

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INFORMÁTICA
INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE SISTEMAS

VALORACIÓN DE EMPRESAS UTILIZANDO COMPUTACIÓN
CON PALABRAS

Realizado por:

Manuel López Pérez

Dirigido por:

José Ignacio Peláez Sánchez

Departamento:

Lenguajes y Ciencias de la Computación

Málaga, Diciembre 2015

**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INFORMÁTICA**

INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Reunido el tribunal examinador en el día de la fecha, constituido por:

Presidente/a Dº/D. _____

Secretario/a Dº/Dª. _____

Vocal Dº/Dª. _____

para juzgar el Proyecto de Fin de Carrera titulado: «Valoración de empresas
utilizando computación con palabras»

realizado por Dº. Manuel López Pérez

tutorizado por Dº. José Ignacio Peláez Sánchez,

ACORDÓ POR _____ OTORGAR LA CALIFICACIÓN DE

Y PARA QUE CONSTE, SE EXTIENDE FIRMADA POR LOS COMPA-
RECIENTES DEL TRIBUNAL, LA PRESENTE DILIGENCIA.

Málaga a _____ de _____ del 20

A mis padres y hermanos, y a mi abuela María,
que me enseñó que siempre se puede sonreír
por difícil que sea la situación.

Per aspera ad astra
(A través del esfuerzo, el triunfo)
- Séneca

Índice general

Índice general	1
I Introducción	5
1 Introducción	7
1.1. El problema de la valoración de empresas	7
1.2. Objetivos del proyecto	8
1.3. Estructura de la memoria	9
II Conceptos previos	11
2 Introducción a la valoración de empresas	13
2.1. Introducción	13
2.2. La problemática de la valoración de empresas	13
2.3. La importancia de la información cualitativa	15
2.4. Métodos de valoración de empresas	17
2.5. Resumen	20
3 Computación con palabras	21
3.1. Introducción	21
3.2. Lógica difusa y computación con palabras	21
3.3. El modelo de 2-tuplas	26
3.4. Jerarquías lingüísticas	28
3.5. Resumen	30
4 Agregación de información lingüística	31

ÍNDICE GENERAL

4.1. Introducción	31
4.2. Agregación mediante mayoría lingüística	31
4.3. Método de los expertos	39
4.4. Resumen	41
5 Modelos de valoración con mayoría	43
5.1. Introducción	43
5.2. Metodología	43
5.3. Método mixto con agregación LAMA	44
5.4. Comparativa del método	54
5.5. Aplicación a otros métodos de valoración	55
5.6. Resumen	55
III Diseño e implementación	57
6 Análisis funcional	59
6.1. Introducción	59
6.2. Descripción funcional del sistema	59
6.3. Prototipo de la interfaz de usuario	60
6.4. Interfaz REST	69
6.5. Requisitos no funcionales	70
6.6. Resumen	71
7 Diseño técnico	73
7.1. Introducción	73
IV Conclusiones	75
8 Conclusiones	77
V Apéndices	79
A Manual de Instalación	81
B Manual de usuario	83

ÍNDICE GENERAL

Bibliografía

85

Parte I

Introducción

Capítulo 1

Introducción

1.1. El problema de la valoración de empresas

La búsqueda del valor de una empresa es un problema común que se ha convertido en un pilar básico en finanzas. De hecho, el objetivo financiero de cualquier empresa no es otro que maximizar dicho valor. Esta circunstancia ha convertido la valoración de empresas en un desafío para cualquier analista o agente. La metodología que facilita la obtención de dicho valor surge de la evolución de la teoría financiera, siendo su idea fundamental que el valor de los activos es la actualización de los flujos financieros que es capaz de generar en el futuro.

El valor busca su apoyo en un fundamento lógico o matemático lo más riguroso posible. Busca la objetividad, la neutralidad y la independencia frente a las partes, las fuertes relaciones en el mercado, e incluso la propia situación del mercado. Sin embargo, la necesidad de predecir escenarios futuros en los cuales se va a desarrollar la actividad de la misma, amén de otras circunstancias, genera la imposibilidad de determinar un único valor, lo que nos limita a establecer un rango u horquilla de valores posibles, dentro de los cuales se encontrará el valor más probable de la empresa. El valor definitivo vendrá por consenso y/o negociación entre las partes interesadas. En consecuencia, será la amplitud de la horquilla de valores posibles la que finalmente caracterice el informe de valoración previo a la decisión.

Por otro lado, la computación con palabras es un sistema de computación que ofrece una importante capacidad que los sistemas de computación tradicionales no tienen: la capacidad de realizar cálculos con información descrita en lenguaje natural. Usando como base la lógica difusa y el concepto de *etiqueta lingüística*, podemos añadir información expresada en lenguaje natural al proceso de valoración de empresas. Así, esta valoración se verá ajustada al tener en cuenta no solo los valores puramente cuantitativos, si no además la información cualitativa provista por un conjunto de expertos respecto a dichos valores numéricos.

Usando esta herramienta queremos dar un salto de calidad en la mejora de la información disponible para el inversor, dado que si con la metodología propuesta logramos cerrar la horquilla de valores posibles, acercaremos las posturas de las partes interesadas. Si lo conseguimos, habremos aumentado la posibilidad de acuerdo en cerrar la operación en un precio de equilibrio consensuado o mínimamente negociado. De esta forma habremos colaborado al aumento de la liquidez y eficiencia del mercado.

