

MODELO PARA LA DETECCIÓN DE CAUSAS INDIRECTAS

Emilio Vizuete Luciano, evizuetel@ub.edu, Universidad de Barcelona

Anna Maria Gil Lafuente, amgil@ub.edu, Universidad de Barcelona

RESUMEN

En los estudios socio económicos, resulta interesante analizar que grado de incidencia tienen algunas causas sobre los diversos efectos que deseamos conseguir. A partir de las matrices de incidencia, podremos investigar las diversas relaciones de causa a efecto que no son fáciles de descubrir de manera directa únicamente a través de la intuición o la experiencia. La importancia de las causas y de los efectos de segunda, tercera,... generación se dejan notar en todos los ámbitos de decisión, sea en el terreno de las decisiones políticas, económicas o empresariales, y por tanto realizaremos las gestiones oportunas para detectarlos. Pretendemos poder dejar al descubierto aquellos efectos de segunda generación que surgen en la mayoría de casos, entendiendo como a tales, aquellos efectos que no suelen ser previstos por el sujeto de manera directa, al menos en primera instancia, y que por lo tanto no son tomados en consideración cuando se pretende tomar determinadas decisiones esperando resultados a corto plazo. Para finalizar nuestro trabajo, presentaremos un ejemplo ilustrativo sobre nuestro trabajo.

ABSTRACT

In socio-economic studies, it is interesting to consider the degree of impact on the different effects we want to achieve. From the incidence matrix, we can investigate the various cause and effect relationships that are not easy to find through direct intuition or experience. The importance of the causes and effects of second, third, ... generation can be felt in all areas of decision, whether in the realm of political, economic or business and therefore make the necessary steps for their detection. We try to uncover the implications of second generation that emerge in most cases, defined as such, those effects that are not usually expected by the subject in a direct way, at least in the first instance, and therefore are not taken into account when trying to take certain decisions expecting short-term results. To finish our work, we will present an illustrative example about our approach.

PALABRAS CLAVE

Incertidumbre, Causas Indirectas, Expertizaje, Matriz de Incidencias

1. INTRODUCCIÓN

En un entorno cambiante incierto y cambiante como el actual, resulta interesante analizar que grado de incidencia tienen algunas causas sobre los diversos efectos que se pueden obtener. A partir de las matrices de incidencia, de las que más adelante especificaremos su significado, podremos investigar las diversas relaciones de causa a efecto que no son fáciles de descubrir de manera directa únicamente a través de la intuición o la experiencia. Con la técnica matemática que exponemos, pretendemos poder dejar al descubierto aquellos efectos de segunda generación que surgen en la mayoría de fenómenos socio económicos, entendiendo como a tales, aquellos efectos que no suelen ser previstos por el sujeto de manera directa, al menos en primera instancia, y que por lo tanto no son tomados en consideración cuando se pretende tomar determinadas decisiones esperando resultados a corto plazo.

Estos efectos olvidados, que se deben a causas indirectas que no se han considerado, suelen manifestarse más a medio y largo plazo, y a veces aparecen generando efectos contrarios a nuestras expectativas. Por este motivo, es importante detectarlos con anterioridad para poder tomar las medidas oportunas a priori, destinadas a potenciarlas o evitarlas, dependiendo de la situación, con el fin de evitar costes no deseados. Con esta intención, aplicaremos el presente modelo para la detección de las causas indirectas que nos ayuden a descubrir, todo y que lógicamente no lo podremos determinar de una forma exacta, todas aquellas causas no controlables directamente que puedan influenciar nuestros resultados.

Los modelos generalmente utilizados para la detección de las causas indirectas hacen servir grafos con valores binarios (0 y 1) en sus arcos y vértices, aunque nosotros a través de un proceso de expertizaje, valoraremos las incidencias a través de números en el intervalo $[0,1]$ con una escala de valoración que procederemos a detallar más adelante. Creemos que esta manera de valorar las incidencias es la más adecuada en el desarrollo de nuestro estudio, que nos ha de servir para poder planificar i hasta donde sea posible, cuantificar la evolución futura de los hechos sobre los que deseamos actuar. Hay que tener en cuenta que todo es evolutivo y adaptativo, motivo por el que las técnicas que nos han de ayuda a realizar una planificación de futuro nos marcará unas pautas de actuación.

