

PROJECTE FINAL DE CARRERA

Enginyeria Informàtica



Presa de decisions justificada. El cas de ClusDM

(Clustering For Decision Making)



Joan Casals Alonso (jca_casals@hotmail.com)

Directora de projecte

Aïda Valls Mateu

Escola tècnica i superior d'enginyeria (ETSE)
Universitat Rovira i Virgili (URV <http://www.urv.es>)

Curs 2004-2005

Índex

1	Introducció	1
1.1	Objectius del projecte	2
1.2	Estructura del document	3
2	Especificacions del projecte	4
2.1	Clusterització (<i>Clustering</i>)	4
2.2	Fase d'ordenació (<i>Ranking</i>)	6
2.2.1	Cas A: Anàlisi de components principals (PCA)	6
2.2.2	CAS B: distància respecte l'ideal	8
2.3	Fase d'explicació	8
2.4	Mesura de la qualitat	11
2.5	Estat de l'art	14
2.5.1	Tipus de mètodes per a donar explicacions	15
2.5.2	Suport gràfic per a MCDA	16
	Filtratge d'alternatives	18
	Dominis d'optimalitat	19
	Coordenades paral·leles	20
	Visualització radial	21
	Filtratge d'alternatives	22
2.5.3	Sistemes per a mesurar el grau de consens	30
2.5.4	Explicació en sistemes experts	32
	Explicacions de tipus <i>Per què</i> :	34
	Explicacions de tipus <i>com</i> :	34
	Altres tipus d'explicacions	35
2.5.5	Sistemes basats en argumentacions	36
2.5.6	El sistema WOZ	37
2.5.7	Conclusions	43
2.6	Especificacions del PFC	43
3	Disseny	45
3.1	Disseny conceptual de ClusDM	45
3.1.1	Fitxers de configuració i d'entrada de dades	47
3.1.2	Configuració inicial	50
3.1.3	Filtratge d'alternatives	51
3.1.4	Clusterització	51
3.1.5	Coordenades Paral·leles	52
3.1.6	PCA o distància a el ideal?	52
3.1.7	PCA	52
3.1.8	PCA-Plot	53
3.1.9	Distància a l'ideal	53
3.1.10	Explicació	53
3.1.11	Mesura de la qualitat	54
3.1.12	Introducció del terme neutre	54
3.1.13	Introducció del vocabulari	54
3.1.14	Presentació resultats finals	55
3.1.15	Informe ClusDM	55
4	Desenvolupament	56
4.1	Generació de l'informe ClusDM	56

4.1.1	Capçalera:	56
4.1.2	Fase d'agregació	57
4.1.3	Fase d'ordenació	58
4.1.4	Fase d'explicació	60
4.1.5	Resultats finals.	61
5	Avaluació	62
5.1	Joc de proves 1: Països	62
5.2	Joc de proves 2: ProvaPCA	64
5.3	Joc de proves 3: Control de l'inferència estadística	67
5.4	Joc de proves 4: Cotxes	70
6	Conclusions	71
7	Recursos utilitzats	72
7.1	Recursos web	72
7.2	Recursos bibliogràfics	72
8	Manuais	74
8.1	Requeriments.	74
8.2	Manual d'ús.	74
8.2.1	Fitxers de configuració i d'alternatives	74
8.2.2	Configuració inicial	75
8.2.3	Filtratge d'alternatives	77
8.2.4	Coordenades paral·leles	79
8.2.5	PCA-Plot	79
8.2.6	Introducció del vocabulari	80
8.2.7	Introducció del terme neutre	81
8.2.8	Resultats finals.	82
9	Annex	83
9.1	Terminologia	83
9.2	Funcions de negació	83
9.3	Funcions de dissimilitud	84

1 Introducció

Aquest projecte ha desenvolupat un sistema d'ajuda a la presa de decisions del tipus MCDA (*Multi Criteria Decision Aid*). L'interès per tenir mètodes d'ajuda a la presa de decisions es remunta al segle XI, quan economistes i matemàtics com Pareto, Von Neumann i Morgenstern s'adonaren de la complexitat de prendre decisions i de la importància de prendre les correctament. Inicialment els mètodes únicament consideraven un únic objectiu a maximitzar, cosa que no s'aproxima gaire a un problema de presa de decisions real. Normalment hi intervenen diversos factors (o criteris). Per tal de resoldre aquests tipus de problemes, a mitjans segle XX, sorgeixen les metodologies MCDM (*Multicriteria Decision Making*), que es podria considerar la metodologia pare de MCDA. La diferència entre ambdós mètodes recau en el fet que els sistemes de MCDM tenen com a únic objectiu trobar la millor alternativa a partir d'un conjunt de valors de diferents criteris, mentre que els sistemes de MCDA tenen com objectiu ajudar a l'usuari a prendre la decisió, per tant, ofereixen eines per entendre millor les dades, visualitzar diferents aspectes o entendre com el sistema va realitzant el procés de presa de decisions.

Definirem un problema de presa de decisió multicriteri com segueix:

Tenint un conjunt d'alternatives A i una família C de criteris sobre A , un problema de decisió multicriteri serà aquell que, respecte a C , intenta trobar un dels següents objectius:

- a) un subconjunt d' A que contingui les millors accions
- b) una assignació de les alternatives a categories predefinides, o
- c) una ordenació de les alternatives A de la millor a la pitjor.

Cadascun d'aquests objectius defineix un problema de decisió multicriteri diferent, anomenat: a) problema de selecció, b) problema de classificació i c) problema d'ordenació.

La dificultat principal recau en el fet que és tracta d'un problema matemàtic mal definit donat que no hi ha cap objectiu o solució òptima per a tots els criteris. Així, s'ha de trobar un equilibri entre els diferents punts de vista per tal de determinar una solució acceptable per al problema de decisió.

Com a base d'aquest projecte s'ha utilitzat informació provinent de diversos estudis, dels que cal destacar per una banda el sistema anomenat ClusDM desenvolupat per la Dra. Aïda Valls en la seva tesi, i per l'altra un estudi de tècniques per explicar el procés de decisió, que vaig realitzar durant una beca de col·laboració amb el DEIM.

ClusDM és un sistema d'ajuda a la presa de decisions, que permet treballar amb conjunts de dades on s'ha de tenir en compte més d'un únic criteri per a dur a terme la presa de decisions. Aquest sistema, no solsament treballa amb valors de tipus numèric, sinó que també inclou mètodes que permeten treballar amb dades de tipus qualitatiu i Booleà. El mètode que desenvolupa aquest sistema, és capaç de trobar una ordenació de les alternatives, o fer una selecció de quines són les millors. Per tal de realitzar-ho, es duen a terme quatre fases, en la primera es realitza l'agregació de les diferents

alternatives en clústers, i en la segona fase, s'estableix l'ordenació d'aquests clústers. Posteriorment, un cop s'han aplicat les dues fases esmentades, se'n realitzen dues més, una consistent en l'explicació dels resultats obtinguts, per fer-los intel·ligibles a l'usuari, i una última fase que s'encarrega d'avaluar els resultats obtinguts mitjançant una mesura de la qualitat d'aquests, per poder indicar quina és la credibilitat dels resultats obtinguts.

Per altra banda, durant la beca, l'estudi que es va realitzar consistia en cercar tècniques que s'estiguessin utilitzant per tal d'ajudar a l'usuari a prendre decisions, que permetessin una major comprensió per part de l'usuari dels resultats obtinguts pel sistema. És a dir, es cercaven mètodes que milloressin la comunicació entre l'usuari i el sistema per tal que la confiança de l'usuari amb el sistema fós la major possible, i que els resultats obtinguts es mostressin de forma que l'usuari en pogués tenir la visió més simple i a la vegada completa possible. Durant aquesta cerca, donat que existeixen molts tipus de sistemes diferents que necessiten comunicar-se amb l'usuari, es van concentrar els esforços en buscar metodologies utilitzades per a l'ajuda en la presa de decisions.

1.1 Objectius del projecte

Els objectius d'aquest projecte final de carrera són 3:

1) El primer objectiu consisteix en familiaritzar-se i aprofundir amb ClusDM, ja que se'n volia desenvolupar una nova versió, per motius que es descriuen més endavant. La necessitat de dur a terme aquesta primera tasca, ve donada pel fet que gran part de la terminologia utilitzada en aquest tipus de sistemes no es tractada en cap de les assignatures de la carrera. Per altra banda, un cop compresos els elements que entren en joc en aquest tipus de sistemes cal realitzar un estudi previ de ClusDM per tal de poder comprendre tots els aspectes del sistema, i així poder dur a terme un disseny el més adequat possible de l'aplicació.

2) Per altra banda, es vol implementar una nova versió del sistema, ja que la versió anterior estava implementada en un llenguatge anomenat LISP el qual tenia una sèrie de mancances que es volien resoldre. Per a la nova versió del sistema s'utilitzarà el llenguatge Java per diversos motius. D'aquests motius cal destacar-ne especialment la portabilitat entre diferents tipus màquines, el que permet utilitzar el nou sistema en diversos entorns, i per altra banda, el gran nombre d'eines ja desenvolupades per a aquest llenguatge, com també la facilitat d'ús d'aquest.

3) Un altre dels motius principals pels quals es vol crear de nou el sistema, és per tal de poder incorporar les noves tècniques trobades en l'estudi, que han de permetre millorar el màxim possible la justificació dels resultats mostrats a l'usuari pel sistema, de manera que aquest pugui prendre una decisió el més fonamentada i amb el màxim coneixement possible.

4) Finalment, es pretén aconseguir una eina útil per prendre decisions en problemes on la informació és de diferent naturalesa (valors numèrics, qualitatius i Booleans). Per tal que sigui útil per la comunitat científica internacional (o per usuaris reals), cal que

tingui una interfície en anglès, que el sistema sigui robust i que es doni a conèixer. Per aconseguir aquest objectiu, el sistema fruit d'aquest projecte es pretén publicar en un repositori web del grup de treball europeu en presa de decisions multicriteri (EWGMCD: *European Working Group on Multi-Criteria Decision Aid*): <http://monet.fe.uc.pt/thesesoftware/>

1.2 Estructura del document

Per tal de definir les característiques que ha d'acomplir el nou sistema desenvolupat durant aquest projecte fi de carrera, s'haurà de començar per veure quins han estat els resultats dels dos estudis anteriorment esmentats, que són els que han d'establir quines són les característiques que s'han hagut d'assolir. Així doncs, en el capítol 2 es revisen els estudis anteriorment esmentats, començant per una visió reduïda del sistema ClusDM, i per l'altra un seguiment complet de l'estudi sobre els sistemes d'ajuda a l'usuari. A continuació, hi trobareu les especificacions del projecte, que es dedueixen d'aquest dos estudis.

En el capítol 3, es tracta com s'ha realitzat el disseny del sistema. Aquest capítol inclou un disseny conceptual del sistema, per tal de poder comprendre cadscuna de les seves fases.

En el capítol 4, després d'explicar el disseny de tot el sistema, es tracten les diferents eines utilitzades per tal de desenvolupar-lo, i d'on es poden obtenir.

El capítol 5 mostra un subconjunt de les proves realitzades per tal de validar el correcte funcionament del nou sistema desenvolupat.

Finalment, es poden trobar els recursos web i bibliogràfics, així com un manual d'ús del sistema, per tal de poder comprendre d'una forma més completa el seu funcionament, a la vegada que permet als possibles usuaris fer el millor ús possible de l'aplicatiu desenvolupat.

El codi font del sistema es pot trobar en un document annex.

2 Especificacions del projecte

El sistema ClusDM (*Clustering for Decision Making*) [Valls, 03] és un sistema dels anomenats MCDA. En el cas concret de ClusDM, el procés pel qual el sistema avalua les alternatives i posteriorment informa a l'usuari de les conclusions extretes consta de quatre fases principals que s'expliquen breument a continuació.

El procés s'inicia per una primera fase en que es realitza un procés de clusterització de les dades per tal d'agrupar aquelles alternatives que siguin més properes entre elles en funció d'una mesura de dissimilitud.

Posteriorment es duu a terme una segona fase en que s'estableix un ordre de preferència entre les alternatives, per tal de poder-les qualificar en la següent fase, que s'encarrega d'assignar un valor a cadascun dels clústers mitjançant un terme qualitatiu que expressi la preferència global.

Finalment la última fase s'encarrega de validar els resultats obtinguts per al d'establir la fiabilitat d'aquests.

ClusDM és capaç de treballar amb criteris de tipus booleà, numèric, qualitatiu, no ordenat i qualitatiu ordenat. Cal remarcar que les dades qualitatives ordenades estaran associades a una funció de negació que permetrà representar la semàntica dels termes lingüístics del seu vocabulari.

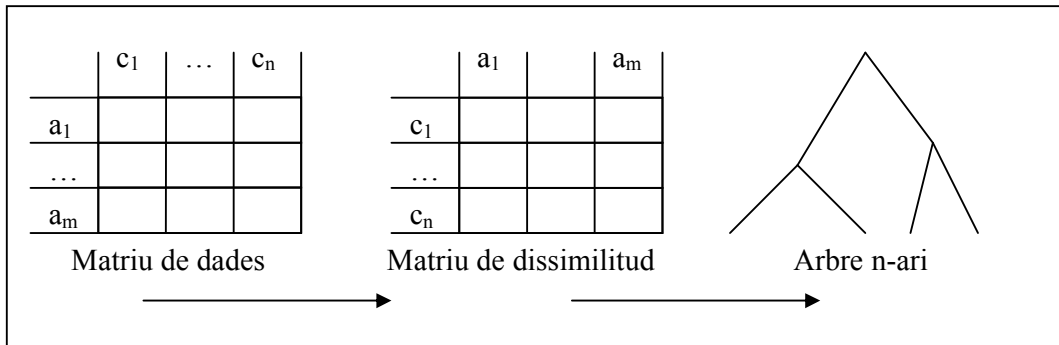
A l'annex A podem trobar un glosari dels termes que s'utilitzen.

Tot seguit s'explica cadascuna d'aquestes fases d'una forma més detallada.

2.1 Clusterització (*Clustering*)

Els mètodes de clusterització són tècniques d'aprenentatge no supervisat que s'utilitzen per tal d'obtenir una partició d'un conjunt d'objectes. En aquest projecte s'usa una estratègia de tipus conegut com a *bottom-up*. Per tal de dur a terme s'han de realitzar dos passos:

- 1- El primer pas consisteix en la construcció d'una matriu de dissimilitud que contingui les mesures de dissimilitud entre cadascuna de les parelles d'alternatives. Per tal de dur a terme la mesura de la dissimilitud entre les alternatives es poden utilitzar una gran varietat de funcions de dissimilitud. Cadascuna d'aquestes funcions té diferents propietats, i es fa impossible determinar quina és la millor per a cada conjunt de dades (Vegeu Annex B).
- 2- Un cop hem obtingut la matriu amb les dissimilituds entre les diferents alternatives, podem passar a la construcció del conjunt de clústers. En cadascun dels clústers trobarem aquelles alternatives que siguin més similars.



Pet tal de dur a terme el procés de clusterització s'anirà construint un arbre n-ari o binari. Cadascun dels subarbres que podem trobar dins de l'arbre representa un clúster. Per a cada parell d'alternatives (a_i, a_j) que pertanyin al mateix clúster α , es compleix la següent condició: $d(a_i, a_j) \leq h_\alpha$ on d es la funció de dissimilitud utilitzada per tal de comparar les alternatives durant el procés de clusterització.

Concretament, en ClusDM, s'ha utilitzat el mètode de clusterització pertanyent als mètodes de SAHN (Sequential Agglomerative Hierarchical Non-overlapping methods) [Everitt, 77]. L'algoritme de clusterització d'aquest tipus de mètodes es pot resumir com segueix:

PAS 0: Construcció de la matriu inicial de dissimilituds.

PAS 1: Selecció de les alternatives (objectes) que són més similars. Aquestes alternatives són les que formaran el nou clúster.

PAS 2: Modificació de la matriu de dissimilituds tal com segueix:

- 2.1:** Eliminació de les alternatives que pertanyen al nou clúster.
- 2.2:** Inserció del nou clúster a la matriu de dissimilituds.
- 2.3:** Càlcul de la dissimilitud entre el nou clúster i la resta de clústers.

PAS 3: Repetir els passos 1 i 2 mentre no tinguem un únic clúster.

Per dur a terme el càlcul de la distància entre clústers podem utilitzar quatre mètodes diferents que s'expliquen a continuació.

- El primer mètode es conegut com a Lligam Simple (*Single Linkage*) consisteix en considerar com a distància entre dos clústers diferents la mínima de les distàncies entre tots els objectes continguts en ambdós clústers.
- El segon mètode es coneix com Lligam Complet (*Complete Linkage*) consisten en un mètode idèntic a el anterior però en aquest cas agafant la màxima de les distàncies.
- El mètode conegut com Lligam Aritmètic (*Aridmetic Linkage*), seria un híbrid entre els dos anteriors ja que consistiria en el càlcul de la mitjana aritmètica de les distàncies.

- Finalment, el Clústerització per Prototipus (*Centroid Clustering*) consisteix en calcular la distància entre els prototipus dels clústers.

2.2 Fase d'ordenació (*Ranking*)

Un cop realitzada la fase d'agregació, es duu a terme la fase d'ordenació de les diferents alternatives per tal de poder expressar la preferència entre elles. Per tal de realitzar l'ordenació de les diferents alternatives podem utilitzar dos mètodes diferents segons la situació en que ens trobem, per tant haurem de distingir entre dos casos diferents:

CAS A: Tots els diferents criteris expressen preferències entre les alternatives. És a dir, cada criteri defineix un ordre de les alternatives.

CAS B: Els diferents criteris expressen diferents punts de vista sobre les dades, que poden ser preferències o simplement propietats descriptives.

2.2.1 Cas A: Anàlisi de components principals (PCA)

Per al CAS A s'utilitza un mètode estadístic multivariat anomenat PCA (*Principal Component Analysis*) [Pearson, 1901]. Per tal d'obtenir una bona ordenació amb el mètode PCA, els diferents criteris han de estar correlacionats entre ells. Aquesta situació es dona quan els diferents criteris provenen de les opinions d'experts diferents sobre les alternatives. Malgrat que els experts puguin tenir diferents opinions sobre les alternatives, si és possible definir quin és "quina és la millor ordenació", i els diferents experts realment coneixen el problema, es suposa que tindrem un alt grau de correlació.

En el procés d'aplicació del PCA, podem distingir els següents passos:

PAS 1: Aplicar l'anàlisi de components principals a la matriu de dades, per tal d'obtenir els valors propis (*eigenvalues*) l_i , els vectors propis (*eigenvectors*) u_i i els *V-vectors* v_i .

PAS 2: Determinar si la primera component principal és suficient per tal d'establir l'ordre. Per tal de validar si ho és o no, s'aplica un criteri que ens valorarà si podem establir la ordenació, i en cas que no sigui possible, el procés s'aturarà. El criteri consisteix en validar si hi ha més de un component té una variança superior al 1%, és a dir, si existeix més de un $l_i > 1$.

En cas que es necessiti més d'una única component principal per tal de representar les dades, s'executarà el pas quatre, per tal d'obtenir certa informació addicional.

PAS 3: Utilitzant el primer *V-vector* hem de determinar quines variables tenen una major influència en la interpretació de la primera component. Per tal de determinar quines són utilitzarem l'equació 1, de forma que les variables que tinguin una major correlació, seran les que tenen una major influència alhora d'establir la ordenació.

$$CORR_1(x_j) = v_1^2(x_j) \quad \text{Eq 2.1}$$

Un cop tenim les variables que poden explicar-nos el significat dels eixos, necessitem saber si aquests estan positivament o negativament correlats. Per tal de determinar-ho, necessitem observar el signe dels *V-values* del primer eix v_1 . El signe dels coeficients de v_1 ha de ser el mateix si tots els criteris estan d'acord amb donar la mateixa preferència (bona o dolenta) a les mateixes alternatives. Quan un criteri diu el contrari que els altres, té el signe oposat, i per tant, en el cas que el conjunt de variables positivament correlacionades sigui similar a les negativament correlacionades, aturarem el procés ja que no podrem establir la direcció de la primera component principal.

PAS 4: En aquest pas, es calcula mitjançant l'equació 2 la contribució de cadascuna de les variables en la formació de la primera component principal. Si una variable no contribueix en la formació del primer eix, llavors aquesta no donarà cap informació útil per a la determinació la ordenació.

Quan una variable contribueix fortament a la segona component, i no a la primera, podrem dir que aquesta variable està en contradicció amb el nostre eix social.

Si una variable no contribueix a cap dels eixos, vol dir que podria ser eliminada de forma que el resultat no seria significativament diferent.

$$CTR_i(x_j) = u_i^2(x_j) \quad \text{Eq 2.2}$$

PAS 5: En aquest últim pas, es calculen les puntuacions-z dels diferents prototipus en la primera component principal z_1 mitjançant l'equació 3, un cop els valors ja han estat centrats i estandaritzats.

$$z_1 = u_1 B \quad \text{Eq 2.3}$$

Les puntuacions-z ens indiquen quina és la posició de cada classe en una línia, i mitjançant el vector direcció podem determinar quina és la millor i la pitjor posició per tal d'establir l'ordre.

Un cop realitzar el 5è pas, hem obtingut les puntuacions-z que ens estableixen l'ordre de les alternatives, però els valors obtinguts de les z_1 no pertanyen a l'interval $[0, 1]$ necessari per a les fases posteriors. Per tal d'establir els z_1 en el rang desitjat s'utilitza l'equació 4.

$$z_{01} = \frac{z_1(j)}{z_1(a_{nadir}) - z_1(a_{ideal})} \quad \text{Eq 2.4}$$

Sent a_{ideal} una alternativa fictícia que pren el millor valor possible per a cada criteri, i per altra banda, a_{nadir} és una alternativa fictícia amb el pitjor valor possible per a cada criteri.

2.2.2 CAS B: distància respecte l'ideal

Donat que tenim diferents opinions per part dels diferents experts, haurem d'utilitzar una mesura de dissimilitud que compari les alternatives criteri per criteri. Per tal de realitzar aquesta comparativa, utilitzarem el concepte ja mencionat anteriorment d'ideal, de manera que compararem totes les alternatives amb l'ideal per manera que aquelles alternatives que siguin més properes a l'ideal seran les millors. Per tal de realitzar aquest càlcul, utilitzarem l'equació 2.5.

$$z(j) = \text{similitud}(\text{prototipus}_j, a_{\text{ideal}}) \quad \text{Eq 2.5}$$

Un cop calculades les z , igual que en el cas d'aplicar PCA, es té que els valors no estan continguts en el interval $[0, 1]$ i per tant aplicarem l'equació 2.6

$$z_{01}^* = 1 - \frac{z_1(j)}{z_1(a_{\text{nadir}}) - z_1(a_{\text{ideal}})} \quad \text{Eq 2.6}$$

2.3 Fase d'explicació

Com a resultat del procés d'ordenació s'obté un conjunt ordenat de clústers, on cada clúster té associat un valor en el interval $[0, 1]$, que determina la posició del clúster en l'anomenat eix social. En aquesta fase s'associa un terme lingüístic a cada clúster que substituirà el valor numèric calculat en la fase anterior. Per tal d'assignar aquestos termes, cal establir tant el vocabulari com la seva funció de negació corresponent.

A continuació s'explica quin mètode s'ha utilitzat per tal d'obtenir aquest nou vocabulari, de forma que aquest estigui format pel conjunt de termes més apropiat possible. Un cop s'ha obtingut el vocabulari s'associa cada terme amb cadascun dels clústers, de forma que com que tota alternativa pertany a un clúster, finalment totes les alternatives acaben tenint un terme associat. Per últim, un cop cada clúster té associat el seu terme corresponent, es duu a terme la construcció de la nova funció de negació.

Tot seguit s'explica com es duen a terme cadascuna d'aquestes fases.

Obtenció del vocabulari

En un primer pas, s'ha de obtenir el vocabulari que s'utilitzarà posteriorment. Per a obtenir-lo es tenen dues opcions, una consisteix en utilitzar un dels vocabularis utilitzats en algun dels criteris qualitatius ordenats, i l'altre, consisteix en demanar a l'usuari que n'introdueixi un. Durant el disseny de ClusDM es va considerar que l'usuari del sistema es sentiria més còmode com menys dades hagués d'introduir, i com menys vegades se l'hagués d'interrompre durant el procés de presa de decisions, per tant, només es demanarà el vocabulari a l'usuari en aquells casos que sigui indispensable.

Si volem utilitzar un dels criteris de la matriu de dades inicial, cal tenir un mecanisme per escollir-ne un. A [Valls, 03] es defineix una distància entre vocabularis, que servirà per comparar els vocabularis dels criteris inicials amb la partició ordenada obtinguda durant la fase d'ordenació.

Primer, es defineix la *funció centre* que assigna a cada valor x_i pertanyent a $[0, 1]$ un altre valor a el interval $[0, 1]$ que és el punt central de l'interval $(m, M]$ al que x_i pertany.

Suposem que es tenen dos vocabularis, V_A i V_B , denotarem com a A i B les seves respectives funcions centrals, tals que per a qualsevol $x \in [0,1]$

$$\begin{aligned} A : x &\longrightarrow a_x \\ B : x &\longrightarrow b_x \end{aligned}$$

on a_x és el punt central del interval d' A al que x pertany, i b_x és el punt central del interval de B al que x pertany.

Llavors es pot definir una mesura de distància entre vocabularis tal i com segueix:

$$d_v(V_A, V_B) = d_v(A, B) = \left[\int_0^1 d^2(a_x, b_x) dx \right]^{1/2} \quad \text{Eq 2.7}$$

on $d^2(a_x, b_x) = (a_x - b_x)^2$

Es pot veure que $d(a_x, b_x) = \sqrt{(a_x - b_x)^2}$ és la distància Euclidiana entre dos punts.

Pels vocabularis dels criteris, es pot obtenir el centre dels seus intervals a partir de la funció de negació; en el cas dels clústers, es pot considerar el centre dels intervals la posició de cada clúster. Per tant, es possible calcular la distància entre els vocabularis i el conjunt de clústers. Mitjançant el càlcul d'aquesta distància, es pot establir quin dels vocabularis és el menys distant al conjunt de clústers, que serà el que posteriorment s'utilitzarà per realitzar l'explicació del resultat.

