



REAL ACADEMIA DE DOCTORES

Modelo de predicción de « Enfermedades » de
las empresas a través de relaciones Fuzzy.

•

Discurso de ingreso del académico numerario

Excmo. Sr. Dr. Antonio Terceño Gómez

Doctor en Ciencias Económicas

En el acto de la su recepción, 30 de junio de 2009,

y

discurso de contestación por el Académico Numerario

Excmo. Sr. Dr. Paulino Castells Cuixart

Doctor en Medicina

Barcelona

2009

Dr. Antonio Terceño Gómez

Modelo de predicción de « Enfermedades » de las
empresas a través de relaciones Fuzzy.

REIAL ACADÈMIA DE DOCTORS
-Publicacions-



Excelentísimo Dr. Josep Casajuana Degà- President de la Reial Acadèmia de Doctors de Catalunya.
Excelentísimos académicos y académicas..
Señores y señores.

Es para mí un gran honor que esta insigne academia me haya invitado a formar parte de su claustro. Por eso mis primeras palabras deben ser de una sincera y profunda gratitud a los miembros de la Reial Acadèmia de Doctors por haber aprobado mi ingreso. De una manera muy especial quisiera personalizar este agradecimiento en la figura del Degà-President, el Dr. Casajuana, su buen hacer, su afán por promover la intelectualidad, pero sobre todo, su talento como persona de una excepcional bondad y laboriosidad han permitido, que bajo su dirección, la Reial Acadèmia goce de un merecido prestigio y reconocimiento social y cultural.

Dedicaré todos los esfuerzos de que sea posible para no defraudar la confianza que se ha depositado en mi e intentaré que mi trabajo académico y científico este al nivel que se espera de un miembro de esta institución. Desde la sinceridad y humildad, que entiendo han de ser bandera de un académico, les tengo que reconocer que cuando veo el listado de los miembros de esta real institución siento un

cierto rubor ya que no soy consciente de tener los méritos suficientes para formar parte de esta nómina de personalidades académicas, científicas y profesionales. Esto hace que mi gratitud sea todavía más profunda, a la vez que mi esfuerzo para hacerme digno merecedor de la confianza de mis avaladores sea aún mayor.

Tal como consta en los estatutos de la Academia una de sus actividades principales es “mantener la vinculación de los académicos con la Universidad”. Es posible que en esta actividad pueda hacer alguna aportación, ya que, básicamente, soy un profesor universitario, y entiendo que ambas instituciones, Universidad y Academia tienen que trabajar conjuntamente. Desde mis inicios como profesor en la universidad en el año 85 he intentado desarrollar mi trabajo prestando siempre atención a las diferentes ocupaciones que cabe entender corresponden a un profesor universitario: la docencia, la investigación, la transferencia de conocimientos y la gestión universitaria. A lo largo de estos años la Universidad se ha desarrollado y ha cambiado de forma significativa. En este proceso ha habido diversidad de reformas, contrarreformas y yo diría incluso reformas de las contrarreformas. En estos mismos momentos estamos inmersos en un cambio profundo que, sin duda, afectará al funcionamiento de la Universidad.

Los cambios y la adaptación a los nuevos escenarios son inherentes a la ciencia. No existen verdades absolutas, si no descubrimientos sobre los que se establecen avances que modifican las “verdades” establecidas hasta entonces. Pero esta mirada adelante se debe hacer sin olvidar el pasado, ya que este es el inicio y el punto de partida de lo que vendrá. Por eso me parece fundamental que tanto la Universidad como la Academia, continúen manteniendo sus esencias, que son, por otra parte, la garantía de que

cumplirán las obligaciones que la sociedad les ha encomendado.

Así, en palabras del Dr Angel Aguirre¹: “Ser académico es, por tanto, en primer lugar, ser testigo y testimonio de nuestro momento histórico. No podemos hablar del presente como de algo que está a punto de empaquetarse y exponerse en una vitrina cara al pasado, sino que reflexionaremos sobre el pasado para hacerlo presente, con vista a que nos de opciones de futuro, porque en el futuro reside la vida y la esperanza”.

Tomando estas palabras y mirando al pasado para afrontar el futuro, me gustaría hacer hoy aquí un público reconocimiento a mis maestros en el camino universitario que ya hace años inicie. Entre ellos quisiera destacar la figura de mi maestro, y de muchos otros, el Dr. Jaume Gil Aluja. El fue el director de mi tesis y desde el año 88 que coincidimos, ha formado parte de mi vida académica, primero desde el respeto hacia el profesor, más adelante desde el reconocimiento como maestro para acabar con mi admiración como amigo y persona.

El Dr. Jaume Gil me inicio, a partir de la elaboración de la tesis, en el estudio de los problemas económicos y empresariales en un ambiente de incertidumbre y la problemática que implicaba el tratamiento clásico a esta cuestión, ya que no olvidemos que la Economía es una ciencia social y seguramente la principal ocupación de un economista es la toma de decisiones, y esta ocupación es exclusivamente una actividad humana. Así pues, la modelización de la conducta humana en base a la lógica

¹ “Ésser acadèmic. avui”. Pàgina web de la Reial Acadèmia de Doctors de Catalunya.

bivalente no es el modelo más adecuado, ya que los pensamientos, opiniones, razonamientos, decisiones y cualquier conducta humana tienen unas matizaciones tan grandes que se ajustan mejor a unos criterios vagos que precisos.

La realidad se ha captado, tradicionalmente, con razonamientos basados en la precisión, y trasladados para su cuantificación a través de los esquemas clásicos de la matemática; esto nos ha llevado a formalizar una realidad modificada, adaptada a los modelos matemáticos, en lugar de construir modelos que expliquen y se adapten a los hechos reales; de ahí que se produzcan inadaptaciones, siendo el instrumento el que ha impuesto las condiciones, distorsionándose los modelos construidos a partir de ellos.

Es necesario, pues, buscar otra modelización no basada ni en la certeza, ni en la aleatoriedad, que permita reflejar un clima de incertidumbre, basado en una información débil. Es el problema de la modelización laxa, que se basa en información de bajo nivel, con variables y datos no experimentales, no controlables o bien fragmentados, incompletos o desordenados.

Por ello, dado que la modelización supone una visión restringida de la realidad y, en palabras de Kaufmann y Gil Aluja (1986): "obliga al investigador a elegir entre realizar desde el inicio una selección de elementos a considerar, para poder operar después con un instrumental preciso, o bien captar la realidad con toda su imprecisión y operar con estas informaciones borrosas...La decisión se reduce a elegir entre un modelo preciso, pero que refleja imperfectamente la realidad, y un modelo vago pero más adecuado a la realidad."

En definitiva, en el análisis económico en general y en la gestión de empresas, en particular, resulta, en muchas ocasiones, imposible recoger con precisión y certeza los hechos y las variables que la influyen, surgiendo la necesidad de trabajar con datos inciertos y por tanto estimados de forma subjetiva. Al partir de datos subjetivos, no resulta de aplicación ni los modelos deterministas ni los estocásticos, ya que en ambos casos forzaríamos la "objetivización" de lo que realmente es subjetivo; por ello, debemos recurrir a nuevos modelos, basados en datos subjetivos, pero aceptados razonablemente, y representados a través de funciones de pertenencia que recogen el grado de confianza o la posibilidad de los mismos; con ellos se utiliza una lógica denominada de máximo-mínimo, al ser éste el comportamiento más prudente teniendo en cuenta las hipótesis.

De este razonamiento surge el trabajo que presentamos para el ingreso a la Real Academia de Doctores y que lleva por título:

Modelo de predicción de "Enfermedades" de las Empresas a través de Relaciones Fuzzy.

Modelo de predicción de “Enfermedades” de las Empresas a través de Relaciones Fuzzy.

1. *Introducción*

El contexto económico en el cual se desenvuelven las empresas es evolutivo y cambiante, produciendo estos cambios impactos sobre la misma que afectan tanto a sus objetivos como a su estructura. La identificación y anticipación de los cambios permite tomar decisiones que compensen o eliminen sus efectos negativos, y los potencian cuando son positivos, facilitando en ambos casos la consecución de los objetivos de la empresa².

En cualquier caso, la multiplicidad de elementos y factores, tanto internos como externos, que determinan la obtención de los objetivos de la empresa, hace muy difícil prever todos los acontecimientos que les pueden afectar. Entre otras cosas, porque algunos de estos factores no son directamente controlables por la empresa. Esta circunstancia es todavía más importante en la pequeña y mediana empresa. En este contexto, adquiere gran relevancia la posibilidad de elaborar algún modelo que ayude en la tarea de identificar a tiempo los problemas que aquejan a la empresa, y así, poder tomar las decisiones adecuadas para que afecten lo menos posible a la consecución de los objetivos.

La literatura económica reconoce la actividad de identificar problemas que afectan a la empresa bajo la denominación de Diagnóstico Económico - Financiero. El

² Una interesante discusión de este tema puede encontrarse en J. Argenti (1976)

Diagnóstico Económico – Financiero permite reconocer los posibles problemas o desajustes en la misma, a partir de los valores relativos de ciertas variables específicas obtenidas de la empresa y, en general, la llevan a cabo los directivos, analistas y auditores de la firma. Normalmente, la práctica del diagnóstico económico financiero se realiza utilizando el denominado Modelo de los Ratios. No obstante, otro amplio capítulo de la literatura económica se ha dedicado a identificar empresas con problemas bajo la denominación de “Predicción de la Insolvencia Empresarial”. Los modelos de predicción de la insolvencia empresarial no son necesariamente modelos de diagnóstico económico financiero aunque en su aplicación identifican empresas con problemas.

Los dos enfoques definidos poseen características distintas, tanto en los resultados obtenidos por los mismos como en sus aspectos metodológicos. El modelo de los ratios consiste en la estimación de una serie de indicadores obtenidos a partir de la información de los estados financieros de la empresa. Los ratios son evaluados por analistas comparándolos con ciertos niveles de los mismos considerados como normales. En general se acepta que este proceso posee un bajo nivel de formalización, debido a varias razones. En principio esta actividad la realizan analistas que van adquiriendo experiencia mediante la repetición del procedimiento de análisis, centrándose, normalmente, en una empresa o sector específico. Esta situación hace que la actividad del experto tenga características locales, y que sea muy dificultosa la modelización de la misma utilizando métodos y herramientas tradicionales. Por otro lado, una misma circunstancia no afecta de igual manera a todas las empresas, es por ello que un mismo valor de un ratio

implica una interpretación distinta para empresas diferentes.

Finalmente, cabe mencionar que en este proceso no existe un consenso sobre que ratios deben seleccionarse, lo que implica que cada experto elegirá los indicadores teniendo en cuenta criterios propios. Esta mecánica arbitraria de elección de ratios posee el riesgo de que el diagnóstico pueda ser incompleto, debido a que puede perderse información relevante al no seleccionar un indicador necesario para el análisis.

Las cuestiones señaladas implican que este método posee una gran dosis de subjetividad, dado que sus resultados dependen de las opiniones del experto que realiza el diagnóstico y de la interpretación de normalidad de los ratios utilizados para el análisis, y que su posibilidad de formalización es escasa, por lo menos utilizando métodos tradicionales.

El bajo nivel de modelización y formalización del modelo de los ratios se intentó corregir a través de los modelos de predicción de la insolvencia, fracaso empresarial o quiebra, que se originan a fines de los sesenta con una clara intención de incorporar pautas más formales y analíticas para realizar el diagnóstico de empresas. Así, surgen las propuestas de E. Altman (1968) y W. Beaver (1966), que formulan métodos que, utilizando técnicas de análisis discriminante, sirven para estimar un cierto "score", con el cual se clasifica a la empresa como sana o enferma. Las variables explicativas que utilizan estos modelos son los ratios económico-financieros, siendo el problema determinar que ratios "discriminan" mejor las empresas entre sanas y no sanas.

Desde las primeras propuestas y hasta nuestros días, se han desarrollado una gran variedad de modelos que combinan diversas técnicas estadísticas y matemáticas. El problema se basa siempre en encontrar aquel modelo que "mejor" discrimina las empresas entre ambos grupos, pero cabe destacar que a pesar de ello la esencia de los modelos no ha variado significativamente a través del tiempo³.

La utilidad de estos modelos esta íntimamente relacionada con el objetivo del analista. Así, estos modelos cumplirán su objetivo si la única información que deseamos es el valor del "score" que sitúa a la empresa como sana o no para tomar una decisión. Ahora bien, cuando estos modelos son utilizados para realizar un diagnóstico de la empresa, el resultado solo les proporcionará una orientación global, dado que el resultado de los mismos es solo un "score" que será bueno, regular o malo, pero nada más que eso. Para indagar cuales son los problemas que tiene la firma y cual es el origen de los mismos, se deberá recurrir al modelo de los ratios, dado que el mismo proporciona la herramienta necesaria para completar el análisis.

Además, estos modelos poseen varias limitaciones, tanto en lo que se refiere a sus aspectos metodológicos como por la naturaleza del problema que intenta resolver. Varios son los autores que discuten las limitaciones metodológicas de los principales modelos utilizados en la predicción del fracaso empresarial, principalmente Eisenbeis (1977), Jones (1987), Zavgren (1983) y Zmijewski

³ Entre los trabajos y aportaciones más significativos en este campo podemos citar: Altman, E.I. (1981), Keasey, Kevin; Watson, Robert (1991), Jones F.L.(1987), Dambolena, I, Khoury S. (1980), Eisenbeis R.A. (1977), Olshon, James A. (1980), Deakin, Eduard (1976), Zavgren C.V.(1983).