La importancia de las causas y de los efectos de segunda, tercera,... generación se dejan notar en todos los ámbitos de decisión, sea en el terreno de las decisiones políticas, económicas o empresariales, y por tanto realizaremos las gestiones oportunas para detectarlos. Es evidente, que no podemos pretender una aceptación total de las cifras presentadas cuando se refieren a incidencias y a expectativas futuras. Incluso entre los mismos expertos sometidos a sesiones de brainstorming o lluvia de ideas tendrían discrepancias. No puede ser de otra manera si consideramos que los expertos provienen de pensamientos socio económicos diversos y sobre todo, no olvidemos que al final se trata de valorar numéricamente apreciaciones diversas que se mueven muchas veces en el ámbito de la subjetividad, fruto, eso si, de un trabajo y de unas experiencias previas.

2. VALORACION POR EXPERTOS

La situación que nos ocupa, al igual que otras en el ámbito económico que exigen tomar decisiones, no son susceptibles de ser conocidas con total objetividad y tal como hemos comentados pueden ser objeto de controversia. Por este motivo, tenemos que recurrir a valorar las opiniones expresadas por los expertos, entendida ésta, como una valoración de una situación concreta, pero no como una decisión. La opinión de un experto, en todo caso, puede servir de base a las elecciones que tendremos que tomar en el futuro. Tampoco se ha de identificar totalmente a éste, como un especialista en la materia determinada, sino que se entenderá como un individuo o grupo que por sus características específicas, tiene la capacidad reconocida por el decisor para emitir un juicio subjetivo respecto la cuestión planteada. De todas formas, obtener frutos de manera adecuada según la opinión expresada por diversos expertos, no es tan simple como puede parecerse en un primer momento. Para tratar y analizar, sin perder información, las opiniones expresadas por los diversos expertos nos serviremos de las técnicas de los expertos, enunciadas por los profesores Kaufmann y Gil Aluja y que han estado ampliamente desarrolladas por las aplicaciones económicas y en el campo de la gestión.

Sin necesidad de entrar en detalles puramente numéricos, tenemos que decir que el concepto de *experto* se construye a partir de la agregación de la opinión de diversos expertos sobre una cuestión concreta, con un proceso previo de valuación individual respecto a la cuestión o cuestiones planteadas. El proceso de valoración es simple en si mismo, aunque necesita de un margen de reflexión profunda por parte de cada uno de los expertos que requiramos. Entenderemos la valoración como expresión de un dato numérico en una escala adecuada de valores que se asocia a un fenómeno percibido por nuestros sentidos o por nuestra propia experiencia.

En este aspecto, el resultado del proceso de valoración, es la emisión por parte de un experto de un dato subjetivo asociado en el ámbito de la posibilidad y la incertidumbre. Los resultados de las valoraciones, así como las estimaciones numéricas subjetivas, pueden darse de diferentes formas en función de las necesidades y características de las situaciones a evaluar. Se puede expresar a través de un valor binario, para expresar el acuerdo o desacuerdo respecto a una determinada idea, o como en nuestro caso, a través de un valor numérico del intervalo $[0,1]$, o también por un subintervalo de $[0,1]$, o más generalmente si queremos compilar más información aunque sea a costa de aumentar el nivel de incertidumbre, a través de una tripleta de confianza (a_1, a_2, a_3) , donde a_2 representará el valor del máximo nivel de presunción.

En el caso que nos ocupa, hemos creído más adecuado, tanto por su simplicidad como por la facilidad en la interpretación de los resultados obtenidos, consistirá en realizar una valoración a través de un grado de verdad que pueda tomar valores dentro del intervalo $[0,1]$ de la recta real, interpretando lingüísticamente dicho valor en una escala adecuada. En relación con las diversas escalas de interpretación, hemos optado por escoger en el desarrollo del trabajo, una escala endecadaria tal y como especificamos en el siguiente apartado, que nos pueda matizar el grado de acuerdo de un experto conforme una determinada idea. El motivo de la elección de una escala endecadaria es básicamente el de disponer de una graduación adecuada de valores, pero sin caer en el exceso de matices que bajo nuestro punto de vista podría suponer un serio problema operativo.

3. VALORACION DE LAS INCIDENCIAS ENTRE CAUSAS Y EFECTOS. MATRICES DE INCIDENCIA

El concepto de incidencia está asociado a la idea de efecto o grado de relación de un conjunto de entidades (causas) sobre otro conjunto de entidades (efectos) o sobre el mismo. Así, por ejemplo, el buen tiempo tiene una incidencia favorable sobre la venta de trajes de verano, en cambio tiene una incidencia desfavorable sobre la venta de paraguas.