Assignació dels termes als clústers

Un cop s'ha obtingut el vocabulari a utilitzar, s'ha d'assignar un terme d'aquest vocabulari a cadascun dels clústers. A més a més, s'ha de tenir en compte que cada terme només pot ser assignat a un dels clústers, ja que sinó, aquells clústers que rebessin el mateix terme serien indistingibles entre ells.

Per tal de realitzar-ho es disposa de un mètode que s'explica a continuació. Per tal d'aplicar-lo s'han de prendre una sèrie de consideracions:

- cap clúster amb una posició, z_{01} , major que 0.5 rebrà un terme negatiu
- cap clúster amb una posició, z_{01} , menor de 0.5 rebrà un terme positiu

- si un clúster és proper al centre, 0.5, rebrà el terme neutre
- el terme neutre, en cas d'existir, es tindrà com a negació a si mateix.

A partir d'aquests requeriments, s'ha desenvolupat un procediment que divideix el vocabulari en tres conjunts diferents, un format per els termes positius, és a dir, aquells que reben un valor de preferència superior a 0.5, un altre format per els clústers negatius, que estarà format per aquells que tinguin un valor de preferència inferior a 0.5, i el format pel terme neutre, el valor de preferència del qual és 0.5.

D'acord amb el que s'acaba d'esmentar, ClusDM utilitza el següent procediment per tal d'assignar els termes del vocabulari als diferents clústers, consistent en sis passos.

PAS 1: trobar el clúster amb el valor-z igual a $0.5 \pm \xi$ el que es denotarà com C_{neutre}

PAS 2: si es troba un clúster neutral, s'assignarà a aquest el terme neutral, i en cas de que el terme neutral no existeixi, es demanarà a l'usuari que l'introdueixi. A partir d'ara es considerarà el C_{neutre} posicionat a 0.5.

PAS 3: Dividir els clústers en dos conjunts, un amb els clústers que posicionats entre 0 i 0.5, que s'anomenarà Clústers Negatius, i un altre amb els posicionats entre 0.5 i 1, que s'anomenarà Clústers Positius.

PAS 4: Dividir el vocabulari en dos conjunts, un format pels termes que precedeixen al T_{neutre} anomenat Termes Negatius, i un altre format pels termes que segueixen al T_{neutre} , que s'anomenarà Termes Positius.

PAS 5: Si un dels conjunts de termes és menor que el nombre de clústers del conjunt corresponent, s'hauran de generar nous termes per a aquests. Per tal de generar-los es parteix del vocabulari anteriorment obtingut, i es seleccionen aquells termes que es considerin més adients segons un criteri. El criteri escollirà aquells clústers que tinguin un major nombre de negacions o bé en cas de que tots en tinguin només una, aquell terme que tingui més clústers en el seu interval.

Un cop s'ha escollit a partir de quin terme es generaran els nous, s'ha d'eliminar aquest del vocabulari i inserir els dos termes nous generats a partir d'ell, a la vegada que es creen els noms corresponents a aquests. Per tal de crear-los, s'utilitzen les unes etiquetes que precediran al anterior nom del terme. Aquestes etiquetes són *very* i *not-so*. En cas de que el terme a partir del qual es generen les noves etiquetes pertanyi al conjunt de termes negatius es donarà preferència a generar les etiquetes *very-nomTerme* i *nomTerme*, però en cas que ja s'hagin utilitzat es generaran *nomTerme* i *not-so-nomTerme*; per al cas que les la etiqueta pertanyi al conjunt de termes positius, es donarà la preferència inversa.

PAS 6: En aquest pas es realitza l'assignació dels termes als clústers, mantenint sempre l'ordre entre ells. Per tal de realitzar-ho, es tracten per separat per una banda els termes i clústers negatius, per l'altra els termes i clústers positius i per últim, el terme neutre s'assigna al clúster neutre. Per a cadascun dels subconjunts de termes i clústers positius o negatius, s'assignen termes als clústers sempre tractant primer el millor dels clústers que quedin per tractar. Per tal d'assignar un terme al clúster que s'està tractant, s'agafa aquell terme que es consideri més convenient a partir del càlcul de la distància entre el clúster actual i el ideal. S'ha

de tenir en compte que al assignar un terme a un clúster es descarten tots aquells termes que tenen una qualificació inferior, i que per tant, s'han de mantenir com a mínim tants termes per assignar com clústers quedin.

Construcció de la nova funció de negació

La necessitat de construir una nova funció de negació ve donada pel fet que l'usuari necessita conèixer correctament la semàntica dels termes que s'utilitzen per tal de valorar els clústers. Cal remarcar que la funció de negació de la qual s'ha partit, ja no serà vàlida, ja que al haver assignat els termes a clústers el significat d'aquests ha variat ja que segurament els valors que aquests termes expressaven ja no són els mateixos, i a més les seves negacions probablement ja no siguin les mateixes.

Per calcular la nova funció de negació s'ha de començar pe establir quins seran els intervals de cada terme en $[0, 1]$. Per tal de realitzar-ho es parteix de les posicions dels clústers a l'eix de la primera component principal i s'assigna un terme a cada clúster.

Un cop es tenen calculats els intervals de cada terme, ja es poden calcular les respectives negacions d'aquests. Per tal de calcular-les s'utilitzen els intervals de tal manera que calculant l'invers dels seus extrems, de manera que aquells termes que es trobin entre els inversos dels extrems seran els que formaran el conjunt de negacions del terme que formaran la negació. És a dir, un cop tenim el interval corresponent a cada terme, que denotarem com $I(t_i)$, la nova funció de negació pot ser calculada com segueix:

$$Neg(t_i) = \{t_j \mid I(t_j) \cap 1 - I(t_i) \neq \emptyset\} \quad \text{Eq 2.8}$$

on $1 - I(t_i)$ és el interval comprès entre $1 - \max(I(t_i))$ i $1 - \min(I(t_i))$.

2.4 Mesura de la qualitat

A [Valls, 2003] es defineixen unes possibles mesures per la qualitat de cada fase del procés de presa de decisions. Totes aquestes mesures són de tipus numèric.

2.4.1.1 Mesura de la qualitat de l'agregació

Per tal d'avaluar els resultats obtinguts per la fase d'agregació, utilitzarem una sèrie de mesures de qualitat que ens podran ser útils per tal de mesurar la bondat dels resultats que hem obtingut. A continuació es presenten aquestes mesures.

Durant el procés de clusterització, anem creant nous clústers, de forma que cadascun d'aquests té un factor de cohesió h_α , que es correspon al valor màxim de la dissimilitud entre dos alternatives pertanyents a la mateixa classe. Per tant, sent (a_i, a_j) qualsevol parell d'alternatives pertanyents a la mateixa classe, per a qualsevol clúster α tindrem:

$$h_\alpha \geq d(a_i, a_j) \quad \text{Eq 2.9}$$

Un cop tenim l'equació anterior, podrem mesurar la bondat dels resultats obtinguts per la fase d'agregació, mitjançant la mesura G_{Agg1} que compleix que $0 < G_{Agg1} \leq 1$ i on 1 és el millor valor, i s'obté quan la diferència entre les alternatives del mateix clúster és petita.

$$G_{Agg1} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^r h_i}{r} \quad \text{Eq 2.10}$$

Per altra banda també és interessant mesurar la dimensió dels clústers, ja que com que a la fase de qualificació s'assigna un terme del vocabulari a cada clúster, per tal que l'usuari pugui distingir correctament els resultats, és interessant que a cada clúster hi hagi aproximadament el mateix nombre d'alternatives. Per tal de mesurar-ho, utilitzem el valor G_{Agg2} que es calcula tal i com es mostra a continuació:

$$G_{Agg2} = -\frac{1}{\ln r} \sum_{i=1}^r R_i \ln R_i \quad \text{Eq 2.11}$$

On r és el nombre de clústers, i R_i és la proporció entre la cardinalitat del clúster i -èssim i el nombre total d'alternatives (m). Per tant podem calcular els R_i tal i com s'indica a continuació:

$$R_i = \frac{\text{cardinality}(C_i)}{m} \quad \text{Eq 2.12}$$

Tenint en compte que per tal que el resultat ofert a l'usuari sigui útil, s'ha de tenir en compte que no és interessant que el clúster que rebrà la millor qualificació, tingui un nombre elevat d'elements. Tenint en compte el que acabem de mencionar, a l'hora de definir la mesura de la bondat de la fase d'agregació (G_{Agg}) tindrem en compte si el nombre d'alternatives del clúster que rebrà la millor qualificació és major que el nombre de termes esperat, disminuïrem la qualitat d'aquesta fase. Tal i com es mostra a continuació:

$$G_{Agg} = \begin{cases} \frac{G_{Agg1} + G_{Agg2}}{2} \\ \frac{G_{Agg1} + G_{Agg2} - \frac{R_{C_{best}}}{2}}{2} \end{cases} \quad \text{Eq 2.13}$$

2.4.1.1.1 Mesura de la qualitat de l'ordenació

Per tal de realitzar l'avaluació del resultat de la fase d'ordenació, haurem de tenir en compte quin mètode utilitzem, ja que segons el tipus de dades que tinguem podrem

aplicar PCA o bé ordenació basada en la distància a el ideal. En el cas d'utilitzar el mètode basat en la distància a el ideal, no podrem aplicar cap mesura per a la valoració de la bondat dels resultats obtinguts.

Ordenació basada en PCA

En l'aplicació del mètode PCA, alguns dels valors obtinguts durant el procés són útils per tal de interpretar la bondat els resultats. Per exemple, podem tenir, en compte la qualitat de la representació dels clústers en la primera component principal, o l'acord dels diferents criteris en relació amb la primera component. La mesura es defineix tal com s'indica a continuació:

$$G_{PCA} = \frac{\sum_j s \cdot CORR_1(x_j)}{p} + \frac{\sum_j QLT(j)}{\text{nombredeclusters}} \quad \text{Eq 2.14}$$

$$\text{essent } QLT_1(j) = \frac{z_i^2(j)}{d^2(j, G)} \text{ i } CORR_1(X_j) = v_i^2(x_j)$$

s valdrà 1 si x_j està positivament correlada amb la primera component, sinó valdrà -1 . El millor valor que podem tenir de G_{PCA} és 1 i el pitjor és 0, que es correspon amb el cas en que els clústers no estan ben representats i els diferents criteris no estan d'acord amb la primera component.

Ordenació basada en la distància a l'ideal

La mesura de la qualitat de la fase d'ordenació en el cas que s'utilitza la distància a l'ideal, es basa en la valoració de la distància que hi ha entre clústers consecutius respecte del nombre de termes del vocabulari.

Per tal de mesurar aquest fet, s'utilitza la següent equació:

$$G_{sim} = 1 - \frac{\# \left[\text{dist}(\text{cluster}_i, \text{cluster}_{i+1}) < \frac{1}{\text{numtermes} * 2} \right]}{\text{nombredeclusters}} \quad \text{Eq 2.15}$$

Mesura la qualitat de la fase d'explicació

Per tal de que el resultat de la fase d'explicació pugui ser útil a l'usuari, necessitem que el nou vocabulari sigui entenedor. Per tal d'avaluar aquest nou vocabulari utilitzarem la funció 2.16 que ens valorarà la bondat d'aquest.

$$G_{Terms} = 1 - \frac{\sum_{c_i \in c_{common}} d_v(c_{new}, c_i) / 0.25}{cardinality(c_{common})} \quad \text{Eq 2.16}$$

On $C_{common} = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$, sent c_i els diferents criteris de la matriu de decisió, i c_{new} el nou criteri.

Un cop realitzada la fase d'explicació, la posició dels diferents clústers pot haver canviat, degut al diferent significat dels termes, és a dir, que els intervals dels diferents termes poden no tenir el clúster al centre de l'interval. Per tal de mesurar aquest fet, utilitzarem la funció 2.17.

$$G_{Neg} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^r |z_{01}(j) - (m(j) + M(j))/2|}{r} \quad \text{Eq 2.17}$$

Mesura global de ClusDM

Finalment, per donar un valor que ens valori el resultat global de l'aplicació de ClusDM, hem definit la següent mesura, que té en compte les diferents valoracions de cada fase:

$$G_{ClusDM} = \omega_1 G_{Agg} + \omega_2 G_{Rank} + \omega_3 G_{Terms} + \omega_4 G_{Neg} \quad \text{Eq 2.18}$$

2.5 Estat de l'art

En l'estudi que es presenta a continuació, es volen mostrar les diferents tècniques que es poden trobar actualment per tal de donar explicacions sobre el funcionament i conclusions d'un sistema d'ajuda a la presa de decisions. Anomenarem DM a la persona que ha de prendre una decisió (*decision-maker*). L'objectiu d'aquestes tècniques és permetre a l'usuari (DM) una millor comprensió del problema a tractat per tal que aquest pugui afrontar el problema de la presa de decisions amb la major quantitat d'informació útil possible i amb tots els punts de vista possibles.

El nostre objectiu és buscar informació sobre quines maneres hi ha d'oferir quelcom més a l'usuari, per tal de que pugui avaluar d'una forma més eficaç la resposta donada per un sistema informàtic. És a dir, els sistemes que ens interessin han de mostrar informació de com s'ha arribat a la conclusió donada, donar eines per tal de realitzar comparatives entre les diferents opcions, o bé permetre saber quins motius fan que certes opcions o conclusions no es puguin donar, o bé expliquin per què són menys adequades.

Aquest tipus de sistemes són importants, pel fet que els éssers humans necessiten quelcom més que una resposta concreta, és a dir, quan realitzem una pregunta no només volem que se'ns doni una resposta, sinó que volem una justificació d'algun tipus. Per

tant volem saber com han afrontat diferents sistemes el problema de donar explicacions o justificacions de com s'ha arribat a una certa conclusió, o bé quines eines proporcionen per tal de realitzar una comparativa entre les diferents opcions donades.

En el nostre estudi hem trobat diferents tècniques d'ajuda a l'usuari. Aquesta ajuda es pot donar en formats molt diferents ja siguin des de explicacions textuais que permeten entendre el raonament realitzat pel sistema, permetent fins i tot la realització de preguntes al sistema intel·ligent, fins a interfícies gràfiques que mostren *rankings* entre les diferents opcions, permetent veure comparatives gràfiques entre les diferents dades, i modificar i tractar aquestes mitjançant la interfície gràfica. Tot això ve donat pel fet que els diferents usuaris necessiten ajuda en diferents entorns, i per tant, es necessiten diferents tipus de sistemes d'ajuda a l'usuari, enfocats cadascun d'ells, al tipus d'ajuda que necessitarà cada d'usuari, i a les característiques del propi sistema.

2.5.1 Tipus de mètodes per a donar explicacions

Tal i com ja s'ha esmentat anteriorment, en aquest estudi hem tractat diverses tècniques (des de mètodes basats en IA, fins a tècniques estadístiques) ofereixen ajuda per tal de comprendre com el sistema informàtic ha arribat a una certa conclusió. Podríem agrupar les diferents tècniques en els següents quatre grups:

Suport gràfic per a MCDA: El mètode més habitual consisteix en representar gràficament la informació que pot ser útil a l'usuari. En aquest apartat es presenten dos mètodes per tal de donar suport gràfic a l'hora d'escollir entre diverses alternatives en el cas multicriteri. Per a aquest tipus de problemes s'estudia la solució proposada pel *software* AVID que es basa principalment en dues tècniques, el PCA-Plot i el Δ -Plot, que permeten avaluar quines són les relacions entre les diferents opcions, criteris, i quin és l'efecte del canvi dels pesos, o de l'eliminació o unió de diverses opcions mitjançant una interfície gràfica.

Sistemes per a mesurar el grau de consens: el tipus de sistemes presentats en aquest apartat pretenen ajudar a avaluar el nivell de consens entre un grup d'experts, mitjançant l'avaluació de les diferents opinions d'aquests. Aquest tipus de sistemes han de fer la tasca de moderador en un debat, és a dir, han d'avaluar les diferents opinions, quin son els punts de consens, quins han de set els punts de debat, i avaluar quan s'ha de finalitzar el debat, donat que s'ha arribat a una conclusió.

Explicació en sistemes experts: els sistemes experts tenen com a objectiu arribar a una conclusió mitjançant una sèrie de regles, i per tant, la explicació en aquest tipus de sistemes es basa en gran part en mostrar com s'han utilitzat les regles, d'una forma fàcil de comprendre per part de l'usuari. Encara que en un primer moment es pugui pensar que la millor forma de justificar la resposta sigui mostrant les regles utilitzades, el problema ve donat bàsicament pel fet que moltes vegades el nombre de regles utilitzades és molt gran, i per tan molt difícil de comprendre per part de qui ha de prendre la decisió. Per tant, aquest tipus de sistemes es basen també en la realització d'una sèrie de preguntes al sistema informàtic per part de l'usuari.

Sistemes basats en argumentacions: tal i com els seu nom indica aquest tipus de sistemes es basen en argumentar la resposta donada. Per tal d'argumentar la resposta donada, aquest tipus de sistemes permeten a l'usuari realitzar una sèrie de preguntes, a les quals el sistema respondrà mitjançant una explicació del perquè i com s'ha arribat a una certa conclusió. El mecanisme de pregunta-resposta es basa en un estudi realitzat per un filòsof anomenat Toulmin [Toulmin, 1958]. En aquest apartat es presenten dos sistemes diferents, per una banda el sistema WOZ basant en agents intel·ligents, i per altra un sistema EBDM que es basa en una sèrie de regles que defineixen els tipus de diàlegs i una funció d'utilitat.

2.5.2 Suport gràfic per a MCDA

A continuació presentem algunes tècniques explicatives basades en representar gràficament dades i relacions que poden ser interessants per a qui pren la decisió. Concretament presentem tècniques que s'estan aplicant en el suport a la presa de decisions.

Representació de les relacions entre opinions

En problemes de presa de decisions sovint s'han d'analitzar diferents opinions de diverses persones (experts) sobre un conjunt de criteris. Resulta interessant pel qui ha de prendre la decisió, saber la relació entre els diferents experts a diferents nivells. És a dir, per un cert criteri, saber quins experts opinen el mateix i quins tenen opinions contradictòries, o bé fer aquest anàlisi a nivell global, tenint en compte tots els criteris simultàniament.

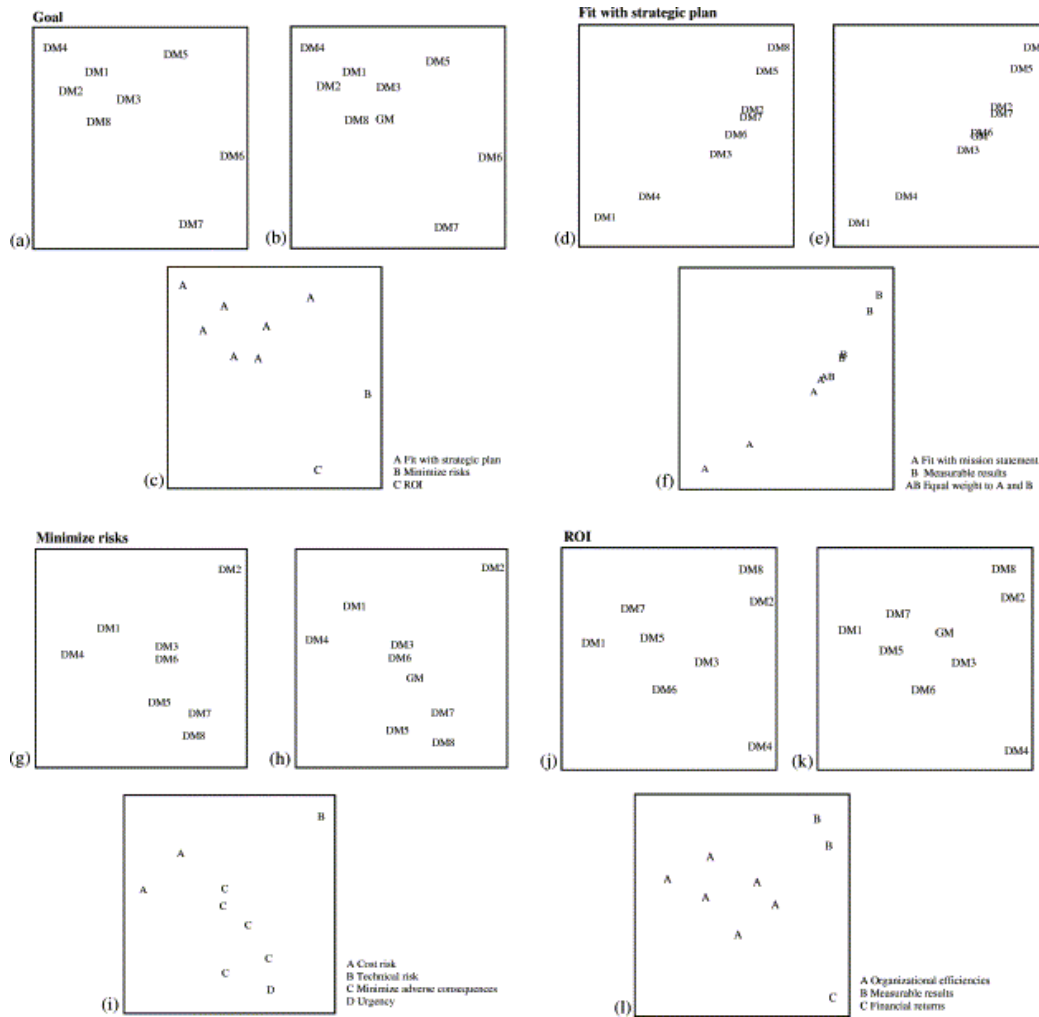


Figura 2.1: Mapes amb la posició dels experts (DM) per diversos criteris.

A [Condon et al., 2003] es representa gràficament la posició dels diferents experts per diferents criteris per separat. Aquestes representacions (anomenades “mapes de Sammon”) són utilitzades pels experts per discutir entre ells i intentar arribar a una opinió consensuada. Es generen diverses representacions d’aquestes relacions considerant diferents aspectes del problema a estudiar. En els mapes, vegeu Figura 1, el nom de les persones no apareix, només un identificador, de manera que la discussió és anònima. Així, cada expert, a la vista dels resultats, pot decidir modificar els valors que inicialment havia donat a cadascuna de les alternatives de la decisió. En aquest cas en concret, per arribar a la decisió final s'utilitza un mètode jeràrquic anomenat AHP (Analytic Hierarchy Process) [Saaty, 1980].

Una altra manera de representar les relacions entre els experts consisteix en compararlos amb la mitjana geomètrica, que es considera com l'objectiu a assolir [Condon et al, 2003]. Això es pot mostrar gràficament en forma d'histograma, amb els experts (DM) ordenats de més diferent a més semblant, tal i com mostra la Figura 2.

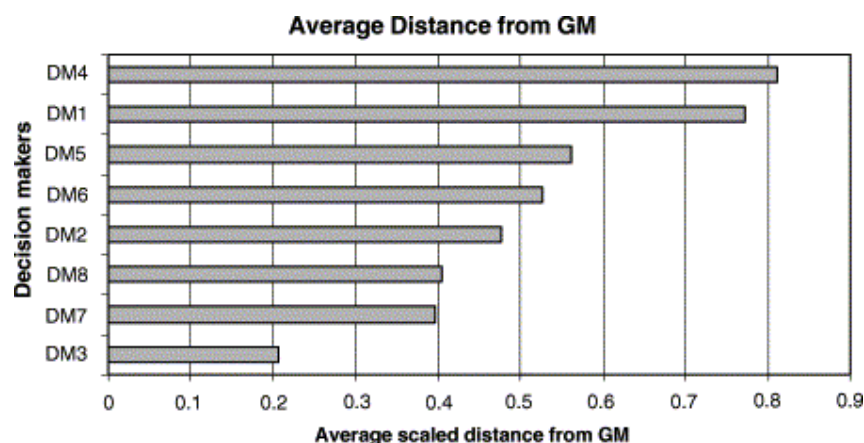


Figura 2.2. Distàncies a la ma mitjana geomètrica per cada expert

2.5.2.1 VIPA software

VIPA (Variable Inderdependent Parameters Analysis) [Dias&Clímaco, 2000] és un programa dels que utilitzen tècniques de MCDA que a la vegada permet una gran interacció entre l'usuari i el sistema durant el procés de decisió. D'aquest se n'han volgut ressaltar dues característiques que poden ser força útils i innovadores per a l'usuari. Per una banda ens trobem amb el que s'anomena filtratge d'alternatives i per l'altra els dominis òptims. Tot seguit es tracten breument ambdues tècniques.

Filtratge d'alternatives

El sistema VIP permet durant les diferents etapes del procés anar filtrant alternatives segons uns rangs de valors. Això és útil quan l'usuari observa que els resultats que donen certes dades no són prou satisfactoris, ja sigui perquè perjudiquen al resultat global, o bé es valora que certes alternatives o rangs de valors ja no són vàlids per als objectius marcats.

Durant el filtratge d'alternatives, el sistema VIP permet l'ús de diferents opcions per tal d'eliminar alternatives, com seria el cas d'eliminar-les per mitjà d'un llindar mínim del valor de preferència absolut, o bé eliminar les alternatives dominades per altres.