(1984); y autores españoles como Mora Enguidanos (1994), Martín Martín (1997) y Jiménez Cardozo (1996). Estas limitaciones se pueden agrupar en seis grandes apartados:

1) El problema de la variable dependiente. La variable dependiente utilizada en prácticamente todos los modelos fue la quiebra. No obstante asimilar quiebra a fracaso parece subestimar el significado de este último. Como afirma Altman (1988), una empresa fracasa en su objetivo si no puede mantener a través del tiempo una rentabilidad promedio igual a la del mercado y esto puede ocurrir sin que la empresa llegue a quebrar.

2) La selección de la muestra de empresas en los modelos empíricos. En primera instancia se presenta el inconveniente de seleccionar las empresas sanas, dado que dentro de este grupo, habrá empresas con más o menos problemas financieros y económicos, con lo cual, si se pretende discriminar, hay que seleccionar empresas sin problemas financieros ni económicos. El segundo problema se manifiesta en el momento de fijar la cantidad de empresas sanas y quebradas que se utilizarán en los modelos, la mayoría de los estudios utilizan la misma cantidad de ambos tipos de firmas y esto dista mucho de lo que significaría una extracción aleatoria de la población.

3) El problema de las variables independientes. La mayor parte de los trabajos señalan este inconveniente y manifiestan el

hecho de que no existe una teoría en la cual basarse para la selección de los ratios.

4) El problema de los errores de clasificación. En general, los modelos de predicción de quiebras consideran de igual manera los errores Tipo I (clasificar como sana una empresa que quiebra) y Tipo II (clasificar como quebrada una empresa sana). No obstante, dependerá del objetivo de la aplicación del modelo, la determinación de cual debe ser el tipo de error a minimizar.

5) La aplicación de los modelos a priori. Dado que algunos trabajos estiman modelos distintos para cada número de años antes de la quiebra, algunos autores señalan que esto puede ser un problema, dado que cuando se intenta hacer una predicción para una empresa en particular este dato es incierto.

6) Los problemas particulares de los modelos Análisis Discriminante Múltiple (ADM) y LOGIT.

Los modelos no paramétricos (Algoritmo de Particionamiento Recursivo (APR), las Redes Neuronales y el Modelo de Argenti) desarrollados en la literatura han intentado reducir, en lo posible las limitaciones existentes en los modelos tradicionales. El más utilizado, el modelo de Argenti, pone mayor atención en las variables cualitativas, claramente olvidadas por el resto de los modelos. Asimismo, es el primero en diferenciar las causas (o enfermedades) de los efectos (o síntomas).

Sin embargo, a pesar de que estos modelos mejoran parcialmente las condiciones y en algunos casos las predicciones o el poder explicativo de los modelos tradicionales, aún subsisten muchos de los problemas enunciados anteriormente, como son: la selección de la variable dependiente, la selección de la muestra, las dificultades en la elección de las variables explicativas, y el tratamiento e inclusión de los errores de clasificación y los modelos a priori.

De esta manera, los modelos de predicción del fracaso empresarial son instrumentos incompletos para ser utilizados en el proceso de diagnóstico económico financiero, es decir, su utilidad es solo parcial. Tal como ya se comentó, los modelos de predicción de quiebras solo discriminan las empresas entre dos grupos, sanas y quebradas, pero poco establecen sobre cuáles son las causas de la posible quiebra, excepto parcialmente el modelo de Argenti. En otras palabras, el objetivo de estos modelos no es efectuar un diagnóstico, sino asignar una probabilidad del posible estado terminal de la misma.

Por otro lado, y en contraposición a las proposiciones de utilidad de estos últimos, el modelo de los ratios parece brindar una variedad mayor de posibilidades para ser utilizado con el fin de identificar problemas que influyen en los resultados de la empresa, y con ello planificar acciones que neutralicen o compensen a los mismos.

Sin embargo, y como se mencionó, el modelo de los ratios posee ciertas particularidades que hacen compleja su aplicación generalizada: posee un bajo nivel de formalización y una importante dosis de subjetividad, dado que los resultados del mismo dependen fuertemente del conocimiento y experiencia del experto. Esto significa

que ante la falta de este último, el diagnóstico no puede efectuarse. Y aún en la presencia del mismo, también es posible que la evaluación sea incompleta debido a que los ratios seleccionados no permiten evaluar completamente la situación de la empresa.

A partir de las fortalezas y debilidades de los modelos planteados, parece existir un campo propicio para desarrollar un esquema que contenga las bondades de los dos procedimientos descritos. Es decir, por un lado brindar un modelo que posea un grado de formalización equivalente al que poseen los modelos de predicción del fracaso empresarial, y por otro, al ser utilizado en el proceso de diagnóstico, sus resultados sean más completos que en el modelo de los ratios.

En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que, por su propia naturaleza, el diagnóstico económico - financiero posee un carácter subjetivo originado en la existencia de: juicios de valor de los expertos, variables cualitativas y variables de cuantificación relativa. Estos elementos convierten a este procedimiento en un proceso con una gran dosis de incertidumbre, en el cual, las herramientas y procesos basados en métodos tradicionales no son aplicables en toda su dimensión, siendo un campo adecuado para utilizar herramientas provenientes de la lógica borrosa, con los cuales pueden tratarse apropiadamente variables cualitativas y donde los juicios subjetivos pueden modelizarse.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo de diagnóstico económico - financiero de empresas, el cual partiendo de un esquema simple de causas - efectos, simula la acción del analista en su tarea de diagnóstico. En el esquema propuesto, los efectos

representan la información disponible, que vendrán representados por los ratios económicos - financieros que emanan de la información proveniente de los estados financieros de la firma. Los efectos representan los síntomas de la empresa y serán los inputs del modelo para determinar las causas que originan problemas, que en nuestra propuesta podemos llamar enfermedades. Este ejercicio debe ser similar a la acción de los analistas cuando evalúan una firma. Las causas vendrán representadas por un conjunto de factores determinados a priori con una intensiva participación de expertos. La determinación de las relaciones entre síntomas y causas será la principal función del modelo, dado que de la buena estimación de estas relaciones dependerá el éxito de su aplicación.

En el campo del "diagnóstico", los desarrollos conocidos en la matemática borrosa permiten identificar un grupo de modelos, pero que principalmente han sido propuestos para su aplicación en medicina. Solo un par de autores Gil Aluja (1990 y 1997) y Gil Lafuente (1996), dentro del grupo de trabajos identificados, han realizado aplicaciones en el ámbito de la economía y la gestión.

El profesor J. Gil Aluja desarrolla un modelo de diagnóstico para medir el riesgo de una inversión, por tanto posee características netamente financieras. Este es un modelo definido en tres etapas, en la primera se obtiene una "Matriz de Prediagnóstico" que da una idea global sobre la situación de la empresa, en el que supone un nivel de importancia homogéneo para la totalidad de los síntomas. Luego, se desarrolla la etapa del diagnóstico en la cual el autor incorpora las diferentes valoraciones de los síntomas de cada enfermedad, con lo cual, dada la situación relativa de síntomas de una empresa puede obtenerse el grado de incidencia de una patología

particular en la misma. Finalmente, muestra como puede determinarse el riesgo de realizar una actividad particular a partir de los resultados del modelo de diagnóstico financiero desarrollado para la empresa.

Por otro lado, el trabajo de Gil Lafuente aplica un modelo de diagnóstico, que posee características similares al modelo de Gil Aluja, pero con el objeto de efectuar un control de las actividades de Marketing. Al igual que el trabajo citado precedentemente, el autor establece en su modelo una etapa de prediagnóstico y una etapa de diagnóstico, sin embargo, el mismo incorpora al análisis la noción de "causa", diferenciando la misma de la noción de "enfermedad" o "patología", determinando la siguiente relación causal: "causa" \Rightarrow "patología" \Rightarrow "síntoma". Por lo tanto, la etapa de diagnóstico básicamente determina la relación entre la causa y el síntoma. Asimismo, y a diferencia del modelo anterior, utiliza una matriz para relacionar síntomas y enfermedades en la etapa de prediagnóstico.

Dentro de las aplicaciones halladas en medicina, los trabajos de E. Sanchez (1979), se distinguen en el sentido de proponer un método que permite identificar las relaciones de incidencia entre síntomas y enfermedades, con lo cual, obtenidos los síntomas de un paciente, las relaciones de incidencia conocidas permiten determinar cuales son las posibles enfermedades del mismo. La investigación de E. Sánchez se basa en la utilización de modelos de resolución de ecuaciones binarias borrosas, a través de las cuales, y de la información sobre síntomas y enfermedades de pacientes, puede determinarse cierta matriz de "conocimiento médico", que incorpora las relaciones entre síntomas y enfermedades, siendo estas relaciones borrosas la base del diagnóstico médico.

Aceptando cierto paralelismo entre paciente y empresa, la propuesta de E. Sánchez puede ser extendida al caso del diagnóstico económico - financiero de empresas. En esencia, el núcleo del desarrollo se basa en determinar una "Matriz de Conocimiento Económico Financiero", que expresa relaciones borrosas entre síntomas y causas. En este caso, los síntomas de la empresa pueden expresarse a partir de los ratios, que en definitiva son los indicadores que miran los analistas cuando efectúan predicciones y recomendaciones. Por otro lado las enfermedades de la empresa serán las causas que habrá que determinar y que generan anomalías en la misma. La posibilidad de obtener una matriz de conocimiento económico - financiero implica poder determinar, a partir del nivel de intensidad de los síntomas seleccionados, el grado en que se encuentran los principales problemas o enfermedades que afectan a la rentabilidad y la eficiencia de las empresas, para actuar sobre ellos.

De igual manera que para el caso en medicina, para estimar las relaciones entre síntomas (efectos) y causas (enfermedades) se recurrirá a un modelo de resolución de ecuaciones binarias borrosas. Sin embargo, la discusión que precede a la determinación analítica de las relaciones de incidencia se centrará en las condiciones particulares que rigen en los problemas aplicados a cuestiones de economía y gestión, y que se diferencian del problema aplicado a medicina. En particular, se tienen en cuenta cuestiones que hacen a la "localidad" del grupo de empresas seleccionada para especificar el modelo; los problemas de construcción de las funciones de pertenencia tanto para variables cualitativas como para variables cuantitativas; los potenciales cambios en las condiciones económicas que afecten el nivel de intensidad entre síntoma y causas, y finalmente, la selección de técnicas de

agregación de relaciones de incidencia que sean consistentes con la naturaleza del problema estudiado.

En los apartados 2 y 3 del trabajo, se presentan algunas de las herramientas de la lógica y la matemática borrosa que son utilizadas en el trabajo desarrollado, en concreto se definen las relaciones binarias fuzzy y la solución de ecuaciones con ellas. En el apartado 4 se presenta el modelo que será desarrollado en el siguiente apartado, donde se fundamenta el modelo de diagnóstico económico - financiero basado en la Resolución de Ecuaciones Binarias Borrosas. El objetivo de este apartado es discutir y determinar el método más eficiente de obtener la Matriz de Conocimiento Económico Financiero. Esta matriz es la base del modelo dado que la misma proporciona la información básica para llevar a cabo el proceso de diagnóstico. De esta manera se exponen: las maneras alternativas de formalizar este modelo, como se obtienen las relaciones de incidencia entre síntoma y causa, las inconsistencias que se producen al aplicar los métodos propuestos por Sánchez así como las alternativas de solución de las mismas, los problemas de construcción de funciones de pertenencia y de agregación de relaciones de incidencia.

El siguiente apartado está destinado a presentar la forma de aplicación del Modelo de Diagnóstico Económico -Financiero, basado en los desarrollos y discusiones realizadas anteriormente, y su utilización para la predicción de enfermedades de una empresa. Por último presentamos las conclusiones.

2. Relaciones binarias fuzzy.

Def.1 Relación binaria fuzzy.

R es una relación binaria fuzzy entre elementos de los conjuntos X e Y si:

$$R \subseteq X \times Y \quad , \quad \mu_R : X \times Y \rightarrow [0, 1]$$

El valor que la función de pertenencia del conjunto R toma en el par $(x,y) \in X \times Y$, se interpreta como el grado o intensidad de la relación R entre x e y.

Siendo las relaciones binarias un cierto tipo de conjuntos fuzzy, las operaciones habituales sobre estos conjuntos, se trasladan sin dificultad. Pero existen otras operaciones que solo tienen sentido para las relaciones, siendo las más destacables:

Def. 2 Relación inversa de R.

Dada $R \subseteq X \times Y$, la relación inversa de R es T, $T = R^{-1}$
siendo $T \subseteq Y \times X$ y $\mu_T(y,x) = \mu_R(x,y)$. (1)

Def.3 Composición max-min de dos relaciones binarias borrosas R y S .

Dadas $R \subseteq X \times Y$, $S \subseteq Y \times Z$, se define $T = R \circ S$, con $T \subseteq X \times Z$

$$\text{siendo, } \mu_T(x,z) = \mu_{R \circ S}(x,z) = \max_y \{ \min \{ \mu_R(x,y), \mu_S(y,z) \} \} \quad (2)$$

Existen otras formas de componer las relaciones (Terano, Asai, Sugeno (1996)), sin embargo nos limitamos a la composición max-min dado que es la utilizada en el modelo desarrollado por Sánchez (1979).

Def.4 Relación α entre relaciones binarias borrosas

Dicha relación se define a partir de la operación α definida entre pares de números reales, $a, b \in [0,1]$:

$$\begin{aligned} \alpha(a, b) &= 1 && \text{si } a \leq b \\ \alpha(a, b) &= b && \text{si } a > b \end{aligned} \quad (3)$$

Por motivos de simplificación de la notación, escribiremos $a \alpha b$, para indicar $\alpha(a, b) \in [0,1]$.

