

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

L'anàlisi multicriteri constitueix una forma de modelitzar els processos de decisió, en els quals entren en joc: una decisió a ser presa, els esdeveniments desconeguts que poden afectar el o els resultats, els possibles cursos d'acció, i el o els resultats mateixos. Mitjançant els models multicriteri el decisor podrà estimar les possibles implicacions que pot prendre cada curs d'acció, de manera a obtenir una millor comprensió de les vinculacions entre les seves accions i els seus objectius.

Amb la descripció de cada terme es brinda l'equivalent en el seu idioma d'origen, ja sigui anglès (Ang.), francès (Fr.) o portuguès (Port.) a efectes que el lector pugui situar fàcilment el concepte en la literatura especialitzada.

Els elements que són objecte d'estudi per l'anàlisi multicriteri són de tipus ampli: projectes, polítiques, cursos d'acció, etc. En general els hi denominarà accions o alternatives, i seran representats per lletres en itàlica: a, b, c...

AGREGACIÓ (Ang. Aggregation; Fr. Agrégation)

Els algorismes d'agregació consisteixen en l'aplicació de procediments matemàtics per a sintetitzar els valors obtinguts per cada alternativa respecte a tots els criteris considerats en l'anàlisi. Els valors obtinguts poden referir-se tant a les puntuacions de les alternatives respecte d'algun criteri, com a la utilitat que reporta la puntuació obtinguda en aquest criteri.

Els mecanismes més coneguts d'agregació són els quals s'obtenen de la ponderació lineal, o multiplicativa, mentre que en les metodologies del tipus ELECTRE o PROMETHEE les formes d'agregació estan donades per la lògica de les relacions de superació. Cal destacar que en aquests mètodes també es procedeix a una agregació de les varies preordres obtingudes mitjançant l'obtenció del anomenat ordre mitjà.

ANÀLISI DE SENSIBILITAT (Ang. Sensitivity Analysis)

Es refereix a les diverses tècniques emprades per a vincular els paràmetres i dades inicials d'un model amb els resultats o solucions del mateix. La vinculació pot consistir en i) els rangs possibles de variació de dades inicials o paràmetres que no afecten als resultats; iii) el càlcul d'una mesura global de robustesa d'una solució sense referències directes a canvis en els paràmetres o dades inicials. (R. Vestchera).

ANÀLISI O EVALUACIÓ MULTICRITERI (Ang. Multicriteria Analysis or Assessment; Fr. Analyse Multicritère)

És el món de conceptes, aproximacions, models i mètodes, per a auxiliar als centres decisors a descriure, avaluar, ordenar, jerarquitzar, seleccionar o rebutjar objectes,

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

sobre la base d'una avaluació (expressada per puntuacions, valors o intensitats de preferència) d'acord a diversos criteris.

ATRIBUTS O CRITERIS (Ang. Attributes, Criteria; Fr. Attributs, Critères)

Són els punts de vista considerats rellevants per a l'anàlisi i/o resolució d'un problema. Constitueixen la base per a la presa de decisions, base que pot ser amidada i avaluada. És l'evidència sobre la qual es basa una decisió, o dita d'una altra manera és un aspecte mesurable d'un judici, pel qual pot ser caracteritzada una dimensió de les alternatives sota anàlisi.

Aquests criteris poden representar diferents aspectes de la teleologia: objectiu, metes, valors de referència, nivells d'aspiració o utilitat. En el plantejament de la matriu de decisió o en la caracterització d'un problema, la identificació dels criteris pertinents al mateix és de gran importància per a l'assoliment dels objectius. La forma en que pot ser amidat o caracteritzat el criteri també és un aspecte de gran importància, ja que d'això dependrà en gran part el resultat final del procés d'avaluació.

Des d'un punt de vista operatiu els atributs poden ser classificats en tres grups: i) de benefici, en els quals la preferència o la utilitat és creixent amb el valor o puntuació del mateix; ii) de costos, els quals ofereixen una utilitat monotònica decreixent: quant major és la puntuació, menor és la preferència, i iii) no monòtons, tals com el contingut de sucre en la sang, on la utilitat màxima és obtinguda en un valor intermedi dintre del rang possible.

CRITERI ESTRICTE (Fr. Vrai critère; Ang. True criteria)

Donades dues alternatives a i b i les seves puntuacions respecte a un criteri genèric per exemple $g(a)$ i $g(b)$ obtingudes de la matriu de valoració, si la diferència $g(a) - g(b)$ és no nul·la (diferent de zero), tal diferència, per petita que sigui, és suficient en el cas de treballar amb criteris estrictes, per a afirmar que l'acció a és preferida a l'acció b (amb $g(a) > g(b)$) o que l'acció b és preferida a l'acció a (amb $g(b) > g(a)$), respecte al criteri considerat.

ELECTRE (Fr. Elimination et Choix Traduisant la Réalité)

Família de mètodes basat en relacions de superació per a decidir sobre i) la determinació d'una solució, que sense ser òptima pugui considerar-se satisfactòria; ii) obtenir una jerarquització de les accions, alternatives sota anàlisi.

Originada inicialment i desenvolupada per l'escola francòfona (principalment a França, Bèlgica, Suïssa, encara que poden avui ja pot considerar-se continental ja que es verifiquen molt importants contribucions dels Països Baixos i Polònia, entre uns altres,

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

a tal esquema), en l'actualitat han estat desenvolupats els procediments ELECTRE I, II, III IV, IS i Electre TRI, els quals brinden procediments per a resoldre diferents tipus de problemes suscitats en el tractament de la teoria de la decisió.

Electre I: amb Electre I es pretén resoldre una problemàtica P.a de selecció del millor conjunt d'accions. Treballa amb relacions de superació (surclassement; outranking) en les quals a cada parell d'accions s'associa un índex de concordança (que amida la intensitat dels arguments a favor de l'afirmació que l'acció a supera a l'acció b) i un índex de discordança (la quantitat o intensitat d'arguments contraris dintre dels criteris sota anàlisi, que posa en dubte l'afirmació que a supera a b). Des del treball original de Bernard Roy en 1968 hi ha diverses formes de construcció dels índexs de concordança i de discordança, que al seu torn depenen dels pesos o ponderacions atribuïts als criteris així com dels llindars de concordança i de discordança fixats pel decisor. En definitiva, l'acció a supera l'acció b (i es denota amb $a \succ b$) si ocorre simultàniament:

$c(a,b) \geq c$ i $d(a,b) \leq d$,

essent $c(a,b)$ i $d(a,b)$ els índexs de concordança i de discordança respectivament, c i d els llindars de concordança i de discordança fixats pel decisor.