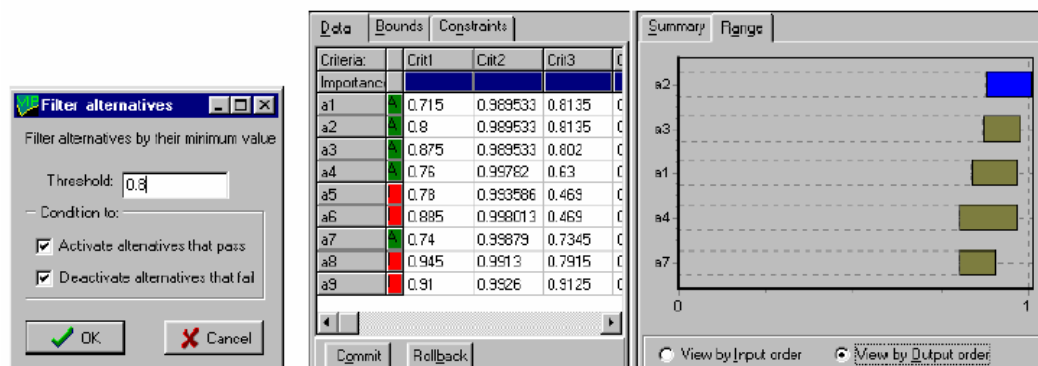


Figura 2.3. Filtratge d'alternatives

A la Figura 2.3 es pot observar que es filtren les alternatives que no superen el llindar mínim de 0.8. Aquestes són les senyalades en vermell, que per tant, no apareixen a la gràfica de la dreta, que mostra el resultat (grau de preferència) de les alternatives actives. Això facilita el procés d'anàlisi de les alternatives més interessants per l'usuari, sobretot quan el conjunt d'alternatives és molt gran, i per tant la seva visualització gràfica es dificulta.

Dominis d'optimalitat

Si tenim diverses alternatives ben puntuades, podem ajudar a l'usuari a prendre la decisió final ensenyant-li en quins casos una és millor que l'altra, és a dir, una és més òptima que l'altra. En el sistema VIPA representen gràficament les regions on una alternativa és millor que una altra. Aquestes regions venen determinades pels valors dels seus criteris. En la figura 2.4 podem veure que s'han seleccionat les alternatives a2 i a3. El color verd representa a2, i la zona on el verd és més fort indica que a2 és millor que a3. D'altra banda, el blau representa a3 de la mateixa manera. Es pot observar que les regions tenen un tamany similar, per tant, no n'hi ha una que destaquí clarament per sobre de l'altra. L'usuari pot estudiar els valors de les zones on una és millor que l'altra, per acabar de decidir.

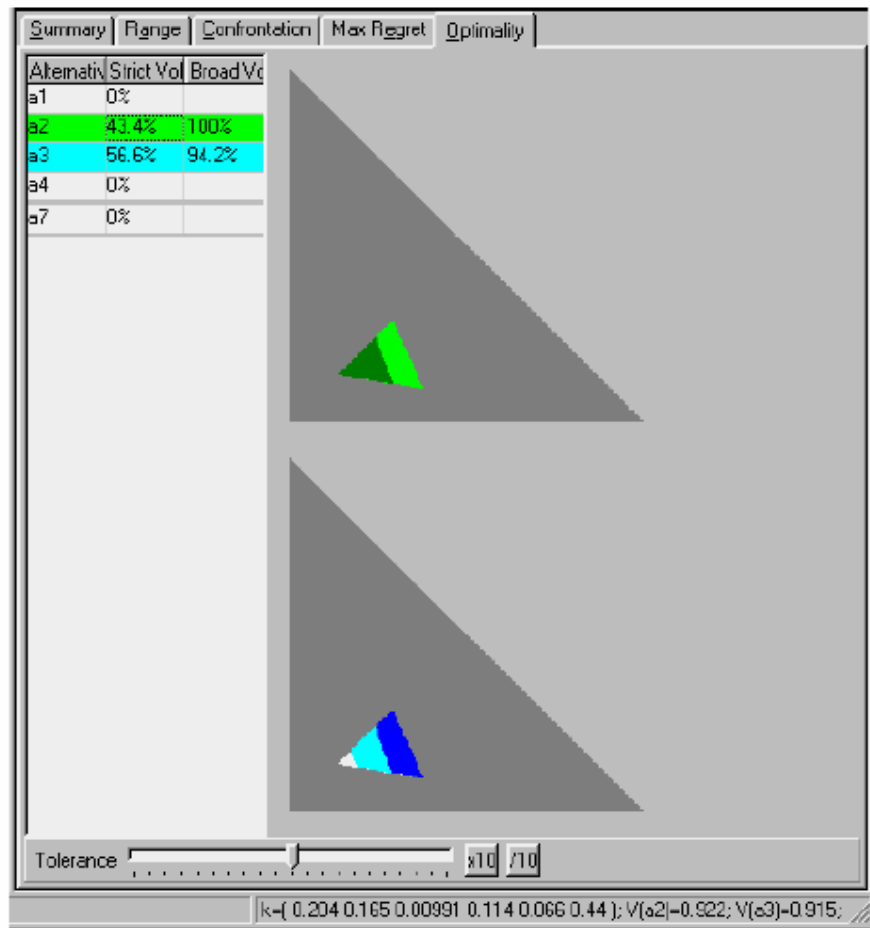


Figura 2.4. Regions d'optimalitat entre 2 alternatives

Coordenades paral·leles

La idea principal d'aquest mètode consisteix en representar les n dimensions de l'espai de dades utilitzant n eixos paral·lels. Per tal de mostrar cada dada s'utilitza una línia poligonal que interseca cadascun dels eixos en el punt corresponent al valor de aquella dada per a la dimensió considerada.

Suposem que es té una taula amb un conjunt d'elements pertanyents a un conjunt on els seus elements són 6-dimensionals, llavors tindríem una representació com la que es mostra a la Figura 2.4.

Id	Dimensions					
	A	B	C	D	E	F
1	1	5	10	3	3	5
2	2	1	3	1	2	2
3	3	2	1	2	4	2
4	4	2	1	3	1	2

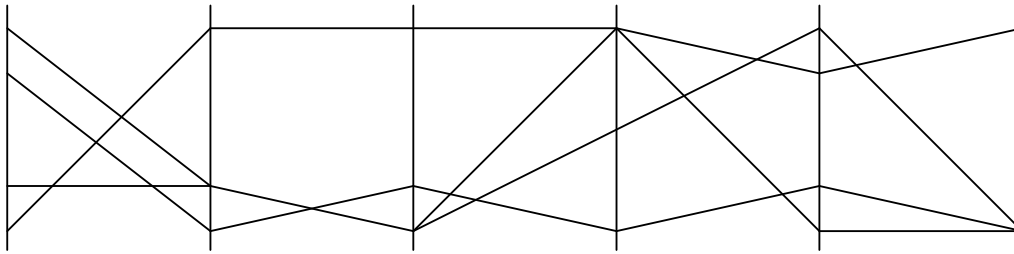


Figura 2.4

Dins dels mètodes basats en les coordenades paral·leles, tenim el cas de la *Anchored-visualization Perspective* que combina la representació de dades contínues i dades categòriques, mitjançant l'ús de *Bubble Plots* i coordenades paral·leles. Un possible ús d'aquesta metodologia és mostra en la Figura 2.5.

Id	Dimensions				
	A	B	C	D	E
1	Baix	Baix	2	4	3
2	Mig	Mig	4	2	1
3	Alt	Mig	7	5	9
4	Mig	Baix	1	3	5
5	Baix	Baix	3	1	2
6	Baix	Mig	4	3	2

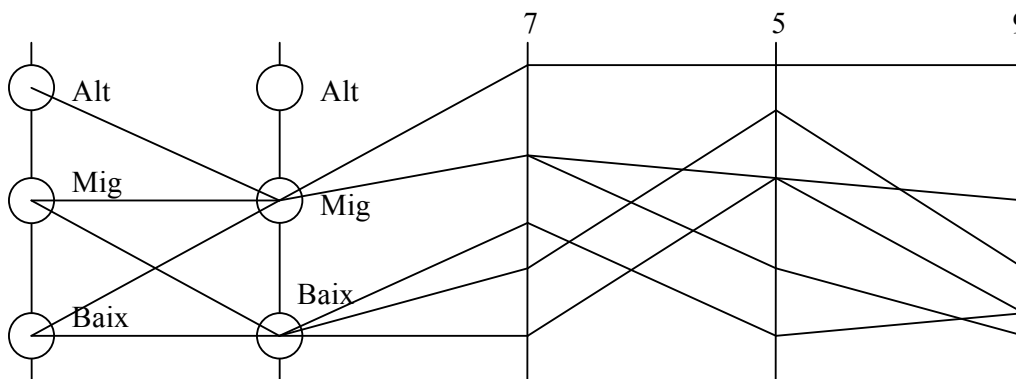


Figura 2.5

El cercle central dels *Bubbles* indica segons els seu tamany, el nombre de dades que tenen aquell determinat valor dins de la base de dades.

Visualització radial

El mètode de la visualització radial s'utilitza en els casos en que es vol representar un espai de dades en que el nombre de dimensions a representar és sensiblement major que tres. Per tal de representar les diferents dimensions, s'utilitzen n punts, un per a cada

dimensió, els quals es troben al voltant del perímetre d'un cercle, equitativament espaiats entre ells, tal i com es pot veure per al cas de vuit dimensions en la figura 2.6.

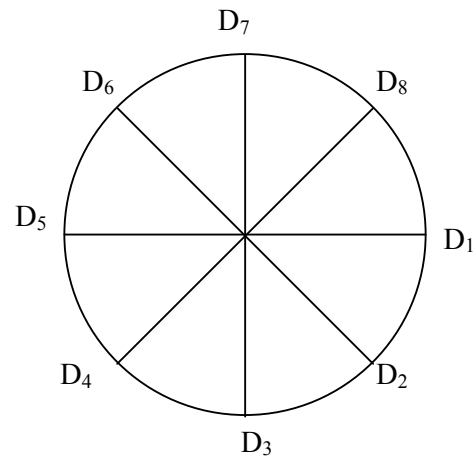


Figura 2.6

Per tal de representar els valors que pren cada dimensió s'utilitzen unes constants K_i , amb la condició de que la suma de les forces per a les n dimensions sigui 0, és a dir, $F_1 + F_2 + \dots + F_N = 0$. En la figura 2.7 es pot observar una representació d'un espai de quatre dimensions.

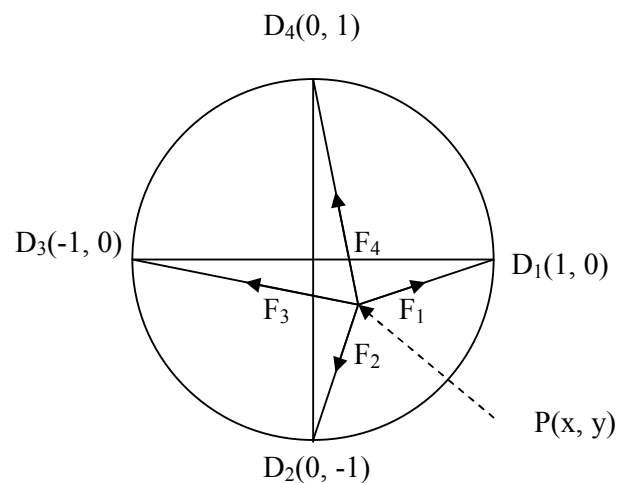


Figura 2.7

Filtratge d'alternatives

El sistema VIP permet durant les diferents etapes del procés anar filtrant alternatives segons uns rangs de valors. Això és útil quan l'usuari observa que els resultats que donen certes dades no són prou satisfactoris, ja sigui perquè perjudiquen al resultat global, o bé es valora que certes alternatives o rangs de valors ja no són vàlids per als objectius marcats.

Durant el filtratge d'alternatives, el sistema VIP permet l'ús de diferents opcions per tal d'eliminar alternatives, com seria el cas d'eliminar-les per mitjà d'un llindar mínim de valor, o un llindar màxim certs valors per a un determinat atribut, etc.

2.5.2.2 PCA-Plot

S'anomena PCA (Principal Components Analysis) a una tècnica estadística no paramètrica i multi-variada utilitzada per tal de reduir el nombre de dimensions de les dades.

Un PCA-plot és doncs, un gràfic de les components principals d'un conjunt de dades. En el cas de la presa de decisions, aquestes dades són les valoracions d'un conjunt d'alternatives o objectes respecte a un conjunt de criteris o variables. Normalment la representació es fa en dues dimensions i mostra la posició de cada opció definida per el seu vector de valoracions corresponent. Els dos eixos de coordenades de la representació en 2D es corresponen a les dues primeres components principals obtingudes després d'aplicar el PCA. Concretament, la primera component principal correspon a l'eix que és capaç de representar una major variança de les dades, és a dir, és en el que es captura més informació sobre la distribució a l'espai de les dades; mentre que el segon eix, que és perpendicular al primer, és el segon que captura més variança. Així doncs, el pla definit per aquests dos eixos és el que millor pot representar la distribució de les dades a l'espai. A partir de la representació en 2D es poden avaluar les relacions que hi ha entre els criteris i les alternatives.

A [Hodgkin, 2004] s'utilitza aquesta tècnica per tal d'avaluar quines característiques haurien d'incorporar en el futur les residències amb pacients que pateixen una paràlisi cerebral. Per a dur a terme aquest estudi s'ha construït una sistema anomenat AVID que realitza PCA-Plots. L'aplicació permet variar el pes donat als vectors i a la vegada anar avaluant el efecte de la modificació d'aquests a partir de la interfície gràfica, com es veu a la figura 7.

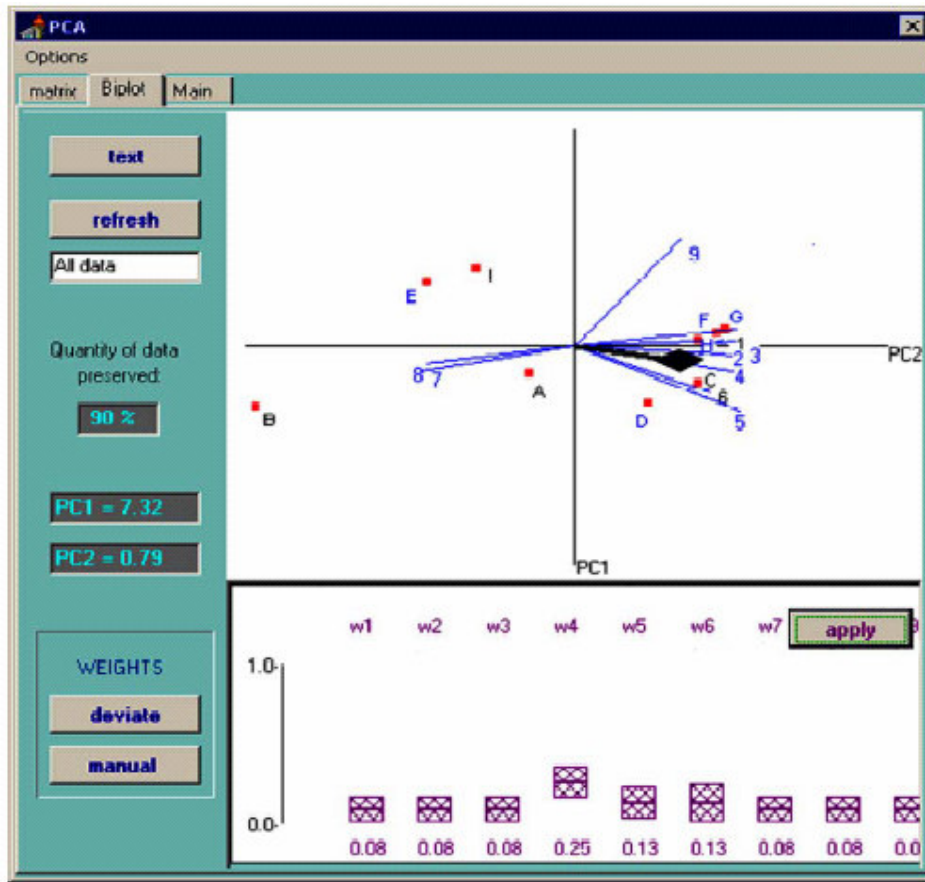


Figura 2.8: PCA-Plot.

A la figura 2.8, podem observar el resultat de l'aplicació de PCA-Plot per tal d'avaluar una sèrie d'opcions (A - I) i una sèrie de criteris (1 - 9). Primer que tot cal esmentar que el vector en negreta representa la opció preferida actual, que ve donada pels valors dels pesos. Cadascun dels vectors té un angle respecte els altres que representa el grau de correlació entre les dues opcions, i per tant podem determinar quin és el grau de correlació de cadascun dels criteris amb la opció preferida a partir de l'observació de l'angle del seu vector respecte del preferit. El vector de pesos el tenim alineat amb els criteris 2 - 4, i per tant, aquelles opcions alineades amb aquest seran les preferides.

Tot seguit veurem com la tècnica PCA-Plot ens pot ajudar en els casos en que tenim que diversos experts que analitzen el mateix problema, és a dir, diversos DMs (*Decision Makers*). L'exemple a tractar conté 4 DMs diferents [Hodgkin, 2004].

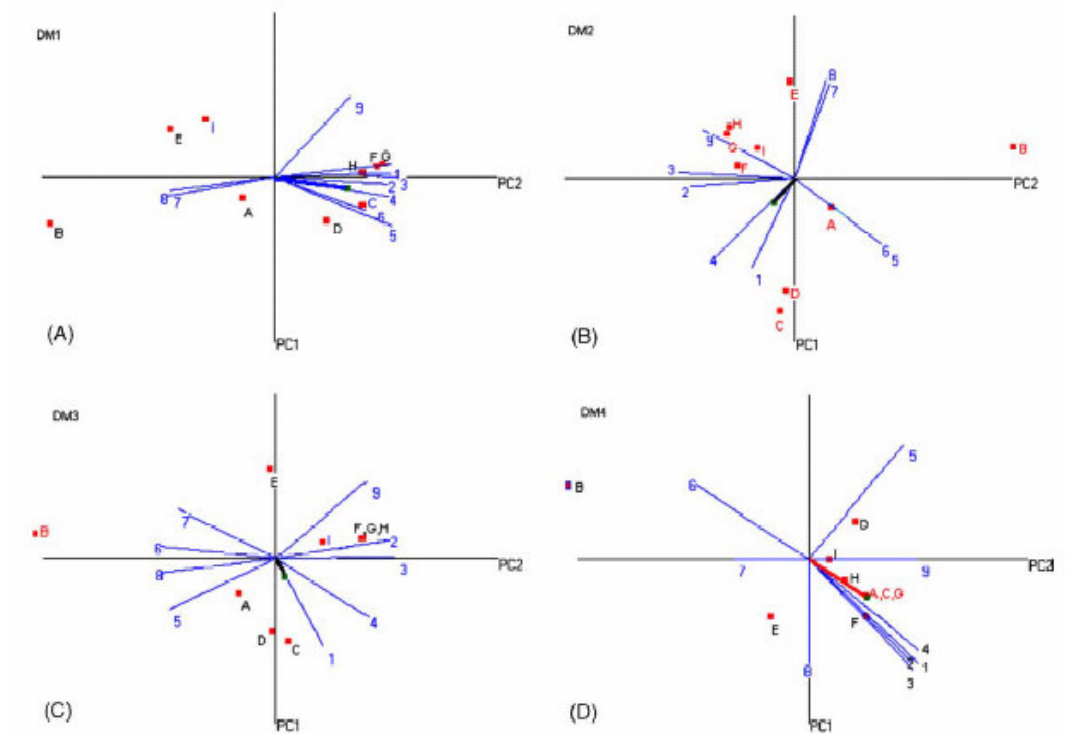


Figura 2.9: PCA-Plot dels 4 DMs.

A partir de les anteriors representacions es pot observar el següent:

- Els criteris 2 i 3 estan força relacionats per a tots els DMs, al igual que ho estan els criteris 1 i 4.
- Els criteris 5 i 6 estan en conflicte amb els criteris de l'1 al 4 per als DMs 2, 3 i 4.
- El criteri 7 es troba amb conflicte amb els criteris de l'1 al 4 per a tots els DMs, de la mateixa manera que ho està el criteri 8 per als DMs 1, 2 i 3. Els criteris 7 i 8 es troben fortament relacionats per a als DMs 1 i 2, i menys relacionats per a els altres dos.
- El criteri 9 sempre es diferencia de tots els altres, i es troba en una posició intermitja entre els dos grups de criteris anteriorment esmentats.
- Per a tots els DM la opció B es força diferent a tots els demés.
- L'opció E es també diferent a tots els demés, al igual que ho és l'opció A per als DMs 1, 2 i 3.
- Les opcions C i D estan posicionades similarment per als DMs 1, 2 i 3.
- Les opcions F, G i H són properes per a tots els DMs, sent la opció I propera a aquestes per a als DMs 2, 3 i 4.

Un cop fetes els anteriors observacions dels PCA-Plot podríem realitzar les següents operacions:

- Per una banda, hem observat que les opcions F, G i H sempre estan molt properes, i per tant seria interessant agrupar-les en una sola per tal de simplificar la representació, i avaluació d'aquesta. Per tant a partir d'ara les representarem per una opció M (Mitja).
- Donat que les opcions C i D són sempre properes, i que s'ha observat que l'opció D sempre domina a la C decidim eliminar la opció C.

Un cop realitzades les dues operacions anteriors es procedeix a realitzar de nou la representació amb els canvis efectuats, tal i com es mostra a continuació:

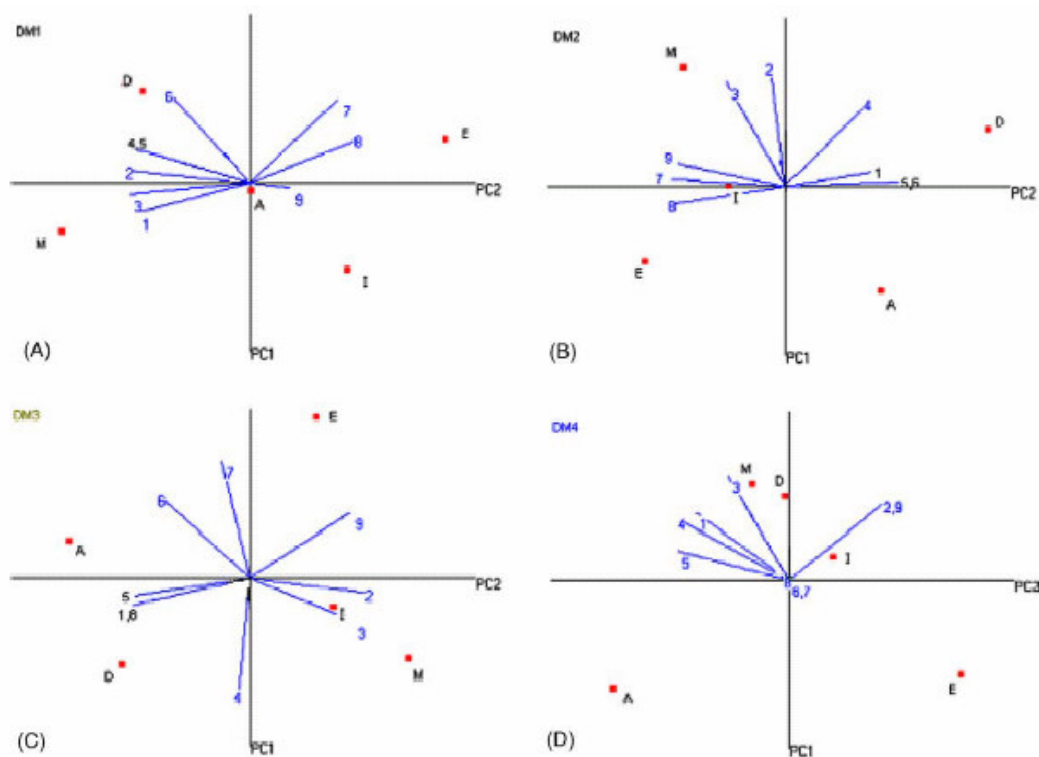


Figura 2.10: PCA-Plot de les noves classes.

Ara hem obtingut una representació força més clara que ens permetrà discernir sobre els resultats d'una forma més amena i simple.

2.5.2.3 Triangle-Plot (Δ -Plot)

El gràfic Δ -Plot mostra quines regions de l'espai de pesos és preferit per a una opció concreta. Denotarem aquestes regions com "regions de preferència" [Hodgkin, 2004]. Per tal de realitzar l'anàlisi esmentat, utilitzarem la següent funció:

$$V(A) = \sum_i^n w_i v_i(A) , \text{ on } \sum_i^n w_i = 1 \quad \text{Eq: 2.19}$$

$V(A)$ és el valor total de l'opció A, $v_i(A)$ és el valor de l'opció A en el criteri i .

Per tant la definició formal de la regió de preferència d'A és defineix formalment com:

Una opció A, és potencialment preferida/optima si existeixen valors dels pesos w_i , tals que $V(A) \geq V(B)$ per a totes les altres opcions B. El conjunt de pesos per als quals es compleix, defineixen una sub-regió convexa en l'espai de pesos multidimensional, és anomenat com a regió de preferència d'A.

L'espai de pesos tridimensional es pot representar fàcilment en dues dimensions gràcies a la restricció que obliga a que la suma total dels pesos no pugui ser superior a 1.

Per tal de determinar les regions de preferència s'optimitza una funció mitjançant un programa no lineal. Aquest s'encarrega de determinar per a cada opció A si aquesta es potencialment preferida, mitjançant el següent càlcul:

Max $\sum w_i$, subjecte a: $V(B) - V(A) \leq 0$ per a totes les altres opcions B, $\sum w_i = 1$.

Cal esmentar que aquest càlcul tan sols determina si hi ha un conjunt de pesos factible que satisfaci el requeriment de que la suma sigui la unitat, tal que $V(A) \geq V(B)$. En cas que es compleixi això demostra que l'opció A és potencialment preferida.

En el cas que es vulgui treballar amb un problema que tingui més de 3 criteris, el gràfic Δ -Plot treballarà amb un espai de pesos representat per 3 dels criteris. En el cas de tenir 4 criteris l'usuari tindria que les representacions en triangles serien llesques d'un espai 3D consistent en un tetraedre.