Luego, si $R \subseteq X \times Y$, $S \subseteq Y \times Z$, se define $T = R \alpha S$, como:

$$\mu_T(x,z) = \min_y (\mu_R(x,y) \alpha \mu_S(y,z)) \quad (4)$$

Dado que se considerarán solo relaciones binarias entre conjuntos finitos, las mismas se pueden representar mediante matrices. En estas condiciones, se pueden reformular las definiciones anteriores como:

Sean $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_p\}$ y $R \subseteq X \times Y$, $S \subseteq Y \times Z$, $T \subseteq X \times Z$.

Entonces,

$$\begin{aligned} R &= [r_{ij}] \text{ con } \mu_R(x_i, y_j) = r_{ij}, \\ &\forall i \in \{1, \dots, m\}, j \in \{1, \dots, n\} \end{aligned} \quad (5)$$

Y análogamente se representan las matrices

$S = [s_{jk}]$, y $T = [t_{ik}]$, con $i \in \{1, \dots, m\}$, $j \in \{1, \dots, n\}$ y $k \in \{1, \dots, p\}$

Entonces si $T = R \circ S$:

$$t_{ik} = \max_j (\min (r_{ij}, s_{jk})), \quad (6)$$

Y si $T = R \alpha S$, entonces,

$$t_{ik} = \min.[r_{ij} \alpha s_{jk}] \quad (7)$$

Debemos especificar, para no provocar confusiones, que en nuestra notación, si $T=R^{-1}$ es $t_{ik}=r_{ki}$, es decir la matriz correspondiente a la relación R^{-1} es la matriz transpuesta de R .

3. Resolución de ecuaciones con relaciones binarias borrosas

El problema de la resolución de ecuaciones binarias borrosas está asociado al concepto de composición de relaciones binarias borrosas. Dadas las relaciones borrosas, $R(x,y) \subseteq X \times Y$, $S(y,z) \subseteq Y \times Z$ y $T(x,z) \subseteq X \times Z$, el primer problema que puede plantearse es del tipo:

$$T = R \circ S \quad (8)$$

donde R y S son relaciones borrosas dadas, y donde "o" es un operador definido sobre alguna t-norma en general, o está definido sobre la t-norma max-min.

Si R y S son relaciones borrosas dadas, entonces la resolución del problema es trivial, existe solución y la misma es única. En realidad el problema se origina cuando la incógnita es R ó S , en este caso no puede afirmarse que exista solución ni que esta sea única. En este apartado presentamos la resolución de ecuaciones en relaciones binarias borrosas, basadas en los trabajos y aplicaciones de E. Sánchez (1979).

Dados los conjuntos, $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\}$,

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ y $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_p\}$ y las relaciones $R \subseteq X \times Y$, $S \subseteq Y \times Z$. Se ha definido en (2) como calcular la composición max-min de estas relaciones binarias borrosas:

$$T = R \circ S \subseteq X \times Z.$$

Los resultados conocidos acerca de la resolución de los problemas inversos son:

(i) Dadas $R \subseteq X \times Y$, y $T \subseteq X \times Z$, hallar, si existe, una relación $S \subseteq Y \times Z$ tal que se verifique :

$$R \circ S = T \quad (9)$$

(ii) Dadas $S \subseteq Y \times Z$, $T \subseteq X \times Z$, hallar, si existe, una relación $R \subseteq X \times Y$ tal que se verifique:

$$R \circ S = T. \quad (10)$$

Teorema 1. Si existe una relación S tal que $R \circ S = T$, la mayor relación que es solución de esta ecuación es $S^* = R^{-1} \alpha T$.

Teorema 2. Si existe una relación R tal que $R \circ S = T$, la mayor relación que es solución de esta ecuación es $R^* = (S \alpha T^{-1})^{-1}$.

Los trabajos de Sánchez discuten algunas limitaciones de estos métodos de resolución de ecuaciones, principalmente en el sentido de que las operaciones conformen un reticulado completo. Asimismo, es conocido que las ecuaciones (9) y (10) pueden no tener solución. Por ejemplo, en el caso de la ecuación (9) es condición necesaria, que para toda fila de la matriz T exista al menos un elemento en la correspondiente fila de la matriz R que supere a todos sus elementos.

Casos Particulares

La composición de relaciones binarias admite como casos particulares importantes, aquellos en los cuales se "compone" un subconjunto borroso $A \subseteq X$ con una relación binaria $R \subseteq X \times Y$, considerando a A como una "matriz fila", es decir, como una matriz de orden $(1 \times n)$

Si $A = [a_1, a_2, \dots, a_m]$ y $R = [r_{ij}]$,
 entonces $B = A \circ R = [b_1, b_2, \dots, b_n]$ siendo:

$$b_j = \max_i (\min(a_i, r_{ij})) \quad (11)$$

Es decir, en (11) se obtiene una matriz fila B, de orden $(1 \times m)$, que se interpreta como un subconjunto borroso $B \subseteq Y$.

4 Planteamiento del modelo de diagnóstico económico-financiero.

Siguiendo los modelos de E. Sánchez, el objetivo principal desde el punto de vista analítico, es determinar la matriz R, que constituirá en este caso, una *matriz de conocimiento económico-financiero*, y vendrá representada por una relación borrosa binaria entre causas y síntomas. Por tanto, los elementos de la matriz R representan en que grado la presencia de un síntoma significa la existencia, en un cierto nivel, de una causa (enfermedad) concreta. Los síntomas en el diagnóstico económico-financiero, se podrán, en muchas ocasiones, representar a través de los ratios, mientras que las causas son los problemas que generan el estado relativo de los síntomas, los cuales son utilizados para diagnosticarlas. Sin embargo, en un claro paralelismo con la medicina, en el momento del diagnóstico las causas no se conocen y los síntomas sí, de esta forma, la disponibilidad del estado relativo de los síntomas servirán para determinar el estado relativo de las causas.

El problema de predecir el estado futuro de las causas, el nivel de incidencia que las mismas tendrán con los síntomas, como también el carácter impreciso de la mayor parte de variables y relaciones que se utilizan en el diagnóstico, impone subjetividad al análisis, y por lo tanto, abre un extenso campo de aplicación para los métodos borrosos.

Los valores relativos de los síntomas, evaluados para un gran número de casos, y conjugados con la experiencia del analista a través de la metodología de resolución de ecuaciones en relaciones binarias borrosas, permitirán

determinar la matriz de conocimiento económico-financiero, R.

De esta forma, se define a S como el conjunto de síntomas, donde S es un conjunto clásico, conformado por los diferentes síntomas, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$, es decir, $S = \{S_i\}$, donde $i=1,2,\dots,n$.

Por otro lado se define a C como el conjunto de causas, que también es un conjunto clásico, $C_1, C_2, C_3, \dots, C_p$, es decir, $C = \{C_j\}$, donde $j= 1,2,\dots, p$.

Asimismo, se define un conjunto T de años o períodos, en los cuales es posible identificar síntomas y causas para una empresa determinada, con $T_1, T_2, T_3, \dots, T_t$, es decir, $T = \{T_k\}$, donde $k=1,2,3,\dots,t$.

Finalmente, se define a E como el conjunto de empresas objeto de nuestro estudio, a las que representamos por $E_1, E_2, E_3, \dots, E_m$, es decir, $E = \{E_h\}$, donde $h=1,2,3,\dots,m$.

La matriz R de conocimiento económico-financiero, se supone inicialmente determinada, a partir de un conjunto E de empresas, de las que se posee un registro de síntomas y causas. De esta forma, a través del conocimiento del analista, y la información que posee, tanto histórica como prospectiva, se determina R:

$$R \subseteq S \times C$$

donde R representa la relación borrosa existente entre los síntomas y las causas y es una matriz de orden $n \times p$. Cada elemento de la matriz R, representa el nivel de intensidad

en que el síntoma S_i implica la causa C_j , y viene representado por un valor r_{ij} , donde $r_{ij} \in [0, 1]$.

Entonces, la matriz R se puede representar como:

$$R = [r_{ij}] \text{ con } i = 1, \dots, n \text{ y } j = 1, \dots, p \quad (12)$$

$$R = \begin{array}{c} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_i \\ \dots \\ S_n \end{array} \begin{array}{cccccc} C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_p \\ \hline r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{ip} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{np} \end{array} \quad (13)$$

La matriz de conocimiento económico financiero R, puede obtenerse a partir de dos modelos alternativos:

1. A través de la relación borrosa entre síntomas y causas de las m empresas, para un momento dado en el tiempo, es decir, para un T_k fijo. Se obtendrá una cierta matriz R_k .

2. A través de la relación borrosa entre síntomas y causas en los t períodos, para una empresa dada E_h , del conjunto E. Y en este caso, se obtendrá la matriz R_h .

Si se obtiene R a partir del primer sistema, considerando los t períodos, se pueden "agregar" las t matrices R_k que se obtengan para alcanzar una matriz de conocimiento económico - financiero representativa. Obtenida R siguiendo la segunda alternativa, se obtendrá una matriz R_h y entonces consideradas las m empresas del

conjunto E, se pueden agregar las m matrices R_h de cada empresa para obtener nuevamente otra relación de conocimiento económico-financiero.

La estimación de R a partir de R_h posee la ventaja de darle al modelo cierta estabilidad y consistencia en las relaciones borrosas, dado que la información surge de la misma empresa, en cambio, cuando la matriz surge de la comparación entre empresas puede no tenerla. No obstante, la estimación de R a partir de R_h , es decir, a partir de una sola empresa, es incompleta, ya que no es de esperar que una sola empresa tenga durante el período estudiado todos los posibles estados de la naturaleza que generen una R con características de generalidad.

Inclusive, es posible que una empresa en la cual dentro del horizonte temporal analizado posea un buen "estado de salud", es decir, niveles de intensidad de síntomas bajos, se obtendrán valores de r_{ij} bajos, que no reflejarán la verdadera relación entre síntoma y causa. Esta situación es, aparentemente, análoga a lo que ocurre en los modelos clásicos de predicción de quiebras, en los cuales para estimar la función discriminante se parte de conjuntos de empresas quebradas y no quebradas. Es decir, será muy difícil, sino imposible, determinar las relaciones entre síntomas y causas si no se dispone de empresas con problemas.

La estimación de R utilizando R_k tiene la ventaja que, al tomar información de muchas empresas, puede entonces incorporar todos los posibles estados de la naturaleza y con ello dotar de generalidad a la matriz de conocimiento económico - financiero así estimada. Sin embargo, puede existir algún problema de incongruencia en la estimación de R a través de R_k , provocado principalmente por

inestabilidad en algunas relaciones, generadas a través de empresas (o de una empresa) que no responden a la causalidad común de la mayoría de empresas, y que deterioraran la relación real. Sin embargo, existen técnicas que permiten que este problema, sino es eliminado, sea suavizado a partir de métodos de filtrado.

Asimismo, y en otro orden de cosas, la estimación de R de acuerdo a R_k , se realiza en un momento dado del tiempo, y probablemente la misma no capte así los efectos temporales que se generan entre síntomas y causas de un período a otro. Inclusive, lo mismo puede ocurrir a partir de posibles variaciones en las relaciones, es decir, aumentos o disminuciones de la causalidad entre síntomas y causas que se deben a modificaciones en los estándares aceptados en la economía. No obstante, este problema puede solucionarse utilizando métodos apropiados de agregación de matrices, tal y como veremos.

5 Determinación de la matriz R de conocimiento económico financiero para un año T_k del horizonte temporal.

Tal como se ha comentado en el apartado anterior nuestra tarea es la de construir la matriz R de conocimiento económico-financiero, ya que este es el elemento sustancial sobre el que se basará el diagnóstico de la situación de las empresas. Esta construcción se realizada únicamente para el supuesto de analizar los datos de las m empresas de la muestra en un año concreto T_k , dado que esta era la alternativa más estable tal como hemos discutido anteriormente.

5.1. Construcción de las funciones de pertenencia.

En esta primera etapa y una vez seleccionados los síntomas, las causas, las empresas y los períodos o años de observación, se deben construir las funciones de pertenencia tanto de los síntomas como de las causas, ya que a través de ellas se establecerán las relaciones de incidencia.

5.1.1 Función de pertenencia de los síntomas.

La existencia de síntomas, que tal como se definieron, pueden ser medidos de manera objetiva, permite la utilización de ciertos procedimientos de construcción de funciones de pertenencia (Xiadong (1998) y Zhang (1993)), que pueden ser asimilados a la idea de frecuencia relativa.

De esta manera, determinados los conjuntos de empresas y síntomas; se mide para cada una de las m empresas el nivel nominal de cada síntoma S_i , a partir de esta medición se puede construir la matriz SE , donde $SE = [se_{hi}]$ es una matriz de orden $m \times n$ (m empresas por n síntomas), que incorpora el nivel medido en forma nominal de cada síntoma:

$$SE = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \dots & S_i & \dots & S_n \\ E_1 & se_{11} & se_{12} & \dots & se_{1i} & \dots & se_{1n} \\ E_2 & se_{21} & se_{22} & \dots & se_{2i} & \dots & se_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_h & se_{h1} & se_{h2} & \dots & se_{hi} & \dots & se_{hn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_m & se_{m1} & se_{m2} & \dots & se_{mi} & \dots & se_{mn} \end{matrix} \quad (14)$$

A partir de los niveles nominales de los síntomas en cada empresa, los se_{hi} , para obtener la función de pertenencia se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Determinar inicialmente el sentido de la propiedad p_i con respecto al síntoma S_i . Es decir, por ejemplo, si el síntoma S_i es la solvencia, el sentido es positivo, cuanto más elevada sea la solvencia, mejor es el estado financiero. Por lo tanto, el nivel de pertenencia más bajo (es decir el síntoma aparece con baja intensidad) corresponde a la empresa de mayor solvencia, o lo que es lo mismo, la empresa presenta un bajo nivel de problemas de solvencia. La determinación del sentido sirve para luego efectuar el orden total de las columnas de la matriz SE .