Electre II: atén a la problemàtica P. g d'ordenació completa o parcial d'accions. Els autors de Electre II (Roy i Bertier, 1973) van introduir diverses modificacions al mètode. La concordança i discordança és definida com en Electre I i es determinen dos límits o llindars per a cadascun d'aquests índexs. A partir dels mateixos pot construir-se una relació de superació forta i altra feble, en funció de les relacions obtingudes entre els índexs i els llindars per a cada parell d'accions a i b.

L'exploració de relacions de superació es realitza llavors: i) determinant aquell conjunt B d'accions que no són superades fortament per cap altra acció; ii) dintre d'aquest conjunt es determina el conjunt A1 d'accions que no són superades feblement per cap altra acció de B. Aquest conjunt constitueix la primera classe de l'ordenació; iii) el procés es torna a iniciar-se amb el conjunt restant, brindant d'aquesta manera un preordre complet (classificació amb possibilitats d'empat per similituds); iv) de manera anàloga es construeix un segon preordre complet encara que començant per la classe de les pitjors accions (aquelles que no superen a cap altra acció) i pujant progressivament en direcció a les millors. Amb els dos preordres obtinguts (que en general seran diferents), es procedeix a una agregació que resulta en un preordre terme mitjà (o mitjà en la terminologia dels autors).

Electre III: com Electre II el problema abordat per Electre III és el d'ordenació d'un conjunt d'accions (P. g). Aquesta versió més sofisticada utilitza relacions de superació valoritzades (s'obté d'aquesta manera un ordre complet com en el cas dels mètodes

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

MAUT o AHP). Això implica que a la relació de superació se li atribueix un escales (entre 0 i 1) que amida el grau de credibilitat de la relació de superació entre un parell ordenat d'accions.

Per altra banda, a diferència de Electre I i Electre II, la comparança de parells d'accions respecte a un determinat atribut es realitza mitjançant pseudocriteris que prenen explícitament en compte llindars de preferència i d'indiferència, és a dir que es consideren conceptes de la teoria de conjunts borrosos. Com en Electre II però utilitzant una major quantitat de paràmetres a ser determinats pel decisor, s'arriba a la construcció de dues preordres completes, les quals finalitzen en un ordenament valoritzat de les accions.

S'ha trobat que Electre III brinda resultats relativament estables però alguns investigadors opinen que és complicat i difícil d'interpretar.

Electre IV: Com en Electre III, aquesta versió desenvolupada per Roy i Hugonnard (1982), es basa en la consideració d'una família de pseudocriteris. El seu propòsit és obtenir una ordenació de les accions (P. g), encara que no requereix la ponderació dels criteris ja que funciona mitjançant una seqüència de relacions de superació niades.

Es construeixen dues relacions de superació (una forta i altra feble) sobre la base de consideracions de sentit comú compatibles amb la manca d'informació respecte a la importància relativa dels criteris. L'exploració de les relacions es realitza com en Electre III però és més senzilla atès que hi ha solament dos nivells de superació.

El problema de la determinació de pesos dels criteris ha estat sempre una gran preocupació dels investigadors de mètodes de superació. Electre IV omet tal problema en realitzar el supòsit que no hi ha relacions de major o menor importància relativa dels criteris. Això no implica que tots els criteris tinguin la mateixa importància, sinó que cap d'ells és d'inferior categoria en relació als altres.

Altres procediments que no requereixen quantificar la importància dels criteris mitjançant pesos són el QUALIFLEX (Paelinck, 1978; Janssen et al., 1990), ORESTE (Roubens, 1981). El mètode MELCHIOR (Leclercq, 1984) conté com cas particular a Electre IV.

Electre IS

És una generalització del mètode ELECTRE I. Donats un conjunt finit d'accions valorats respecte a una família coherent de criteris quantitius o qualitius (pseudocriteris), el mètode té per objecte l'ajuda en la comparança de les accions en vista d'obtenir una alternativa final o un subconjunt d'alternatives (P.a).

El mètode agrega les preferències parcials en una relació de superació neta que s'analitza sota la forma d'un graf. El subconjunt buscat està constituït pel nucli del graf.

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

Així mateix, en el paquet informàtic d'aplicació del mètode s'ofereixen informacions complementàries (circuitos màxims, quadres de taxes de vinculació,...).

Electre TRI

És una eina d'ajuda a la decisió multicriteri, especialment concebuda per a tractar els problemes de classificació o de segmentació (P.b). El problema de segmentació consisteix a examinar el valor intrínsec de l'acció (sol·licitud, candidats, projectes,...) a l'efecte de proposar una recomanació o dictamen apropiat per a cadascuna d'elles.

Partint d'un conjunt discret d'accions avaluades respecte a una família de criteris quantitius i/o qualitius, així com d'un conjunt de categories corresponents a recomanacions o dictàmens predefinits (per exemple: bé, regular, dolent, molt dolent,...), ELECTRE TRI proveeix als usuaris dos procediments diferents que permeten afectar totes les alternatives a aquestes categories.

Contràriament als procediments clàssics que es basen en el principi de la suma ponderada (lògica compensatòria), els dos procediments proposats en ELECTRE TRI rebutgen aquesta possibilitat de compensació total entre les avaluacions de l'acció respecte als diferents criteris. L'afectació d'una acció qualsevol es fonamenta en la comparança de l'acció sota anàlisi i de les accions de referència per mitjà de la relació de superació. Ambdós procediments difereixen pel seu comportament (pessimista o optimista) en relació a algunes accions incomparables amb les accions de referència.