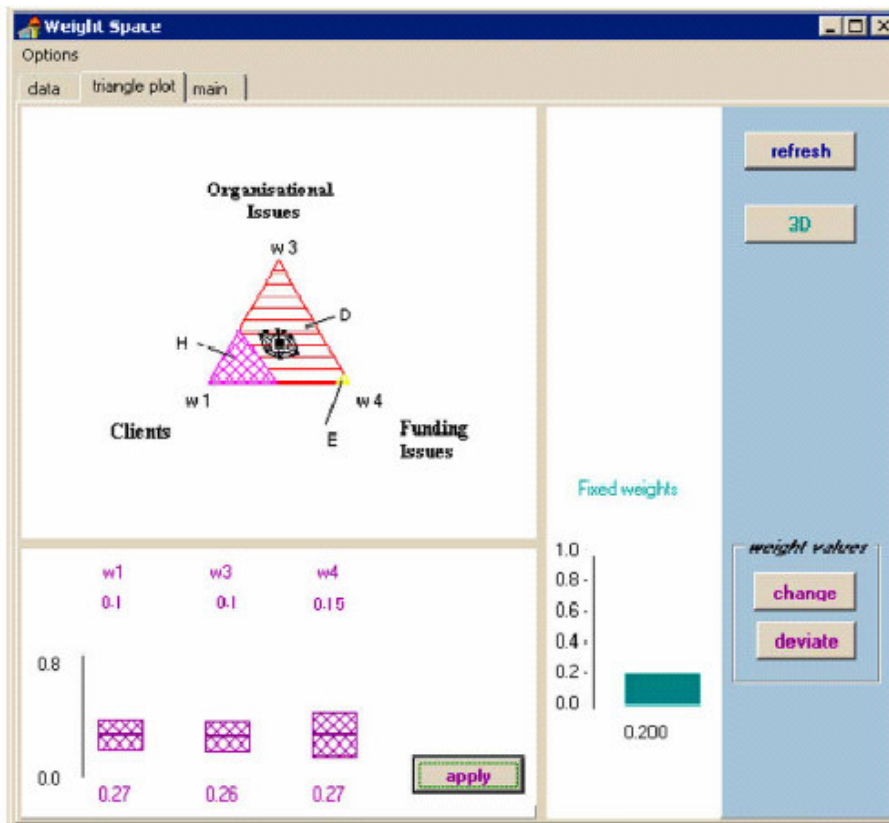


Figura 2.11: Triangle-Plot.

En la Figura 2.11 es mostra el resultat obtingut al aplicar Δ -Plot a un espai de 4 pesos usant el software AVID [Hodgkin et. Al., 2004]. La barra de la dreta representa el quart pes que pot ser modificat entre 0 i 1. Per altra banda el punt negre representa la localització dels pesos entre els tres criteris representats en el triangle.

Les tres barres que es troben a la part inferior de la finestra permeten a l'usuari anar variant els pesos per tal de veure quines formes prenen les regions.

Per altra banda també es pot observar que les úniques opcions que són potencialment preferides son D, E i H.

Ara seguirem de nou el cas que havíem estat treballant en el PCA-Plot, en el que teníem quatre DMs diferents, i havíem decidit unir F, G i H en una única opció M, i havíem eliminat l'opció C. Per a aquest cas les representacions corresponents als quatre DMs són les següents:

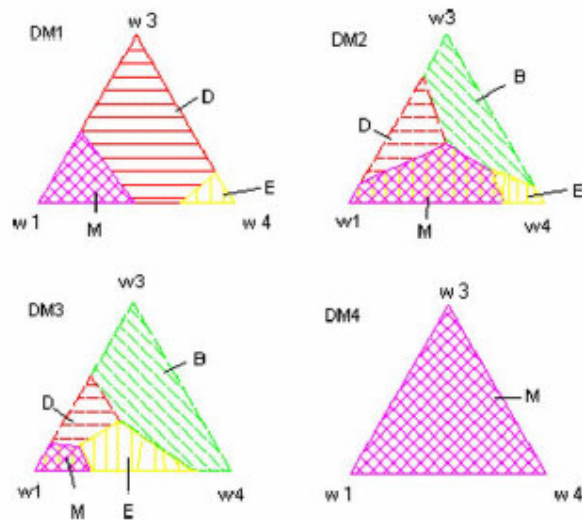


Figura 2.12: Triangle-Plot per als 4 DMs.

A la Figura 2.12 es pot observar que:

- L'opció M domina completament a les altres per al DM4, és a dir, per a qualsevol dels valors que es puguin donar als pesos, la opció preferida pel DM4 sempre serà la M.
- A la vegada la opció M es sempre la preferida quan es dóna un valor alt al pes w_1 .
- En el DM1 tenim que l'opció D és la preferida a excepció que w_4 tingui un valor molt alt.
- L'opció B es preferida per a valors alts del pes w_3 per als DM 2 i 3.
- etc.

2.5.2.4 Sobre el PCA-Plot i el Δ -Plot

Per tal d'avaluar el sistema AVID, es van escollir dues persones per a que realitzessin un test del *software*. El primer usuari va estar implicat en el desenvolupament del sistema i per tant en coneixia el funcionament, però el segon el desconeixia, i per tant seria útil per tal d'avaluar la facilitat d'aprenentatge de l'ús.

El segon usuari es va sentir confús amb el significat dels dos tipus de *Plots* els primer dia, però en les sessions posteriors ja es va sentir més confiat, malgrat que pel que fa al *PCA-Plot* seguia dient que el trobava confús. En canvi, va considerar que el Δ -Plot era molt més fàcil i intuïtiu d'utilitzar, sobretot pel cas en que només tenim tres criteris i per tant només cal utilitzar el model de 2D.

En quant a la utilitat dels dos sistemes, els dos usuaris, van trobar que el *PCA-Plot* era més útil per a tasques heurístiques, mentre que el *Δ -Plot* té una major des d'un punt de vista analític.

El *PCA-Plot* permet tenir una visió ràpida de les dades, ja que en ressalta les característiques principals. Permet identificar ràpidament quines opcions estan posicionades de forma similar, o bé les que estan força diferenciades, o quins criteris estan fortament correlacionats, o bé quins es troben en conflicte.

Per altra banda el *Δ -Plot* és útil per tal de donar una representació clara de la robustesa del producte, alhora que permet identificar quines opcions són les preferides.

Tots dos usuaris van concloure que per a un bon enteniment de les dades mostrades, és necessari la utilització dels dos *Plots*.

2.5.3 Sistemes per a mesurar el grau de consens

La cerca del consens per a la presa de decisions en grup és una tasca força habitual. A la Figura 2.13 es mostra un esquema que representa un esquema general d'un procés de consens en un grup de presa de decisions. En aquest esquema, el moderador té la funció d'avaluar les diferents opinions donades pels experts i ajudar-los a posar-se d'acord en la decisió final [Zadrozny, 1997]. Per fer aquesta tasca es defineixen sistemes per mesurar el grau de consens assolit en un moment donat.

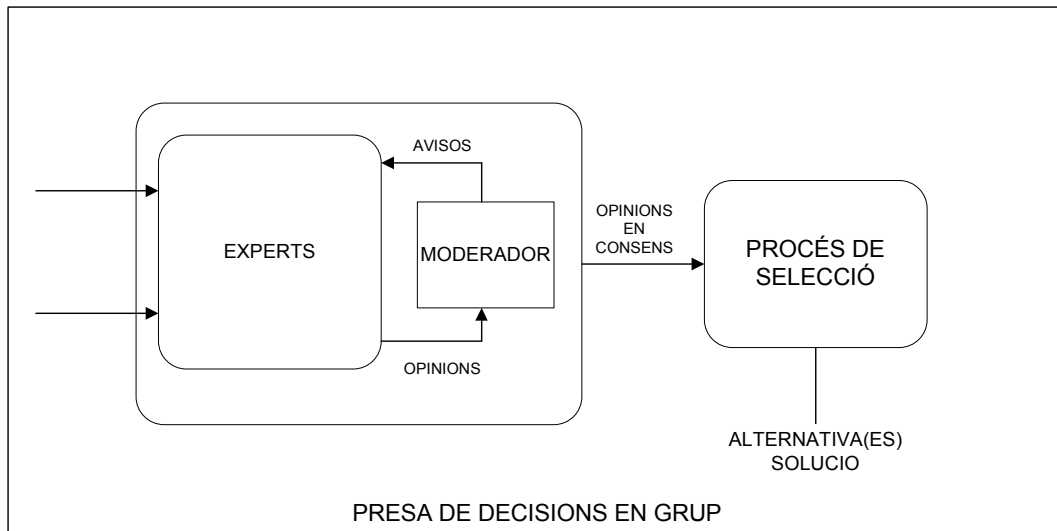


Figura 2.13: Esquema de la presa de decisions en grup.

El moderador pot tenir en compte dos punts de vista diferents [Herrera et al., 2004]: (1) mesurar el nivell d'acord entre els tots experts, i (2) mesurar la distància a la que es troba un expert respecte de la opinió global del grup. La primera aproximació permet

avaluar el nivell si el grup ha arribat a una solució consensuada, mentre que la segona sol ser utilitzada per per tal de suggerir als experts quins canvis han de dur a terme en les seves opinions per tal de obtenir el major grau de consens possible. A aquesta segona mesura se l'anomena "Grau de coherència" [Canfora&Troiano,2004], ja que per qualsevol mètode d'agregació s'espera que el resultat sigui coherent amb les opinions dels experts; com més allunyat està un expert menys coherent li semblarà el resultat.

A [Herrera et al., 2004] es presenta un mètode de consens en què els experts utilitzen termes lingüístics per tal de donar les seves opinions. Això, porta una sèrie de problemes, donat que cada expert té diferents nivells de coneixement sobre un camp, i per tant, cadascun d'ells utilitzarà vocabularis diferents per tal d'expressar les seves opinions. En aquest article es defineixen mesures pel cas multi-granular lingüístic, concretament distingeix diferents nivells de:

- Graus de consens: els graus de consens s'utilitzen per tal d'identificar el nivell d'acord entre tots els experts i per tal de decidir quan s'ha d'aturar el procés de consens.
- Mesures de proximitat: les mesures de proximitat s'utilitzen per tal d'avaluar la distància entre les opinions individuals i les opinions d'un grup o de tot el col·lectiu d'experts.

Per cadascuna d'aquestes dues mesures a més de saber el grau global de consens o proximitat, també resulta interessant fer una avaluació parcial d'una alternativa, o d'un parell d'alternatives. Per fer això, es defineixen tres nivells de representació de la informació:

- **Nivell 1**: en aquest nivell tant el grau d'acord entre els experts com la proximitat individual entre experts es calcula per cada possible parell d'alternatives.
- **Nivell 2**: en aquest nivell es calcula el consens entre els experts per cada alternativa per separat, i la proximitat de l'opinió d'un expert respecte del grup també per una alternativa.
- **Nivell 3**: en aquest cas el càlcul es realitza a nivell de totes les alternatives. És a dir, el grau de consens global i la proximitat de l'opinió de cada individu al global, tenint en compte totes les alternatives alhora.

Els valors obtinguts poden ajudar a valorar millor la resposta donada pel sistema d'ajuda a la presa de decisions. Com més consens i grau de coherència entre els experts respecte a la solució obtinguda, més confiança es pot tenir en el resultat doncs disposa de més suport.

Una manera de donar la informació necessària per prendre una decisió consisteix en què l'expert compari totes les alternatives dos a dos, i per cada parell digui quina alternativa prefereix i en quin grau. Aquesta relació de preferència es pot donar de diferents maneres. A [Szmidt & Kacprzyk, 2005] s'expliquen les relacions de preferència difuses

intuicionístiques i es donen les següents mesures (entre parèntesi indiquem a quin nivell i tipus dels definits anteriorment es corresponen):

- Similitud entre dues alternatives segons l'opinió de tots els experts (no té equivalent)
- Consens entre dos experts per un parell d'alternatives (consens a nivell 1)
- Consens entre dos experts per totes les alternatives (consens a nivell 3)

En aquest cas no és possible calcular el grau de consens a nivell 2 perquè no podem avaluar una alternativa per separat, ja que només disposem de la relació de preferència entre els parells d'alternatives.

2.5.4 Explicació en sistemes experts

Els sistemes experts (SE) són sistemes informàtics que simulen el procés d'aprenentatge, de memorització, raonament, comunicació i acció d'un expert humà en qualsevol branca de la ciència [Jackson, 1999].

Aquestes característiques permeten als sistemes experts extraure conclusions lògiques, prendre decisions, y comunicar-se amb els humans per tal d'explicar les decisions preses, sent l'últim punt l'objecte de l'estudi a dur a terme.

Tècnicament un sistema expert conté una base de coneixement conté un conjunt de fets coneguts sobre el funcionament del domini concret, i que s'obtenen de l'experiència acumulada dels experts humans, i un motor d'inferència, que és el programa que s'encarrega de controlar el coneixement per tal de realitzar el raonament.

Aleshores per un problema concret, donats els fets d'entrada, i la conclusió, el motor d'inferència s'encarrega de realitzar el raonament per tal de justificar la conclusió amb els fets d'entrada. Aquest procés de raonament es pot realitzar mitjançant dos mètodes diferents. Un és el conegut com raonament endavant, consistent en anar deduint la conclusió donada a partir dels fets d'entrada, en canvi, el raonament endarrere, consisteix en partir de la conclusió per tal d'intentar justificar-la a partir dels fets d'entrada.

La base de regles d'un sistema expert pot incorporar milers de regles. Per a un humà seria pràcticament impossible realitzar una cerca per totes aquestes regles, i és aquí on entra el paper dels sistemes experts que s'encarreguen de l'avaluació de totes aquestes regles. A més, molts sistemes experts tenen la capacitat d'anar incorporant noves regles o dades al seu coneixement, sense la necessitat de reconstruir el programa, tan sols és necessari afegir la nova regla.

Els SE també necessiten justificar i explicar les accions preses. Per tant, les explicacions són intents per part dels SE de clarificar els raonaments, recomanacions o altres accions preses per aquests mitjançant la comunicació amb l'usuari, bàsicament utilitzant un sistema de pregunta resposta.

Podem considerar que els principals aspectes que ha de permetre millorar un sistema d'explicacions aplicat a un SE són [Turban&Aronson, 1998]:

- Fer el sistema més intel·ligible per a l'usuari.
- Descobrir els defectes que hi pugui haver en les regles de la base de coneixement, és a dir, permetrà fer un *debugging* per part de l'enginyer de coneixement.
- Explicar situacions incompreses per l'usuari.
- Satisfer a l'usuari en aspectes psicològics al sentir-se aquest més assessorat sobre les decisions preses pel SE.
- Clarificació de les suposicions preses per les operacions del sistema.
- La construcció d'un anàlisi més sensible, permetrà guiar a l'usuari a l'hora de predir els efectes de les decisions preses.

2.5.4.1 Tipus d'explicacions

Per tal d'entendre una situació, s'ha d'explicar clarament quin és el rol que juga cada participant, i quines són les seves accions. Per tant s'han de conèixer quins són els objectius de cada participant, quines són les seves intencions i finalment, quin és el seu comportament potencial. Per tant, la construcció d'explicacions pot esdevenir una tasca força complexa, sobretot quan aquesta ha de ser duta a terme per part de màquines. Per aquesta raó, gran part de les explicacions donades per part dels sistemes informàtics, només ofereixen dos tipus bàsics d'explicació: el *per què* i el *com*.

Per als dos tipus de explicacions que es mostren a continuació, s'utilitzaran les dades del següent exemple:

Variables:

A = tenir 10.000\$
B = més jove de 30 anys
C = Educació de nivell universitari
D = ingressos anuals de com a mínim 40.000\$
E = invertir en valors segurs
F = invertir en valors de creixement
G = invertir en *stocks* d'IBM

Regles:

R1: si A i C, llavors E.
R2: si D i C, llavors F.
R3: si B i E, llavors F.

R4: si B, llavors C.
R5: si F, llavors G.

Explicacions de tipus *Per què*:

Un cas típic de pregunta *per què* es formulada per l'usuari quan l'ordinador li demana que introdueixi unes dades. Tenint en compte les regles anteriorment definides, podríem tenir un diàleg com el següent:

ORDINADOR: Quins són els teus guanys anuals?
USUARI: Per què? (Per què ho necessites saber?)

L'ordinador mostrarà la regla 2 com a resposta:

ORDINADOR: Per utilitzar la regla 2, necessito saber si els teus guanys són de al voltant de 40.000\$, si és així, i com que sé que tens un títol universitari, conclouré que has d'invertir en valors de creixement. (mirar paper)

El SE demana informació quan no és capaç de trobar informació entrant en la part de les conclusions de cap regla. En el cas esmentant, amb la informació donada, l'ordinador finalment realitza el *backtraking* de la R2 i arriba a la conclusió final.

Explicacions de tipus *com*:

La típica pregunta *com* es realitzada pels usuaris quan ells volen saber com s'ha arribat a una certa conclusió o recomanació. Per tal d'explicar com s'ha arribat a una certa conclusió, el sistema mostra la cadena de regles utilitzada per tal d'arribar a la conclusió. De nou, amb les regles anteriorment definides podem arribar a una explicació com la que segueix:

ORDINADOR: Millorar els *stocks* de IBM.

USUARI: *Com?* (Com 'ha arribat a aquesta conclusió?)

ORDINADOR: Donat que tens 10.000\$ per invertir i a més és més jove de 30 anys, llavors d'acord amb la regla R4 tu tens un títol universitari. Si aquest és el cas, llavors d'acord amb la regla R1, tu has d'invertir en valors segurs. Per a un inversor jove com tu, d'acord amb la regla R3, tu hauries d'invertir en valors de creixement si vols invertir al complet. Finalment, d'acord amb la regla R5, si tu necessites invertir en valors de creixement, IBM és la teva millor opció.

Les explicacions *per què* i *com* mostren les regles tal i com estan programades i no en llenguatge natural. Ara bé, tot i això existeixen alguns sistemes que tenen l'habilitat de mostrar les regles en llenguatge natural.

Altres tipus d'explicacions

Altres sistemes com els anomenats "journalistics", presenten sis tipus de preguntes diferents: *qui, què, on, quan, per què i com*.

D'altres incorporen altres tipus d'explicacions com són per exemple: *per què no*. Per exemple trobariem utilitat en aquesta pregunta en el cas següent: quan la màquina respon que el valor d'inversió més interessant és IBM, l'usuari pot preguntar *per què no GE?* I la resposta a la pregunta seria que el percentatge de creixement de GE és tan sols del 7% quan per a IBM és del 11%, i que per tant s'aplica la regla 78.

2.5.4.2 Metaconeixement

El coneixement utilitzat per tal d'emmagatzemar com es raona, s'anomena metaconeixement, és a dir, coneixement sobre el coneixement. Amb el metaconeixement podem tenir dos tipus diferents d'explicacions, les anomenades explicacions estàtiques, i les explicacions dinàmiques.

Les explicacions estàtiques són aquelles que han estat previstes pels dissenyadors del sistema i ja han estat redactades. Aquest tipus d'explicacions són difícils de dur a terme en sistemes força extensos, donant que és difícil de preveure totes les possibles respostes que s'hauran de donar a totes les possibles preguntes de l'usuari.

Per altra banda, les explicacions dinàmiques, es construeixen conforme es van avaluant les regles. El problema alhora de donar explicacions es pot trobar tant alhora de donar-les en sistemes que s'indueixen les regles automàticament, pel que normalment aquest tipus de sistemes tan sols mostren les regles i deixen l'explicació en mans de l'usuari.. Alguns dels sistemes que utilitzen explicacions dinàmiques, únicament es limiten a anar mostrant les regles que van sent utilitzades. Els sistemes que incorporen mètodes més sofisticats per tal de donar explicacions, necessitaran que es formalitzin les heurístiques per tal de fer-les compatibles amb les explicacions. Per a la majoria de sistemes és difícil incorporar-hi les explicacions, i per això, [Ye&Johnson, 1995] van crear una categorització dels mètodes d'explicació per als SE, que incloïa els punts següents:

- *Traçat, o línia de raonament*: que es refereix a un registre que conté els passos d'inferència duts a terme per part del SE per tal d'arribar a una conclusió.
- *Justificació*: que és una descripció explícita de l'argument o relació de causa que es troba darrera de cada pas d'inferència dut a terme pel SE.
- *Estratègia*: es tracta de una estructura que conté les metes en alt nivell i que determina com el SE ha d'utilitzar el seu domini de coneixement per tal d'acomplir la tasca.

2.5.5 Sistemes basats en argumentacions

Una altra aproximació utilitzada per donar explicacions a l'usuari és la que es basa en la Teoria de l'Argumentació. El sistema, en el moment d'arribar a una conclusió, comença a utilitzar argumentacions per tal d'incrementar la credibilitat en la conclusió donada. Els arguments donats es basen en presentar les evidències relacionades amb la conclusió en un format estructurat.

Per tal d'entendre els sistemes de presa de decisions basats en arguments el primer que haurem definiré és argumentar.

Teoria de l'argumentació:

L'argumentació pot ser entesa com un procés, una funció, un procediment o una estructura [Dickinson, 1998]. El primer punt de vista consisteix en entendre l'argumentació com un raonament, ja que el raonament es pot entendre com un "procés" cognitiu que implica un "procés" de comunicació a nivell social. La "funció" de l'argumentació és aconseguir un entendiment mutu, de manera que es pugui arribar a una conclusió o decisió comú, consensuada per les diferents parts implicades. En quant a "procediment", l'argumentació consisteix en un diàleg entre l'usuari i el sistema. Per tal de comunicar-se amb l'usuari s'han determinat una sèrie de tipus de diàlegs, caracteritzats per una sèrie de normes de comunicació que defineixen com es realitzarà la interacció amb l'usuari. Finalment, l'argumentació es pot entendre en termes estructurals. En aquest darrer cas, Toulmin [Toulmin, 1958] defineix l'estructura d'un argument que està formada per 6 elements. La Figura 1. mostra l'*estructura d'argumentació de Toulmin*.

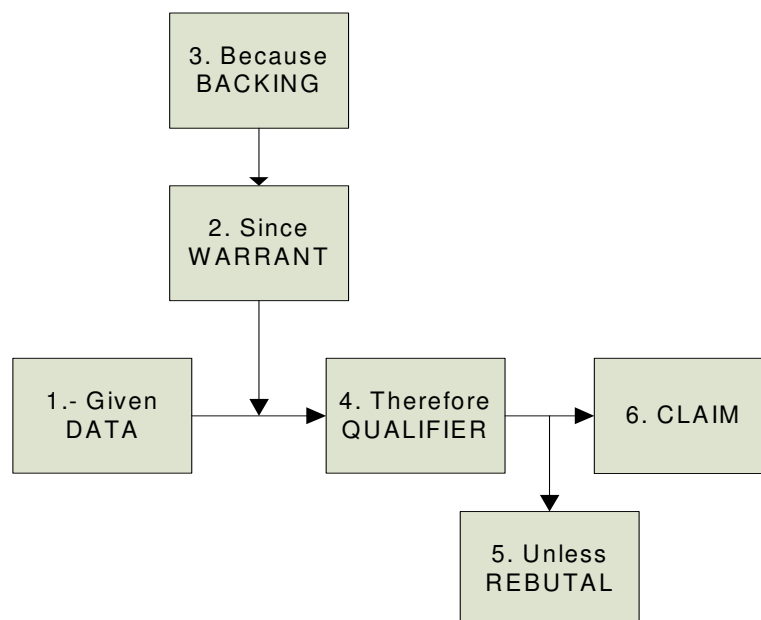


Figura 2.14: Estructura d'argumentació de Toulmin

Els elements de l'estructura d'argumentació de Toulmin són:

- **Claim:** conclusió extreta.
- **Data:** dades o fets concrets a partir dels quals es pot extreure una conclusió.
- **Warrant:** coneixement necessari per realitzar les justificacions.
- **Backing:** informació general o experiència utilitzada per tal de validar les explicacions.
- **Qualifier:** grau de confiança que es té sobre la conclusió donada.
- **Rebuttal:** excepcions per a les quals la conclusió no seria certa.

Un cop s'ha donat una conclusió a l'usuari, aquest pot començar a realitzar preguntes al sistema. El procés per respondre a les preguntes conté tres fases:

- 1.- Identificació dels diferents elements de l'espai d'explicacions que son requerits per tal de respondre a la pregunta de l'usuari.
- 2.- Obtenció de la informació.
- 3.- Presentació de la informació de forma apropiada.

A continuació es mostren 2 exemples de com utilitzar l'estructura d'argumentació de Toulmin en sistemes d'ajuda a la presa de decisions mèdiques.

2.5.6 El sistema WOZ

El sistema WOZ [Shankar&Musen, 1999] proposa la utilització d'arguments per tal de justificar les decisions preses per part d'un sistema mèdic d'ajuda a la presa de decisions, anomenat EON. La idea de la utilització d'arguments en aquest sistema ve donada pel fet que en la conversació humana sempre es donen explicacions basades en arguments a l'hora de justificar quelcom.

El sistema (WOZ), en essència, s'encarrega d'oferir justificacions per a les conclusions obtingudes pel sistema basat en el coneixement (EON). Quan el sistema arriba a una conclusió, i aquesta es qüestionada per l'usuari, el sistema permet establir un "diàleg" amb l'usuari, per tal de poder presentar diferents informacions a aquest per tal de donar-li una explicació persuasiva.

WOZ és un sistema multi-agent [Wooldriedge, 2002], que s'encarrega de valorar quina informació serà necessària per tal de justificar les conclusions obtingudes per EON.

Per tal d'entendre que és un sistema multi-agent, primer haurem de definir què és un agent. Malgrat que no existeixi una definició formal i precisa del què és un agent, aquestos poden ser vistos com a entitats intel·ligents, equivalents en termes computacionals a un procés del sistema operatiu, que existeixen dins d'un cert context o

ambient, i que són capaços de comunicar-se entre ells mitjançant un sistema de xarxa o altres protocols de comunicació. A partir d'aquesta breu definició podrem veure que un sistema multi-agent ve a ser un sistema distribuït en el que els diferents nodes o elements són sistemes poden ser sistemes intel·ligents, o bé amb la conducta combinada de tots ells es pot obtenir un comportament del conjunt intel·ligent.