2. Se efectúa el orden total para cada síntoma S_i , en función del sentido determinado en 1). Es decir, se ordenan los se_{hi} elementos, para un i dado, de tal forma que, si el sentido es positivo se ordenan de menor a mayor, y en caso contrario de mayor a menor.

3. Ordenados los elementos, el nivel de incidencia del síntoma S_i en la empresa E_h , $\mu_{S_i}(se_{hi})$, se estima como el cociente entre el orden del síntoma S_i de la empresa según la ordenación establecida en 2) y el cardinal del conjunto, que se corresponde al número de empresas. Es decir.

$$\mu_{S_i}(se_{hi}) = q_{hi} = \frac{se_{hi}}{E_h} = \frac{se_{hi}}{m} \quad (15)$$

4. Realizado el procedimiento para todos los síntomas, se obtiene una matriz que denotamos por $Q=[q_{hi}]$, de orden $m \times n$ (m empresas por n síntomas), en la que cada elemento q_{hi} expresa el nivel de intensidad en que cada síntoma S_i se presenta en cada empresa E_h .

$$Q = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \dots & S_i & \dots & S_n \\ \begin{matrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_h \\ \dots \\ E_m \end{matrix} & \begin{matrix} q_{11} \\ q_{21} \\ \dots \\ q_{h1} \\ \dots \\ q_{m1} \end{matrix} & \begin{matrix} q_{12} \\ q_{22} \\ \dots \\ q_{h2} \\ \dots \\ q_{m2} \end{matrix} & \begin{matrix} \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{matrix} & \begin{matrix} q_{1i} \\ q_{2i} \\ \dots \\ q_{hi} \\ \dots \\ q_{mi} \end{matrix} & \begin{matrix} \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{matrix} & \begin{matrix} q_{1n} \\ q_{2n} \\ \dots \\ q_{hn} \\ \dots \\ q_{mn} \end{matrix} \end{matrix} \quad (16)$$

5.1.2. Función de pertenencia de las causas.

La consideración de la función de pertenencia de las causas es, en gran medida, diferente a la que se realizó

para la función de pertenencia de los síntomas. En primer lugar, la analogía que es posible realizar de las *causas* económico-financieras con las *causas* que se originan en el diagnóstico médico no es tan clara como cuando se compara con la que se realiza para los síntomas. Esto es así por que mientras en el diagnóstico médico las causas claramente se identifican con las conocidas enfermedades, en el diagnóstico económico - financiero la literatura aún no ha definido en la actualidad un listado claro y detallado de los que se podría denominar *enfermedades* económico - financieras.

En segundo lugar, las llamadas enfermedades son, en muchos casos, identificadas por expertos, quienes mediante el conocimiento adquirido de la experiencia, pueden “diagnosticar” con cierta subjetividad enfermedades (causas), las cuales son las que provocan los niveles relativos de los síntomas. Finalmente, las causas pueden tener origen endógeno y exógeno.

El problema del tipo de medición (objetiva o subjetiva) de las causas que se definan, es de particular importancia por el hecho de que si existe la medición objetiva, entonces, es factible plantear la construcción de la función de pertenencia con un procedimiento similar al planteado para el caso de los síntomas. En el caso de que la causa se mida en forma subjetiva, entonces hay que desarrollar un procedimiento que permita construir su función de pertenencia.

La distinción del origen de las causas en endógenas y exógenas no se relaciona con la posibilidad de construcción de la función de pertenencia, sino, principalmente, con el posible grado de afectación de una causa a distintas empresas. Situación que será importante a la hora de

evaluar las inconsistencias en la determinación de la matriz R de conocimiento económico - financiero.

Las causas exógenas, como son semejantes para todas las empresas implican la construcción de solo una función de pertenencia, que será común a todas ellas. No obstante, cuando las causas son endógenas cada empresa deberá tener una función de pertenencia particular, dado que la intensidad de la causa C_j será propia de cada empresa.

Así, partiendo del conjunto de causas $C = \{ C_j \}$ con $j = 1, 2, \dots, p$, lo subdividimos en dos subconjuntos, C_j^S con $j=1, 2, \dots, s$, que corresponde a las s causas medibles subjetivamente, y C_j^O con $j=s+1, s+2, \dots, p$, que corresponde a las $(p - s)$ causas medibles objetivamente. Así, $\{ C_j \}_{j=1, 2, \dots, p} = \{ C_j^S \}_{j=1, \dots, s} \cup \{ C_j^O \}_{j=s+1, \dots, p}$.

Se define CE, como la matriz que incorpora el nivel medido en forma nominal, objetiva o subjetivamente de cada causa C_j en cada empresa E_h . Por lo cual, la fila h de la matriz CE representa el nivel nominal de las p causas considerados en la empresa E_h , siendo, por tanto, CE una matriz de orden $m \times p$ (m empresas por p causas).

No obstante, la matriz CE puede ser dividida en dos submatrices, en función de que el conjunto de causas sean objetiva o subjetivamente medibles. De este modo:

$$[CE] = [[CE^S] [CE^O]] \quad (17)$$

La submatriz CE^S es de orden $m \times s$ (m empresas por s causas medibles subjetivamente), y la matriz CE^O es de orden $m \times (p - s)$ (m empresas y $(p-s)$ causas medibles objetivamente), y pueden representarse como:

A) Función de pertenencia de las causas subjetivamente medibles en cada una de las empresas.

Cuando la causa es subjetivamente medible, se recurre a un conjunto de expertos para cada empresa E_h , $G^h = \{G_e^h\}$ donde $e=1,2,\dots,g$, para que realicen una valoración del nivel de intensidad de cada causa C_j , en la empresa E_h .

La captación de opiniones de expertos puede efectuarse de diversas formas, aquí se proponen tres métodos conocidos:

1. Etiquetas lingüísticas
2. Intervalos de confianza
3. Valuación simple

Obtenida la valoración, se debe realizar la conversión correspondiente con el fin de obtener un único valor comprendido en el intervalo $[0,1]$, es decir, una valuación simple. Si la valoración se proporciona con etiquetas lingüísticas se debe buscar su valuación equivalente en una escala $[0,1]$ previamente determinada. Si la valoración se realiza mediante intervalos de confianza, se tomará el punto medio del intervalo.

Por lo tanto para cada causa y empresa, se obtienen "g" opiniones, que se representan como ce_{ej}^h , siendo esta, la opinión del experto G_e^h respecto a la presencia de la causa C_j en la empresa E_h .

Para estimar el valor de la intensidad de una causa C_j en una empresa E_h , que denotamos por ce_j^h , se realizará una media ponderada según las opiniones de los expertos.

Así, si ge_c^h es el peso del experto G_c^h , en la empresa h, el valor de ce_j^h se hallará como:

$$ce_j^h = \sum_{c=1}^g ce_{cj}^h \cdot ge_c^h \quad (21)$$

donde: $\sum_{c=1}^g ge_c^h = 1$. Evidentemente, si las opiniones de todos los expertos ponderan por igual, entonces $ge_c^h = \frac{1}{g} \forall e$.

Realizado el procedimiento para cada empresa y todas las causas subjetivamente medibles se obtiene la submatriz CE^S directamente, ya que los elementos ce_{hi} , tal como se han construido, varían entre $[0,1]$, por lo que se corresponden al nivel de incidencia de la causa C_j en la empresa E_h .

B) Función de pertenencia de las causas objetivamente medibles en cada una de las empresas.

La función de pertenencia de las causas que son objetivamente medibles, se estima de forma similar a como se realizó para los síntomas. Se valora para cada una de las m empresas el nivel nominal de cada causa C_j , y con ello se construye la submatriz CE^O . La construcción de la función de pertenencia se realizada mediante las etapas siguientes:

1. Se determina inicialmente el sentido de la propiedad p_i con respecto a la causa C_j , la cual se utiliza para establecer el orden de las columnas de la submatriz CE^O .

2. Se establece la ordenación para cada causa C_j , en función del sentido determinado en 1). Por lo tanto, se ordenan los ce_{hi} de tal forma que, si el sentido es positivo, se ordenan de menor a mayor, y en caso contrario de mayor a menor.

3. Ordenados los elementos, el nivel de incidencia de la causa C_j en la empresa E_h , $\mu_{C_j}^0(ce_{hj})$, se estima como el cociente entre el orden de la causa C_j en la empresa según la ordenación establecida en 2) y el cardinal del total del conjunto, que es el número de empresas. Es decir:

$$\mu_{C_j}^0(ce_{hj}) = p_{hj} = \frac{cej}{E_h} = \frac{ce_{hj}}{m} \quad (22)$$

4. Obtenidos $\mu_{C_j}^0(ce_{hj})$, que son los niveles de pertenencia para las m empresas de las $(p - s)$ causas objetivamente medibles, se obtiene la submatriz CE^s .

C) Función de pertenencia de las causas en cada una de las empresas.

Una vez obtenidas las submatrices $[CE^s]$ y $[CE^0]$, se puede construir la matriz P que incorpora el grado de intensidad en que cada causa se encuentra en cada una de las m empresas, sin más que tomar ce_j^h como p_{hj} para $j=1.....s$ y $\mu_{C_j}^0(ce_{hj})$ como p_{hj} para $j=(s+1).....p$. Es decir:

$$P = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_p \\ E_1 & p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1j} & \dots & p_{1p} \\ E_2 & p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2j} & \dots & p_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_h & p_{h1} & p_{h2} & \dots & p_{hj} & \dots & p_{hp} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_m & p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mj} & \dots & p_{mp} \end{matrix} \quad (23)$$

5.2. Etapa de determinación de la matriz R para un año específico.

Obtenidas las matrices Q y P, que miden, respectivamente, la presencia de los síntomas y las causas en cada una de las m empresas para un año específico, debemos proceder a hallar la matriz R cuyos elementos r_{ij} miden la intensidad de incidencia de un síntoma S_i en una causa C_j . Para hallar la matriz R partimos de la ecuación:

$$P=Q \circ R \quad (24)$$

Dado que en la ecuación anterior se conocen P y Q y la incógnita es R, de acuerdo con el método de resolución de ecuaciones borrosas planteado por Sánchez (1979) y expuesto en el apartado 3, se tiene que la mayor solución es:

$$R = Q^{-1} \alpha P \text{ ,siendo, } Q^{-1} = [q_{hi}]^{-1} = [q_{ih}] \quad (25)$$

Es decir:

$$R = Q^{-1} \alpha P = [q_{ih}] \alpha [p_{hj}] = [r_{ij}] \quad (26)$$

Y donde, siguiendo a Sánchez (1979), la operación, $R = Q^{-1} \alpha P$, se define como:

$$[r_{ij}] = \Lambda [q_{ih} \alpha p_{hj}] \quad (27)$$

_h

donde,

$$q_{ih} \alpha p_{hj} = \begin{cases} 1 & \text{si } q_{ih} \leq p_{hj} \\ p_{hj} & \text{si } q_{ih} > p_{hj} \end{cases} \quad (28)$$

Obteniéndose así la matriz R de conocimiento económico-financiero.

5.3. Etapa de análisis de inconsistencias en los componentes de R.

Una cuestión importante para analizar son aquellas situaciones en las que una o pocas empresas presentan una relación causa - síntoma sustancialmente diferente a la mayoría de las empresas estudiadas, y al tomar el mínimo puede resultar que predomine la situación de la empresa anómala. Así pues, la aplicación del operador alfa puede implicar algún tipo de inconsistencia, que puede ser tratada con algún método de filtrado. Sin embargo, los métodos de filtrado son excesivamente laboriosos, ya que se ha de descomponer cada uno de los componentes que se utiliza para estimar los r_{ij} .

No obstante, en general, la inconsistencia ocurre cuando existen niveles de intensidad elevados para

muchas empresas y bajo para pocas, y el indicador alfa puede seleccionar la intensidad menor, a pesar de que en la mayoría de empresas el nivel de incidencia del síntoma es mayor que el de la causa. De esta forma, la posible inconsistencia puede ocurrir cuando los niveles de r_{ij} son bajos, con lo cual, un criterio podrá ser analizar la inconsistencia para todos los $r_{ij} < 0.5$.

Proponemos evaluar la inconsistencia aplicando el siguiente algoritmo:

1. Se seleccionaron los r_{ij} que se evaluarán, en general los $r_{ij} < 0.5$.
2. Se supone que $(q_{hi} \alpha p_{hj}) = \beta_h$, donde h varía entre 1 y m .
3. La menor relación para r_{ij} , es β_h^* . De esta forma, la distancia entre el menor nivel de incidencia β_h^* , y cualquiera del resto de los niveles de incidencia (β_h) será: $\beta_h - \beta_h^* \geq 0$.
4. Se determina ϕ^* , es decir, la distancia máxima admitida entre las β_h y β_h^*
5. Se estima la distancia promedio, ϕ , a partir de:

$$\phi = \frac{\sum_{h=1}^m (\beta_h - \beta_h^*)}{m-1} \quad (29)$$

donde el denominador de la expresión es $m-1$, dado que se elimina la incidencia en la distancia del propio β_h^* .

6. Si $\phi > \phi^*$, entonces, se procede a eliminar la empresa a partir de la cual se seleccionó β_h^* , y se debe proceder nuevamente a

elegir β_h^* (es decir, nuevamente el r_{ij}), pero con $m-1$ empresas.

7. El procedimiento se repite hasta que $\phi^* > \phi$. Finalizada las iteraciones para todos los niveles de incidencia, se determina la nueva matriz R , que denotamos por R^* .

