análisis de problemas con una pluralidad de objetivos contrapuestos. Detalla su historia y algunas aplicaciones.
- R.J. Tersine *The structure and content of policy decisions* Managerial Planning. vol. 27 nº 3. Nov-Dic 1978. pág. 32-38. Expone cómo las decisiones políticas circundan los objetivos, estrategias y tácticas organizativas. Define los objetivos y los conflictos entre objetivos múltiples discutiendo su jerarquización y considerando las restricciones externas e internas.
- A.P. Muhlemann, A.G. Lockett, A.E. Gear *Portfolio modeling in multiple-criteria situations under uncertainty* Decision sciences vol.9 nº 4 Oct-1978 pág. 612-626 Construye un modelo de selección de cartera que incluye incertidumbre y objetivos múltiples. Usa una estructura de árbol de decisión de base temporal con un enfoque adaptable a muchas situaciones.
- A.J. Keown, B.W. Taylor *Integer Goal Programming model for implementation of Multiple Corporate Objectives* Journal of Business Research vol.6 nº 3 Agosto 1978 pág. 221-235. Elabora un modelo

para la toma de decisiones gerenciales que permite varios objetivos contrapuestos, proyectos alternativos indivisibles y precios de mercado se excluyen mutuamente. Usa un método de programación que integra los objetivos de programación.

– I.W. Sanderson *An interactive production planning system in the chemical industry* Journal of the Operation Research Society vol. 29 n° 8. Agosto 1979pág 731-739. Presenta un modelo de programación lineal con un planteamiento de función de producción con objetivos multicriterio aplicado a la industria química.

– D.L. Keefer, C.W. Kirkwood *A Multiobjective Decision Analysis: Budget Planning for Product Engineering* Operational Research Quately vol. 29 n° 5 Mayo-78 pág. 435-442. Usa el análisis de decisión multiobjetivo para la asignación de un presupuesto operativo. Expone resultados que facilitan la resolución de la formulación.

– D.P. Loucks *An application of interactive multiobjective water resources planning* Interfaces vol.8 n° 1 part 1. Noviembre-77 pág. 70-75. Describe un modelo multiobjetivo dinámico usado en el norte de Africa para asignar recursos hidráulicos, incluye la reutilización del agua y el coste.

– W.L. Beedles *A micro economic investigation of multi-objective firms* Journal of Finance vol. 32 n°4 Septiembre-77 pág. 1217-1233. Enumera las debilidades de recurrir a un objetivo único y cuestiona la maximización de precios y volumen como objetivo único de la empresa.

– P. Rivett *Multidimensional Scalling for Multiobjective Policies* Omega vol. 5 n° 4 1977 pág. 367-379. Ilustra las técnicas de toma de decisiones a nivel multidimensional aplicándolas a tests psicológicos y arqueología. Desarrolla un algoritmo de aplicación de técnicas.

– S.M. Lee, E.R. Clayton, B.W. Taylor *Academy of Management Proceedings* 1977 pág 172-176. Describe una programación con objetivos alternativos para un calendario de producción cuando algunos parámetros son probabilísticos.

– R.S. Stainten *Production Scheduling with multiple criteria objectives* Operational Research Quaterley vol. 28 n°2, 1977, pág. 285-292. La planificación de la producción es más compleja que la simple respuesta a los pedidos de clientes. La empresa industrial también enfrenta restricciones internas referentes a la utilización máxima de la maquina-

ria, distribución del trabajo, disponibilidad de materias primas y gastos presupuestarios.

– A.L. Soyster, B. Lev, D.I. Toof *Conservative linear programming with mixed multiple objectives* Omega vol.5 nº2 1977 pág. 193-205. Se usa el criterio maximin bajo diferentes grados de incertidumbre para utilizar el vector de objetivos múltiples.

– R.C. Carlson, H.H. Therpp *A multicriteria approach to strategic planning: An application in inventory control* Omega vol. 5, nº 1 1977 pág. 57-65. Desarrolla un método de planificación que aporta un conocimiento de las consecuencias de las estrategias de gestión y presenta una aplicación.

– C.W. Jr. Sealey *Commercial bank portfolio management with multiple objectives* Journal of comercial bank lending, vol. 59, nº 6, Febrero 1977. pág. 39-48. Los bancos comerciales se han movido con lentitud en la adopción de modelos de decisión lineal por su excesiva abstracción matemática y monodirección. Un modelo de programación lineal multiobjetivo al que llama MOBLF, permite a los managers bancarios optimizar sus carteras de valores con la perspectiva de varios objetivos.

– A.C. Hax, K.M. Wiig *The use of decision analysis in capital, investment problems* Sloan Management Review, vol 17 nº 2 , Invierno 1976 pág. 19-48. Ofrece el esquema para la formulación y análisis de proyectos de inversión de capital. El uso de análisis de beneficio multiatributos se propone para optimizar simultáneamente objetivos múltiples.

– P.L. Yu, M. Zeleny *Linear multiparametric programing by lineal multicriteria simplex method* Management Science, vol. 23 Nº. 2 Octubre 1976, pág. 159-170. Describe un método multicriterio simplex en que para resolver el problema de la programación paramétrica usa un método algebraico indirecto y la descomposición geométrica directa.

– L.P. Ritzam, L.J. Krajewski, M.J. Showalter *The disaggregation of aggregate man power plans* Management Science, vol.22 nº 11, Julio 1976 pág. 1204-1214. Describe una programación heurística combinada con un algoritmo de simulación tratable con el proceso de descomposición de operaciones. Discute una metodología para desagregar grupos de trabajadores y asignarlos a operaciones específicas y a turnos de servicio cuando hay varios objetivos.