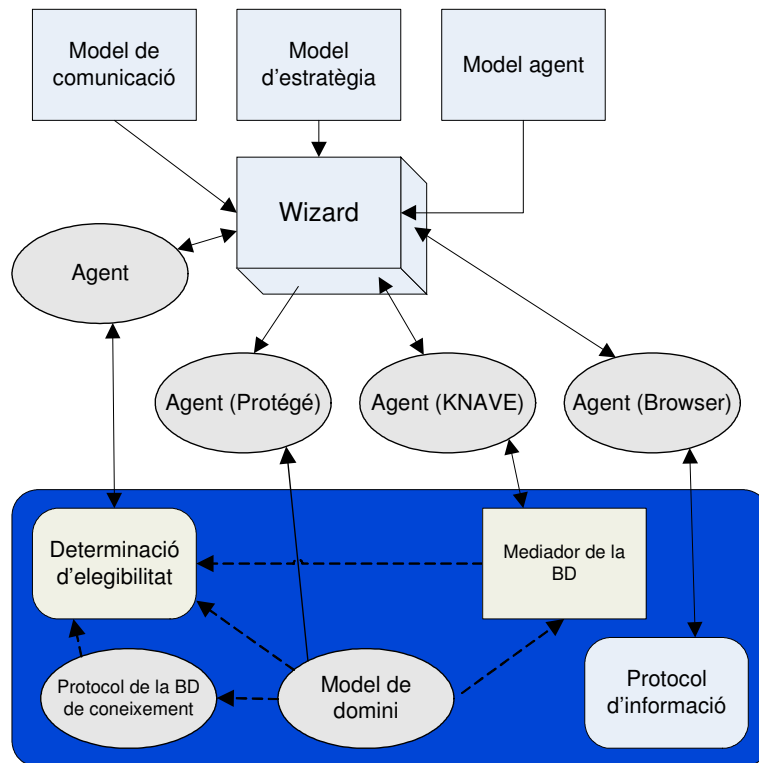


Figura 1.15: Components de EON-WOZ

Els components d'EON són mostrats dins del requadre blau de la Figura 2.15. Aquests components interactuen entre ells per tal de proporcionar ajuda a la presa d'una decisió. Per altra banda la resta de components són els que formen part de WOZ. Aquests són una sèrie d'agents intel·ligents cadascun dels quals té una interfície gràfica (cosa que els permet presentar informació utilitzant gràfics i vídeo), i decideix quina informació serà necessària per tal d'argumentar les conclusions.

Els agents encarregats de les argumentacions es troben associats amb els diferents components de EON, per tal d'obtenir dades de baix nivell d'aquests, i a partir d'aquestes formular les argumentacions. Finalment el motor de l'explicació és un agent anomenat *wizard* que s'encarrega d'escollir quines de les argumentacions seran les necessàries per respondre a la pregunta de l'usuari.

Tant els models d'explicació com el sistema d'adquisició del coneixement utilitzen un software dissenyat per construir models de coneixement anomenat Protégé.

El sistema WOZ utilitza dos tipus d'arguments per tal de tal de realitzar l'explicació mitjançant el model de *Toulmin*, els meta-arguments i els arguments concrets. Els meta-arguments proporcionen un model abstracte de com usar l'estructura de Toulmin per al cas de les conclusions donades per EON. Per altra banda els arguments concrets són els que es donaran en un cas concret per tal de justificar una conclusió, per tant, per tal d'explicar un cas concret es substitueix part de la informació dels meta-arguments amb informació concreta de l'argument actual. Ens trobaríem amb un cas de relació classe-instància. Per tant l'estratègia del procés d'explicació consisteix en tenir un conjunt de meta-arguments, on cada conjunt és utilitzat per a cada tipus de conclusió, i per tal de realitzar una justificació, el que es realitza és anar concretitzant els meta-arguments durant el procés d'explicació, tal i com es representa a la Figura 3.

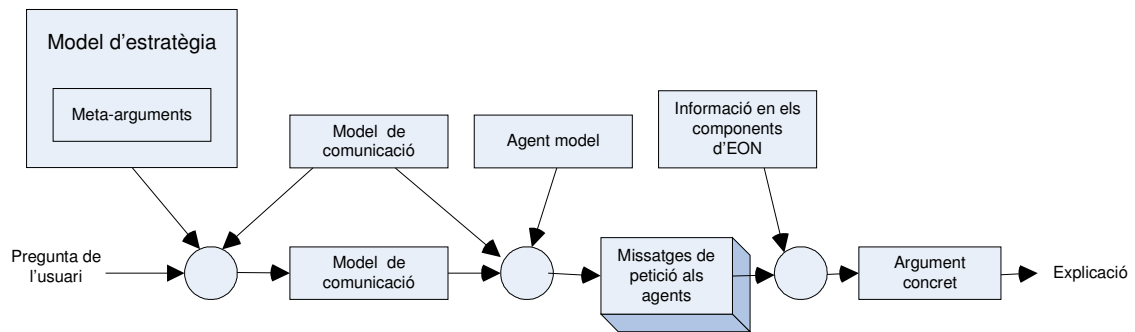


Figura 2.16: Esquema d'explicació WOZ

Exemple de funcionament de WOZ

Per tal de mostrar el comportament del sistema, tot seguit mostrem un diàleg entre el sistema i un usuari. L'usuari demana a WOZ quin es el nivell de plaquetes del pacient, i llavors WOZ determina la elegibilitat de un pacient mèdic per al seu nivell de plaquetes, i a partir del resultat obtingut, mostra les dades referents als nivells de plaquetes del pacient. Un cop mostrades les dades, l'usuari realitza una sèrie de preguntes sobre el resultat mostrat.

Usuari: l'usuari demana que es mostrin les dades utilitzades per tal de comptabilitzar el nivell de plaquetes.

Llavors l'agent *Wizard* rep els detalls de la petició. Aquest reconeix que la determinació del nivell de plaquetes pertany a la classe de puntuacions d'elegibilitat. Per tant, escull el meta-argument corresponent a l'elegibilitat de puntuació de la base de coneixement, i consulta a l'agent corresponent a la base de coneixement, per tal de que li proporcioni la informació identificada en el meta-argument. En aquest moment, l'agent *KNAVE*

s'encarrega d'omplir les dades corresponents a la quantitat de plaquetes per tal de que l'agent *Wizard* pugui utilitzar aquesta informació per tal de respondre a l'usuari.

WOZ: Mostra el missatge proporcionat per l'agent *KNAVE*, que ens diu que el pacient té un nivell de plaquetes de 250.000/mm³.

WOZ: Dóna la resposta per tal de informar sobre el nivell de plaquetes.

Usuari: Demana que s'expliqui l'elegibilitat per al criteri del nivell de plaquetes. L'element *warrant* de l'argument concret per al nivell de plaquetes és omplert per l'agent *Protégé*. El sistema WOZ s'aprofita de l'element *warrant* per tal de respondre a l'usuari.

WOZ: Mostra la presentació de la informació proporcionada per l'agent *Protégé* que indica que: "el nivell de plaquetes hauria de ser $> 75.000/\text{mm}^3$ ", i que la suposició que es realitza sobre les dades no obtingudes és que aquest nombre de plaquetes és vàlid si les dades que es ténen del pacient són de menys de dos setmanes, i que el nivell és elegible si es troba dins del rang.

Usuari: Demana més informació sobre el criteri d'elegibilitat.

L'element *backing* de l'argument concret del criteri sobre el nivell de plaquetes és omplert per l'agent *Browser*.

WOZ: Mostra la presentació de l'agent *Browser* sobre el protocol amb el text que descriu el criteri sobre el nivell de plaquetes.

2.5.6.1 Arguments en la presa de decisions basats en la evidència

Aquest tipus de argumentacions es coneixen com EBDM (Evidence-based Decision-making). Actualment aquests sistemes estan sent utilitzats principalment en el camp de la medicina [Holbrook et al., 2001], encara que també s'estan utilitzant en altres camps com l'enginyeria.

L'emergència d'aquest tipus de sistemes ve donat pel fet que les decisions han de ser preses de forma explícita i pública, i per tant, aquells que prenen les decisions necessitaran ser capaços de concloure i descriure l'evidència en la que la decisió està basada.

En el cas de la medicina, [Holbrook et al, 2001] defensa que l'ús de EBDM per planificar i donar serveix mèdics és el camí per arribar a un sistema de salut òptim en quant a la relació cost-efectivitat. S'esmenta, també, que actualment s'està dedicant

molt de temps i recursos a la informatització del sistema sanitari, concretament en desenvolupar sistemes de suport a la decisió basats en l'evidència.

[Dickinson, 1998] proposa explicar les conclusions obtingudes per un sistema mèdic mitjançant justificacions, considerant les justificacions com a una sèrie de regles definides, ja siguin principis o relacions utilitzades per tal de validar una conclusió obtinguda a partir d'unes dades observades

Tot seguit tractarem un exemple proposat a [Dickinson, 1998]. En aquest exemple es mostra un cas mèdic en que a un pacient (Jack) li es detectat un càncer de pàncrees força desenvolupat pel que es seu tractament consistirà en l'administració de morfina per tal de pal·liar el dolor. Generalment el càncer de pàncrees no presenta símptomes fins que aquest es troba força desenvolupat. Això fa que fa que generalment, quan es detecta, ja es troba en una fase molt avançada i ja no hi ha tractament possible. El cas d'en Jack és molt útil per tal de mostrar el funcionament del sistema, donat que la resposta lògica del pacient al doctor en el moment de dir-li que no s'aplicarà cap tractament per tal d'intentar guarir el càncer, sinó que l'únic que es realitzarà serà l'administració de morfina per tal de pal·liar el dolor, serà demanar per quin motiu no s'intenta guarir la seva malaltia. És en aquest punt on el sistema hauria de donar una justificació per a la decisió presa.

La Figura 4 mostra el procés de raonament del sistema.

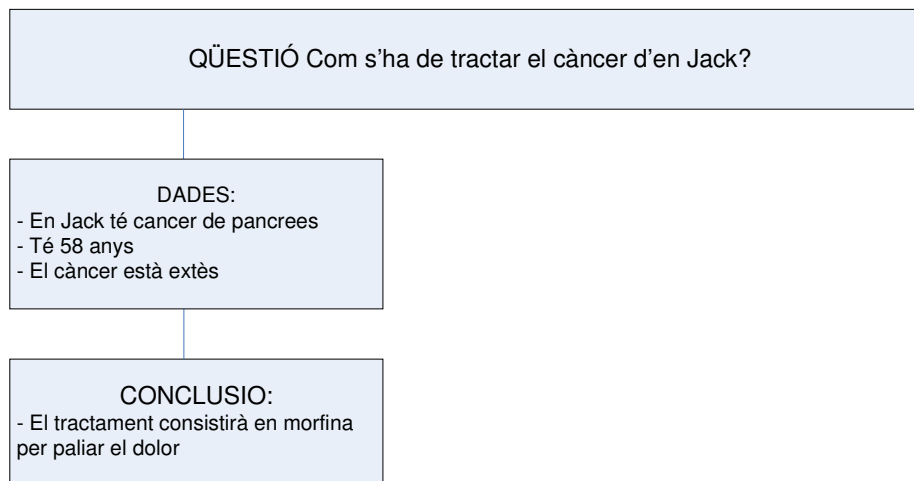


Figura 2.17: Elaboració d'una conclusió.

Donada aquesta resposta, normalment el pacient es faria la pregunta de per què no es dura a terme cap tractament per tal de curar la malaltia, i és llavors quan el sistema donarà com a resposta una justificació (WARRANT).

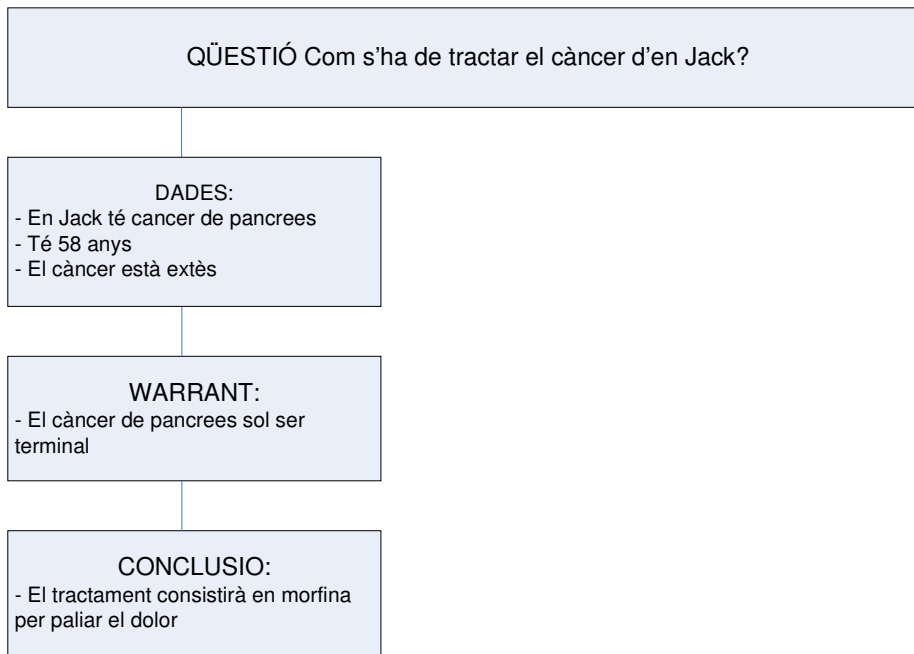


Figura 2.18: Funcionament del Warrant.

Un cop més l'usuari es preguntarà que per quina raó s'ha arribat a la conclusió de que el càncer és terminal, i llavors el sistema donarà suport a la seva resposta mitjançant el BACKING.

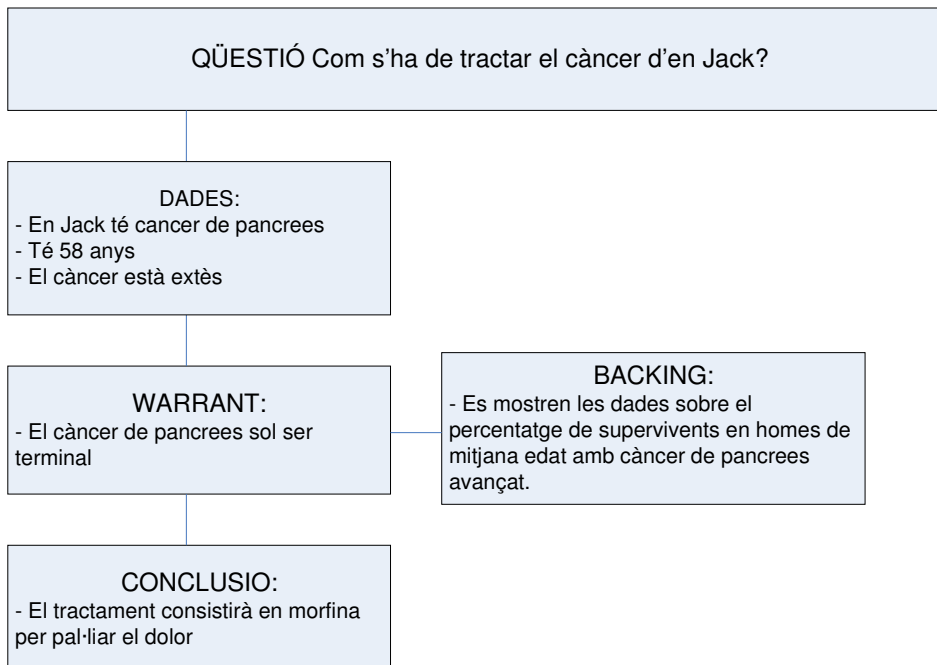


Figura 2.19: Funcionament del Backing.

I finalment el sistema mostra a partir de quines dades s'ha arribat a la conclusió de que l'únic tractament a dur a terme és l'administració de morfina per tal de pal·liar el dolor.

2.5.7 Conclusions

Durant aquest estudi s'han trobat un nombre considerable de tècniques per a l'ajuda a la presa de decisions. Aquestes tècniques són força diferents entre elles, permetent cadascuna d'elles aprofundir en diferents aspectes de la presa de decisions. El fet que aquestes tècniques siguin força diferents entre elles, fa que en molts casos no es puguin combinar, fet que explica que en els casos estudiats no s'hagin trobat sistemes que utilitzin diverses d'aquestes tècniques alhora.

Després de l'estudi se'ns plantegen diverses qüestions sobre el vertader ús que poden tenir aquests sistemes.

En primer lloc hem de determinar quin és el millor moment del procés de presa de decisions per incloure informació explicativa a l'usuari. Es pot fer pas a pas o bé al final del procés.

En segon lloc cal preguntar-se si el que aconseguirem realment és reafirmar les decisions, o bé, fer que l'usuari desconfii més dels resultats que obté.

Cal veure també si aconseguirem ressaltar quelcom nou, és a dir, si ajuda a realitzar un estudi en més profunditat, i si aquest és realment necessari.

Finalment, caldria saber si s'ajuda a l'usuari a realitzar un estudi més profund o bé si tanta informació fa que l'usuari es vegi desbordat i acabi fent un anàlisi superficial de la informació que rep, i per tant, no sigui de gran ajuda.

Aquestes qüestions determinen quines hauran de ser les característiques dels nous sistemes per tal de proporcionar una ajuda cada cop més útil, que permeti als usuaris entendre realment el problema a tractar, i quines són les raons per les quals s'ha de prendre una certa opció o conclusió com a definitiva, amb l'ajuda informació de la major qualitat possible.

2.6 Especificacions del PFC

Per tal de dur a terme el disseny de l'aplicació s'ha de tenir en compte totes les característiques de ClusDM comentades anteriorment, a més d'intentar aportar noves idees que complementessin el sistema, a la vegada que es vol utilitzar algunes de les tècniques estudiades durant la beca. Després d'avaluar quines tècniques de justificació de resultats es poden aplicar a ClusDM,

- a) cal dissenyar el sistema, definint noves estructures per les dades per la parametrització, i per l'interfície d'usuari,
- b) avaluar quines tècniques de les estudiades serien útils per incorporar-les al sistema, sempre que aquestes siguin aplicables,
- c) previ a l'etapa de clusterització, s'ha considerat interessant donar a l'usuari la oportunitat de poder realitzar un filtratge de dades, ja sigui per alternatives o bé per criteris,

d) per a l'etapa de clusterització, incorporarem la tècnica de coordenades paral·leles per tal de mostrar els prototipus dels diferents clústers obtinguts,

e) en la fase d'ordenació, per al cas en que s'aplica PCA, incorporarem l'ús de la tècnica coneguda com a PCA-Plot per tal de mostrar els resultats obtinguts,

d) per tal d'informar a l'usuari de com s'han dut a terme tots els passos del procés de decisió, i quins resultats s'han obtingut en cadascun d'ells, s'ha decidit incorporar al sistema la capacitat de generació d'un document, al qual les diferents etapes del procés de presa de decisions hi van aportant quins son els resultats obtinguts i com s'ha arribat a aquestos.

3 Disseny

En els següents apartats es descriuen el disseny de la nova versió de ClusDM, quines metodologies s'han decidit utilitzar, i per què, i com s'han incorporat aquestes al sistema. Posteriorment es tracta el disseny orientat a objectes que s'ha realitzat de l'aplicació.

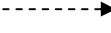
3.1 Disseny conceptual de ClusDM

En aquest apartat es realitza per una banda una descripció breu de com es duen a terme les diferents fases del procés de presa de decisions, i per altra banda es tracten de forma més extensa les noves metodologies incorporades al sistema.

Tal i com ja s'ha esmentat anteriorment, les noves metodologies a incorporar pretenen ajudar a l'usuari durant el procés de decisió, permetre la interacció d'aquest amb el sistema de manera que aquest pugui anar avaluant els passos que va realitzant ClusDM, i en cas que sigui necessari intervenir en el procés. Finalment, l'objectiu principal de la utilització dels nous mètodes resideix en la voluntat de voler fer més entenedors els resultats oferts pel sistema per tal que l'usuari pugui extreure d'una forma senzilla la major informació possible organitzada de la forma més entenedora i útil.

Com que les diferents tecnologies incorporades es van utilitzant durant diversos passos del procés dut a terme per ClusDM, serà força útil la utilització d'un esquema per tal de poder observar en quins moments del procés s'utilitza cadascuna de les tècniques, i com aquestes permeten modificar el procés. En la figura 3.1 es pot observar el diagrama corresponent a l'aplicació on s'indiquen clarament per a cadascun dels passos duts a terme quines metodologies s'apliquen.

Primer cal comentar el significat de cadascun dels elements:

-  : Fitxers d'entrada o sortida.
-  : Nous elements incorporats a ClusDM.
-  : Fases ja existents a la versió anterior de ClusDM.
-  : flux de dades i control.
-  : flux de dades.

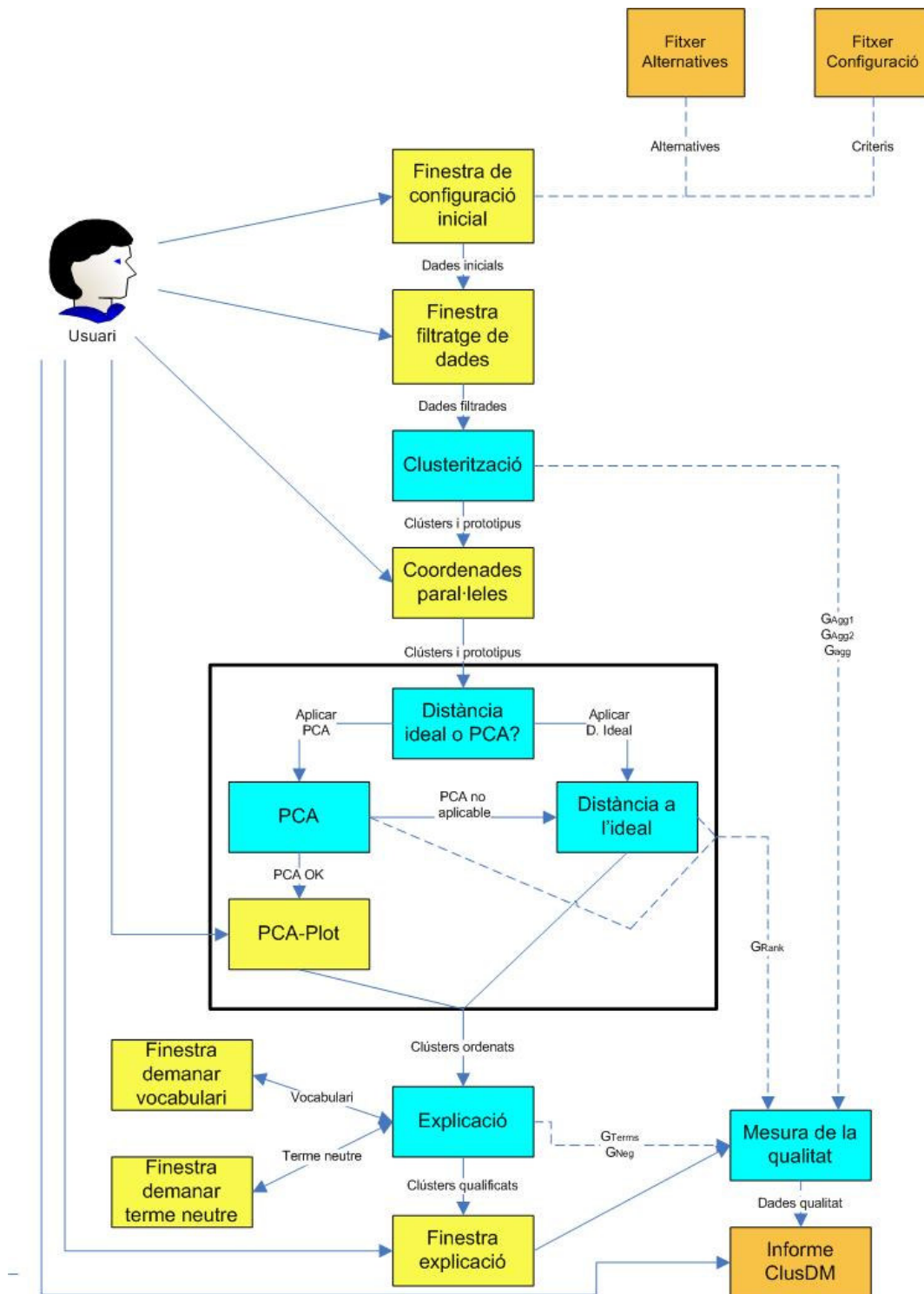


Figura 3.1: Disseny conceptual de ClusDM

Per entendre l'esquema anterior, tot seguit s'aniran explicant cadascun dels passos pels que passa el sistema.

En un primer pas, mitjançant una finestra es realitza la configuració inicial del sistema. Duta a terme la configuració inicial, es duu a terme un filtratge de les dades, ja sigui eliminant alternatives, o bé certs criteris segons indiqui l'usuari.

Un cop ja es té el conjunt de dades amb el que es treballarà, s'aplica el procés de clusterització explicat a l'apartat 2.1. Amb els prototipus dels clústers obtinguts a partir de la clusterització s'utilitzarà la metodologia coneguda com a Coordenades Paral·leles per tal de mostrar a l'usuari els resultats obtinguts pel procés de clusterització.

Posteriorment, un cop l'usuari ja ha validat les dades, s'ha de dur a terme el procés d'ordenació. En primer terme, s'avalua quina metodologia s'utilitzarà, ja que segons el tipus de dades amb el que es trobi el sistema, s'haurà d'utilitzar o bé el mètode PCA, o bé el basat en la distància a el ideal. Ambdós mètodes s'han explicat anteriorment, ens els apartats 2.2.1 i 2.2.2 respectivament. Com a resultat d'aquest procés s'obté el conjunt de clústers ordenats de pitjor a millor.

En cas que s'apliqui PCA, s'utilitzen les dades que s'obtenen durant l'aplicació d'aquest mètode per tal de aplicar el mètode *PCA-Plot* i mostrar els resultats a l'usuari per tal de que els avaluï.

Un cop dut a terme tot el procés d'ordenació, es realitza la fase d'explicació amb la qual s'obtindrà un vocabulari, tal i com s'explica a l'apartat 2.3. Aquest s'utilitzarà per tal de avaluar amb cadascun dels seus termes les diferents alternatives i així donar a l'usuari una idea de la bondat de cadascun dels clústers. Amb els resultats obtinguts fins ara, es mostrarà una finestra a l'usuari que l'informarà sobre els resultats finals, i si aquest ho demana es generarà un informe que contindrà les dades corresponents a tot el procés per tal que l'usuari pugui realitzar una valoració global del tot el procés de decisió.