En relación a la elección arbitraria del valor fijado ϕ^* , no debe ser excesivamente pequeño, dado que en ese caso, la cantidad de iteraciones que se realizaría será muy elevada, lo que supondría la eliminación de un gran número de empresas. En el supuesto en que ϕ^* sea lo suficientemente alto, y aún así se deben eliminar muchas empresas, cabría pensar que el grupo escogido se divide en dos subgrupos bien diferenciados. Un grupo de empresas que experimentan relaciones de magnitud significativas entre síntomas y causas, y otro grupo de empresas que experimentan relaciones de incidencia débiles.

Cabe un comentario cuando el número de empresas escogido es reducido, ya que puede ocurrir que, si para una empresa β_h es muy elevado y para el resto de las empresas la misma incidencia es muy reducida, entonces, puede resultar muy significativa la influencia en el promedio del β_h de la empresa cuyo nivel es muy superior al resto del grupo. Esta circunstancia aumenta el valor del indicador " ϕ ", con lo cual se incrementa la posibilidad de que $\phi \geq \phi^*$. El problema en realidad se resuelve eliminando la empresa con β_h , mayor. En síntesis, la recomendación para no caer en este ajuste impropio es, seleccionar apropiadamente un número relativamente elevado de empresas por un lado, y por otro, elegir un valor de ϕ^* no demasiado pequeño, para que no nos

obligue a realizar ajustes continuos en la estimación del nivel de incidencia significativo

5.4. Determinación de la matriz \mathfrak{R} de conocimiento económico financiero a partir de la agregación de las matrices R^* .

Una vez hallada R^* , es decir, la matriz R para un año concreto en la que se ha eliminado la posible inconsistencia, se debería proceder a agregar las diferentes matrices R^* calculadas para cada período T_k . Con ello obtendríamos una matriz de conocimiento económico financiero representativa de todas las empresas para todos los años analizados.

Los operadores que se definen bajo la idea de las "Medias Generalizadas", responden satisfactoriamente a los requerimientos axiomáticos para la agregación de conjuntos borrosos. Por tanto, una primera solución al problema de la agregación de matrices, es proporcionar una matriz promedio, partiendo de algún operador definido a partir del concepto de "medias generalizadas". Si bien la estimación del r_{ij} representativo a través de las medias generalizadas es un cálculo simple e intuitivamente razonable, su utilización presenta desventajas cuando existen tendencias a lo largo del tiempo. Así, si el valor de alguna de las intensidades se modifica en forma monótona, la estimación de un parámetro representativo a partir del método de las medias generalizadas sobre-estimaré la relación en caso que la intensidad esté decreciendo y la sub-estimaré en caso de que la misma esté creciendo. Por lo cual, la utilización de una relación media, no representará fielmente cual es el estado actual de la relación entre síntoma y causa.

Esta situación implica que será necesario evaluar el comportamiento de cada r_{ij} , con anterioridad a proceder a efectuar la operación sobre las matrices, para que el método utilizado no desvirtúe los resultados. A continuación, se propone una mecánica para evaluar un indicador de tendencia de los r_{ij} , que permite obtener la información suficiente para la posterior elección del método de agregación.

5.4.1. Determinación de la existencia de tendencia.

Para la determinación de la existencia de tendencia proponemos la utilización del siguiente indicador de nivel de tendencia ξ :

$$\xi = \frac{\sum_{k=2}^t (r_{ij}^{(k)} - r_{ij}^{(k-1)})}{\sum_{k=2}^t (r_{ij}^{(k)} + r_{ij}^{(k-1)})} \quad (30)$$

Tal como se ha definido el indicador ξ tomados valores entre -1 y 1 ($-1 \leq \xi \leq 1$), y podemos realizar las siguientes interpretaciones:

- 1) es igual a la unidad, cuando el r_{ij} crece continuamente o bien, habiendo crecido por lo menos un período, no decrece más.
- 2) oscila entre 1 y 0, cuando r_{ij} experimenta tendencias crecientes y decrecientes, pero prevalece la tendencia creciente,

3) es igual a -1 , cuando el r_{ij} decrece continuamente o bien, habiendo decrecido por lo menos un período, no crece más.

4) oscila entre 0 y -1 , cuando r_{ij} experimenta tendencias crecientes y decrecientes, pero prevalece la tendencia decreciente.

El parámetro ξ permite tomar una decisión para optar por algún operador que permita construir una R representativa. No obstante, dado que ξ varía entre -1 y 1 , la regla de decisión que se elija debe diseñarse en virtud de aceptar que existe algún nivel de tendencia cuando el valor absoluto de ξ es mayor a un $\xi^* > 0$ determinado. Por tanto, se procederá de la siguiente forma:

1.- Se determina el nivel ξ^* a partir del cual se aceptará la existencia de tendencia.

2.- Se compara ξ^* con ξ en valor absoluto.

i) Si $|\xi| > \xi^*$ entonces se acepta la existencia de tendencia.

ii) Si $|\xi| < \xi^*$ no existe tendencia.

5.4.2. Asignación de un operador para realizar la agregación

Como fue señalado en el apartado anterior, la "agregación" de acuerdo al criterio de las medias generalizadas, no es conveniente cuando el r_{ij} experimenta alguna tendencia creciente o decreciente. Por tanto, en función de la existencia de tendencia o no, se propone utilizar, para la agregación de las matrices, R^* , los siguientes operadores:

a) Si $|\xi| > \xi^*$ y $\xi > 0$ entonces se acepta la existencia de una tendencia creciente, y se utiliza el operador:

$$r_{ij} = (r_{ij})_{k-1} \circ (r_{ij})_k = \underset{k}{\text{Max}} (\text{Min} ((r_{ij})_k, (r_{ij})_{k-1})) \quad (31)$$

b) Si $|\xi| > \xi^*$ y $\xi < 0$ entonces se acepta la existencia de una tendencia decreciente y el operador de agregación es:

$$r_{ij} = (r_{ij})_{k-1} \circ (r_{ij})_k = \underset{k}{\text{Min}} (\text{Max} ((r_{ij})_k, (r_{ij})_{k-1})) \quad (32)$$

c) Si $\xi > 0$ ó $\xi < 0$ y $|\xi| < \xi^*$ entonces se considera que no existe tendencia y el operador de agregación que se propone es el de las medias generalizadas:

$$h_{\varphi}((r_{ij})_1, (r_{ij})_2, \dots, (r_{ij})_k, \dots, (r_{ij})_t) = \left[\frac{\sum_{k=1}^t ((r_{ij})_k)^{\varphi}}{t} \right]^{\frac{1}{\varphi}} \quad (33)$$

Una vez se ha seleccionado el mejor operador de agregación, se procede a la agregación de las t matrices R^* obteniéndose la matriz \mathfrak{R} de conocimiento económico financiero, de la forma

$$\mathfrak{R} = \begin{array}{c} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_i \\ \dots \\ S_n \end{array} \begin{array}{cccccc} C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_p \\ \hline r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2p} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{ip} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{np} \end{array} \quad (34)$$

6. El pronóstico de la situación económico financiera a partir de la aplicación de la matriz \mathfrak{R}

La matriz \mathfrak{R} puede utilizarse para efectuar pronósticos económico-financieros. Es decir, a partir de los síntomas de una empresa, que vienen expresados mediante ratios, la aplicación de la matriz \mathfrak{R} permite pronosticar el nivel de incidencia posible de cada causa C_j definida en el modelo. Por tanto, utilizando la metodología propuesta, es posible determinar las posibles “enfermedades” de la empresa estudiada.

La posibilidad de efectuar un pronóstico mediante la utilización del modelo desarrollado en esta investigación es uno de sus principales resultados. La razón es que justo en el momento de efectuar el pronóstico es cuando el modelo simula la acción del experto que evalúa la empresa, es decir, es cuando este último evalúa los niveles relativos de los síntomas, expresados a través de los ratios económico - financieros, y lleva a cabo un diagnóstico de la empresa, que no es otra cosa que enunciar las posibles causas que han llevado a la empresa a tal situación.

Si se tiene en cuenta que, de acuerdo a lo visto en la introducción, la posible existencia de ciertas causas en una empresa E_h se puede obtener a partir de la aplicación del operador max - min, entre el vector A_h y la matriz R , ahora, \mathfrak{R} . Es decir:

$$B_h = A_h \circ \mathfrak{R} = [b_{hj}], \text{ siendo } b_{hj} = \max (\min (a_{hi} , r_{ij})) \quad (35)$$

para efectuar el diagnóstico económico financiero, dada \mathfrak{R} , solo resta obtener el vector A_h , que indica el grado en que se observan los n síntomas, en la empresa E_h .

Sin embargo, los síntomas de la empresa, que en el caso del presente modelo corresponde a los distintos ratios utilizados, vienen expresados a partir del resultado de las relaciones estimadas, y no en niveles de incidencia, como lo requiere el vector A_h . Es decir, los síntomas vienen expresados de acuerdo a un vector, cuyos componentes son, siguiendo la nomenclatura usada, se_{hi} , que mide el nivel en forma nominal de cada síntoma S_i en la empresa E_h . Para hallar el nivel de incidencia que corresponde a cada síntoma, debe utilizarse el orden total realizado para cada síntoma S_i en la etapa de construcción de la función de pertenencia de los síntomas, especificado en el apartado 5.1.1.

Cuando se construyó la matriz Q , se partió de un orden total de cada síntoma S_i de acuerdo a los valores determinados de los mismos en la matriz $SE = [SE_{hi}]$. Por lo tanto, las funciones de pertenencia quedaron construidas a partir de la relación entre el valor de cada síntoma ordenado, y el cociente entre el cardinal asociado a cada síntoma ordenado y el cardinal del conjunto total, que es el número de empresas seleccionadas.

De esta forma, si, por ejemplo, el orden total de un síntoma S_i es el siguiente: $se_{3i} > se_{1i} > se_{2i} > \dots > se_{(h+2)i} > \dots > se_{(h+1)i} > \dots > se_{mi} > se_{hi}$, la función de pertenencia quedará construida de la siguiente forma:

S_i	$ se_{hi} / S_i ^*$	$\mu_{S_i}(se_{hi})$	q_{hi}
se_{3i}	$ se_{3i} /m$	$\mu_{S_i}(se_{3i})$	q_{3i}
se_{1i}	$ se_{1i} /m$	$\mu_{S_i}(se_{1i})$	q_{1i}
se_{2i}	$ se_{2i} /m$	$\mu_{S_i}(se_{2i})$	q_{2i}
...
$se_{(h+2)i}$	$ se_{(h+2)i} /m$	$\mu_{S_i}(se_{(h+2)i})$	$q_{(h+2)i}$
...
$se_{(h+1)i}$	$ se_{(h+1)i} /m$	$\mu_{S_i}(se_{(h+1)i})$	$q_{(h+1)i}$
...
se_{mi}	$ se_{mi} /m$	$\mu_{S_i}(se_{mi})$	q_{mi}
se_{hi}	$ se_{hi} /m$	$\mu_{S_i}(se_{hi})$	q_{hi}

(36)

De esta forma, contando con la función de pertenencia para cada síntoma, solo resta ubicar dentro de la función de pertenencia el valor se_{ih} , del síntoma S_i en la empresa E_h estudiada y determinar el valor de pertenencia $\mu_{S_i}(se_{hi})$. Hecho el procedimiento detallado para todos los síntomas considerados, se puede obtener el vector A_h .

Finalmente, obtenido A_h , se efectúa la operación entre el mismo y la matriz de conocimiento económico financiero, para determinar las posibles enfermedades de la empresa E_h .

$$B_h = A_h \circ \mathfrak{R} = [b_{hj}] \quad (37)$$

La operación descrita en la formula anterior significa el último paso del proceso de diagnóstico del modelo presentado en esta investigación, dado que los niveles de incidencia hallados en el vector B_h , expresarán las posibles causas (o enfermedades) que son razón de los males de la empresa. En términos generales puede decirse que, para

toda causa C_j , cuyo nivel de incidencia para la empresa E_h , (b_{hj}), sea superior a 0,5, entonces es posible suponer que la empresa se encuentra "enferma" de esa causa C_j .

No obstante, el nivel de incidencia seleccionado para decidir sobre el valor a partir del cual se admite la presencia de alguna enfermedad es claramente subjetivo y dependerá del posicionamiento frente al riesgo del analista que lleve adelante el proceso de diagnóstico. Un nivel del 0,5 puede significar cierta neutralidad frente al riesgo. Un analista muy adverso al riesgo, probablemente, elegirá un valor más bajo que 0,5, en el sentido que pocos grados de incidencia ya indican la presencia de problemas. Finalmente, por el contrario un analista amante del riesgo propondrá niveles altos de decisión

7. Conclusiones.

El problema del diagnóstico Económico - Financiero no ha recibido en la literatura clásica la atención suficiente, para que al mismo se lo considere un tema relativamente resuelto en la actualidad. Entre las principales razones que explican el bajo desarrollo de este tipo de modelos se encuentra la propia complejidad en la cual se desarrolla el procedimiento de diagnóstico. El input del proceso está conformado por variables cuantitativas y cualitativas y por estimaciones paramétricas y conjeturales; todas ellas se entremezclan mediante la acción del analista a partir del cual se obtiene el output del mismo, que se denomina diagnóstico.

Tradicionalmente el diagnóstico económico-financiero, para identificar los problemas de las empresas, se ha desarrollado mediante dos tipos de modelos: el de los Ratios y los que se agrupan bajo la denominación de Predicción de la Insolvencia Empresarial.

Si bien el modelo de los ratios ha sido el tradicionalmente utilizado presenta algunos problemas como: su bajo nivel de formalización, la falta de consenso sobre que ratios se deben utilizar, se basa en la experiencia del analista y un mismo valor del ratio puede tener distinto significado según la empresa o el sector que se analice. Además, en el modelo de los ratios no se establece la relación causa-efecto, simplemente el ratio es una manifestación de un problema (síntoma o efecto). La tarea de relacionar síntomas y causas es una labor que debe realizar el analista a través de su experiencia.