Las incidencias, se encuentran en todas las acciones inherentes a los procesos de decisión de los seres humanos, principalmente en los ámbitos económicos y de gestión, es una noción aparentemente muy simple, pero que vale la pena ser analizada bajo un tratamiento más científico, ya que al formar parte de los procesos naturales de decisión de forma automática, provoca que a veces podamos perder etapas y se obvian conclusiones que podríamos determinar con un análisis más riguroso de las situaciones iniciales. En muchos estudios se aplican probabilidades basadas en datos de episodios del pasado ya que son difícilmente reproducibles en las situaciones que forman parte del futuro y esto hace que estas distribuciones de probabilidad raramente puedan ser justificadas. Si las probabilidades son adecuadas para hacer las proyecciones futuras de esas situaciones más o menos estables, no podrán serlo en aquellas en que las situaciones futuras están sujetas a constantes cambios imprevisibles. La incertidumbre forma parte de las situaciones futuras, y ésta puede ser evaluada en términos de posibilidades, pero difícilmente podrán ser únicamente valoradas en términos de probabilidad.

Las herramientas matemáticas que utilizaremos en el modelo que proponemos tienen una estructura simple. Brevemente explicaremos las estructuras matemáticas involucradas en el modelo.

Si tenemos un conjunto $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$, que consideraremos como un conjunto de causas y por otra parte consideraremos otro conjunto, que eventualmente puede ser el mismo conjunto A) $B = \{B_1, B_2, B_3, \dots, B_n\}$, que consideraremos como el conjunto de posibles efectos, podemos considerar la valoración que realiza cada experto o grupo de ellos del grado de incidencia directa, valorado en el intervalo $[0,1]$, que tiene cada causa A_i respecto cada uno de los efectos B_j . La introducción de la valoración matizada entre 0 y 1, nos permitirá determinar los niveles de incidencia en la relación. Con el objetivo de unificar y disponer por tanto de un criterio único de valoración de los respectivos grados de incidencia, estableceremos previamente una escala semántica de carácter endecadario, (Es decir, formada por 11 valores), basada en la siguiente interpretación lingüística.

- 0** : Incidencia nula
- 0,1** : Incidencia prácticamente nula
- 0,2** : Incidencia muy débil
- 0,3** : Incidencia bastante débil
- 0,4** : Incidencia débil
- 0,5** : Incidencia media
- 0,6** : Incidencia considerable
- 0,7** : Incidencia bastante considerable
- 0,8** : Incidencia muy considerable
- 0,9** : Incidencia prácticamente plena
- 1** : Incidencia plena

Si esta interpretación provoca que no se comprenda el grado de matización que diferencia a cada uno de los valores, también resulta igualmente válido para nuestros propósitos, que los expertos realicen el proceso de valoración estableciendo una correspondencia semántica que les permita valorar el grado de verdad que otorgan a la siguiente proposición:

$$P : \in \text{incidencia de } A_i \text{ sobre } B_j$$

valorando este grado de verdad, con la escala endecadaria siguiente:

- 0** : P es falsa
- 0,1** : P prácticamente falsa
- 0,2** : P casi falsa
- 0,3** : P bastante falsa
- 0,4** : P es más falsa que verdadera
- 0,5** : P ni verdadera ni falsa
- 0,6** : P es más verdadera que falsa
- 0,7** : P bastante verdadera
- 0,8** : P casi verdadera
- 0,9** : P prácticamente verdadera
- 1** : P es verdadera

Una vez realizada la totalidad de las valoraciones por parte e los correspondientes expertos, dispondremos de una matriz de “m” filas (tantas como elementos tenga el conjunto de las causas) y de “n” columnas (tantas como elementos tenga el conjunto de los efectos) que constará por tanto de mxn valores del intervalo $[0,1]$. Estos tipos de matrices se denominan matrices de una relación borrosa y por simplificación la llamaremos matriz borrosa, siendo la base del algoritmo que seguiremos para la detección de las causas y de los efectos de segunda generación que detallamos en el apartado siguiente.