Tot seguit, es veurà amb més detall com es duen a terme cadascuna de les fases que s'acaben d'esmentar.

3.1.1 Fitxers de configuració i d'entrada de dades

Com ja s'ha esmentat anteriorment, es va decidir crear la nova versió de ClusDM utilitzant la llengua anglesa, i per tant, els fitxers de configuració i d'entrada de dades segueixen aquest criteri. Seguint la filosofia d'alguns sistemes de bases de dades, s'utilitzen dos tipus de fitxers, per una banda un fitxer de configuració, que determinarà els tipus de dades d'entrada, i per altra banda un fitxer que conté les dades amb les que es treballarà.

Format dels fitxers de configuració

Per decidir el format d'aquest fitxer, el primer pas a realitzar es determinar quines dades seran necessàries per poder especificar correctament amb quins tipus de dades ens trobarem posteriorment en el fitxer que conté les alternatives. Tal i com es fa en els sistemes de bases de dades, es va detectar que calia emmagatzemar informació referent als tipus de dades de cadascun dels diferents criteris. Per a cadascun dels

critèris cal emmagatzemar informació referent al nom del criteri, per tal de poder-lo reconèixer durant les diferents fases del procés, també cal emmagatzemar el pes de cada criteri, i de quin tipus es cadascun, ja siguin quantitatius, booleans, qualitatius no ordenats, qualitatius ordenats i qualitatius ordenats amb negació. Segons de quin tipus de criteri es tracti caldrà també emmagatzemar dades pròpies. En el cas de valors de tipus numèric (quantitatiu) cal emmagatzemar el rang de valors possibles, per als valors de tipus booleà cal emmagatzemar quina etiqueta es correspon amb el valor verdader i quina amb el fals. Com que de valors de tipus qualitatiu en tenim de tres tipus diferent, per cadascun d'ells d'hauré'm d'emmagatzemar dades diferents. Per als qualitatius no ordenats no caldrà emmagatzemar cap dada extra, en canvi, per als qualitatius ordenats, caldrà emmagatzemar el possible rang de valors, ordenat de menor a major, i a més a més, en el cas dels qualitatius ordenats amb negació caldrà indicar la seva corresponent funció de negació.

Tot seguit s'indica el format genèric per a un criteri:

“nom del criteri”: pes de l criteri: “tipus del criteri” dades pròpies del tipus

El pes de les alternatives ha de sumar 1, i en cas contrari s'avisarà a l'usuari.

En la següent taula es mostra com s'ha d'indicar al sistema el tipus de dada corresponent a un criteri:

Tipus de dada	Etiqueta
Booleà	Boolean
Quantitatiu	Numerical
Qualitatiu no ordenat	Qualitative
Qualitatiu ordenat	Ordered qualitative
Qualitatiu ordenat amb funció de negació	Ordered qualitative N

Cal esmentar que el lector dels fitxers de configuració no és sensible a majúscules i minúscules.

A continuació es comenta com s'expressen les diferents dades pròpies de cada tipus.

Per a les dades de tipus quantitatiu, s'expressarà el rang possible de valors entre parèntesi, i separant el valor mínim del màxim entre dos punts consecutius. Cal esmentar, que el valor mínim i màxim hauran de ser de tipus enter, encara que les dades puguin ser de tipus real. Per tant de rang de valors vindria especificat per una expressió com la que segueix:

(mínim..màxim)

En el cas de les dades de tipus booleà, es necessita saber quin és el terme que expressa el positiu o cert i quin expressa el valor negatiu o fals. Per tal d'indicar-ho, semblant al cas anterior, s'indica entre parèntesi quin és el terme cert i quin és el terme fals, separats entre ells mitjançant una coma. Per tant, quin és el valor cert i quin el fals s'expressaria tal com segueix:

(cert fals)

Per al cas de dades qualitatives ordenades, s'ha d'indicar quins termes formen el vocabulari, i quin és l'ordre de preferència que hi ha entre ells. Per tal de enumerar tots els possibles valors, i a la vegada expressar l'ordre de preferència entre ells s'ha considerat com la millor opció enumerar els diferents termes seguint l'ordre de menor a major preferència entre ells. L'enumeració dels termes es duu a terme entre parèntesis, separant els diferents termes mitjançant una coma. Per tant el format quedaria tal i com es mostra a continuació:

(terme1, terme2, ..., termeN)

L'últim cas a tractar és el de les dades de tipus qualitatiu ordenat amb funció de negació. Per a aquestes cal indicar quins són els valors que té el vocabulari, i la funció de negació entre els termes que el formen. Donat que per tal d'especificar una funció de negació s'han d'enumerar els diferents termes que formen la negació de cadascun dels termes d'aquest, s'ha decidit seguir el format anterior, afegint després de cada terme la llista de negacions d'aquest. La llista de negacions s'especificarà mitjançant l'enumeració dels termes entre parèntesi, però en aquest cas, sense separar-los per una coma. Finalment el format queda tal i som s'indica a continuació:

(terme1(termeX, termeY, ...termeZ), terme2(termeR, termeS, ...termeT), ..., termeN(termeI, termeJ, ...termeK))

Finalment, es mostra un fitxer de configuració per exemplificar quin seria el resultat final del procés d'elaboració del format del fitxer.

```
Criteri0: 0.1: Non-ordered qualitative
Criteri1: 0.1: Ordered qualitative N (L1, L2, L3, L4)
Criteri2: 0.2: Ordered qualitative N (mb (m mm), b (r m), r (b), m
(mb b), mm (mb))
Criteri3: 0.4: Numerical (1..10)
Criteri4: 0.1: Boolean (BE MAL)
```

Format del fitxer d'entrada de dades

En aquest cas hem d'especificar els valors que pren cadascuna de les alternatives per a cada criteri, i a més a més, donat que s'han de donar finalment els resultats a l'usuari indicant quina és la valoració obtinguda per a cada alternativa, és necessari donar un nom a cadascuna d'elles. Per tant, en el format que busquem hem d'indicar tant el nom de l'alternativa, com els seus valors, i per tal d'expressar-ho, s'ha decidit primer indicar el nom de la alternativa, seguit de la marca dos punts (':'), i posteriorment, donar el valor de cadascun dels N criteris per a aquella alternativa, tot seguint l'ordre en que apareixen en el fitxer de configuració corresponent. Per tant el format quedaria tal i com s'indica a continuació:

“nom de l'alternativa”: “valorC1”, “valorC2”, ..., “valorCN”

Alternativa1:	b,	L3,	mb,	0,	BE
Alternativa2:	e,	L1,	mm,	7,	BE
Alternativa3:	a,	L1,	b,	8,	MAL
Alternativa4:	a,	L4,	b,	2,	BE
Alternativa5:	c,	L1,	r,	7,	MAL
Alternativa6:	d,	L2,	mm,	1,	MAL

3.1.2 Configuració inicial

El procés que durà a terme el nostre sistema s'iniciarà en aquest punt, ja que per tal de realitzar-lo es necessiten una sèrie de dades que l'usuari haurà d'indicar al sistema mitjançant una interfície gràfica.

La idea de demanar a el inici del procés totes les dades necessàries a l'usuari, ve donada pel fet que no es vol que aquest hagi d'estar contestant a preguntes, i introduint dades contínuament, cosa que l'incomodaria durant l'ús de l'aplicació.

Tot seguit es tracten quines són aquestes dades que ha d'introduir l'usuari:

- En primer lloc ha d'escollir quin és el fitxer de configuració, i el fitxer que conté les alternatives.
- Per altra banda, també ha d'escollir quina funció de distància s'utilitzarà durant els diferents processos, i en cas que sigui necessari, indicar dades addicionals corresponents a la funció en qüestió.
- També ha d'indicar el nombre de classes que haurà de generar el procés de clusterització, mitjançant la definició del valor del que es coneix com a α -cut, que es correspon amb el nombre de classes a generar.
- Durant els processos d'ordenació i d'explicació, es necessari disposar de la informació relacionada amb els valors que prenen les alternatives ideal i nadir en cadascuna de les seves alternatives, pel que l'usuari haurà d'introduir els valors referents a ambdues alternatives.
- L'usuari té la opció de modificar els pesos corresponents als diferents criteris.
- Finalment també pot seleccionar l'opció *Step by step*. Aquesta opció va en el sentit esmentat anteriorment, de no incomodar a l'usuari, ja que si es no selecciona el sistema intentarà dur a terme tot el procés fins a mostrar els resultats finals sense demanar ni mostrar cap dada a l'usuari.

Un cop el sistema ha rebut totes aquestes dades i ha verificat que són vàlides, passarà a una nova fase en que l'usuari podrà dur a terme un filtratge de les diferents alternatives i criteris.

3.1.3 Filtratge d'alternatives

Un cop obtingudes les dades inicials, l'usuari pot dur a terme un filtratge d'alternatives i/o criteris segons li convingui. Aquest filtratge pot ser necessari o interessant per diverses raons.

Per una banda tenim que es pot donar el cas que s'hagin desestimat certes alternatives per algun tipus de raó, ja sigui perquè l'usuari les ha avaluat com no vàlides, o bé perquè en algun procés de presa de decisions dut a terme anteriorment ha fet a l'usuari invalidar certes alternatives.

Pel que fa a les alternatives, el cas és molt semblant, i també es pot donar que l'usuari hagi validat l'alternativa com a no vàlida, o bé que el sistema en una execució anterior hagi informat a l'usuari mitjançant el informe final, de que certes alternatives o bé no aporten informació rellevant o bé es troben en contradicció amb la resta. Les dades necessàries per a arribar a aquest tipus de conclusions són aportades pel PCA.

Per tant, un cop duta a terme aquesta fase, ens trobarem amb un subconjunt de les alternatives i dels criteris que teníem inicialment.

3.1.4 Clusterització

La fase de clusterització explicada més extensament al l'apartat 2.1 és una de les més importants del procés de presa de decisions. Aquesta s'encarrega d'agrupar les alternatives en conjunts anomenats clústers. Aquests clústers contenen aquelles alternatives que són més semblants entre si. La generació d'aquests ens és útil ja que en etapes posteriors s'assignarà a cadascun d'aquests conjunts una qualificació mitjançant un terme d'un vocabulari.

Per tal de dur a terme la generació d'aquests clústers, s'han de realitzar una sèrie de passos, i repetir-los fins que tinguem el nombre de clústers desitjat.

En primer lloc es calcula una matriu que conté la distància entre cada parell d'alternatives i/o clústers.

Posteriorment s'escullen aquelles dues que estiguin a una distància menor, i s'inclouen a un nou clúster, que en el cas de que la distància mínima sigui entre dues alternatives aquest estarà format per les aquestes dues, i en cas de que un dels elements o els dos es tracti de un clúster, es realitzarà la unió entre ambdós conjunts. Aquest procés es repetirà tantes vegades com calgui fins que el nombre de clústers sigui el desitjat.

Com a resultat final d'aquesta fase s'obtenen tants conjunts (clústers) com s'havien indicat mitjançant el valor $\alpha\text{-cut}$, i per altra banda, es crea una alternativa prototipus per a cadascun d'ells que estarà formada per els valors mitjos de cada clúster.

3.1.5 Coordenades Paral·leles

El mètode basat en les coordenades paral·leles ja s'ha tractat durant l'estudi de l'estat de l'art. Aquest consisteix en la representació d'un espai n-dimensional sobre un pla, mitjançant n eixos paral·lels. Això ens resulta útil per tal de representar el nostre espai de dades ja que al tenir tantes dimensions com criteris, habitualment ens podem trobar amb el cas que tinguem més de tres dimensions pel que se'ns faria impossible una representació convencional del nostre espai de dades.

Aquesta representació de l'espai de dades és interessant a l'hora de mostrar a l'usuari els resultats obtinguts en la fase de clusterització, ja que pot realitzar una valoració visual d'aquests. Per tal de mostrar els clústers obtinguts durant la fase d'agregació, es representen les coordenades paral·leles els prototipus dels clústers obtinguts, de manera que l'usuari pot observar-ne la seva posició a l'espai n-dimensional, a la vegada que pot observar si aquests són molt distants entre ells.

3.1.6 PCA o distància a el ideal?

En aquesta fase del ClusDM, tal i com ja s'ha explicat a l'apartat 2.2, es decideix quin procés d'ordenació es durà a terme, ja sigui el basat en el mètode PCA o bé el basat en la distància a el ideal. Per tal de decidir quin mètode aplicar hem d'observar el tipus de dades del que disposem, i tenir en compte que la preferència sempre serà intentar aplicar PCA ja que és un mètode força més potent.

Per tant, el que haurem de validar és si les dades de les que disposem permeten l'aplicació del mètode PCA. Aquest mètode necessita tractar dades en que tots els criteris expressin preferències entre les alternatives. És a dir, que es tractin de dades de tipus numèric, o dades de tipus qualitatiu que es puguin transformar a numèriques mitjançant la funció de negació.

En canvi, el mètode basat en la distància a l'ideal s'aplicarà en cas que totes les dades no compleixin la restricció esmentada en el punt anterior, és a dir, en el cas que ens trobem criteris de tipus qualitatiu no ordenat, o booleans.

3.1.7 PCA

El mètode PCA, explicat més extensament a l'apartat 2.2, s'utilitza durant la fase d'ordenació. Aquest es basa en un mètode estadístic força conegut, desenvolupat per Pearson el 1901. Mitjançant l'aplicació d'aquest mètode a les alternatives i als clústers, s'han d'obtenir diverses informacions. La més important de totes és la posició dels clústers en la primera component principal, a partir d'aquestes posicions en l'eix s'obté l'ordre de preferència entre les alternatives. Per altra banda, es poden obtenir altres informacions, com és informació sobre quins criteris es podrien eliminar, ja que no aporten informació rellevant a l'hora d'establir l'ordre, o bé quins són els criteris que coneixen més a l'hora d'establir l'ordenació.

Per altra banda, malgrat que els tipus de les dades permetin l'ús de ClusDM, ens podem trobar amb el cas que no puguem aplicar el mètode. Això es pot donar per diversos

motius. Un es dona quan la primera component principal no és suficient per tal d'expressar l'ordre. L'altre motiu es dona quan no hi ha prou consens entre tots els experts (alternatives) a l'hora d'establir l'ordre. En el cas que es produeixi qualsevol dels fets que s'acaben d'esmentar, s'haurà d'aturar el procés d'aplicació de PCA i s'haurà de prosseguir utilitzant el mètode basat en la distància a l'ideal per tal d'establir l'ordre entre les alternatives.

3.1.8 PCA-Plot

PCA-Plot és una tècnica ja tractada durant l'estudi de l'estat de l'art que s'utilitza per a la representació dels resultats obtinguts amb l'aplicació de PCA. Aquest es basa en la representació gràfica de les posicions dels diferents elements del conjunt de dades tractats sobre les dues primeres components principals.

En aquest projecte s'ha decidit representar tant les posicions de cadascun dels clústers com les posicions de les diferents alternatives. S'ha pres aquesta decisió ja que ofereix a l'usuari la possibilitat de validar els resultats obtinguts pel PCA, ja que les alternatives que formen part d'un clúster haurien de quedar situades al voltant de la posició del seu prototipus. A la vegada, l'usuari pot observar quina és la valoració que fa cadascuna de les components principals sobre els diferents clústers o alternatives en qüestió, i validar-ne la respectiva ordenació obtinguda.

Per a una clara representació d'aquestes dades s'ha decidit utilitzar el mateix color per a les alternatives que pertanyen a un mateix clúster i per al prototipus que les representa. La representació dels clústers es realitza mitjançant un segment amb origen al centre de coordenades, i final a la posició determinada per les dues components principals. Pel que fa a la representació de les alternatives, es marca amb una creu el punt que indiquen les dues components principals.

3.1.9 Distància a l'ideal

El mètode basat en la distància a l'ideal és força menys potent que el basat en PCA, però aquest només s'utilitzarà quan l'aplicació de PCA es faci impossible.

Per tal d'aplicar aquest mètode, es necessita conèixer quins són els prototipus dels diferents clústers que s'han obtingut durant el procés de clusterització. Llavors el mètode s'encarrega d'establir l'ordre de les alternatives mitjançant el càlcul de la dissimilitud entre cadascun d'aquests prototipus i l'alternativa ideal. Donat que per a fases posteriors del procés de decisió es necessita que dissimilitud es trobi en el rang de valors $[0, 1]$, s'ha de realitzar normalització per tal d'establir-los en aquest.

Per tant, com a resultat d'aquest procés s'obté el conjunt de clústers.

3.1.10 Explicació

L'objectiu de la fase d'explicació és obtenir un vocabulari i assignar els seus termes als clústers. Aquests termes han de substituir les puntuacions que s'han assignat als clústers

durant la fase d'ordenació. L'objectiu de l'ús d'aquests termes és poder mostrar a l'usuari una valoració de les alternatives basada en una qualificació qualitativa i no quantitativa. S'utilitza aquest tipus de qualificació ja que pot ser força més entenedora per part de l'usuari, a la vegada que pot permetre una qualificació més adequada de les diferents alternatives.

3.1.11 Mesura de la qualitat

Durant aquesta fase del procés es realitza una valoració dels resultats obtinguts durant les fases anteriors, del procés de presa de decisions, és a dir, una valoració de les fases de agregació, ordenació i explicació.

Tal i com ja s'ha explicat més extensament en el punt 2.4, s'han definit una sèrie de mesures que permeten valorar els resultats obtinguts en cadascuna de les fases.

3.1.12 Introducció del terme neutre

En la fase d'explicació, ens podem trobar amb el cas que no tinguem cap terme del vocabulari obtingut que compleixi les característiques necessàries per ser el terme neutre. Per tant, quan ens trobem amb aquest cas haurem d'interrompre el procés, i demanar a l'usuari que introdueixi un terme que faci el paper de terme neutre durant el procés d'explicació.

Per a realitzar aquesta tasca s'ha dissenyat una interfície gràfica que permet l'introducció d'aquest terme per part de l'usuari.

3.1.13 Introducció del vocabulari

Durant la fase d'explicació s'ha d'obtenir un vocabulari per tal de poder mostrar posteriorment la valoració obtinguda per a cada alternativa. Per tal d'obtenir aquest vocabulari es parteix d'aquell vocabulari que s'ha considerat més òptim del conjunt de vocabularis utilitzats per a expressar els valors dels diferents criteris, en el cas que aquests siguin de tipus qualitatiu ordenat o bé qualitatiu ordenat amb funció de negació. La raó per intentar no demanar el vocabulari a l'usuari, i intentar generar-lo a partir dels utilitzats en els criteris, ve donada perquè es vol que el procés de presa de decisions interrompi a l'usuari el menor nombre de vegades possible per tal de donar-li la sensació de que el sistema és capaç de donar els resultats sense l'ajut d'aquest. El problema es presenta quan no existeix cap atribut d'aquests dos tipus que s'acaben d'esmentar, i llavors, no queda altre remei que consultar a l'usuari quin vocabulari vol que s'utilitzi per tal d'expressar els resultats.

Per tal que l'usuari introdueixi un vocabulari, s'ha dissenyat una interfície gràfica que permeti la seva introducció de la forma més fàcil, ràpida i eficaç. Aquesta interfície consta de tres apartats, un s'utilitza per a introduir els termes negatius i les seves respectives negacions, un altre per introduir el terme neutre, i un altre per tal d'introduir els termes positius i les seves negacions. Per al terme neutre no es demanen les seves negacions, ja que la negació del terme neutre sempre és el propi terme neutre.

La inserció dels termes positius i negatius es fa mitjançant una taula que té tantes files com termes necessitem per al vocabulari, i dues columnes, en la primera, per cada fila s'haurà d'introduir un terme del vocabulari, ordenats aquests de pitjor a millor, i en la segona columna, s'hauran d'introduir les respectives negacions d'aquests termes. Les diferents negacions d'un mateix terme hauran d'estar separades mitjançant un espai en blanc.

3.1.14 Presentació resultats finals

Aquesta finestra s'obre quan s'ha finalitzat tot el procés de presa de decisions per tal de mostrar els resultats obtinguts. Per una banda realitza una representació gràfica, tant de la funció de negació (vocabulari) del que s'ha partit per tal de dur a terme la fase d'explicació, com de la funció de negació (vocabulari) que s'ha obtingut com a resultat de la fase d'explicació.

Per altra banda, es mostra per cada terme quines són les alternatives que han rebut aquesta qualificació com a fruit de l'aplicació de tot el procés de presa de decisions.

A més a més, s'ofereix a l'usuari la possibilitat de demanar al sistema que generi un informe que conté informació sobre com s'ha dut a terme tot el procés, i quins resultats s'han anat obtenint, com s'ha arribat a aquests, quins impediments s'han trobat durant el procés, i finalment una valoració de la bondat dels resultats obtinguts.

3.1.15 Informe ClusDM

Per tal de poder mostrar a l'usuari del sistema els resultats obtinguts, i com s'ha arribat a ells, de la forma més completa i entenedora, es va decidir que el sistema generés un document que contingués tota la informació que es va creure convenient per mostrar-la a l'usuari.

Igual que s'ha fet durant tota l'aplicació, s'utilitza la llengua anglesa en la generació de l'informe.

Aquest informe, mostra els resultats obtinguts en cadascuna de les tres fases principals de ClusDM, agregació, ordenació i explicació, i utilitza les dades que obté la fase de mesura de la qualitat per tal de mostrar la bondat de les dades obtingudes.

4 Desenvolupament

Per a la realització d'aquest projecte s'ha utilitzat el llenguatge de programació Java, i per tant es fa necessària la utilització del JSDK, en la versió 1.4 o superior. Aquest proporciona un compilador de Java i una màquina virtual (intèrpret de Java) per a l'execució del Bytecode generat pel compilador, al tractar-se d'un llenguatge semi-interpretat. També disposa d'un conjunt de llibreries estàndard per al desenvolupament d'aplicacions i applets. Disponible a <http://java.sun.com>

Per tal de dur a terme la programació de les interfícies gràfiques de l'aplicació d'una forma més còmoda i eficaç s'ha utilitzat l'aplicació Jbuilder 4, que permet la generació de finestres, menús i altres elements visuals de forma senzilla i força intuïtiva. Disponible a <http://www.borland.com/jbuilder/>.

Pel que fa a la programació del cos de l'aplicació s'ha utilitzat l'entorn de programació conegut com Eclipse, en la seva versió 3.0.0. Que permet implementar de forma més eficaç el codi del llenguatge Java. Disponible a <http://www.eclipse.org/>.

Alhora de cercar informació sobre les classes que ofereix el llenguatge java i com aquestes s'han d'utilitzar, s'ha utilitzat un recurs que ofereix la empresa desenvolupadora del llenguatge en la seva web, conegut com a java API, disponible a la següent URL: <http://java.sun.com/j2se/1.3/docs/api/>.

Donat que la java API no oferia cal classe que implementés el mètode PCA, i donat que aquest és força conegut en el camp de l'estadística es va decidir buscar alguna llibreria java que contingues funcionalitats relacionades amb aquest mètode. Després de un temps de cerca es va trobar una implementació gratuïta del mètode a la pàgina web següent <http://jmathtools.sourceforge.net/downloads.php>.

4.1 Generació de l'informe ClusDM

L'informe ClusDM (*ClusDM Report*) es genera mitjançant una plantilla predissenyada en format html. Durant tot el procés de presa de decisions, les diferents fases van informant a l'objecte encarregat de generar l'informe les dades que li són necessàries, de manera que quan l'usuari demana que es generi l'informe, l'objecte encarregat de generar l'informe només ha de completar les dades i aplicar una sèrie de regles per tal de generar-lo.

Tot seguit es comenta quin és el format de l'informe CLusDM, i com es van generant cadascuna de les seves parts.

4.1.1 Capçalera:

La capçalera de l'informe és sempre la mateixa, ja que simplement s'encarrega de donar una petita introducció al sistema.



ClusDM Report

The ClusDM process has three stages. In the first one, the alternatives are joined into a determined number of clusters. Then in the second stage, the different clusters are ranked. In the last stage, the system uses a qualitative preference vocabulary to qualify the different clusters depending on their ranking.

4.1.2 Fase d'agregació

Aggregation stage information

In this stage we have achieved a `nivellQualificacio(Gagg1)` (`GAgg1` %) global cohesion level which means that `significat()`, in addition we have that `quantitat()` of the clusters have the same dimension (`GAgg2` %) . As a result of these two measurements, this stage qualification is `qualificacio()` (`GAgg` %).