En cuanto a los modelos de Predicción de la Insolvencia Empresarial los primeros que se encuentran en

la literatura son las aportaciones de Beaver (1966) y Altman (1968). Tanto Beaver como Altman emplean en sus trabajos el Análisis Discriminante, para determinar una variable o un grupo de variables que puedan ser usadas para separar entre empresas sanas y fracasadas, y la separación a priori de estos grupos se realiza utilizando esa misma variable cualitativa. Las aportaciones de Beaver y Altman fueron ampliamente enriquecidas a partir del desarrollo de diferentes modelos que contribuyeron al estudio proponiendo esquemas con menores limitaciones metodológicas. Se incluyen dentro de estas propuestas, principalmente, los modelos que utilizan la probabilidad para predecir la insolvencia, en particular los modelos de probabilidad condicional LOGIT y PROBIT.

Aun con los problemas que supone establecer una definición generalmente aceptada de fracaso empresarial, estos modelos de predicción ocuparon la mayor parte de cuestiones relativas a diagnóstico económico – financiero en la literatura clásica desde la década de los setenta. La principal limitación de estos modelos estriba en que se limitan a dar información sobre el valor “score” que sitúa a la empresa como sana o no, sin entrar en cuales son los problemas y las causas que le han llevado a esta situación. Además pueden enunciarse ciertas limitaciones metodológicas que debilitan su utilización: el problema de la variable dependiente, el problema de la selección de la muestra, el problema de las variables independientes, el problema de los errores de clasificación, la aplicación de los modelos a priori y los problemas particulares de los modelos Discriminante y LOGIT.

Los problemas señalados abrieron el camino para el desarrollo de otros modelos que se clasificaron en la literatura como Modelos no Paramétricos, como son: el

Algoritmo de Particionamiento Recursivo, la utilización de Redes Neuronales y el modelo de Argenti. En especial, el modelo de la A-score de Argenti posee la virtud de ser el primer enfoque que pone atención al problema de la definición de la variable independiente del modelo, sin embargo, otorga demasiada importancia a cuestiones internas de la empresa y tiene una visión relativamente estrecha del número de causas que generan el fracaso de la empresa.

Una última aportación que intentaba corregir los problemas descritos proviene del Modelo de Planificación Estratégica, dado que el mismo incluye, en su análisis, una diversidad de elementos internos y externos a la empresa, así como de variables cuantitativas y cualitativas. Sin embargo, posee un bajo nivel de formalización, por lo que sus resultados dependan del juicio del analista. Además no existe una explicitación del modelo en términos de causas y efectos, con lo cual la totalidad de las variables se encuentran en el mismo nivel de análisis.

La complejidad del problema, la existencia de variables de todo tipo, pero en especial cualitativas, la necesidad de modelar el conocimiento experto en el proceso de diagnóstico y la importante carga en este proceso de elementos de subjetividad e incertidumbre, abrieron el campo para plantear una solución a este problema utilizando elementos de lógica borrosa.

Para superar estas limitaciones, proponemos un modelo de diagnóstico económico-financiero partiendo de un esquema causa-efecto que simula la acción del analista en su tarea de diagnóstico. Para ello nos fundamentamos en el modelo de Elie Sanchez (1979) que, basándose en la resolución de ecuaciones binarias borrosas, permite

identificar las relaciones de incidencia entre síntomas y enfermedades, con lo cual, dados los síntomas de un paciente y conociendo las relaciones de incidencia, permite determinar las enfermedades.

No es una novedad el establecimiento del diagnóstico médico, en términos de enfermedad, como símil para el análisis económico-financiero y la detección de “enfermedades” en las empresas. El objetivo es determinar una “Matriz de Conocimiento Económico-Financiero” que permita, dados los síntomas y a partir del nivel de intensidad de los mismos, determinar el grado en que se encuentran los principales problemas o enfermedades. Los síntomas se corresponden a los ratios y las enfermedades serán las causas que habrá que determinar y que generan anomalías.

La matriz de conocimiento económico-financiero, R , representa una relación borrosa binaria entre causas y síntomas, por tanto, los elementos de la matriz R representan en que grado la presencia de un síntoma significa la existencia, en un cierto nivel, de una causa (enfermedad) concreta. Los síntomas se podrán, en muchas ocasiones, representar a través de los ratios, mientras que las causas son los problemas que generan el estado relativo de los síntomas. Sin embargo, en el momento del diagnóstico las causas no se conocen y los síntomas sí, por lo que el estado relativo de aquellos servirá para determinar el estado relativo de las causas. Esta matriz R se construirá en base al análisis de síntomas y causas para un momento concreto y para m empresas, ya que así se dota de estabilidad a la matriz, para evitar el problema que supone hallar una matriz para un solo momento del tiempo, se agregarán las matrices calculadas para diferentes momentos.

Una vez determinadas las funciones de pertenencia de los síntomas y las causas se determina la matriz R para un período concreto resolviendo la ecuación borrosa mediante el método planteado por Sanchez (1979) y utilizando el operador α definido. Tras resolver los problemas de inconsistencia que pueden producir algunas empresas, se obtiene la matriz R agregando las matrices en diferentes momentos del tiempo utilizando distintos operadores en función de la tendencia que marquen las matrices halladas.

Con la matriz agregada se pueden efectuar los pronósticos económicos-financieros, es decir, con los síntomas conocidos de una empresa, representados por ratios, la aplicación de la matriz de conocimiento económico-financiero permite pronosticar el nivel de incidencia posible de cada causa definida, por tanto es posible determinar las "enfermedades" de la empresa estudiada y además saber los motivos de la misma.

En general, puede afirmarse que el modelo propuesto posee una visión integradora que lo relaciona con aquellos aspectos distintivos de los modelos de Argenti y de Planificación Estratégica. En primer lugar, el reconocimiento explícito de la posibilidad de interrelación entre las variables tanto cualitativas como cuantitativas significa avanzar un paso importante con respecto a los modelos tradicionales. En segundo lugar, la idea de causalidad como elemento clave en el proceso de diagnóstico. Aún cuando estos dos aspectos son desarrollados con amplitud y parecen brindar un progreso cuando se compara los mismos con los modelos clásico, existe un elemento claramente distintivo de este modelo, su grado de formalización que permite reducir la discrecionalidad en su aplicación.

A modo de resumen podríamos establecer que las principales características del modelo presentado son:

1) Incorpora tanto variables cualitativas como cuantitativas.

2) Identifica y diferencia variables que son "síntomas" (o efectos) y variables que son "enfermedades" (o causas). La idea esencial del modelo, desde el punto de vista empírico, radica en la posibilidad de "predecir enfermedades" a partir de cierto estado relativo de los síntomas, con lo cual la noción causa - efecto esta intrínsecamente contenida dentro del mismo. Específicamente, el modelo relaciona el conjunto de síntomas con los ratios económico - financieros y el conjunto de causas con un grupo de aspectos originados en el interior (endógenas) o exterior (exógenas) de la empresa, que afectan a sus resultados.

3) Determinar las interrelaciones entre causas y efectos mediante el desarrollo de una metodología para hallar un conjunto de niveles de incidencia (r_{ij}) que sean significativos para explicar la verdadera relación existente entre síntomas y enfermedades (es decir, efectos y causas). Si es posible determinar una matriz que incorpore relaciones de incidencia significativas, entre síntoma y causa, y a partir de esa matriz, imitar la acción del analista en su tarea de diagnóstico que efectúa a partir del valor relativo de los síntomas, entonces, hemos podido modelizar el conocimiento experto.

Finalmente, cabe resaltar dos aspectos diferenciales del modelo propuesto. Por un lado, la baja utilización de instrumentos que posean un carácter altamente subjetivo, y por otro, la facilidad de aplicación para efectuar el pronóstico de la situación económico financiera de una empresa.

El modelo ha intentado reducir en lo posible aquellos aspectos que podían incrementar los elementos subjetivos del mismo. Así, por ejemplo, el nivel de incidencia entre síntoma y causa (r_{ij}) no es determinado por el experto, sino a partir del Método de Resolución de Ecuaciones Binarias Borrosas propuesto por E. Sanchez, partiendo de las funciones de pertenencia de los síntomas y de las causas. Por otro lado, para la estimación de las funciones de pertenencia de los síntomas se utilizan métodos de construcción de las mismas que se basan en el concepto de frecuencia relativa, lo que implica reducir la participación del experto en su construcción.

La finalidad del modelo es el pronóstico de la situación económica financiera, y este puede llevarse a cabo de manera sencilla. Obtenida R , el analista solo debe cuantificar el conjunto de ratios definido en el modelo y cada uno de estos ratios se interpolan de manera simple para obtener los niveles de pertenencia de cada síntoma (dicho en otras palabras, cual es la gravedad del síntoma), para lo cual se utilizan las funciones de pertenencia de cada síntoma, según el modelo desarrollado, resultando el vector A_h para la empresa h . Finalmente, efectuando la operación $A_h \circ R$, se obtiene el vector B_{hj} que indica cuales son las enfermedades que pueden estar afectando a la empresa.

Creemos que este modelo puede avanzar en el diagnóstico empresarial, ya que a diferencia de los métodos llamemos clásicos, con este modelo es posible no solo predecir de forma más objetiva (una vez determinados las causas, los síntomas y el nivel de incidencia de estas en aquellas) los posibles problemas o enfermedades de las empresas, sino que también pueden conocerse los motivos o causas que lo provocan. Además el modelo permite realizar predicciones con la antelación suficiente para permitir al gestor tomar las decisiones oportunas para paliar los problemas o aprovechar las situaciones beneficiosas.

8. Bibliografía

Altman, E. (1968): "Financial ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy". *Journal of Finance*. Vol XXIII, Nro. 4. September, pp.589-609.

Altman, E.I. (1981): "Corporate Financial Distress and Bankruptcy" Second Edition. John Wiley & Sons, Incl. New Cork

Altman, E.I. (1988): "The prediction of Corporate Bankruptcy". Garland Publishing. New York and London.

Argenti, J. (1976): "Corporate Collapse: The Causes and Symptoms". John Wiley and Sons, New York.

Beaver, W.(1966): " Financial Ratios as Predictors of Failure". *Journal of Accounting Research*, Supplement . pp 123-127.

Brignole, D, Vigier H. (1996) El diagnóstico en la empresa - III Congreso de SIGEF, Vol. I, Buenos Aires.

Brignole, D, Vigier H. (1997). El diagnóstico en la empresa II - IV Congreso de SIGEF, Vol. III.

Dambolena, I, Khoury S. (1980) "Ratio Stability and Corporate Failure". *Journal Of Finance*. Vol XXXV, Nro. 4. September. pp.1017-1026.

Deakin, Eduard (1976): " Distributions of Financial Accounting Ratios: Some Empirical Evidences". *The Accounting Review*. January.pp 90-96

Eisenbeis R.A. (1977) "Pitfalls in the Application of Discriminant Analysis in Business, Finance and Economics". *Journal of Finance*. Vol. XXXII, No.3, June, pp.875-900.

Gil Aluja, J. (1997): " Invertir en la Incertidumbre". Capítulo III. Ed. Pirámide. Madrid.

Gil Aluja, J. (1990) "Ensayo sobre un Modelo de Diagnóstico Económico - Financiero" Actas de las V Jornadas Hispano-Lusas de Gestión Científica, Vigo, Septiembre 1990, pp 26-29

Gil Lafuente, J (1996): "El Control de las Actividades de Marketing" - III Congreso de SIGEF, Vol. III, Buenos Aires, paper 2.44. pp.1-21.

Gottwald. (1994) Approximately solving fuzzy relation equations - Fuzzy sets and systems 66 (175-193), North Holland.

Jiménez Cardozo, S.M (1996) "Una Evaluación Crítica de la Investigación Empírica Desarrollada en torno a la Solvencia Empresarial". Revista Española de Financiación y Contabilidad. Vol XXV Nro. 87. Abril-Junio. pp. 459-479

Jones F.L.(1987): "Current Techniques in bankruptcy prediction". Journal of Accounting Literature.Vol. 6. pp 131-164.

Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1986). Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas. Ed. Milladoiro, Santiago de Compostela.

Kaufmann, A. y Gil Aluja, J. (1993). Técnicas especiales para la Gestión de Expertos. Ed. Milladoiro, Vigo.

Keasey, Kevin; Watson, Robert;(1991): "Financial Distress Prediction Models: A Review of their usefulness." British Journal of Management. Vol.2, pp. 809-822

Klir, B. Yuan (1995). Fuzzy sets and fuzzy logic - Prentice Hall, New Jersey.

Klir, G. and Folger, T. (1988). *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*. Prentice Hall, New Jersey.

Martín Marin, J. L (1997) : "Modelos de Pronostico de la Insolvencia Empresarial". En *Predicción de la Insolvencia Empresarial*, Antonio Calvo-Flores Segura y Domingo García Pérez de Lema. AECA. Madrid, pp. 33-50.

Mora Enguidanos, A. (1994) "Limitaciones Metodológicas de los Trabajos Empíricos sobre la Predicción del Fracaso Empresarial". *Revista Española de Financiación y Contabilidad*. Vol. XXII.Nro.80. pp. 709-732.

Olshon, James A. (1980) " Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy". *Journal of Accounting Research*. Vol 18 Nro. 1 Spring.109-131.

Sánchez, E. (1979). "Medical Diagnosis and Composite Fuzzy Relations". In: "Advances in Fuzzy Set Theory and Applications". M.M. Gupta, R.K. Ragade, R.R. Yager (eds). North Holland Pub.Co., Amsterdam, pp 420-433.