Per a l'aplicació d'aquest mètode es disposa d'un paquet, ELECTRE TRI Assistant que ajuda a l'usuari a calibrar el seu model de manera indirecta, ja que els paràmetres del model es fixen alimentant al mateix amb exemples d'afectació (que corresponen a afectacions desitjades o a decisions preses anteriorment). Els valors d'aquests paràmetres són inferits per alguna forma de regressió a partir de la informació continguda en els exemples.

Cal anotar a més que aquest procediment constitueix una poderosa eina per a resoldre problemes d'elecció (ELECTRE IS) o d'ordenament (ELECTRE III-IV) quan la quantitat d'alternatives és molt elevada. En tal cas pot utilitzar-se ELECTRE TRI per a una selecció prèvia en funció d'alguns principis preestablerts, i després aplicant altre mecanisme (per exemple ELECTRE IS) entre les alternatives retingudes.

ÍNDEXS BINARIS DE PREFERÈNCIA

Una dificultat per a comparar alternatives amb ajuda de models, és que la confiança en els resultats està afectada negativament per la inevitable imprecisió en els respectius paràmetres. Resulta, llavors, útil comptar amb eines que expressin el grau de confiança en els resultats del model quan es comparin dues alternatives qualsevol. Amb aquest propòsit es proposen índexs binaris que resulten d'una anàlisi de sensibilitat sobre determinats paràmetres del model, el qual es considera additiu (o

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

additiu general). Aquests índexs serveixen per a estimar si el resultat de comparar dues alternatives és suficientment fiable o si és convenient una anàlisi més detallada amb informació addicional per a decidir quin d'elles és millor. Aquests índexs van ser desenvolupats de manera independent per Carlos Bana i Costa en 1990 i, Mayra Trejos en 1991 i Servio Guillén en 1993.

ÍNDEX MULTICRITERI I MULTIACTOR [Guillén, Trejos; 1996]

El següent índex ajuda en la presa de decisions en grup; en ell cada participant expressa les seves taxes de substitució (trade of) no de manera precisa, sinó mitjançant intervals d'indeterminació. Aquest índex és d'acord amb la regla de la majoria de Condorcet. Es calcula considerant que el vot de cada actor es distribueix, entre cada parell d'alternatives que es comparen, proporcionalment al volum del domini d'indeterminació, contingut en el semiespai del hiperplà d'indiferència de dues alternatives.

MATRIU D'AVALUACIÓ, DE PUNTUACIÓ O DE DECISIÓ (Ang. Decision Matrix; Fr. Matrice donis Jugements ou donis évaluations)

És una matriu que resumeix les informacions pertinents al problema sota anàlisi. Qualsevol problema multicriteri pot expressar-se de forma concisa en format matricial, en la qual les columnes representen els atributs o criteris rellevants al problema i les files representen les alternatives en competència. D'aquesta manera un element genèric X_{ij} de la matriu indica l'avaluació o performance (utilitat o puntuació) de la i -èsima alternativa A_i respecte al j -èsim atribut o criteri C_j .

Aquest ordre de files i columnes no és imperatiu, ja que molts autors traslladen el mateix. És comú incloure en la part superior o inferior de la matriu d'avaluació el pes o ponderació que la hi ha assignat a cada criteri.

MÈTODE ARIADNE

És un mètode interactiu, proposat per Ambrosio Goicochea en 1991. Calcula, mitjançant un model lineal, els valors màxim i mínim possibles de cada alternativa, d'acord amb els pesos obtinguts per programació lineal i a partir de la informació de preferències que el decisor proporcioni.

MÈTODE MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique)

El mètode MACBETH és un mètode interactiu que amida el grau de preferència d'un decisor sobre un conjunt d'alternatives. Va ser desenvolupat per Carlos Bana i Costa,

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

de la Universitat de Lisboa, Portugal, i Jean Claude Vasnick de la Universitat de Mons-Hainaut, Bèlgica, en 1994. Construeix una funció criteri d'un punt de vista fonamental i determina els paràmetres relacionats amb la informació entre criteris (pesos) en la fase d'agregació.

Per a la construcció de la funció criteri de cada punt de vista, la preferència és local, és a dir, que els judicis del decisor concerneixen únicament a un sol punt de vista fonamental. Per a determinar els pesos s'usen els judicis del decisor sobre la preferència total de les alternatives. Aquests permeten a MACBETH representar la informació de manera quantitativa mitjançant la relació de tots els criteris dintre d'un model d'avaluació global.

MÈTODES COMPENSATORIS I NO COMPENSATORIS (Ang. Compensatory and No Compensatory methods)

Aquests mètodes es diferencien sobre la base de si els avantatges d'un determinat atribut o criteri poden ser intercanviades pels desavantatges d'altre atribut, o si aquest intercanvi no és possible.

Una estratègia d'elecció és compensatòria si els intercanvis d'assoliments entre atributs (trade-offs) estan permesos. L'estratègia serà No Compensatòria si no estan autoritzades aquestes compensacions.

Els mètodes de Ponderació Lineal, d'Utilitat Multiatribut i el Procés Analític Jeràrquic són típicament compensatoris, mentre que els mètodes ELECTRE no ho són, tal com ocorre per altra banda amb el mètode lexicogràfic i el mètode d'eliminació per aspectes.

NORMALITZACIÓ (Ang. Normalization; Fr. Normalisation)

Les puntuacions en els atributs són normalitzades a l'efecte d'eliminar problemes de càlcul originats en la utilització de diferents escales i/o unitats utilitzades en la matriu de decisió. La normalització no sempre és necessària, però si és essencial en la majoria dels mètodes compensatoris. El propòsit de la normalització és el d'obtenir escales comparables, el que permetrà realitzar comparances intra-atributs així com les interatributs. En conseqüència, les puntuacions normalitzades no tenen unitats de dimensió i, per al cas d'atributs de beneficis, quant major sigui la puntuació normalitzada, major és la preferència del mateix.

Els procediments de normalització més utilitzats són els de fracció del màxim, fracció de la norma, o fracció d'interval. Els atributs no monòtons (aquells la preferència dels quals creix fins a un màxim a partir del com decreix la preferència, com per exemple la

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

temperatura per al cos humà) poden ser convertits a atributs monòtons mitjançant la transformació estadística Z.