`clustersAmbBaixaCohesio()`

`nivellQualificacio(valor)`

si valor $\in$ [0.0, 0.2) llavors retorna "very low";
si valor $\in$ [0.2, 0.4) llavors retorna "low";
si valor $\in$ [0.4, 0.6) llavors retorna "medium";
si valor $\in$ [0.6, 0.8) llavors retorna "high";
si valor $\in$ [0.8, 1.0] llavors retorna "very high";

fi;

`significat()`

si `GAgg1` < 50 retorna "some clusters may have alternatives that are not quite similar";
sino retorna "the alternatives that belong to the same cluster are very similar";

fi;

`quantitat()`

si `GAgg2` $\in$ [0.0, 0.3) llavors retorna "a low proportion";
si `GAgg2` $\in$ [0.0, 0.6) llavors retorna "some";
si `GAgg2` $\in$ [0.0, 1.0] llavors retorna "a high proportion";

fi;

qualificacio(valor)

si valor $\in$ [0.0, 0.2) llavors retorna “very bad”;
si valor $\in$ [0.2, 0.4) llavors retorna “bad”;
si valor $\in$ [0.4, 0.6) llavors retorna “medium”;
si valor $\in$ [0.6, 0.8) llavors retorna “good”;
si valor $\in$ [0.8, 1.0] llavors retorna “very good”;

fi;

clustersAmbBaixaCohesio()

String retorn;

si hi han clusters amb baixa cohesio llavors

retorn = “Those are: ”;

mentre quedin clusters amb cohesio baixa fer

s = s + “the cluster with alternatives: ”+nom alternatives del
clúster;

fi si;

fi;

4.1.3 Fase d’ordenació

Ranking stage information

In this case, PCA ranking is **esAplicable** applicable due to the fact that **rao** are expressing preferences over the alternatives. **comMillorar()**

resultatPCA()

The goodness of the ranking stage is **nivellQualificacio(Gpca)** (Gpca %).

contribucioCriteris()

esAplicable()

si no s’ha aplicat PCA llavors retorna “not”;

sino retorna “”;

fi;

rao()

si s’ha aplicat PCA llavors retorna “all the criteria”;

sino retorna “not all the criteria”;

fi;

comMillorar()

si no s’ha aplicat PCA llavors

String s = “To increase the quality of results could be useful to eliminate some criteria which are not allowing to apply the PCA method, because PCA is a better method to rank the alternatives. Those criteria are:”;

```

    mentre quedin criteris no vàlids fer
        s = s + nom del criteri + "("+tipus del criteri+")";
    fi mentre;
    s = s + "They are not expressing preferences over the alternatives, so that,
        you may repeat the process eliminating those criteria, and then
        compare both results.";
    sino retorna "";
fi;

resultatPCA()
    si s'ha aplicat PCA llavors
        String s = "So PCA have been applied to the data";
        si l'aplicació de PCA ha estat correcta llavors
            s = s + "and the obtained result is correct."
        sino
            s = s + "but we could not continue with this ranking method
                because";
            si hi ha consens entre els criteris llavors
                s = s + "there is not enough consensus between all the
                    decision makers";
            sino
                s = s + "agree in the ranking but not in its preference
                    values";
            fi si;
        fi si;
        retorna s;
    sino retorna "";
fi;

contribucioCriteris()
    si l'aplicació de PCA ha estat correcta llavors

        String s = "Now, we show the information about the contribution of each
            criterion to the final result.";

        per tots els criteris fer

            s = s + "criterion"+nom del criteri+"has contributed with a";

            s = s + nivellQualificacio(contribució del criteri);

            si (criteri esta d'acord)

                s = s + "it agrees with the result";

            sino

                s = s + "but it does not agree with the result";

```

```

    fi si;

    si no contribueix el criteri llavors

        s = s + "has not contributed to any edge, so that, it could
            be eliminated without modifying the ranking
            results";

    fi si;

    fi per;

fi si;

fi;

```

4.1.4 Fase d'explicació

Explanation stage information

Starting from the vocabulary:

`mostrarVocabulari(vocabulariAntic)`

the new vocabulary is:

`mostrarVocabulari(vocabulariNou)`

To validate the ranking stage results, on one hand, we may have into account the new vocabulary goodness, which is `nivellQualificacio(GTerms)` (`GTerms` %) because the original vocabulary `qualificacioVocabulari()` and on the other hand, the negation function has `capaç()` been able to represent the positions of the clusters of alternatives in the preference ranking.

```

mostrarVocabulari(vocabulari)
    String s;
    per tots els termes del vocabulari fer
        s = s + nomTerme + negacionsTerme;
    fi per;
fi;

qualificacioVocabulari()
    si vocabulariOK then return "has an adequate set of terms";
    else
        String s = "needs more";
        si pocs negatius i no pocs positius llavors s = s + "negative";
        si pocs positius i no pocs negatius llavors s = s + "positive";
    end if
end if

```

```

        si pocs negatius i pocs positius llavors s = s + “negative and positive”;
        return s;
    fi si;
fi;

```

```

capaç()
    si GNeg ∈ (0.8, 1.0] llavors retorna “”;
    sino retorna “not”;
fi;

```

4.1.5 Resultats finals

Final Results

Having into account the obtained results, we can say with a goodness of [Gclusdm](#) %, that:

[mostrarResultat\(\)](#)

```

mostrarResultat()
    mentre quedin termes amb clúster fer
        s = s + “➔ the alternatives with preference value tn are:” + noms de les
        alternatives;
    fi mentre;
fi;

```

5 Avaluació

Per tal d'avaluar el bon funcionament del sistema s'han realitzat un gran nombre de proves diferents. Tot seguit es mostra un subconjunt d'aquestes, concretament les proves globals del sistema.

5.1 Joc de proves 1: Països

Aquest joc de proves utilitza les diverses opinions aportades per un grup de persones sobre una sèrie de països turístics. Cadascuna d'aquestes persones ha utilitzat formes diferents per a qualificar aquests destins turístics, de forma que per a cada persona es té un criteri diferent.

Funció de distància: Manhattan

α -cut: 4

Fitxer de configuració

```
Joan: 0.1:ideal L4:nadir L1: Ordered qualitative N (L1(L3 L4),  
L2(L3), L3(L1 L2 L3), L4(L1))  
Raul: 0.2:ideal mb:nadir mm: Ordered qualitative N (mm (mb), m (mb  
b), r (r), b (m), mb (m mm))  
Laura: 0.4:ideal 10:nadir 1: Numerical (1..10)  
Anna: 0.1:ideal BE:nadir MAL: Boolean (BE MAL)  
Oscar: 0.1:ideal 100:nadir 0: Numerical (0..100)  
Elena: 0.1:ideal 0:nadir 3: Numerical (0..3)
```

Fitxer d'alternatives

```
Italy:      L2, mb, 7.5, be, 75, 1  
Congo:     L4, m, 4.5, mal, 30, 1  
Canada:    L1, mb, 9, be, 80, 0  
France:    L2, b, 8, mal, 72, 0  
Switzerland: L1, b, 8.5, be, 75, 2  
CzechRep:  L2, r, 7, mal, 60, 1  
Argentina: L4, mm, 3, mal, 17, 2  
USA:       L3, m, 6, mal, 58, 1
```

Qualificació final

Qualificació	Criteri
m	Congo, Argentina
r	CzechRep, USA
b	France
mb	Italy, Canada, Switzerland

Es pot observar com les diferents alternatives han quedat correctament qualificades, ja que els clústers contenen alternatives similars entre si, i aquelles que en el fitxer d'alternatives tenien valors favorables han obtingut una bona qualificació, i aquelles que tenien valors menys favorables ha rebut qualificacions inferiors. Per tal d'expressar les preferències entre les alternatives, el sistema de forma automàtica ha decidit utilitzar el vocabulari de l'alternativa Raul. Per altra banda cal remarcar que no ha calgut utilitzar l'etiqueta *mm*, ja que no hi havia cap alternativa molt negativa.

A continuació podem veure el report generat pel sistema:



ClusDM Report

The ClusDM process has three stages. In the first one, the alternatives are joined into a determinated number of clusters. Then in the second stage, the different clusters are ranked. In the last stage, the system uses a qualitative preference vocabulary to qualify the different clusters depending on their ranking.

Aggregation stage information

In this stage we have achieved a very high (89 %) global cohesion level which means that the alternatives that belong to the same cluster are very similar, in addition we have that some of the clusters have the same dimension (63 %) . As a result of these two measurements, this stage qualification is good (76 %).

During the aggregation process appeared some clusters with low cohesión value. Those are the cluster with the alternatives: France

Ranking stage information

In this case, PCA ranking is not applicable due to the fact that not all the criteria are expressing preferences over the alternatives. To increase the quality of results could be useful to eliminate some criteria which are not allowing to apply the PCA method, because PCA is a better method to rank the alternatives. Those criteria are :Anna. They are not expressing preferences over the alternatives, so that, you may repeat the process eliminating those criteria, and then compare both results.

Explanation stage information

Starting from the vocabulary:

mm (mb), m (mb b), r (r), b (m), mb (m mm)

the new vocabulary is:

mm (mb), m (b mb), r (r), b (m), mb (mm m)

To validate the ranking stage results, on one hand, we may have into account the new vocabulary goodness, which is high (66) % because the original vocabulary has an adequate set of terms, and, on the other hand, the negation function has been able to represent the positions of the clusters of alternatives in the preference ranking.

Final Results

Having into account the obtained results, we can say with a goodness of 56 %, that:

- ➔ the alternatives with preference value m are: Congo, Argentina
- ➔ the alternatives with preference value r are: CzechRep, USA
- ➔ the alternatives with preference value b are: France
- ➔ the alternatives with preference value mb are: Italy, Canada, Switzarland

5.2 Joc de proves 2: ProvaPCA

Funció de distància: Manhattan

α -cut: 4

Fitxer de configuració

```
criteri1: 0.3:ideal 1:nadir 0: Numerical (0..1)
criteri2: 0.3:ideal 1:nadir 0: Numerical (0..1)
criteri3: 0.4:ideal 1:nadir 0: Numerical (0..1)
```

Fitxer d'alternatives

```

alternativa1: 1.0, 1.0, 0.7
alternativa2: 0.9, 0.9, 0.6
alternativa3: 0.9, 0.9, 0.5
alternativa4: 0.7, 0.7, 0.7
alternativa5: 0.5, 0.5, 0.8
alternativa6: 0.5, 0.5, 0.8
alternativa7: 0.7, 0.7, 0.7
alternativa8: 0.9, 0.9, 0.5
alternativa9: 0.9, 0.9, 0.6
alternativa10: 1.0, 1.0, 0.7

```

Qualificació final

Qualificació	Criteri
do-not-mind	alternativa5, alternativa6
really-enjoy	alternativa4, alternativa7
love	alternativa2, alternativa9, alternativa3, alternativa8
Absolutely-adore	alternativa1, alternativa10

Es pot observar com les alternatives han quedat correctament agrupades, ja que en cada clúster podem trobar aquelles alternatives que són més semblants entre si. A la vegada, també es pot observar com les qualificacions atorgades a les diferents alternatives són correctes.

A continuació podem veure el report generat pel sistema:



ClusDM Report

The ClusDM process has three stages. In the first one, the alternatives are joined into a determined number of clusters. Then in the second stage, the different clusters are ranked. In the last stage, the system uses a qualitative preference vocabulary to qualify the different clusters depending on their ranking.

Aggregation stage information

In this stage we have achieved a very high (98 %) global cohesion level which means that the alternatives that belong to the same cluster are very similar, in addition we have

that some of the clusters have the same dimension (57 %) . As a result of these two measurements, this stage qualification is good (78 %).

During the aggregation process appeared some clusters with low cohesion value. Those are the cluster with the alternatives: alternativa1, alternativa10; the cluster with the alternatives: alternativa4, alternativa7; the cluster with the alternatives: alternativa5, alternativa6

Ranking stage information

In this case, PCA ranking is applicable due to the fact that all the criteria are expressing preferences over the alternatives.

So PCA have been applied to the data, and the obtained result is correct.

The goodness of the ranking stage is very high (83 %).

Now, we show the information about the contribution of each criterion to the final result:

The criterion *criteri1* has contributed with a very high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *criteri2* has contributed with a very high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *criteri3* has contributed with a medium degree in the ranking process, it agrees with the result.

Explanation stage information

Starting from the vocabulary:

detest (absolutely-adore), can-not-stand (love), hate (really-enjoy), do-not-like (quite-like), do-not-mind (do-not-mind), quite-like (do-not-like), really-enjoy (hate), love (can-not-stand), absolutely-adore (detest)

the new vocabulary is:

detest (absolutely-adore), can-not-stand (love absolutely-adore), hate (really-enjoy love), do-not-like (quite-like really-enjoy), do-not-mind (do-not-mind), quite-like (do-not-like), really-enjoy (hate do-not-like), love (can-not-stand hate), absolutely-adore (detest can-not-stand)

To validate the ranking stage results, on one hand, we may have into account the new vocabulary goodness, which is very low (0) % because the original vocabulary was

asked to the user, and, on the other hand, the negation function has been able to represent the positions of the clusters of alternatives in the preference ranking.

Final Results

Having into account the obtained results, we can say with a goodness of 31 %, that:

- ➔ the alternatives with preference value do-not-mind are: alternativa5, alternativa6
- ➔ the alternatives with preference value really-enjoy are: alternativa4, alternativa7
- ➔ the alternatives with preference value love are: alternativa2, alternativa9, alternativa3, alternativa8
- ➔ the alternatives with preference value absolutely-adore are: alternativa1, alternativa10

Dels resultats mostrats per *ClusDM Report*, caldria remarcar-ne que per dur a terme la fase d'ordenació s'ha aplicat correctament el mètode PCA, havent-se obtingut un acord entre els dos primers criteris, i el tercer criteri estava en desacord. Observant les dades d'entrada, es pot veure com realment l'últim criteri es trobava en desacord amb els altres.

5.3 Joc de proves 3: Control de l'inferència estadística

El conjunt de dades amb el que tracta el següent joc de proves ha estat extret del treball [Kooiman et al., 1998]. Aquest treball estudia si sobre la fusió de diverses versions emmascarades d'un mateix criteri es poden redescobrir els valors originals del criteri. Originalment les dades tenien un vocabulari basat en negacions amb els següents termes: *coldest*, *cold*, *cool*, *mixed*, *mild*, i van ésser substituïts per un altre vocabulari, on es van assignar nous termes a cadascun dels anteriors, de manera que es té: per a *coldest* 1, per a *cold* 2, etc.

Un cop es tenen les dades expressades amb el nou vocabulari s'emascaren aquestes, per tal d'obtenir el nou conjunt de dades a partir de les quals s'intentaran recuperar els valors originals.

Fitxer de configuració

```

B4:0.14:ideal 5:nadir 1: Ordered qualitative N (1(5), 2(4), 3(4),
n(n), 4(2), 5(1))
T4:0.14:ideal 4:nadir 1: Ordered qualitative N (1(4), 2(4), n(n),
4(1 2))
G4:0.14:deal 5:nadir 1: Ordered qualitative (1, 2, 3, n, 4, 5)
R10:0.14:ideal 5:nadir 1: Ordered qualitative (1, 2, 3, n, 4, 5)
P8:0.14:ideal 5:nadir 1: Ordered qualitative (1, 2, 3, 4, 5)
P9:0.15:ideal 5:nadir 1: Ordered qualitative (1, 2, 3, 4, 5)
P4:0.15:ideal 5:nadir 1: Ordered qualitative (1, 2, 3, 4, 5)

```

Fitxer d'alternatives

```

a: 3, n, n, 3, 3, 3, 3, 3, 3
b: 3, n, n, 3, 2, 3, 3, 3, 3
c: 3, n, n, 3, 3, 3, 3, 3, 3
d: 3, n, n, 3, 3, 3, 3, 3, 3
e: 4, 4, n, 4, 4, 4, 4, 4, 4
f: 4, 4, n, 4, 4, 4, 4, 3, 4
g: 4, 4, n, 4, 3, 4, 4, 4, 4
h: 4, 4, n, 4, 4, 4, 4, 4, 4
i: 4, 4, n, 4, 4, 4, 4, 4, 4
j: 1, n, 1, n, 1, 1, 1, 1, 1
k: 3, n, n, 3, 4, 3, 3, 3, 3
l: 3, n, n, 3, 2, 3, 3, 3, 3
m: 3, n, n, 3, 3, 3, 3, 3, 3
n: 3, n, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
o: 3, n, n, 3, 3, 3, 3, 3, 3
p: 2, n, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
q: 3, n, n, 3, 3, 3, 3, 3, 3
r: 5, n, n, n, 5, 3, 3, 4, 3
s: 2, n, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
t: 2, n, 2, 2, 2, 3, 4, 2, 2

```

Qualificació final

Qualificació	Alternatives
2	j
n	p, s, n, t
4	a, c, d, m, o, q, b, l, k, r
5	e, h, i, g, f

A continuació podem veure el report generat pel sistema:



ClusDM Report

The ClusDM process has three stages. In the first one, the alternatives are joined into a determined number of clusters. Then in the second stage, the different clusters are ranked. In the last stage, the system uses a qualitative preference vocabulary to qualify the different clusters depending on their ranking.

Aggregation stage information

In this stage we have achieved a very high (93 %) global cohesion level which means that the alternatives that belong to the same cluster are very similar, in addition we have that some of the clusters have the same dimension (38 %) . As a result of these two measurements, this stage qualification is good (65 %).

During the aggregation process appeared some clusters with low cohesion value. Those are the cluster with the alternatives: j

Ranking stage information

In this case, PCA ranking is applicable due to the fact that all the criteria are expressing preferences over the alternatives.

So PCA have been applied to the data, and the obtained result is correct.

The goodness of the ranking stage is high (65 %).

Now, we show the information about the contribution of each criterion to the final result:

The criterion *B4* has contributed with a very high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *T4* has contributed with a high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *G4* has contributed with a high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *R10* has contributed with a high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *P8* has contributed with a high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *P9* has contributed with a very high degree in the ranking process, it agrees with the result.

The criterion *P4* has contributed with a very high degree in the ranking process, it agrees with the result.

Explanation stage information

Starting from the vocabulary:

1 (5), 2 (4), 3 (4), n (n), 4 (2), 5 (1)

the new vocabulary is:

1 (4 5), 2 (4), 3 (4), n (n), 4 (1 2 3), 5 (1)

To validate the ranking stage results, on one hand, we may have into account the new vocabulary goodness, which is high (70) % because the original vocabulary has an adequate set of terms, and, on the other hand, the negation function has been able to represent the positions of the clusters of alternatives in the preference ranking.

Final Results

Having into account the obtained results, we can say with a goodness of 53 %, that:

- ➔ the alternatives with preference value 2 are: j
- ➔ the alternatives with preference value n are: p, s, n, t
- ➔ the alternatives with preference value 4 are: a, c, d, m, o, q, b, l, k, r
- ➔ the alternatives with preference value 5 are: e, f, h, i, g

Després d'aplicar el procés, s'han aconseguit reidentificar totes les alternatives a excepció de l'alternativa r, la qual hauria de pertànyer a una classe pròpia.

5.4 Joc de proves 4: Cotxes

Finalment, calia provar el funcionament del sistema amb un conjunt de dades força gran. Per fer-ho es va utilitzar una base de dades obtinguda de <http://www.ics.uci.edu/~mlearn/MLRepository.html> que contenia la valoració 1700 cotxes diferents, amb criteris de tipus qualitatiu ordenat. Un cop realitzada la prova es va obtenir un resultat satisfactori, durant les diverses etapes del procés.

6 Conclusions

A l'inici d'aquest projecte es van plantejar una sèrie d'objectius que es volien assolir. El primer d'ells que calia dur a terme era dur a terme una fase d'aprenentatge sobre les principals característiques dels sistemes d'ajuda a la presa de decisions, per tal de posteriorment poder entendre quin era el funcionament del sistema ClusDM. Un cop es va dur a terme de forma satisfactòria aquest primer objectiu, calia realitzar una implementació nova del sistema ClusDM mitjançant el llenguatge Java.

Actualment, es disposa de una versió del sistema ClusDM en Java completa, encara que s'hi volen afegir nous mètodes de clusgterització, ja que per ara, solsament s'utilitza el mètode de clusterització per prototipus (*Centroid Clustering*), i seria interessant incorporar altres mètodes com el de lligam complet (*Complete Linkage*), lligam simple (*Simple Linkage*) o lligam aritmètic (*Aridmpetic Linkage*) que permeten obtenir una clusterització de les alternatives en un temps menor.

Per altra banda, també s'han pogut aplicar a ClusDM diverses tècniques que permeten millorar la justificació dels resultats obtinguts, com són *PCA-Plot*, un document que informa a l'usuari de com s'ha dut a terme el procés de presa de decisions, el mètode de Coordenades Paral·leles, i altres tècniques també estudiades durant la beca, que s'han pogut incorporar com el filtratge de dades. Per altra banda, es vol incorporar posteriorment una representació dels clústers en forma d'arbre un cop s'hagi realitzat el procés de clusterització.

Un cop s'hagi realitzat una versió definitiva de la nova versió de ClusDM es dipositarà el sistema a EWGMCD.A.

Des d'un punt de vista més personal, la realització d'aquest projecte m'ha ofert la possibilitat d'aprendre nous coneixements sobre camps de la IA que no s'estudien durant la carrera, a la vegada que també m'ha permès aprofundir en d'altres, ja que durant al realització de la beca, i durant el projecte he hagut d'estudiar com funcionen diversos sistemes que treballaven en camps de la IA molt diferents, el qual en molts casos ha esdevingut una tasca força costosa.

7 Recursos utilitzats

7.1 Recursos web

<http://www.ics.uci.edu/~mllearn/MLSummary.html>

<http://java.sun.com>

<http://java.sun.com/j2se/1.3/docs/api/>

<http://jmathtools.sourceforge.net/downloads.php>

<http://www.borland.com/jbuilder/>

<http://www.eclipse.org/>

7.2 Recursos bibliogràfics

[Belton&Steward, 2003] V. Belton, T. J. Stewart, *Multiple Criteria Decision Analysis An Integrated Approach*, Kluwer Academic Publishers.

[Dickinson, 1998] Harley D. Dickinson, *Evidence-based decision-making: an argumentative approach*, International Journal of Medical Informatics, n.51, pp.71-81.

[Canfora&Troiano, 2004] G. Canfora, L. Troiano, *A model for opinion agreement and confidence in ME-MCDM*, Mathware and Soft Computing, vol.11(2-3), pp.67-82.

[Condon et al., 2003] E. Condon, B. Golden, E. Wasil, *Visualizing group decisions in the analytic hierarchy process*, Computers & Operations Research, vol.30, pp.1435-1445.

[Dias, 2000] L. C. Dias, J. N. Climaco, "Additive Aggregation with Variable Interdependent Parameters: the VIP Analysis Software", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 51, No. 9, pp. 1070-1082, 2000.

[Everitt, 1977] Everit, B. *Cluster Analysis*, Heinemann Educational Books Ltd. (1977)

[Giarratano&Gary, 2001] J. [Giarratano](#), G. Riley, [Sistemas expertos principios y programación](#), International Thomson, 2001.

[Hodgkin et al., 2005] J. Hodgkin, V. Belton, A. Kolouri, *Supporting the intelligent MCDA user: A case study in multi-person multi-criteria decision support*, European Journal of Operational Research, n.160 pp.172-189.

- [Herrera et al., 2004] E. Herrera-Viedma, L. Martínez, F. Chiclana, L. G. Pérez, *Consensus Measurements in Multi-granular Linguistic Group Decision-making*, MDAI 2004, Barcelona (Spain). Lect. Notes in Artificial Intelligence 3131, pp.194-204.
- [Holbrook et al., 2001] A. Holbrook, K. Keshavjee, V. Janjusevic, *Evidence-based Decision-making in the Era of Electronic Health Records*, e-Health Conference, 2001.
- [Jackson, 1999] P. Jackson, *Introduction to expert systems 3rd ed.*, Addison-Wesley 1999.
- [Koiman, et al., 1998] P. Kooilman, L. Willenborg, J. Goweleeuw, *PRAM: A Method for Disclosure Limitation of Microdata*, Research Report, Voorburg NL: Statistics Netherlands (1998).
- [Pearson, 1901] Pearson, K. On the lines and planes of closest fit to systems of points in space, Phil. Mag. Ser. B, 2, 559-572, 1901.
- [Sahnkar&Musen, 1999] R. D. Shankar, and M. A. Musen, *Justification of Automated Decision-Making: Medical Explanation or Medical Argument?* www.amia.org/pubs/symposia/D005566.PDF (1999).
- [Szmidszt&Kacprzyk, 2005] E. Szmidszt, J. Kacprzyk, *A new concept of similarity measure for intuitionistic fuzzy sets and its use in group decision making*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, in press.
- [Turban&Aronson, 1998] E. Turban, J. E. Aronson, *Decision support systems and intelligent systems*, Ed. Prentice Hall.
- [Toulmin, 1958] Toulmin S., *The uses of argument*, Cambridge University Press, Cambridge MA, 1958.
- [Valls, 2003] Valls, Aïda, *ClusDM: A Multiple Criteria Decision Making Method for Heterogeneous Data Sets*, Monografies de l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (2003).
- [Wooldridge, 2002] Wooldridge, M., *An introduction to multiagent systems*, John Willey & Sons, 2002
- [Zadrozny, 1997] S.Zadrozny, An approach to consensus reaching support in fuzzy environments. In Kacprzyk, Nurmi and Fedrizzi (eds.) Consensus under Fuzziness, Kluwer Academic Publ., pp.83-109, 1997

8 Manuals

8.1 Requeriments

El sistema ClusDM ha estat desenvolupat en el llenguatge de programació java amb la intenció d'assolir la màxima portabilitat possible. Per tant, per tal d'executar el nostre sistema simplement necessitarem una màquina compatible amb la JVM (Java Virtual Machine disponible a <http://java.sun.com>), i instal·lar-la-hi.

Per altra banda, per tal d'instal·lar el sistema pròpiament dit, només cal realitzar una còpia de la carpeta on estan contingudes les diferents classes.

8.2 Manual d'ús

8.2.1 Fitxers de configuració i d'alternatives

El sistema ClusDM treballa amb dos fitxers d'entrada de dades. Un fitxer, és l'anomenat fitxer de configuració, i l'altre és el fitxer d'alternatives.

Fitxer de configuració

El fitxer de configuració s'utilitza per tal d'indicar al sistema quins criteris s'utilitzaran, i les característiques d'aquests. Aquestes característiques són el nom del criteri, el pes d'aquest, quin és el valor ideal i quin és el nadir d'aquest, i finalment s'indica el tipus de dada del criteri, i les característiques pròpies d'aquest.

Tot seguit s'indica el format genèric per a un criteri:

“nom del criteri”: pes del criteri: “tipus del criteri” dades pròpies del tipus

En la següent taula es mostra com s'ha d'indicar al sistema el tipus de dada corresponent a un criteri:

Tipus de dada	Etiqueta
Booleà	Boolean
Quantitatiu	Numerical
Qualitatiu no ordenat	Non-ordered qualitative
Qualitatiu ordenat	Ordered qualitative
Qualitatiu ordenat amb funció de negació	Ordered qualitative N

A continuació es comenta com s'expressen les diferents dades pròpies de cada tipus.