Sánchez, Elie: (1982): " Solution of Fuzzy Equations with Extended Operations", *Electronics Reserach Laboratory*. University of California, Berkeley.pp.8-10

Turunen, E. (1986):. "On Generalized Fuzzy Relations Equations". *Acta Universitatis Carolinae-Math. et Physica* , Vol 28, pp 33-37.

Vigier, H; Brignole D y Terceño Gomez Antonio (1999): " Modelo de Predicción de Enfermedades de Empresas a través de Relaciones Fuzzy". VI Congreso Internacional de Gestión y Economía Fuzzy. Noviembre. Morelia. Mexico.

Vigier, Hernan (2001): Tesis Doctoral. Universidad Rovira i Virgili. Reus. España.

Xiadong L. (1998) The Fuzzy Sets and System Based on AFS Structure , EI Algebra and EII Algebra". Fuzzy Sets and System, Vol. 95, Nro. 2, pp. 179-188.

Yager,RR (eds). North Holland Pub.Co., Amsterdam, pp 437-444.

Zavgren C.V.(1983):" The Prediction of Corporate Failure: the State of Art". Jornal of Accounting Literature. Spring, pp.1-38.

Zhang Lianwen (1993): "Structural and Functional Quantization of Vagueness". Fuzzy Sets and System, Vol. 55, Nro. 1, pp. 351-376.

Zmijewski, M (1984): "Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models". Journal of Accounting Research, Supplement, pp 59-86

DISCURS DE CONTESTACIÓ
PER L'ACADÈMIC NUMERARI

EXCM. SR. DR. PAULINO CASTELLS CUIXART

Excelentísimo Sr. Decano Presidente
Excelentísimos Sres. Académicos
Señoras y Señores

Es para mí una grata tarea y un gran honor tener la ocasión, por encargo de nuestro Decano Presidente, de exponer ante ustedes este discurso de contestación al de ingreso como Académico en nuestra prestigiosa Institución del Dr. Antonio Terceño Gómez.

Tengo la sospecha que el Dr. Josep Casajuana ha escogido a este académico que os habla por su condición de médico, ya que el brillante discurso del Dr. Terceño incluía repetidamente la terminología de “enfermedades” -que explícitamente citaba en el título de su disertación: *Modelo de predicción de “Enfermedades” de las Empresas a través de Relaciones Fuzzy-*, y de lo que estoy bien seguro es que nuestro querido Decano Presidente no me ha escogido por mis conocimientos de economía, que son nulos. (Probablemente, algún día, más adelante, cuando ingrese en nuestra Institución algún Doctor Arquitecto y haga versar su discurso de ingreso sobre el tema tan de actualidad de los “edificios enfermos”, también por

afinidad terminológica me escogerá a mí para el discurso de contestación, tarea que, llegado el caso, obviamente, haré con sumo gusto).

Paso a resaltar a continuación algunos datos de la extensa biografía del Dr. Antonio Terceño Gómez. Nacido en Tarragona el 8 de septiembre de 1961, está casado y es padre de dos hijos. Entre sus títulos académicos y docentes hay que citar que es alcanza la titulación de Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales en 1995, con la máxima calificación, apto *cum laude*, que concede la Universidad de Barcelona. Catedrático de Universidad del área de Economía Financiera y Contabilidad de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Rovira i Virgili de Tarragona desde el año 2001. Ha desempeñado los cargos universitarios de Decano y Vicerrector de Profesorado de esta Universidad Rovira i Virgili, desempeñando este último cargo hasta la actualidad. Autor y coautor de 18 libros, también es autor y coautor de más de 30 artículos en prestigiosas revistas nacionales y extranjeras. Miembro del Consejo Editorial de diversas revistas de su especialidad y codirector de la revista *Fuzzy Economic Review*. Ha presentado más de 40 comunicaciones a congresos internacionales y ha sido miembro del Comité Científico de 25 congresos internacionales. También ha sido director de 9 tesis doctorales y miembro de 31 tribunales de tesis.

Su intensa actividad profesional y docente se ve reflejada en los cursos que dirige, como el Master de *Financias y Gestión Bancaria* de la Universidad Rovira i Virgili, que ya lleva 8 ediciones, y Director del Curso *Mercados y Productos Financieros* de la Universidad Rovira i Virgili y Caixa Tarragona, con 16 ediciones. Asimismo, ha sido Presidente del Colegio de Economistas de Cataluña en

Tarragona; Vocal del Pleno de la Cámara de Comercio e Industria de Reus, y hasta la actualidad es Vicepresidente ejecutivo de la Sociedad Internacional de Gestión Económica Fuzzy y Representante del Consell Interuniversitari de Catalunya en el Consell Consultiu del Mutualismo en Assegurances Privades.

Entre sus numerosos premios y distinciones, quisiera destacar el de ser Doctor Honoris Causa por el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (Méjico), y también Ciudadano de Honor de Morelia (Méjico), y está en posesión de la Medalla de Plata del Ayuntamiento de Reus y de la mención Honorífica del Ayuntamiento de Tarragona.

Termino aquí el merecido panegírico que he dedicado a la ilustre biografía del Dr. Antonio Terceño y paso, a continuación, a comentar algunos párrafos que me han llamado la atención de su documentada conferencia y que de alguna manera hacen referencia al binomio empresa y medicina.

Cuando el Dr. Terceño empieza a desgarnar su discurso hablando de “la actividad profesional de identificar en las empresas los problemas Diagnóstico Económico-Financiero” y los modelos de “Predicción de Insolvencia Empresarial”, ya intuyo su intención de hacer abundantes referencias médicas. Que, luego, manifiesta abiertamente cuando nombra la “quiebra” de las empresas (que sería el equivalente al *exitus* en terminología médica, es decir: *la muerte del paciente*) y la diferencia del “fracaso” empresarial (que equivaldría, más o menos, al período de *crisis de un enfermo* que lleva a cuentas su enfermedad o que no responde al tratamiento). Para clarificar estas distintas situaciones empresariales cita a un autor (Altman, 1988),

que dice que “una empresa fracasa en su objetivo si no puede mantener a través del tiempo una rentabilidad promedio igual a la del mercado y esto puede ocurrir sin que la empresa llegue a quebrar”... que en versión médica y coloquial vendría a ser lo que denominamos “*un enfermo con una mala salud de hierro*”.

También en su discurso nos habla de “empresas sanas”, que son las que no tienen problemas financieros ni económicos: es decir, que están ausentes de enfermedades; como bien define a la *salud* la Organización Mundial de la Salud (OMS), aunque luego añade esta Organización que la salud no es sólo la ausencia de enfermedad, sino que para definir a alguien como sano debe presentar un cierto estado de felicidad, y esto ya no sé si acontece en la actualidad en las empresas...). Y cita el modelo de otro autor (Argenti,1976), que es el primero en diferenciar las “causas” (lo que vendría a ser la *etiología de las enfermedades*) de los “efectos” (que serían los *síntomas* de tales enfermedades).

Más adelante, nos habla del “Modelo de los Ratios”, que nos dice tiene un bajo nivel de formalización y una importante dosis de subjetividad “dado que los resultados del mismo dependen fuertemente del conocimiento y experiencia del experto”... y esta explicación equivaldría, pues, al valioso *ojo clínico del médico veterano*.

Continúa el Dr. Terceño diciendo que “el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo diagnóstico económico-financiero de empresas, el cual partiendo de un esquema simple de causas-efectos, simula la acción del analista en su tarea de diagnóstico” (lo que vendría a ser el *formulario de protocolos* de intervención

médica y quirúrgica de que dispone todo hospital que se precie).

Cita a su maestro y director de su tesis, el Dr. Jaume Gil Aluja (que es también nuestro eficaz Vicepresidente de esta Real Academia de Doctores y actual Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras), el cual ha diseñado un modelo de diagnóstico para medir el riesgo de una inversión. Nos explica que el Dr. Gil define este modelo en tres etapas. En la primera, se obtiene una “matriz de prediagnóstico” que da una idea global sobre la situación de la empresa (y sería el equivalente a nuestro *chequeo médico*, como actuación de medicina preventiva). Luego, sigue la etapa del “diagnóstico” en la cual se incorporan las distintas valoraciones de los síntomas de cada enfermedad, para obtener el grado de incidencia de una patología particular en la misma (que me hace pensar en la *analítica* y otras *exploraciones complementarias* que practicamos al paciente para descubrir, por ejemplo, el estado de sus defensas y su capacidad de reacción inmunológica ante las infecciones o agentes externos patógenos). Y la última etapa “muestra como puede determinarse una actividad particular a partir de los resultados del modelo de diagnóstico financiero desarrollado por la empresa” (situación empresarial que podría relacionarse con las *pruebas de esfuerzo* que se realizan a un paciente que pretende hacer una determinada actividad de potencial riesgo, como, por ejemplo, correr una maratón, y cuyos resultados le informarán de si puede o no realizarla).

Continuando su disertación, el Dr. Terceño nos cita a Elie Sánchez, científica que presentó en 1979 un trabajo titulado: *Medical Diagnosis and Composite Fuzzy Relations*, por el cual ya ven que el tema empresarial se involucra de

lleno en la vertiente médica. Esta autora propone “un método que permita identificar las relaciones de incidencia entre síntomas y enfermedades, con lo cual, obtenidos los síntomas de un paciente, las relaciones de incidencia conocidas permitan determinar cuales son las posibles enfermedades del mismo”, con estas palabras se me antoja que esta investigadora pretende entrar en el conocimiento más íntimo del paciente, en su más profundo *mapa genético*.

Según nos sigue relatando “la investigación de Elia Sánchez se basa en la utilización de modelos de resolución de ecuaciones binarias borrosas, a través de las cuales, y de la información sobre síntomas y enfermedades de pacientes, puede determinarse cierta matriz de “conocimiento médico”, que incorpora las relaciones entre síntomas y enfermedades, siendo estas relaciones borrosas la base del diagnóstico médico”... y aquí, en este último párrafo, si que no puedo estar de acuerdo con el amigo Antonio Terceño, porque no pueden ser las “relaciones borrosas la base del diagnóstico médico”, sino todo lo contrario: *en medicina el diagnóstico clínico ha de basarse en hechos de la máxima claridad y transparencia*. (Y ustedes ya me disculparán este juego de palabras y esta discrepancia que expongo únicamente a título semántico).

Continúa la exposición del Dr. Terceño diciendo que “de igual manera que para el caso en medicina, para estimar las relaciones entre síntomas (efectos) y causas (enfermedades) se recurrirá a un modelo de resolución de ecuaciones binarias borrosas”... y aquí me paro, porque no quiero entrar en el significado de esta expresión que me suena tan misteriosa de “matemática borrosa”.

Pienso, además, que desde el cielo me estará contemplando estupefacto mi querido tío abuelo y padrino

Paulino Castells Vidal -por decisión de él llevo su nombre de pila-, matemático ilustre, catedrático y director de la Escuela Industrial, inventor -entre otras maravillas que me dejaban estupefacto en la infancia- de una "balanza algebraica" que servía -según me contaba- para pesar los miembros de las ecuaciones, y que me consta se dolía de mi torpeza en matemáticas y las malas notas que sacaba en esta asignatura en mi querido colegio de las Escuelas Pías Balmes. Y ya no desde el cielo, sino desde la tierra, y en esta misma Sala Capitular de la Seda, otro gran matemático, eficaz economista, también académico, el Dr. Joan Trayter García, que ha sido profesor mío en los años mozos y luego buen amigo que me introdujo en esta insigne Institución y me honró con su discurso de contestación, ahora estará pensando como demonios me he atrevido a hacer elucubraciones sobre estos serios temas financieros, siendo como soy un neófito en la materia...

Pero, a pesar de todo, tengo que agradecer al Dr. Antonio Terceño Gómez que con su brillante discurso haya refrescado un poco mis oxidadas nociones matemáticas y haya estimulado mi pobre ingenio para intentar relacionar la economía con la medicina. Y, lo que si es seguro, es que después de oírle a él, los aquí presentes, profesionales expertos en números y en ciencias empresariales, saldrán hoy de aquí siendo un poco más médicos, porque serán capaces de *diagnosticar y sanar empresas enfermas*.

Te felicito, pues, amigo Antonio y nos felicitamos todos por tenerte entre nosotros.

NOVES PUBLICACIONS DE LA REIAL ACADEMIA DE DOCTORS

Directori 1991

Los tejidos tradicionales en las poblaciones pirenaicas (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Eduardo de Aysa Satué, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep A. Plana i Castellví, Doctor en Geografia i Història) 1992.

La tradición jurídica catalana (Conferència magistral de l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Joan Pintó i Ruiz, Doctor en Dret, en la Solemne Sessió d'Apertura de Curs 1992-1993, que fou presidida per SS.MM. el Rei Joan Carles I i la Reina Sofia) 1992.

La identidad étnica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Pou d'Avilés, Doctor en Dret) 1993.

Els laboratoris d'assaig i el mercat interior; Importància i nova concepció (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Pere Miró i Plans, Doctor en Ciències Químiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Simón i Tor, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1993.

Contribución al estudio de las Bacteriemias (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Miquel Marí i Tur, Doctor en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Sr. Manuel Subirana i Cantarell, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1993.

Realitat i futur del tractament de la hipertròfia benigna de pròstata (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia i contestació per l'Excm. Sr. Albert Casellas i Condom, Doctor en Medicina i Cirurgia i President del Col·legi de Metges de Girona) 1994.

La seguridad jurídica en nuestro tiempo. ¿Mito o realidad? (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. José Méndez Pérez, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1994.

La transició demogràfica a Catalunya i a Balears (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Tomàs Vidal i Bendito, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ferrer i Bernard, Doctor en Psicologia) 1994.

L'art d'ensenyar i d'aprendre (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Pau Umbert i Millet, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Agustín Luna Serrano, Doctor en Dret) 1995.