ORDENAMENT PER LA MITJANA (Ang. Intervenen Rànquing)

Forma part dels mètodes que tracten amb atributs qualitius. Amb aquest tipus de dades es pot fàcilment treballar mitjançant ordenaments o mitjançant comparances de parells. El mètode de la mitjana permet treballar amb atributs qualitius amb els quals es poden elaborar ordenaments parcials.

Si el decisor s'enfronta a un problema en el qual ha de resoldre un ordenament sobre atributs qualitius, l'establiment d'ordenaments parcials respecte de cada atribut constitueix una base inicial, però ha de prendre's en compte que les operacions aritmètiques no estan permeses respecte de les escales d'ordre, el que dificulta el procés d'agregació. Una forma d'obtenir un consens en l'ordenament final és crear un ordenament que difereixi el menys possible dels tots els ordenaments parcials. Cook i Seiford (1978) van introduir una funció de distància que pot usar-se per a amidar el grau d'acord o de desacord entre ordenaments. Amb el grau d'acord calculat s'elabora una matriu de distàncies entre alternatives sota anàlisis.

A partir de la matriu de distàncies es tracta d'ordenar els elements que la seva suma de distàncies és mínima, la qual cosa pot realitzar-se utilitzant diversos mètodes, un dels més coneguts és el cridat Mètode Hongarès definit per Kuhn en 1955 .

En conseqüència aquest enfocament es denomina ordenament per mitjana degut al fet que l'ordenament global difereix tan poc com sigui possible dels ordenaments parcials obtinguts respecte a cada atribut.

Actualment el mètode de la mitjana ha estat adaptat per a la presa de decisions en grups (Hwang i Lin, 1987), partint d'un problema plantejat per Cook i Seiford (1978) en el qual es tractava el problema de combinar les preferències ordinals de n persones de forma a assolir un consens. En el cas present es tracta de combinar n atributs o ordenament d'atributs a l'efecte d'obtenir un ordenament de consens, la qual cosa constitueix una estructura formalment anàloga al del consens de grup.

ALTRES MÈTODES SIMPLS (Ang. Simple Methods)

És possible l'aplicació d'altres mètodes, alguns d'ells de tipus no compensatori, però que no es troben necessàriament vinculats a la determinació de funcions d'utilitat, o que estan vinculats a aquestes funcions però solament des d'un punt de vista formal.

Mètode Lexicogràfic (o de dictadura). Es parteix d'una matriu d'avaluació per a la qual s'han determinat les escales apropiades i es designa un criteri principal que serà el criteri dictador. Aquella acció potencial que obté la millor puntuació en aquest criteri

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

queda consagrada com la "millor" acció. En cas que hagués empat entre parells d'accions després d'efectuada aquesta primera selecció, s'aplica un procediment de desempat que consisteix en recórrer al segon criteri en ordre d'importància (aquella acció que obté la millor nota amb el segon criteri és la qual queda classificada com la millor), o en el tercer criteri si fos necessari, i així seguit.

Aquest procediment no és tan trivial com pugués creure's, ja que és utilitzat freqüentment en decisions econòmiques: la selecció de projectes sobre la base del major valor present net constitueix un típic procediment basat en un criteri dictatorial.

El procediment es denomina lexicogràfic, ja que d'aquesta mateixa manera s'ordenen les paraules del diccionari: el criteri dictatorial és la primera lletra, després els casos d'empat són resolts amb la segona lletra i així seguit.

El Mètode Jeràrquic o conjuntiu atenua un mica els excessos del mecanisme lexicogràfic precedent. També es parteix d'una matriu d'avaluacions, basada en escales lliurement triades. També els criteris són ordenats per ordre d'importància. Quan s'analitzen les accions en relació al criteri més important, simplement s'eliminen aquelles alternatives que no hagin assolit obtenir una puntuació o nivell mínim respecte a tal criteri. Això opera una primer selecció, a partir de la qual es consideren les avaluacions relatives al segon criteri en ordre d'importància i , d'entre les alternatives que van passar el primer filtre, s'eliminen aquelles que tampoc hagin assolit una puntuació o nivell mínim requerit per a aquest segon criteri. Se segueix amb aquest procediment fins a cobrir el criteri menys important, en la mesura que el procés de selecció no hagi finalitzat abans.

El mètode de democràcia és aquell que considera també una matriu d'avaluacions, amb les seves respectives escales, per al qual es comparen alternatives de dos en dos. La regla d'assignació democràtica estableix que una acció a és millor que una acció b si aquesta superioritat ha estat evidenciada en més de la meitat dels criteris sota anàlisi. Quan els criteris té diferents ponderacions, el que succeeix en la majoria dels casos, la regla estableix que els criteris per als quals es fonamenta la superioritat d'una alternativa sobre una altra deu reunir més de la meitat dels pesos. Procedint d'aquesta manera per comparances successives es podria establir una classificació de les accions potencials i, en conseqüència, seleccionar la "millor" de tals alternatives.

El problema amb aquest procediment és que pot dur a circuits no desitjats, del tipus dels quals es troben en els torneigs. Tals circuits han rebut, des del segle XVIII el nom de Paradoxa de Condorcet (1785), i han estat determinades més recentment com casos particulars del Teorema de Arrow (1951).

Eliminació per aspectes: és un procediment molt semblant al mètode lexicogràfic, i va ser suggerit per Tversky (1972) (Elimination by Aspects). Igual que en el mètode

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

lexicogràfic, s'examina un atribut de per vegada i es realitzen les comparances entre les alternatives, eliminant aquelles que no compleixen amb algun estàndard o valor de base predeterminat. La diferència amb el mètode anterior és que els criteris no estan ordenats per ordre d'importància, sinó en termes del seu poder de discriminació probabilística. Això és, els atributs són utilitzats i prioritzats en termes del seu ordre de versemblança perquè fallin les alternatives: aquestes són eliminades segons els aspectes més probables de fallada.