4. ALGORITMOS PARA LA DETERMINACION DE LAS CAUSAS INDIRECTAS

Para la determinación de las causas y los efectos indirectos, también denominados de segunda generación que queremos determinar en nuestro trabajo, utilizaremos el algoritmo de Kaufmann y Gil Aluja.

Comenzaremos aceptando que existen unas relaciones directas de causa y efecto entre las acciones sobre las que podemos actuar y su repercusión en los posibles efectos que se pueden conseguir. Ahora bien, la actuación sobre cualquiera de las acciones o causas consideradas, incidirá en diferente escala sobre cada uno de los efectos. Este grado de incidencia directa es la magnitud que tendrá que ser evaluada por un grupo de expertos a partir del proceso de expertizaje correspondiente, previa valoración por parte de cada experto fruto del ejercicio de reflexión que le ha de conducir a un valor numérico del intervalo $[0,1]$, con la interpretación dada por la escala endecadaria.

Siguiendo la metodología Fuzzy-Delphi, se le propone a un grupo de expertos, su opinión sobre estas relaciones y después de las correspondientes discusiones, se llegará a un consenso en la valuación de sus sensaciones para poder tratar conjuntamente toda la información y construir la matriz de incidencia.

Así tal como hemos expuesto, denominaremos:

$$A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$$

al conjunto de causas o acciones sobre las que podremos influir, y por:

$$B = \{B_1, B_2, B_3, \dots, B_n\}$$

al correspondiente conjunto de efectos sobre los que, en menor o mayor grado podemos influir de una manera directa en las causas anteriores. Tendremos que, después de realizar el proceso de expertizaje, dispondremos de una matriz de valores borrosos de “m” filas y “n” columnas de la forma siguiente:

$$\tilde{C} = \begin{bmatrix} & B_1 & B_2 & B_3 & \dots & B_n \\ A_1 & c_{11} & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ A_2 & c_{21} & c_{22} & c_{23} & \dots & c_{2n} \\ A_3 & c_{31} & c_{32} & c_{33} & \dots & c_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix}$$

donde cada elemento $c_{ij} = v(A_i, B_j)$, es un número decimal entre 0 y 1 que indica el grado de incidencia directa que tiene la causa A_i sobre el efecto B_j atendiendo a la interpretación lingüística de la escala endecadaria. A partir de esta matriz se ha conseguido clarificar las relaciones directas de causa y efecto. Con esto, si detenemos nuestro estudio en este punto, no habríamos llegado más lejos que con cualquier otra técnica para ordenar relaciones.

Pero nuestro objetivo final, va más allá. Queremos determinar que efectos produce una causa por si misma y a través de una relación efecto-causa, de manera que en todo efecto se habrá acumulado el resultado de una causa directa y el producido por una indirecta (efecto secundario). Construiremos con la ayuda de nuestros expertos una nueva matriz, que simbolizaremos por \tilde{A} en la que se colocan como filas y columnas los elementos del conjunto A de las causas que, como sabemos, hacen referencia a las acciones sobre las que se tendrán que intervenir para obtener los efectos deseados. Solicitaremos a nuestros expertos que expresen su opinión sobre la incidencia de cada causa sobre las demás (sobre ella misma la incidencia será plena y por tanto igual a 1), de tal manera que en este caso podemos considerar que cada concepto actuará a la vez de causa y efecto. La valuación se realizará nuevamente por la escala endecadaria dentro del intervalo $[0,1]$. Cuando reunamos la totalidad de opiniones, estaremos en disposición de obtener la matriz borrosa siguiente:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & A_3 & \cdots & A_n \\ A_1 & a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ A_3 & a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

donde el elemento $a_{ij} = v(A_i, A_j)$ es, por lo tanto, un número entre 0 y 1 que nos indica el grado de incidencia directa que tiene A_i sobre A_j .