Sessió necrològica en record de l'Excm. Sr. Lluís Dolcet i Boxeres, Doctor en Medicina i Cirurgia i Degà-emèrit de la Reial Acadèmia de Doctors, que morí el 21 de gener de 1994. Enaltiren la seva personalitat els acadèmics de número Excms. Srs. Drs. Ricard Garcia i Vallès, Josep Ma. Simón i Tor i Albert Casellas i Condom. 1995.

La Unió Europea com a creació del geni polític d'Europa (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jordi Garcia-Petit i Pàmies, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Llorc i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques) 1995.

La explosión innovadora de los mercados financieros (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Emilio Soldevilla García, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'Excm. Sr. José Méndez Pérez, Doctor en Dret) 1995.

La cultura com a part integrant de l'Olimpisme (Discurs d'ingrés com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Joan Antoni Samaranch i Torelló, Marquès de Samaranch, i contestació per l'Excm. Sr. Jaume Gil Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques) 1995.

Medicina i Tecnologia en el context històric (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Felip Albert Cid i Rafael, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Àngel Aguirre Baztán) 1995.

Els sòlids platònics (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Pilar Bayer i Isant, Doctora en Matemàtiques, i contestació per l'Excm. Sr. Ricard Garcia i Vallès, Doctor en Dret) 1996.

La normalització en Bioquímica Clínica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Xavier Fuentes i Arderiu, Doctor en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Sr. Tomàs Vidal i Bendito, Doctor en Geografia) 1996.

L'entropia en dos finals de segle (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pere Miró i Plans, Doctor en Ciències Químiques) 1996.

Vida i música (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Carles Ballús i Pascual, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Espadaler i Medina, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1996.

La diferencia entre los pueblos (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Sebastià Trias Mercant, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Àngel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1996.

L'aventura del pensament teològic (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Gil i Ribas, Doctor en Teologia, i contestació per l'Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques) 1996.

El derecho del siglo XXI (Discurs d'ingrés com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Dr. Rafael Caldera, President de Venezuela, i contestació per l'Excm. Sr. Àngel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1996.

L'ordre dels sistemes desordenats (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques, i contestació per l'Excm. Sr. Joan Bassegoda i Novell, Doctor en Arquitectura) 1997.

Un clam per a l'ocupació (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Isidre Fainé i Casas, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Joan Bassegoda i Nonell, Doctor en Arquitectura) 1997.

Rosalía de Castro y Jacinto Verdaguer, visión comparada (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jaime M. de Castro Fernández, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Pau Umbert i Millet, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1998.

La nueva estrategia internacional para el desarrollo (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Santiago Ripol i Carulla, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1998.

El aura de los números (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques) 1998.

Nova recerca en Ciències de la Salut a Catalunya (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excm. Sra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 1999.

Dilemes dinàmics en l'àmbit social (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Albert Biayna i Mulet, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 1999.

Mercats i competència: efectes de liberalització i la desregulació sobre l'eficàcia econòmica i el benestar (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Amadeu Petitbó i Juan, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Jaime M. de Castro Fernández, Doctor en Dret) 1999.

Epidèmias de asma en Barcelona por inhalación de polvo de soja (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excm. Sra. Ma. José Rodrigo Anoro, Doctora en Medicina, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Llorit i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques) 1999.

Hacia una evaluación de la actividad cotidiana y su contexto: ¿Presente o futuro para la metodología? (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excm. Sra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Filosofia i Lletres (Psicologia) i contestació per l'Excm. Sr. Josep A. Plana i Castellví, Doctor en Geografia i Història) 1999.

Directori 2000

Gènesis de una teoría de la incertidumbre. Acte d'imposició de la Gran Creu de l'Orde d'Alfons X el Savi a l'Excm. Sr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Financeres) 2000.

Antonio de Capmany: el primer historiador moderno del Derecho Mercantil (discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Xabier Añoveros Trías de Bes, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Santiago Dexeus i Trías de Bes, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2000.

La medicina de la calidad de vida (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Luí Rojas Marcos, Doctor en Psicologia, i contestació per l'Excm. Sr. Àngel Aguirre Baztán, Doctor en psicologia) 2000.

Pour une science touristique: la tourismologie (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Jean-Michel Hoerner, Doctor en Lletres i President de la Universitat de Perpinyà, i contestació per l'Excm. Sr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques) 2000.

Virus, virus entèrics, virus de l'hepatitis A (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Albert Bosch i Navarro, Doctor en Ciències Biològiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2000.

Mobilitat urbana, medi ambient i automòbil. Un desafiament tecnològic permanent (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Pere de Esteban Altirriba, Doctor en Enginyeria Industrial, i contestació per l'Excm. Sr. Carlos Dante Heredia García, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2001.

El rei, el burgès i el cronista: una història barcelonina del segle XIII (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. José Enrique Ruiz-Domènec, Doctor en Història, i contestació per l'Excm. Sr. Felip Albert Cid i Rafael, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2001.

La informació, un concepte clau per a la ciència contemporània (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Salvador Alsius i Clavera, Doctor en Ciències de la Informació, i contestació per l'Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2001.

La drogaaddicció com a procés psicobiològic (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Miquel Sánchez-Turet, Doctor en Ciències Biològiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pedro de Esteban Altirriba, Doctor en Enginyeria Industrial) 2001.

Un univers turbulent (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jordi Isern i Vilaboy, Doctor en Física, i contestació per l'Excma. Sra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Psicologia) 2002.

L'envelliment del cervell humà (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Jordi Cervós i Navarro, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Pou d'Avilés, Doctor en Dret) 2002.

Les telecomunicacions en la societat de la informació (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Àngel Cardama Aznar, Doctor en Enginyeria de Telecomunicacions, i contestació per l'Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2002.

La veritat matemàtica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Pla i Carrera, doctor en Matemàtiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 2003.

L'humanisme essencial de l'arquitectura moderna (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Helio Piñón i Pallarés, Doctor en Arquitectura, i contestació per l'Excm. Sr. Xabier Añoveros Trías de Bes, Doctor en Dret) 2003.

De l'economia política a l'economia constitucional (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Joan Francesc Corona i Ramon, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'Excm. Sr. Xavier Iglesias i Guiu, Doctor en Medicina) 2003.

Temperància i empatia, factors de pau (Conferència dictada en el curs del cicle de la Cultura de la Pau per el Molt Honorable Senyor Jordi Pujol, President de la Generalitat de Catalunya, 2001) 2003.

Reflexions sobre resistència bacteriana als antibiòtics (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Ma. de los Angeles Calvo i Torras, Doctora en Farmàcia i Veterinària, i contestació per l'Excm. Sr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2003.

La transformació del negoci jurídic como consecuencia de las nuevas tecnologías de la información (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Rafael Mateu de Ros, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Jaime Manuel de Castro Fernández, Doctor en Dret) 2004.

La gestión estratégica del inmovilizado (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Anna Maria Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'Excm. Sr. Josep J. Pintó i Ruiz, Doctor en Dret.

Los costes biológicos, sociales y económicos del envejecimiento cerebral (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Félix F. Cruz-Sánchez, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Pla i Carrera, Doctor en Matemàtiques) 2004.

El conocimiento glaciar de Sierra Nevada. De la descripción ilustrada del siglo XVIII a la explicación científica actual. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Antonio Gómez Ortiz, Doctor en Geografia, i contestació per l'acadèmica de número Excm. Sra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Filosofia i Lletres (Psicologia) 2004.

Los beneficios de la consolidación fiscal: una comparativa internacional (Discurs de recepció com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Rodrigo de Rato y Figaredo, Director-Gerent del Fons Monetari Internacional. El seu padrí d'investidura és l'acadèmic de número Excm. Sr. Jaime Manuel de Castro Fernández, Doctor en Dret) 2004.

Evolución histórica del trabajo de la mujer hasta nuestros días (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Eduardo Alemany Zaragoza, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Rafel Orozco i Delclós, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2004.

Geotecnia: una ciencia para el comportamiento del terreno (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Antonio Gens Solé, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2005.

Sessió acadèmica a Perpinyà, on actuen com a ponents; Excm. Sra. Anna Maria Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresariales i Excm. Sr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales: "Nouvelles perspectives de la recherche scientifique en économie et gestion"; Excm. Sr. Rafel Orozco i Delcós, Doctor en Medicina i Cirurgia: "L'impacte mèdic i social de les cèl·lules mare"; Excm. Sra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia: "Nouvelles stratégies oncologiques"; Excm. Sr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària: "Les résistences bactériennes a les antibiotiques". 2005.

Los procesos de concentración empresarial en un mercado globalizado y la consideración del individuo (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Fernando Casado Juan, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació de l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 2005.

"Son nou de flors els rams li renc" (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jaume Vallcorba Plana, Doctor en Filosofia i Lletres (Secció Filologia Hispànica), i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. José Enrique Ruíz-Domènec, Doctor en Filosofia i Lletres) 2005.

Historia de la anestesia quirúrgica y aportación española más relevante (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Vicente A. Gancedo Rodríguez, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Llort i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2006.

El amor y el desamor en las parejas de hoy (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Paulino Castells Cuixart, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Joan Trayter i Garcia, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2006.

El fenomen mundial de la deslocalització com a instrument de reestructuració empresarial (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Alfredo Rocafort i Nicolau, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Isidre Fainé i Casas, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2006.

Biomaterials per a dispositius implantables en l'organisme. Punt de trobada en la Historia de la Medicina i Cirurgia i de la Tecnologia dels Materials (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Anton Planell i Estany, Doctor en Ciències Físiques, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2006.

La ciència a l'Enginyeria: El llegat de l'école polytechnique. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Xavier Oliver i Olivella, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Pla i Carrera, Doctor en Matemàtiques) 2006.

El voluntariat: Un model de mecenatge pel segle XXI. (Discurs d'ingrés de l'acadèmica de número Excm. Sra. Rosamari Cammany Dorr, Doctora en Sociologia de la Salut, i contestació per l'Excm. Sra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia) 2007.

El factor religioso en el proceso de adhesión de Turquía a la Unión Europea. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Maria Ferré i Martí, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Carlos Dante Heredia Garcia, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2007.

Coneixement i ètica: reflexions sobre filosofia i progrés de la propedèutica mèdica. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Màrius Petit i Guinovart, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Gil i Ribas, Doctor en Teologia) 2007.

Problemàtica de la família ante el mundo actual. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic honorari Excm. Sr. D. Gustavo José Noboa Bejarano, Doctor en Dret i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. D. Paulino Castells Cuiçart, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2007.

Alzheimer: Una aproximació als diferents aspectes de la malaltia. (Discurs d'ingrés de l'acadèmica honoraria Excm. Sra. Dra. Nuria Durany Pich, Doctora en Biologia i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. D. Eugenio Oñate, Doctor-Enginyer de Camins, Canals i Ports) 2008.

Guillem de Guimerà, Frare de l'hospital, President de la Generalitat i gran Prior de Catalunya. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic honorari Excm. Sr. D. Josep Maria Sans Travé, Doctor en Filosofia i Lletres i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. D. José. E. Ruiz Domènec, Doctor en Filosofia Medieval) 2008.

La empresa y el empresario en la historia del pensamiento económico. Hacia un nuevo paradigma en los mercados globalizados del siglo XXI. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. D. Guillermo Sánchez Vilarriño, Doctor Ciències Econòmiques i Financeres i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. D. Jaume Gil Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Financeres) 2008.

Incertesa i bioenginyeria (Sessió Acadèmica dels acadèmics corresponents (Excm. Sr. D. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia amb el Ponent Excm. Sr. Dr. Jaon Anton Planell Estany, Doctor en Ciències Físiques, Excm. Sr. Dra. Anna M. Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Financeres i Il·lm. Sr. D. Humberto Villavicencio Mavrich, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2008.

Els ponts: història i reptes a l'enginyeria estructural (Sessió Acadèmica dels acadèmics corresponents (Excm Sr.D.Xavier Olive i Eugenio Oñate, Enginyers de Camins, Canals i Ports, amb els Ponents Il·lm.Sr.Dr. Angels C. Aparicio Bengoechea, Professor i Catedràtic de Ponts, dissertarà sobre "Grandes hitos en la evolución histórica de los puentes" i Il·lm Sr.Dr. Ekkehard Ramm, Professor, Institut fuer Baustatik und Baudynamik, dissertarà sobre "The Golden Gate bridge in San Francisco". 2008

Marketing político y sus resultados (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Excm.Sr.Dr. Francisco Javier Maqueda Lafuente, Doctor Ciències Econòmiques i Financeres i contestació per l'acadèmica de número Excma.Sra.Dra. Anna Ma.Gil i Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Financeres) 2008.

Indice

Presentación	7
Modelo de predicción de “Enfermedades” de las Empresas a través de Relaciones Fuzzy.	13
1. Introducción.	13
2. Relaciones binarias fuzzy.	25
3. Resolución de ecuaciones con relaciones binarias borrosas.	28
4. Planteamiento del modelo de diagnóstico económico-financiero.	31
5. Determinación de la matriz R de conocimiento económico-financiero para un año T_k del horizonte temporal.	36
6. El pronóstico de la situación económico- financiera a partir de la aplicación de la matriz R.	53
7. Conclusiones	57
8. Bibliografía.	65
Discurso de Contestación.	71

La Reial Acadèmia, bo i respectant
com a criteri d'autor les opinions
exposades en les seves publicacions,
no se'n fa responsable ni solidària.

© Reial Acadèmia de Doctors
Impressió: Imprenta Baltasar 1861
Tels. 93 346 91 52 - 93 346 92 06
08030 Barcelona
Tiratge 250 exemplars

Dipòsit Legal: B-29.996-2009

REIAL ACADEMIA DE DOCTORS
-Publicacions-