Sigui X_1 l'aspecte més efectiu per a eliminar la major quantitat possible d'alternatives, X_2 el segon més efectiu i així seguit. El conjunt d'alternatives A_1 serà seleccionat si compleix:

$$A_1 = \{A_i \mid x_{i1} \text{ satisfà } X_1\}, i = 1, 2, \dots, m.$$

Si el conjunt $\{A_1\}$ posseeix un únic element, llavors aquest element és l'alternativa preferida. Si hi ha diversos elements, es considera el pròxim aspecte més important X_2 :

$$A_2 = \{A_1 \mid x_{i2} \text{ satisfà } X_2\}, \hat{A} \{A_1\}.$$

Si aquest conjunt posseeix un únic element, el procés es deté i aquesta alternativa és la seleccionada, d'una altra manera es considera el pròxim aspecte més important X_3 i així seguit.

PONDERACION LINEAL (Ang. Linear Weighting)

El mètode de ponderació lineal és probablement el més conegut i el més correntment utilitzat en els mètodes MC. Amb aquest mètode s'obté una puntuació global per simple suma de les contribucions obtingudes de cada atribut. Si es tenen diversos criteris amb diferents escales, atès que els mateixos no són sumables en forma directa, es requereix un previ procés de normalització perquè pugui efectuar-se la suma de contribucions dels atributs. S'ha de tenir en compte, no obstant això, que l'ordre obtingut amb aquest mètode no és independent del procediment de normalització aplicat.

PREFERÈNCIES BORROSES (Ang. Fuzzy sets; Fr. Ensembles flous)

La incorporació de vaguetat i imprecisió com font d'incertesa en la solució de problemes MC ha estat un aspecte que tradicionalment va ser tractat mitjançant les anàlisis de sensibilitat. No obstant això, l'aparició d'un cos axiomàtic de la lògica borrosa o difusa en 1965 va permetre incorporar, encara que de manera lenta, tècniques més adequades per al tractament d'aquestes qüestions. És així que una de les primeres formes abordades d'incertesa mitjançant preferències borroses és la

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

corresponent a ELECTRE III, amb la introducció del concepte de pseudocriteri, de la mateixa manera que és introduïda en el mètode ELECTRE IS.

Amb el mètode TODIM s'han fet aplicacions més concretes de les eines disponibles de la lògica borrosa. Per altra banda l'escola de la Universitat d'Hèlsinki treballa actualment amb el mètode AHP mitjançant la consideració comparança per intervals. Cap esmentar, finalment, la consideració de problemes sota l'enfocament de programació compromís borrosa, en la qual l'ordenament d'alternatives es basa en distàncies mètriques borroses.

PROCÉS ANALÍTIC JERÀRQUIC (Ang. Analytic Hierarchy Process - AHP)

Desenvolupat per Thomas Saaty en 1980, consisteix essencialment a formalitzar la nostra comprensió intuïtiva de problemes complexos utilitzant una estructura jeràrquica. El propòsit de AHP és permetre que el decisor pugui estructurar un problema multicriteri en forma visual, donant-li la forma d'una jerarquia d'atributs, la qual contindria mínimament tres nivells: el propòsit o objectiu global del problema, situat en la part superior, els varis criteris que defineixen les alternatives en el mitjà, i les alternatives concurrents en la part inferior del diagrama. En la mesura que els criteris siguin molt abstractes, tal com benestar humà, o capacitat, per exemple, poden incloure's subcriteris més operatius en forma seqüencial entre el nivell dels criteris i el de les alternatives, el que dona origen llavors a una jerarquia multinivell.

Construcció de dalt a baix

Es comença tractant primer els atributs més globals, això és, construint l'arbre de valors de dalt cap avall, del més general al més particular. És a dir que tots els aspectes generals que es van recopilar en la definició del problema estan presents en aquesta primera instància. Cada atribut proposat haurà de dur aparellada una definició operativa. En descompondre un atribut cal procurar que els sub-atributs generats guardin una relació jeràrquica amb el principal, evitant que s'estableixin relacions amb altres principals. S'acaba d'agregar quan les últimes branques són susceptibles de ser valorades per qualsevol procediment.

Construcció de baix dalt

En aquest cas el procés es desenvolupa al revés. Es produeixen totes les característiques que permeten diferenciar entre les alternatives i posteriorment es construeix l'estructura agrupant aquelles que mantenen un factor comú, que serà denominat després. En molts casos al decisor li costa molt el procediment dalt baix que, d'alguna manera suposa un cert grau d'elaboració sobre el material la qual cosa no és sempre el cas. Quan el decisor no està molt familiaritzat amb el problema, l'elaboració del particular al general és més recomanable. Aquest procediment

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

consisteix en tractar totes les característiques que ajuden a distingir entre les alternatives.

La part medul·lar del procés de Saaty es troba en el mecanisme d'obtenció de pesos mitjançant la comparança de parells: en cada nivell de la jerarquia, s'efectua una comparança de parells (pairwise), prenent en compte la "contribució" de cada element d'aquesta jerarquia respecte de cadascun dels vèrtex immediatament superiors amb els quals es troba vinculat. La comparança de parells es realitza en termes de "raons o taxes de preferència" si es tracta d'alternatives o de "raons d'importància" si es tracta de criteris, sobre la base d'una escala numèrica proposta per Saaty. Pot ocórrer que en el procés de comparances s'obtingui algun grau d'inconsistència. L'algoritme plantejat per Saaty és un càlcul d'autovectors que permet una aproximació raonable de les raons distingides respecte a les comparances fetes pel decisor.

Valors globals

Es disposa d'alternatives: a, b, c, d, ...i els atributs o criteris són C1, C2, C3, etc., els pesos dels quals són P1, P2, P3,, Pn

Els pesos locals d'alternatives i/o atributs són obtinguts mitjançant el procediment de comparances binàries i amb l'escala proposada per Saaty: W1, W2, W3,, Wn

En conseqüència, el valor global d'una alternativa genèrica xi és:

$V(x_i) = \sum_{j=1}^n V_j(x_i)$ on la suma s'estén a tots els criteris possibles

Interdependència dels elements d'una jerarquia

El mètode clàssic de Saaty estableix com obtenir prioritats dels elements d'una jerarquia i com obtenir el conjunt de prioritats globals quan els elements de cada nivell són independents. Amb molta freqüència aquests elements són interdependents i es planteja llavors el problema d'enfrontar aquestes interdependències a l'efecte d'obtenir les adequades prioritats del problema. Hi ha dues classes principals d'interdependències entre elements d'un nivell de jerarquia que van ser estudiades per Saaty i el seu equip: la interdependència sumativa i la interdependència sinèrgica. Per a ambdós problemes s'han aportat respostes en el context de xarxes de retroalimentació i de supermatrius de les quals s'obtenen les prioritats globals de les alternatives.