De manera similar, construiremos otra matriz cuadrada, que simbolizaremos por \tilde{B} , de manera que, en este caso, tanto las filas como las columnas representen los elementos del conjunto B de los efectos. En esta matriz, el elemento correspondiente $b_{ij} = v(B_i, B_j)$ de la fila "i" y la columna "j" nos indica el grado de incidencia valorada en el intervalo $[0,1]$ que, según los expertos, tiene el efecto B_i sobre el efecto B_j . De esta manera, tendremos la matriz borrosa donde se expresarán las incidencias directas del conjunto de los efectos sobre si mismo que indicaremos por:

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} & B_1 & B_2 & B_3 & \cdots & B_n \\ B_1 & b_{11} & b_{12} & b_{13} & \cdots & b_{1n} \\ B_2 & b_{21} & b_{22} & b_{23} & \cdots & b_{2n} \\ B_3 & b_{31} & b_{32} & b_{33} & \cdots & b_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_n & b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

Una vez que disponemos de las informaciones que contienen las matrices de incidencias \tilde{C} , \tilde{A} y \tilde{B} es necesario realizar los cálculos correspondientes con el fin de obtener una nova matriz que nos informe de las incidencias acumuladas entre los elementos del conjunto de las causas y los elementos del conjunto de los efectos. Estas incidencias acumuladas se han de obtener como consecuencia de tener en consideración, a más de las incidencias directas de causa a efecto, las incidencias de cada una de las causas sobre el resto, así como la incidencia de cada uno de los efectos sobre el resto. Para conseguir disponer de esta información acumulada, tendremos que realizar la convolución maximin (que representaremos con el símbolo \circ) entre las matrices de incidencia directa $\tilde{A} \circ \tilde{C} \circ \tilde{B}$ (causa-causa con causa-efecto y efecto-efecto). De esta forma dispondremos de una nueva matriz \tilde{R} donde se acumulan las incidencias directas e indirectas (de primera y segunda generación) entre los elementos de los conjunto A y B .

Comenzaremos en primer lugar realizando la composición $\tilde{D} = \tilde{A} \circ \tilde{C}$. Esta matriz ha de tener “m” filas (tantas como causas) y “n” columnas (tantos como efectos). El elemento correspondiente de la fila “i” y la columna “j”, que notaremos, por d_{ij} , se determina considerando todos los elementos de la fila “i” de la matriz \tilde{A} y todos los elementos de la columna “j” de la matriz \tilde{C} y operando a partir de la formula siguiente:

$$d_{ij} = \max[\min\{a_{i1}, c_{1j}\}, \min\{a_{i2}, c_{2j}\}, \min\{a_{i3}, c_{3j}\}, \dots, \min\{a_{im}, c_{mj}\}]$$

Es decir, para obtener el elemento d_{ij} tomaremos el valor máximo de los “m” valores que se obtienen al tomar el mínimo entre a_{ik} y c_{kj} (para cada subíndice k que esté entre 1 y m). Por el hecho de tomar el máximo de un conjunto de mínimos se justifica el hecho de que la operación que realizamos se denomina convolución maximin. Una vez hemos determinado la matriz borrosa $\tilde{D} = \tilde{A} \circ \tilde{C}$, completaremos el proceso de cálculo realizando la convolución:

$$\tilde{R} = \tilde{D} \circ \tilde{B} = \tilde{A} \circ \tilde{C} \circ \tilde{B}$$

que tendremos que efectuar por la aplicación de la formula anterior. De esta forma, la matriz resultante \tilde{R} , tendrá “m” filas (tantas como causas) y “n” columnas (tantas como efectos), y el elemento correspondiente r_{ij} de la fila “i” y la columna “j” se determina de la siguiente manera:

$$r_{ij} = \max[\min\{d_{i1}, b_{1j}\}, \min\{d_{i2}, b_{2j}\}, \min\{d_{i3}, b_{3j}\}, \dots, \min\{d_{im}, b_{mj}\}]$$

5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La matriz \tilde{R} contiene las incidencias acumuladas de primera y segunda generación de los elementos de A sobre B . Para aislar las incidencias de segunda generación, que será la determinación de las causas indirectas, se hace necesario arbitrar un procedimiento que nos permita separar las incidencias acumuladas que nos aparecen en la matriz \tilde{R} , las incidencias directas que nos vienen dadas por la matriz \tilde{C} . La forma que consideramos en nuestro estudio, consiste en realizar la diferencia algebraica de matrices $\tilde{R} - \tilde{C}$. De esta forma obtendremos la matriz borrosa \tilde{S} de las incidencias indirectas, que representaremos por:

$$\tilde{S} = \begin{bmatrix} & B_1 & B_2 & B_3 & \cdots & B_n \\ A_1 & s_{11} & s_{12} & s_{13} & \cdots & s_{1n} \\ A_2 & s_{21} & s_{22} & s_{23} & \cdots & s_{2n} \\ A_3 & s_{31} & s_{32} & s_{33} & \cdots & s_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & s_{m1} & s_{m2} & s_{m3} & \cdots & s_{mn} \end{bmatrix}$$