Per a les dades de tipus quantitatiu, s'expressarà el rang possible de valors entre parèntesi, i separant el valor mínim del màxim entre dos punts consecutius. Cal esmentar, que el valor mínim i màxim hauran de ser de tipus enter, encara que les dades

puguin ser de tipus real. Per tant de rang de valors vindria especificat per una expressió com la que segueix:

(mínim..màxim)

En el cas de les dades de tipus booleà, es necessita saber quin és el terme que expressa el positiu o cert i quin expressa el valor negatiu o fals. Per tal de realitzar-ho, s'indica entre parèntesi quin és el terme cert i quin és el terme fals, separats entre ells mitjançant una coma. Per tant, quin és el valor cert i quin el fals s'expressaria tal com segueix:

(cert fals)

Per al cas de dades qualitatives ordenades, s'ha d'indicar quins termes formen el vocabulari, i quin és l'ordre de preferència que hi ha entre ells. Per tal de enumerar tots els possibles valors, i a la vegada expressar l'ordre de preferència entre ells s'han d'enumerar de menor a major segons la preferència entre ells. L'enumeració dels termes es duu a terme entre parèntesis, separant els diferents termes mitjançant una coma. Per tant el format quedaria tal i com es mostra a continuació:

(terme1, terme2, ..., termeN)

Per a les dades de tipus qualitatiu ordenat amb negació cal indicar quins són els valors que té el vocabulari, i la funció de negació entre els termes que el formen. Per tal d'especificar una funció de negació s'han d'enumerar els diferents termes que la formen. Per tal de fer-ho, s'afegeix després de cada terme la llista de negacions d'aquest. La llista de negacions s'especificarà mitjançant l'enumeració dels termes entre parèntesi, sense separar-los per una coma. Finalment el format queda tal i som s'indica a continuació:

(terme1(termeX, termeY, ...termeZ), terme2(termeR, termeS, ...termeT), ...,
termeN(termeI, termeJ, ...termeK))

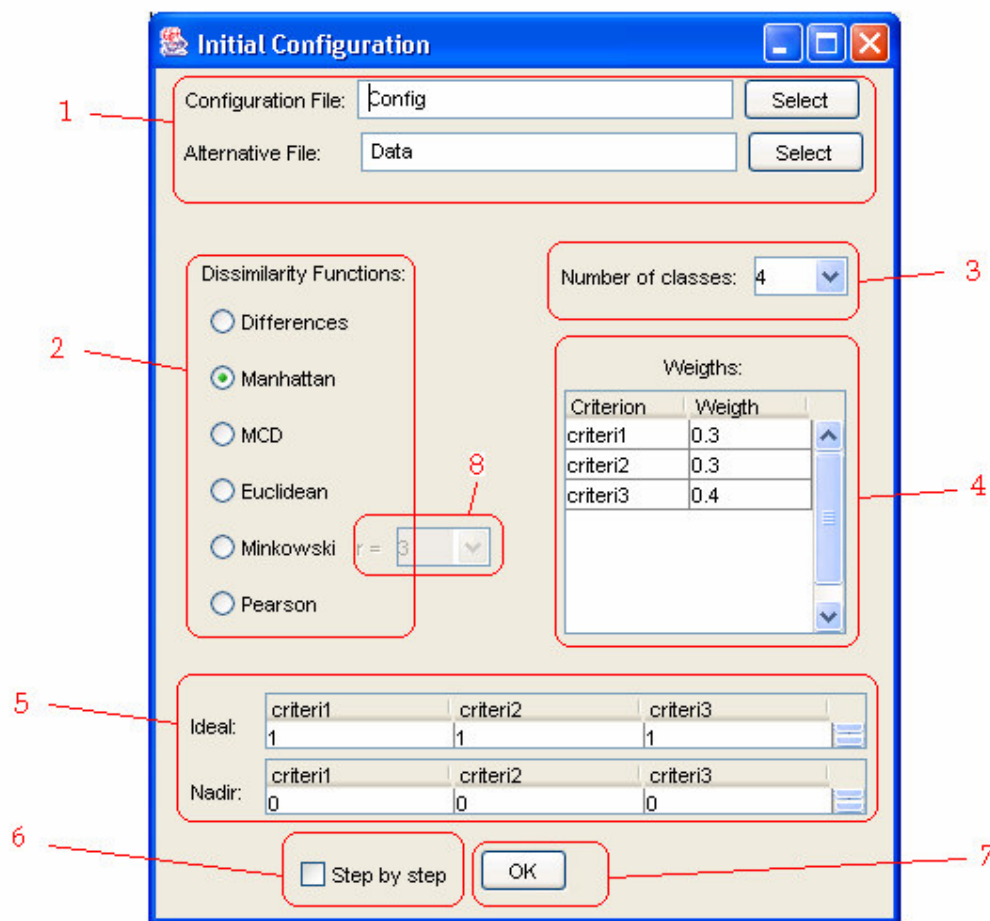
Fitxer d'alternatives

En el fitxer d'alternatives, s'ha d'indicar tant el nom de l'alternativa, com els seus valors, i per tal d'expressar-ho, s'indica el nom de la alternativa, seguit de la marca dos punts (':'), i posteriorment, es dona el valor de cadascun dels criteris per a aquella alternativa, tot seguint l'ordre en que apareixen en el fitxer de configuració corresponent. Per tant el format quedaria tal i com s'indica a continuació:

“nom de l'alternativa”: “valorC1”, “valorC2”, ..., “valorCN”

8.2.2 Configuració inicial

Per tal de dur a terme la configuració inicial s'usa una interfície gràfica per tal d'introduir al sistema les dades necessàries.



1.- Aquests dos elements de la interfície gràfica s'utilitzen per tal d'indicar quins són els fitxers de configuració. Per defecte s'agafa com a fitxer de configuració i fitxer d'alternatives, els fitxers continguts a la mateixa carpeta on es troba ClusDM amb noms *Config* i *Data* respectivament. En cas de voler escollir uns fitxers diferents, es pot utilitzar per una banda, les dues caselles de text per introduir el *path* i nom dels fitxers desitjats, o bé es pot prémer el botó *select* respectivament per tal d'utilitzar el típic menú per seleccionar fitxers.

2.- Mitjançant els botons de ràdio mostrats, es pot seleccionar la funció de distància corresponent, i en cas d'utilitzar la funció *Minkowski* s'haurà d'especificar el valor de *r* mitjançant la casella senyalada per el indicador 9.

3.- Mitjançant la casella indicada, es selecciona el valor d'*Number of clusters*, que indicarà el nombre de clústers finals que s'obindran.

4.- La taula indicada s'utilitza per tal de poder modificar els pesos de les diferents criteris, obtinguts a partir del fitxer de configuració. En cas de modificar-los, un cop introduïts els valors corresponents, s'haurà de pitjar la tecla *intro*. Cal remarcar que la suma total dels pesos dels diferents criteris ha de ser 1.

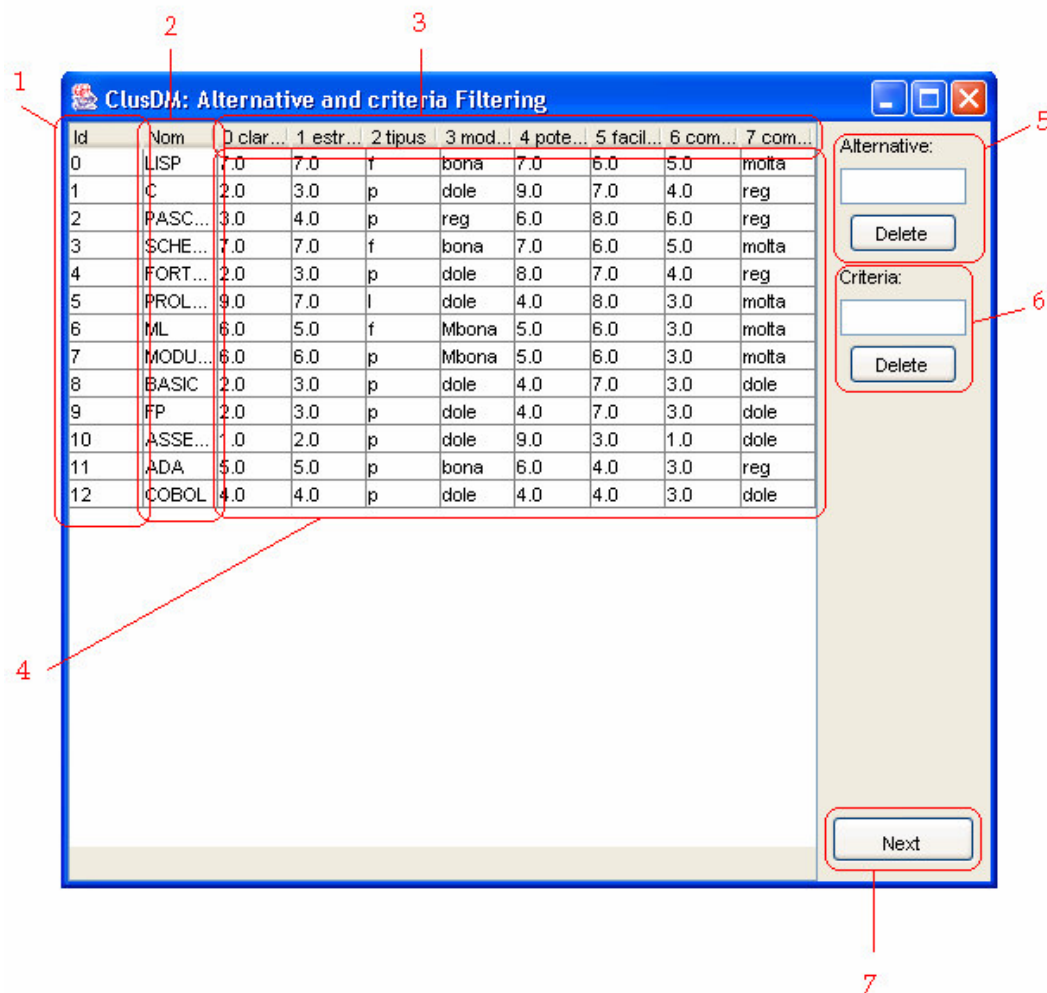
5.- Les dues taules indicades s'utilitzen per indicar al sistema els valors de les alternatives ideal i nadir respectivament. Per defecte es mostraran els valors indicats pel fitxer de configuració, i s'utilitzaran aquestos a no ser que l'usuari els modifiqui. Igual que en el cas de la modificació dels pesos, en cas de modificació, un cop introduïts els valors desitjats, s'haurà de pitjar *intro*.

6.- En cas de no seleccionar aquesta opció, el sistema durà a terme el procés de presa de decisions, sense aturar-se per mostrar cap tipus de dades, ni opcions de configuració posteriors. Aquest només s'aturarà quan arribi al final del procés per tal de mostrar els resultats obtinguts a l'usuari, és a dir, es passarà directament a mostrar la finestra Resultats Finals a l'usuari.

7.- Un cop seleccionades totes les dades desitjades, s'haurà de prémer el botó OK per tal d'iniciar el procés.

8.2.3 Filtratge d'alternatives

Per tal que l'usuari pugui eliminar alternatives o criteris del conjunt de dades obtingut dels fitxers d'alternatives i configuració, es dona la possibilitat de que l'usuari les elimini mitjançant l'ús de la interfície gràfica que es mostra a continuació.



Primer cal remarcar que les alternatives es mostren per files, i els criteris per columnes.

1.- Aquest camp mostra els identificadors de les diferents alternatives. Aquests són útils alhora d'indicar posteriorment quina de les alternatives es desitja eliminar.

2.- Aquest camp mostra el nom de l'alternativa en qüestió.

3- Aquí es mostra el identificador dels criteris, seguits del nom de d'aquestos. Igual que en el cas anterior, el identificador del criteri és útil alhora d'indicar quin criteri es desitja eliminar.

4.- En aquesta part de la taula es mostren els valors que prenen els diferents criteris per les diferents alternatives.

5.- Mitjançant la introducció del identificador de l'alternativa i polsant posteriorment *delete* s'eliminarà del conjunt d'alternatives la indicada.

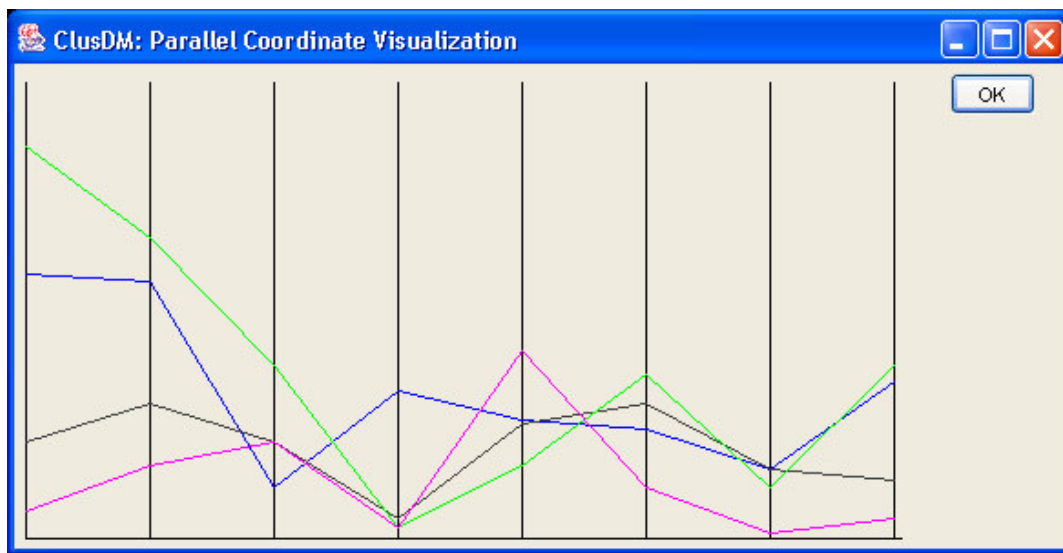
6.- Igual que amb el cas anterior, s'ha d'introduir el identificador del criteri que es desitja eliminar i pitjar *delete* per tal d'eliminar-lo.

7.- Un cop eliminades totes les alternatives i criteris desitjats, s'haurà de polsar *next* per tal de procedir amb la fase d'agregació.

8.2.4 Coordenades paral·leles

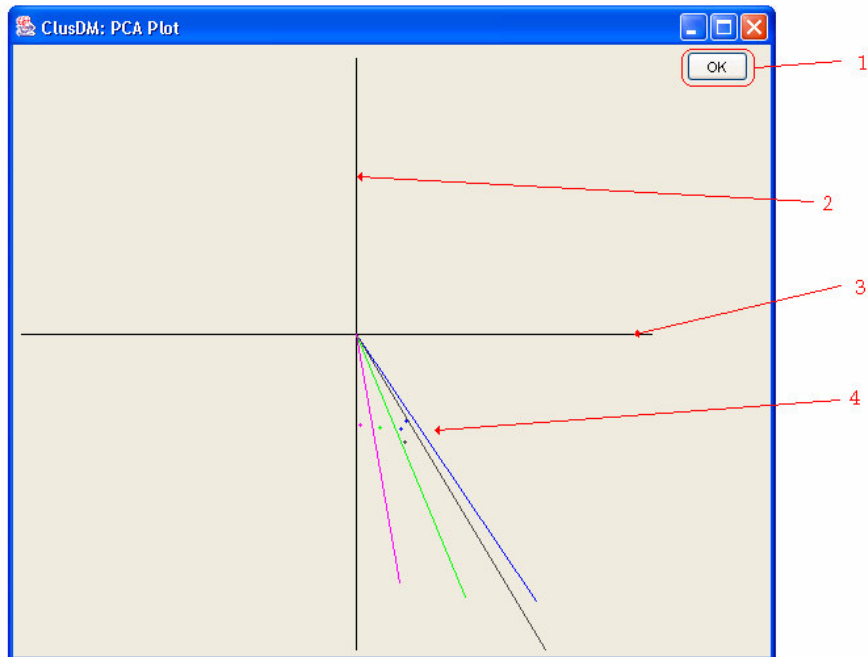
En la següent finestra es mostra un exemple de la representació dels valors presos pels prototipus dels clústers, per a cadascuna de les n-dimensions. Per tal de fer més fàcil l'observació dels diferents prototipus, s'utilitzen diferents colors per tal d'identificar cadascun d'ells.

Un cop observats els resultats obtinguts, per tal de passar a realitzar el següent pas del procés de presa de decisions, és a dir, la fase d'ordenació.



La utilitat d'aquesta finestra rau bàsicament en la possibilitat d'observar com han quedat de distants entre si els diferents clústers, i quins valors té cadascun d'ells per als diferents criteris.

8.2.5 PCA-Plot



1.- Un cop analitzats els resultats mostrats mitjançant el *PCA-Plot*, s'haurà de pitjar OK, per tal de continuar amb el procés de presa de decisions.

2.- Eix de la segona component principal

3.- Eix de la primera component principal

4.- Mitjançant les línies es representen les posicions dels diferents clústers a l'espai, i mitjançant els punts es representen les diferents alternatives. Per tal d'identificar les alternatives que corresponen als diferents clústers, s'utilitza el mateix color per a les alternatives que pertanyen a un clúster, i la representació del clúster corresponent.

8.2.6 Introducció del vocabulari

La finestra que es mostra a continuació s'utilitza per tal d'introduir un vocabulari en cas que el sistema no en pugui obtenir cap per si sol. Per tal de facilitar la feina a l'usuari, es proporciona un vocabulari predefinit, que l'usuari podrà acceptar o rebutjar segons desitgi.

ClusDM: Vocabulary introduction

Negative terms:

Term	Negations
detest	absolutely-adore
can-not-stand	love
hate	really-enjoy
do-not-like	quite-like

Neutral term:

do-not-mind

Positive terms:

Term	Negations
quite-like	do-not-like
really-enjoy	hate
love	can-not-stand
absolutely-adore	detest

OK

1.- Mitjançant aquesta taula s'introduirà en la primera casella de cada fila el terme desitjat, i en la segona casella les seves negacions separades entre si mitjançant un espai en blanc. En cas d'haver-hi diverses files, aquestes estaran ordenades de pitjor a millor, és a dir, en la primera fila hi haurà el pitjor dels termes, i en l'última el millor dels termes negatius. Un cop introduïts els valors desitjats s'haurà de prémer *intro*.

2.- En aquest punt, cal introduir el terme neutre, per al qual no cal introduir cap negació, ja que la negació del neutre, és el propi terme neutre.

3.- Aquesta taula té el mateix ús que la explicada en el punt 1, però en aquest cas s'utilitza per introduir els termes positius.

4.- Un cop s'han introduït tots els termes del vocabulari desitjats, es podrà polsar OK per tal de continuar amb la fase d'explicació.

8.2.7 Introducció del terme neutre

ClusDM: Neutral term introduction

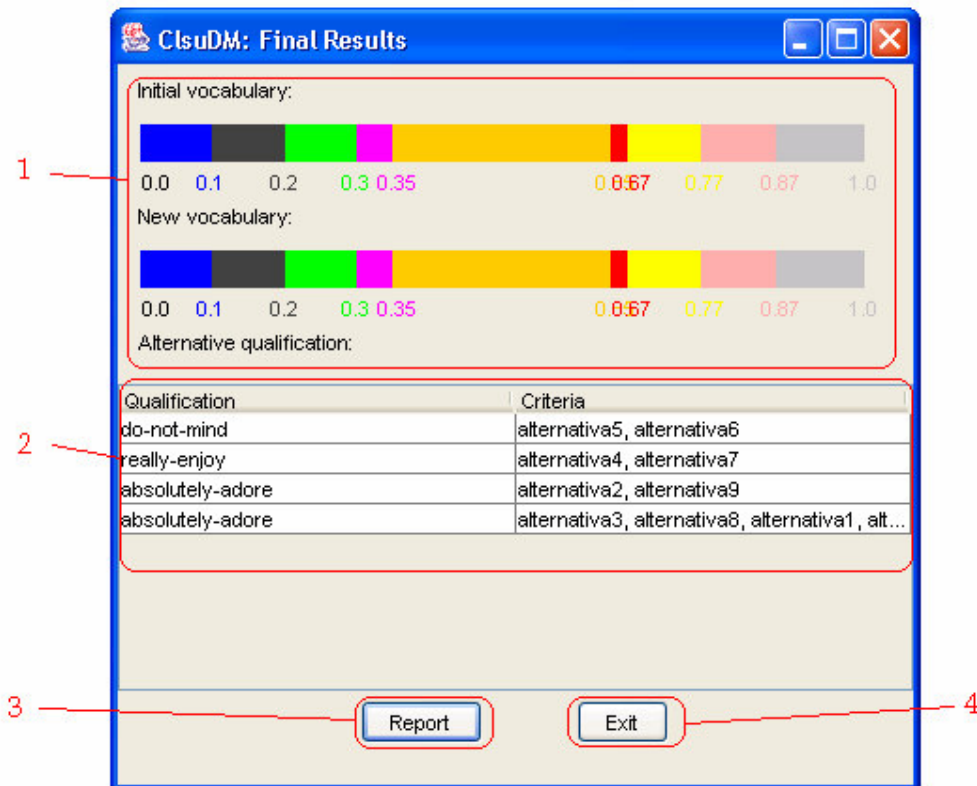
Introduce the neutral term:

neutral

Accept

- 1.- En aquesta casella s'ha d'introduir el terme neutre desitjat.
- 2.- Un cop introduït el terme neutre desitjat, s'haurà de pitjar acceptar per tal de prosseguir amb el procés.

8.2.8 Resultats finals



- 1.- Aquí es representen els intervals dels diferents termes del vocabulari original, i del vocabulari obtingut després del procés d'explicació.
- 2.- En aquesta part de la finestra es mostren aquells termes que han estat assignats a un clúster, i quines alternatives formen aquests clústers.
- 3.- Quan s'acciona aquest botó es crea el document *html* anomenat "ClusDM Report", que conté la informació de com s'ha dut a terme el procés de presa de decisions, i els resultats que s'han obtingut.
- 4.- Pulsant el botó *Exit* es finalitza l'execució de l'aplicació.

9 Annex

9.1 Terminologia

Acció: Terme genèric utilitzat per designar l'objecte de la decisió. A la pràctica, el terme acció pot ser reemplaçat per termes com escenari, operació, millora, o solució dependent de la situació. S'utilitza la notació: $A = a_1, a_2, \dots, a_m$. Això són, m accions diferents del conjunt de possibles accions A .

Alternativa: Acció que pot ser implementada independentment de les demés. Aquest terme pot ser utilitzat en el lloc de acció quan la condició d'independència és completa.

Vocabulari: conjunt d'elements (o graus) expressats mitjançant termes lingüístics.

Criteri: Aplicació g del conjunt d'accions a una escala. Aquesta acció és significativa alhora de comparar dues accions a_1 i a_2 segons un punt de vista concret.

Clúster: Regió de l'espai que conté objectes que han de ésser propers entre ells, de forma que ho siguin més que amb objectes que pertanyin a altres clústers. Sempre tenint en compte la restricció que els clústers han de ser regions esfèriques.

9.2 Funcions de negació

La negació és una operació força coneguda en la lògica multi-variada que es defineix sobre un conjunt d'etiquetes lingüístiques $T = \{t_0, \dots, t_n\}$ amb $t_0 < \dots < t_n$. Es defineix com una funció de T a T , que satisfà les següents restriccions:

N1) si $t_i < t_j$ llavors $N(t_i) > N(t_j)$ per tot t_i, t_j pertanyent a T

N2) $N(N(t_i)) = t_i$ per tot t_i pertanyent a T

El problema ve donat perquè l'expert no serà sempre capaç de definir un conjunt adequat de termes que compleixin les anteriors restriccions. Per aquest motiu a [Torra, 1996], es va introduir una nova classe de funcions de negació Neg de T a $\wp(T)$ que complien les següents propietats:

C0) Neg és convex i no és buit

C1) si $t_i < t_j$ llavors $Neg(t_i) \geq Neg(t_j)$ per tot t_i, t_j pertanyent a T

C2) si $t_i \in Neg(t_j)$ llavors $t_j \in Neg(t_i)$

Per tal de trobar els intervals que determinen els diferents termes s'utilitza la següent equació definida a [Torra, 1996]. Sent Neg una funció de negació, de T a $\wp(T)$, es defineix P_{Neg} com el conjunt $P_{Neg} \{[m_0, M_0], \dots, [m_n, M_n]\}$, on

$$I(t_i) = [m_i, M_i] = \left[\frac{\sum_{t < t_i} |Neg(t)|}{\sum_{t \in T} |Neg(t)|}, \frac{\sum_{t \leq t_i} |Neg(t)|}{\sum_{t \in T} |Neg(t)|} \right], \text{ on } |X| \text{ és la cardinalitat}$$

del conjunt X, i on $|Neg(t_i)| = 1$.

9.3 Funcions de dissimilitud

Durant diverses fases de ClusDM s'utilitzen funcions de dissimilitud, ja sigui per comparar les diferents alternatives entre si, comparar els prototipus, comparar els prototipus amb el ideal, etc.

Tot seguit, un cop definida la nomenclatura, es defineixen les dissimilituds utilitzades durant el procés de presa de decisions.

Sent v_{ij} el valor de l'i-èssim criteri de l'alternativa a_j , i v_{ik} el valor de l'i-èssim criteri de l'alternativa a_k , i tenint en compte que W_i és el pes per a l'atribut i, i que p és el nombre d'atributs, podem calcular la dissimilitud $d(a_j, a_k)$ utilitzant les següents funcions de dissimilitud:

Diferències

$$\frac{\sum_{i=1}^p W_i (v_{ij} - v_{ik})}{p}$$

Distància de Manhattan

$$\sum_{i=1}^p W_i |v_{ij} - v_{ik}|$$

M.C.D. (Mean Character Difference)

$$\frac{\sum_{i=1}^p W_i |v_{ij} - v_{ik}|}{p}$$

Distància Euclidiana o Taxonòmica

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p W_i (v_{ij} - v_{ik})}{p}}$$

Distància de Mikowski

$$\sqrt[r]{\sum_{i=1}^p W_i |v_{ij} - v_{ik}|^r}, \text{ on } r \text{ és un factor a determinar per l'usuari.}$$

Coefficient de Correlació de Pearson

$$\frac{\sum_{i=1}^p (v_{ij} - \bar{v}_i)(v_{ik} - \bar{v}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (v_{ij} - \bar{v}_i)^2 \sum_{i=1}^p (v_{ik} - \bar{v}_k)^2}}$$