PROBLEMÀTICA DEL SUPORT A LA DECISIÓ (Fr. Problématique de l'appuit a la décision)

Problemàtica P. a: l'objectiu és esclarir la decisió mitjançant la selecció d'un subconjunt el més restringit possible, tenint en compte que la selecció final se centra en unes

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

poques accions. Aquest subconjunt contindrà les "millors" accions o les accions "satisfactòries". El resultat és una selecció o un procediment de selecció.

Problemàtica P. b : pretén esclarir una decisió mitjançant una classificació resultant d'assignar cada acció a una categoria (o classe). Les diferents categories es defineixen a priori a partir de normes aplicables al conjunt de les accions. El resultat és una classificació o procediment d'assignació de les accions.

Problemàtica P. g: busca esclarir una decisió mitjançant un arranament obtingut reagrupant totes o part (les més satisfactòries) de les accions en classes d'equivalència, ordenant aquestes classes de manera completa o parcial conforme a les preferències del decisor. El resultat és un arranament o una ordenació de les accions.

Problemàtica P. d: apunta a esclarir una decisió mitjançant una descripció, amb un llenguatge apropiat, de les accions i de les seves conseqüències. El resultat és una descripció o un procediment cognitiu de les possibles relacions causals entre aquests elements.

Problemàtica P. e: es proposa esclarir una decisió sobre diverses accions que han de ser preses en un context de restriccions de tipus tècniques, polític-administratives, financeres o de disponibilitat de recursos en general. El resultat és la selecció d'un subconjunt d'accions que compleix amb les restriccions imposades i representa una solució "millor" o "satisfactòria" en termes d'alguna funció d'utilitat o de valor del decisor.

PROMETHEE (Ang. Preference Ràncing Organization Method for Enrichment Evaluations)

Aquest mètode (Brans i Vincke, 1985) consisteix, com en Electre III, en la construcció de relacions de superació valorades, incorporant conceptes i paràmetres que posseeixen alguna interpretació física o econòmica fàcilment comprensibles pel decisor. Promethee fa ús abundant del concepte de pseudocriteri ja que construeix el grau de superació entre cada parell d'accions ordenades a i b, p (a,b), tenint en compte la diferència de puntuació que aquestes accions posseeixen respecte a cada atribut. L'avaluació d'aquestes diferències poden realitzar-se mitjançant 6 funcions de valor possibles i que són utilitzades d'acord a les preferències del decisor, qui a més

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

deu proporcionar els llindars d'indiferència i de preferència associats a aquests pseudocriteris.

El grau de superació obtingut en Promethee és bastant similar a l'índex de concordança de Electre III, encara que no fa ús explícitament del concepte d'índex de discordança.

Hi ha diverses versions de Promethee. En Promethee I s'obté un preordre parcial, mentre que en Promethee II pot obtenir-se un preordre total considerant els fluxos nets (entrants — sortints) de cada alternativa.

Altres variants del mètode plantegen situacions més sofisticades de decisió, en particular problemes amb un component estocàstic. Així s'han desenvolupat les versions Promethee III, Promethee IV i Promethee V. En Promethee V (Brans i Mareschal, 1992), s'incorpora una filosofia d'optimització sencera a l'efecte d'abordar problemes de selecció d'inversions amb restriccions pressupostàries (Problemàtica P. i).

RELACIÓ DE SUPERACIÓ (Fr. surclassement; Ang. Outranking)

Utilitzada en els mètodes ELECTRE i en les anàlisis de concordança en general, es refereix a la comparança de dues alternatives respecte a tots els criteris mitjançant l'ús de relacions binàries.

Formalment a supera a b ($a S b$) si existeixen suficients motius a favor de (es tracta de la concordança en termes de quantitat de criteris o de pes dels criteris favorables) i si no es registren opinions fortament contràries a a (és la discordança, exercida com dret de veto, amidada com una gran diferència de puntuació en a per a algun dels criteris sota anàlisis). Quan es verifiquen aquestes dues circumstàncies, és possible afirmar que a supera a b .

En general donades dues alternatives a i b és possible trobar les següents situacions:

$a S b$ o $b S a$,

$a S b$ i $b S a$, el que implica que $a I b$ (a és indiferent o equivalent a b)

a i b són incomparables, és a dir no es verifica cap de les circumstàncies anteriors.

Les relacions de superació no són necessàriament transitives. Això és, si $a S b$ i $b S c$, això no necessàriament implica que $a S c$. Això fa que aquest mètode sigui simultàniament pràctic i ambigu, a semblança de multitud de casos que es troben en la vida quotidiana. La relació de superació en ELECTRE es determina aplicant índexs de concordança i de discordança en forma simultània.

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

REVERSIÓ DE L'ORDRE O DE RANG (Ang. Rank Reversal)

Els primers autors que van desenvolupar la teoria de la utilitat (Llueix i Raiffa, 1957) van imposar un axioma segons el qual a l'introduir en l'anàlisi noves alternatives, particularment aquelles que són irrelevantes, no hauria de produir-se inversió d'ordre en les restants alternatives. No obstant això, es va trobar en alguns estudis fets en forma experimental que en certes ocasions es produeixen paradoxes de les quals la teoria de la utilitat no pot brindar respostes clares.