donde el elemento s_{ij} correspondiente a la fila "i" y a la columna "j", lo podemos obtener a partir de:

$$s_{ij} = r_{ij} - c_{ij}$$

Esta matriz, nos pondrá de relieve los efectos de segunda generación. Para interpretar adecuadamente el resultado, observaremos los valores más elevados de la misma. Los valores superiores o iguales a 0,6 (como mínimo de incidencia considerable de segunda generación) nos indicarán que la causa de la fila correspondiente tiene una incidencia en el efecto de la columna que le corresponda. La incidencia indirecta, es debida a que la causa original incide de alguna forma sobre alguna otra causa que influye de forma directa sobre algún otro efecto que, a su vez, posee influencia sobre el efecto que nosotros estamos considerando.

Las relaciones indirectas de causa a efecto en un principio no hubiesen sido consideradas por los expertos consultados o bien las hubiesen considerado como muy débiles. De esta forma, las ponemos de relieve, pudiendo ser tenidas en consideración en el momento de afrontar el proceso de decisión.

6. CONSIDERACIONES FINALES

Hemos realizado una descripción de las técnicas aptas para el tratamiento de ciertos problemas que se pueden plantear en las relaciones de causa a efecto. Existen multitud de situaciones en el ámbito de la toma de decisiones en el que surge la necesidad de encontrar cuales son las incidencias de determinados elementos sobre si mismos y sobre otros. En este último caso, cuando deseamos establecer una ordenación entre las incidencias indirectas, será suficiente con establecer la matriz mediante datos objetivos o a través de un proceso de expertizaje. Pero la problemática se torna complicada cuando queremos determinar las incidencias que se acumulan como consecuencia del hecho que puedan existir relaciones de causa a efecto a través de diferentes elementos.

En supuestos muy simplificados, cuando el conjunto de causas y efectos son reducidos, se podrá establecer de manera intuitiva no solo las relaciones directas, sino también las de segunda generación. Pero en la actividad normal de la gestión deportiva y de las relaciones sociales que esta comporta, existen numerosas interconexiones entre un elevado número de fenómenos, que unas veces actúan como causa y otras como efecto. Se crea una red de relaciones que si no se dispone de las técnicas adecuadas, será imposible detectar todas y cada una de las conexiones indirectas que se establecen entre todos los elementos.

Las técnicas expuestas nos han de proporcionar un resultado más allá de la opinión inicial expresada por los expertos consultados, obteniendo una visión más amplia que la directamente observable.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Běhounek, L.; Cintura, P.; *Fuzzy class theory*, Fuzzy Sets and Systems, volume 154, (2005), p. 34-55,
- [2] Dubois, D., Prade, H.; *Fuzzy Relation Equations and Causal Reasoning*, Fuzzy Sets and Systems, 75; (1995), p. 119-134.

- [3] Gil Aluja, J.; *Elements for a Theory of Decisión in Uncertainty*. Kluwer Academic Publishers. Boston, London, Dordrecht. (1999).
- [4] Gil Aluja, J.; *La gestión interactiva de los recursos humanos en la incertidumbre*. Centro de Estudios Ramón Areces. (1996).
- [5] Gil Lafuente, A.M.; *Nuevas Estrategias para el análisis financiero en la empresa*. Ariel Economía. (2001).
- [6] Gil Lafuente, A.M.; *Fuzzy logic in financial analysis*, Springer. (2005), p. 318-328.
- [7] Kaufmann, A.; Gil Aluja, J.; *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre*. Editorial Ceura, Madrid. (1990).
- [8] Kaufmann, A.; Gil Aluja, J.; *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Editorial Hispano Europea, Barcelona. (1987).
- [9] Vizuite, E.; Gil Lafuente, A.M.; *Subjective Preferentes in Financial Products*. Proceedings of ICEIS Congress, Barcelona. (2008)
- [10] Zadeh, L.; "Fuzzy Sets". *Information and Control*, 8. (1965), p. 338-353
- [11] Zadeh, L.; *Similarity Relations and Fuzzy Orderings*, Inform Sci. 3. (1971), p.177-200.
- [12] Zimmermann, H. J.; *Fuzzy Set Theory and its Applications*. Kluwer Academic Publishers. Boston, London, Dordrecht. (1996).