- R.L. Keeney, K. Nari *Setting goals in a professional service firms* Long Range Planning, vol.9 n° 3, Junio 1976, pág. 54-59. Trata del conflicto entre objetivos múltiples, variación en las preferencias de los decisores, calendario de referencia e incertidumbre en tanto que factores que influyen en el proceso de establecimiento de objetivos.
- J.C. Liebman *Some simple-minded observations on the role of optimization in public systems decision-making*. Interfaces, vol.6 n°4, Agosto 1976, pág. 102-108. Los modelos formales de optimización no tienen gran aceptación en el sector público porque sus problemas están, a menudo, mal definidos, tienen espinosas restricciones y objetivos imprecisos. Describe los problemas del sector y estudia el carácter de la aplicación pública.
- D.A. Caplin, J.S.H. Kornbluth *Multiobjective investment planning under uncertainty* Omega, vol 3 n°4 Agosto 1975. pág. 423-441. Considera varios métodos de planificación para planes de inversión multiobjetivo con incertidumbre. Específicamente muestra como el método clásico de integración de programas, falla en ciertos casos y como puede usarse la técnica de programación dinámica para analizar esos casos.
- J. Wallenius *Comparative evaluation of some interactive approaches to multicriterion optimization* Management Science, vol.21 n°12, Agosto 1975, pág. 1387-1396. Presenta los resultados de un experimento diseñado para comparar la eficacia de los métodos interactivos de Geoffrion, Benayoun, y otros frente al punto de vista de los “decisores humanos”. Trata de mostrar que rasgos de los métodos asignan las diferencias en su eficacia.
- S.M. Lee y A.J. Keown *An integer programming model for capital budgeting* Proceedings of American Institute for Decision Sciences, Noviembre 1975 pág. 314. Desarrolla un modelo práctico para distribuir los recursos de capital con indivisibilidad de proyectos y objetivos múltiples contrapuestos usando modelo de algoritmo de programación zero-one.
- J.S.H. Kornbluth *Duality, indifference and sensitivity analysis in multiple objective linear programming* Operational Research Quarterly, vol. 25 n°4, Diciembre 1974, pág 599-614. Describe la toma de decisiones con un método cuantitativo que elimina las restricciones que suponen los objetivos múltiples enfrentados y la incertidumbre. El método incluye consideraciones como optimización, satisfacción, riesgo y sensibilidad.

– M. Oral, J.L. Malouin, J.B. Hobbs *An inventory control policy of the (F,S,R) type for manufacturing industries: simulation analysis approach* AIIE Transactions vol. 6 n^o4, Diciembre 1974, pág. 345-353. Un tratamiento de análisis simulatorio por ordenador encuentra el valor óptimo para políticas de controles de inventario de tipo (R,S,R). Este tratamiento multicriterio es muy realista para empresas industriales e incluye la impaciencia del cliente.

– L.P. Ritzman *Decisión Analysis with multiple objectives* American Institute for Decision Sciences Proceedings, n^o6, Octubre-Noviembre 1974. Pág 339-343. Trata la razón por la que los modelos de la teoría de decisión no son aceptados en la práctica. La principal razón dada es el fallo de las teorías decisorias para lograr más de un objetivo. Presenta algunas técnicas cuantitativas para suponer este retroceso. Programación de decisiones, método de etapas... son discutidas brevemente.

– W.M. Lee, L.J. Moore *An optimization model for the school busing problem* American Institute for decision sciences proceedings, n^o6 Oct/Nov. 1974, pág 208. Desarrolla un modelo especial de transporte diseñado para optimizar los problemas de los recorridos del autobús escolar respecto a varios objetivos contrapuestos planteados por el gobierno y otras instancias administrativas.

– H. Isermann *The enumeration of the set of all efficient solutions for a linear multiple objective program* Operational Research Quarterly vol. 28 n^o3, 1977, pág. 711-725. Presenta un algoritmo para la enumeración de un conjunto de soluciones eficientes para un programa lineal de objetivos múltiples.

– J.S. Servi *Multiple-objective research planning* Research Management, vol 19, n^o5 Septiembre 1976 pág 24-26. El tratamiento comporta una deliberada formulación de como muchos objetivos empresariales alternativos son asequibles sin disponer de fuentes de información sustanciales. Asigna un valor a cada objetivo y describe la practicalidad de esa idea.

– R.E. Stever, R.L. Oliver *An application of multiple objective linear programming to media selection* Omega, vol 4 n^o4, 1976, pag, 455-462. Un modelo de la eficacia de la publicidad ante objetivos multiples asignados pesos a intervalos de criterios puede proporcionar un selector de medios con información de algunos medios seleccionados. Esta técnica de programación lineal hará que las decisiones sobre medios se hagan sobre una base más cuantificada.

– R.E. Stever *Multiple objective linear programming with interval criteria weights* Management Science, vol. 23 n°3, Noviembre 1976, pág. 305-316. Los métodos de programación lineal multiobjetivo de suma de pesos y vector-máximo se revisan. Se ilustra su uso con un ejemplo numérico.

– S. Zizons, J. Wallenius *An interactive programming method for solving the multiple criteria problem* Management Science, vol. 22 n°6, Febrero 1976, pág 652-663. Presenta un método práctico de programación interactiva hombre-máquina que usa para resolver un problema de optimización bajo restricciones que incorporan funciones de objetivos múltiples.

– Jacques R. Fayette *Avaliação de projectos e análise multicriterio* Planeamiento n°2, 1979, pág. 27-56. Señala la necesidad de mejorar las técnicas de precisión homogeneizando las medidas de las variables en presencia. Expone la contribución de los métodos multicriterio, y la situación actual de los distintos métodos.