En algunes circumstàncies el mètode AHP produeix aquesta reversió de rangs, i la resposta de Saaty a aquest cas i a les objeccions formulades per diversos autors és que deu distingir-se entre fixar axiomes en una teoria de la decisió a ser seguits estrictament en totes les situacions i un procés d'aprenentatge i de revisió del procés de presa de decisions. A tal fi esmenta que els axiomes de preservació del rang de la teoria de la utilitat i el AHP comparen els axiomes del clàssic mètode freqüentista d'estadística i de la teoria Bayesiana. La teoria Bayesiana viola els axiomes d'estadística en posar al dia les prediccions mitjançant la inclusió d'informació d'un resultat anterior, un procés conegut com aprenentatge. Quan s'integra aprenentatge amb presa de decisions, es qüestiona alguns dels axiomes bàsics de la teoria d'utilitat. En definitiva, Saaty explica que en AHP hi ha una manera de permetre que l'ordre canviï (1) i dues maneres de preservar l'ordre (2) i (3):

- (1) La inversió de l'ordre pot ser permesa utilitzant la manera distributiva de l'enfocament de mesura relativa del AHP
- (2) La preservació de l'ordre en cas d'alternatives irrelevantes pot ser mantingut usant la manera ideal de l'enfocament de mesura relativa del AHP
- (3) Es pot preservar l'ordre absolutament usant la manera de mesura absoluta del AHP

PSEUDOCRITERI (Fr. Pseudo critère; Ang. Pseudo criteria)

Pot ocórrer que la diferència de puntuacions de dues accions respecte a algun criteri ($g(a) - g(b)$) sigui considerada massa petita per a tenir algun significat determinant: es tracta d'una situació d'indiferència entre ambdues accions. En la pràctica això consisteix a fixar un valor q , anomenat llindar d'indiferència (Fr. Seuil d'indifférence; Ang. Indifference threshold) i a determinar que les alternatives són equivalents respecte al criteri considerat, si la discrepància de puntuacions és menor a q .

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

Si, per contra, el desviament és molt fort, major en valor absolut a un paràmetre p anomenat llindar de preferència (Fr. Seuil de préférence; Ang. Preference threshold), l'alternativa amb major puntuació és la preferida.

Entre ambdós intervals es pot registrar una zona de preferència feble, una transició entre la indiferència i la preferència estricta, tal com es mostra a continuació:

A B I I B A

-----|-----|-----|-----|-----|-----> nota de menys nota de b

-p -q 0 q p

A és zona de preferència estricta

B és zona de preferència feble

I és zona d'indiferència

L'establiment dels paràmetres p i q es realitza tant per a l'índex de concordança com per a l'índex de discordança. La noció de pseudocriteri constitueix l'originalitat de ELECTRE IS i particularment de ELECTRE III, on s'estableix el "grau de credibilitat" de la relació de superació entre una alternativa i altra, grau de credibilitat que varia entre 0 i 1.

TODIM (Port. Presa de Deciso Interativa multicriteri)

Introduïda per Gomes i Lima (1992) té l'avantatge d'intentar un modelatge de les pautes de preferència quan es prenen decisions de risc, d'acord als fonaments de la Teoria de Prospectes (Kahneman i Tversky, 1979).

El mètode utilitza una funció de diferència additiva per a determinar la dominància d'una alternativa sobre una altra. Aquesta funció és formalment anàloga a la funció definida per Kahneman i Tversky.

El que realitza el mètode és prescriure una acció a través d'una prioritització de totes les alternatives. El risc associat a cada alternativa serà un valor adimensional, en la mesura que no es privilegia un objectiu sobre els restants, és a dir que es respecta la multidimensionalitat del problema de decisió.

Els riscos parcials associats a una alternativa determinada poden obtenir-se fàcilment a partir de les preferències dels experts en el cas de criteris qualitius o mitjançant els càlculs obtinguts amb els criteris quantitius.

En conclusió, el mètode TODIM, a més de fonamentar-se en la teoria dels prospectes, posseeix recursos tècnics per a minimitzar la possibilitat d'ocurrència de la reversió de l'ordre i permet el tractament multicriteri d'un conjunt d'accions interdependents (Gomes i Oliveira, 1993), elements que no són usals en la majoria dels mètodes de suport multicriteri a la decisió.

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

El mètode TODIM es basa en una noció bastant semblant a la del flux net en el sentit de Promethee.

PRESA DE DECISIONS MULTICRITERI (Ang. Multicriteria Decision Making)

En l'entorn del procés de presa de decisions multicriteri són varis els elements que intervenen i són considerats pels involucrats (analista, comitent, decisor, etc.) per a triar un curs d'acció determinat. Aquests elements en el seu context original no són reduïbles a unitats comunes, al contrari del que ocorre per exemple amb l'anàlisi benefici-cost, pel que requereixen procediments diferents als utilitzats en l'anàlisi tradicional. Decision making es refereix al marc, de vegades complex, dels processos que duen que una persona o un conjunt de persones acordin i instrumentin un o diversos cursos d'acció per a solucionar un problema o per a assolir un objectiu.

TOPSIS (Ang. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

També cridada Programació Compromís és una tècnica de programació matemàtica utilitzada originalment en contextos continus i que ha estat modificada per a l'anàlisi de problemes multicriteri de tipus discrets. És utilitzada per a identificar solucions que es troben el més prop possible a una solució ideal aplicant per a això alguna mesura de distància. Les solucions així identificades es denominen solucions compromís i constitueixen el conjunt de compromís.

Aquesta tècnica està basada en el concepte que una alternativa seleccionada ha de tenir la distància més curta possible cap a la solució ideal positiva i estar el més lluny possible respecte de la solució ideal negativa. Va ser desenvolupada per Hwang i Yon en 1981, rebent posteriors aportis de Zeleny (1982), Hall (1989). Va ser millorada pels propis autors en 1987 i mes tarda conjuntament amb Lai i Liu en 1993.

Una solució ideal es defineix com una col·lecció de nivells ideals (o de puntuacions) en tots els atributs considerats, podent succeir que tal solució normalment sigui inassolible o que sigui no factible. Aquesta noció es basa en la idea que l'assoliment de tal meta es troba en la racionalitat de l'elecció humana. El vector compost pels millors valors del j-èssim atribut respecte a totes les alternatives possibles és qui rep el nom de solució ideal positiva. En contraposició, la solució ideal negativa estaria donada pel vector que conté les pitjors puntuacions assolibles en els atributs.

D'aquesta manera pot ocórrer que una alternativa seleccionada des del punt de vista de la més curta distància respecte de la solució ideal positiva hagi de competir amb altra alternativa que es troba el més lluny possible de la solució ideal negativa. Per això, i a fi de definir la solució ideal, el mètode TOPSIS defineix un índex de similitud (o

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

de proximitat relativa) que es construeix combinant la proximitat a l'ideal positiu i la llunyania respecte a l'ideal negatiu.

El mètode es desenvolupa en una sèrie d'etapes: i) es normalitzen les puntuacions assignades a les diverses alternatives; ii) després es calculen les puntuacions normalitzades ponderades; iii) s'identifiquen i/o defineixen les solucions ideal positiva i ideal negativa del problema sota anàlisi, en termes dels valors normalitzats ponderats; iv) es calculen les mesures de separació o distància a les solucions ideals entre les alternatives, mitjançant alguna noció de distància mètrica, que pot ser l'euclediana. Qualsevol sigui la noció de distància utilitzada, aquesta es calcula respecte a la solució ideal positiva i respecte a la solució ideal negativa; v) Finalment es construeixen les semblances a la solució ideal positiva com índex respecte a la solució ideal negativa, el que implica que aquest índex combina els dos aspectes o metes definits al principi.

L'ordenament per preferència de les solucions sorgeix de col·locar les alternatives en ordre decreixent respecte a les semblances distingides en v) ja que el més alt valor representa aquella alternativa que es troba més a prop de l'ideal positiu en relació a la distància respecte a l'ideal negatiu.

Cap observar que pel tipus d'atributs sota anàlisi (tots atributs han d'amidar-se sobre escales d'interval) i per l'heurística aplicada, el mètode TOPSIS és molt adequat al tractament multicriteri de problemes que apareixen en els Sistemes d'Informació Geogràfica.

UTILITAT MULTIATRIBUT (Ang. Multiple Attribute Utility Theory)

Es tracta de models d'agregació de preferències efectuades respecte a criteris individuals, en els quals es modelitzen les preferències globals del decisor mitjançant d'una funció de valor.

La teoria de la utilitat multiatribut desenvolupada per Keeny i Raiffa (1976), a partir de la teoria d'utilitat unidimensional de Von Neumann i Morgenstern (1944), busca expressar les preferències del decisor sobre un conjunt d'atributs o criteris en termes de la utilitat que li reporta, dintre d'un context de la teoria de la decisió en condicions d'incertesa. El dogma central de comportament és el principi de racionalitat. Aquesta teoria, d'inspiració anglosaxona, es basa en els següents principis fonamentals:

(A 1) tot decisor intenta inconscientment (o implícitament) maximitzar una funció que agrega tots els punts de vista rellevants del problema. Això és, interrogat el decisor sobre les seves preferències, les seves respostes seran coherents amb una certa funció que no és coneguda a priori. El paper de l'analista és el d'estimar aquesta funció mitjançant una adequada sèrie de preguntes formulades al decisor.

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

(A 2) Per altra banda, tot parell d'accions a i b són susceptibles de ser comparades, i existeix un ordenament de preferència ben definit sobre el conjunt de les accions, de manera que per a qualsevol parell d'alternatives s'ha de:

- o bé $a > b$, el resultat a és preferit al resultat b ,
- o bé $a = b$, el decisor es troba en situació d'indiferència entre a i b ,
- o bé $b > a$, el resultat b és preferit al resultat a .

(A 3) S'assumeix que l'ordre de preferència és transitiu, això és, si es prefereix a a b i b a c , llavors s'ha de preferir a a c .

Aquests dos últims axiomes garanteixen la preservació de consistència en comparar resultats. El propòsit del mètode és associar valors numèrics als resultats de la comparança, de manera tal que i) aquests valors numèrics són ordenats consistentment amb les preferències, i ii) es pugui determinar tals valors mitjançant algun tipus de procediment, per al qual es recorre a axiomes addicionals.

La tècnica es basa aquí en dos passos: primer el mesurament de la utilitat parcial d'una alternativa amb referència a cadascun dels criteris, i després procedir a l'agregació d'aquestes utilitats parcials per a obtenir la utilitat global de l'acció sota anàlisi.

En definitiva, les fases que es distingeixen en la construcció d'una funció d'utilitat són les següents:

- i) Identificació de la forma funcional apropiada
- ii) Construcció de les funcions d'utilitat unidimensionals
- iii) Determinació dels paràmetres de la funció d'utilitat multiatribut
- iv) Comprovació de la consistència de la funció d'utilitat construïda

Tant per a la determinació de la forma de descomposició, com per al càlcul de les funcions d'utilitat unidimensionals i els factors d'escala, s'utilitzen les tècniques de loteries o prospectes.

Aquest model es basa en els suposats que:

- Els diferents atributs són independents
- El benefici o valor general que resulta de la presència de diferents atributs s'obté de forma additiva.

Malgrat que el compliment d'aquests supòsits no sempre es pot garantir, la repercussió que té la violació dels mateixos (robustesa del model) és feble. És possible el planteig d'altres models d'agregació de tipus multiplicatiu, però aquests són més complexos i menys utilitzats.

El model d'agregació de les utilitats parcials en una utilitat total pot prendre dues formes, i) de tipus additiva o ii) de tipus multiplicativa.

ANNEX A: GLOSSARI MULTICRITERI

En i) és possible agregar les utilitats parcials sumant les unes amb les altres (després d'haver-les multiplicat per una ponderació, o després d'haver-les modificades mitjançant una transformació afí, o ambdues alhora). En el anomenat model additiu simple la utilitat global s'expressa mitjançant la següent equació:

$$O(x) = p_1 u_1(x_1) + p_2 u_2(x_2) + \dots + p_m u_m(x_m)$$

on els p_j són els pesos o ponderacions

les u_j són les utilitats subjectives parcials

x_{ij} són les accions sota anàlisi

L'expressió multiplicativa adopta la forma

$$O(x) = [a_1 + b_1 u_1(x_1)] \times [a_2 + b_2 u_2(x_2)] \times \dots \times [a_m + b_m u_m(x_m)]$$

on els a_j i b_j són també pesos o ponderacions.