1.2. Objetivos del proyecto

El objetivo principal es la implementación algorítmica de dos métodos de valoración de empresas usando computación con palabras. Por un lado, el denominado *Método de flujos descontados (Discounted Cash-flow) con operadores OWA*[2] y por otro el *Método de Análisis Mixto o Método operativo con operadores OWA*[1]. Estos métodos hacen uso de computación con palabras a través del concepto de *Mayoría Lingüística* y el operador *LAMA*, que es uno de los denominados *operadores de agregación OWA (Ordered Weight Averaging)*.

Además, con el fin de comparar los resultados, se implementará también la agregación de información lingüística al proceso de valoración usando el método de los expertones[7].

Así mismo, se implementará una interfaz de usuario para la ejecución de casos de ejemplo con ambos métodos, facilitando la entrada de datos de forma sencilla e intuitiva, y que muestre los resultados obtenidos de forma comparativa, clara y concisa a cualquier usuario.

1.3. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

1.3. Estructura de la memoria

Para la presentación del proyecto estructuraremos la presente memoria en 4 partes, constando de 8 capítulos y dos apéndices, siendo la primera parte este capítulo de introducción y objetivos.

En la segunda parte de la memoria introduciremos todos los conceptos previos que necesitaremos para implementar nuestro proyecto.

En el capítulo dos trataremos de forma más extensa la problemática de la valoración de empresas, incidiendo en la importancia de la inclusión de información cualitativa en el proceso de valoración. Así mismo presentaremos los métodos de valoración de empresas más utilizados, los cuales queremos mejorar utilizando información lingüística.

En el tercer capítulo introduciremos los conceptos básicos para la computación con palabras. Presentaremos los conceptos de lógica difusa y conjunto difuso, que son la base para la matemática sobre la que se basa el paradigma de la computación con palabras, e introduciremos los conceptos de etiqueta lingüística y el modelo de 2-tuplas para la representación de la información lingüística.

En el cuarto capítulo introduciremos los distintos métodos de agregación de información lingüística. Hablaremos del concepto de *mayoría lingüística*, que nos permite obtener un valor representativo a partir de distintos términos lingüísticos en lenguaje natural, y presentaremos el operador *LAMA*. También haremos un breve repaso al método de los expertones basado en 2-tuplas, que es otro método para obtener valores representativos a partir de información lingüística.

En el quinto capítulo unificaremos los conceptos de computación con palabras y de valoración de empresas. Veremos de forma práctica como aplicar información lingüística al proceso de valoración de una empresa, ajustando los datos de valoración acorde a las opiniones de diversos expertos, expresadas estas en lenguaje natural mediante un conjunto de etiquetas lingüísticas.

En la tercera parte de la memoria estudiaremos como implementar en un sistema de información la aplicación que es el objetivo de este proyecto.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En el sexto capítulo realizaremos un análisis funcional de la aplicación. Si bien el análisis del negocio para la aplicación ya fue descrito en profundidad en la segunda parte de la memoria, en este capítulo nos centraremos en acotar y describir la funcionalidad que nuestra aplicación implementará, siempre desde el punto de vista de la ingeniería del software y enfocando el análisis a los requerimientos del usuario final de la aplicación

En el séptimo capítulo presentaremos el diseño técnico propuesto para la implementación de la aplicación, presentando formalmente los esquemas UML que describirán la implementación.

La última parte constará de un capítulo de conclusiones, en el que además sugeriremos futuros trabajos a realizar, ya sean mejoras sobre la implementación de los métodos de valoración como posibles mejoras o ampliaciones de la funcionalidad de la interfaz de usuario.

Para finalizar se incluirán como apéndices los manuales de instalación y uso del software, así como la bibliografía utilizada para la realización del proyecto.

Parte II

Conceptos previos

Capítulo 2

Introducción a la valoración de empresas

2.1. Introducción

En este capítulo estudiaremos más a fondo la problemática de la valoración de empresas. Estudiaremos las causas que impiden que el valor de una empresa sea un valor absoluto y veremos además la importancia de la información cuantitativa en el escenario de incertidumbre en el que se llevan a cabo los procesos de valoración.

Por último introduciremos brevemente los dos métodos de valoración que utilizaremos en este proyecto.

2.2. La problemática de la valoración de empresas

Podemos decir que una empresa vale, como cualquier otro elemento susceptible de ser comprado o vendido, el precio que alguien esté dispuesto a pagar por ella. Esta afirmación, que es totalmente obvia, recoge, sin embargo, una verdad absoluta sobre el valor de una empresa: que éste es totalmente subjetivo. Es decir, al contrario que pasa con otros elementos en la vida, no existe un valor objetivo, definitivo y absoluto, de una empresa, una cifra que nadie pudiera discutir y de la que se pudiera afirmar sin lugar a dudas: «esta empresa vale esta cantidad.»

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN A LA VALORACIÓN DE EMPRESAS

Una empresa no es algo que pueda medirse («100 metros») o pesarse («10 toneladas») con absoluta certeza del resultado. Una empresa puede tener activos perfectamente medibles sin que su mención dé lugar a dudas, como por ejemplo un almacén de 1.000 metros cuadrados. Pero aun así, la conversión en dinero de esos activos ya empezará a ser relativa.

Una empresa, por tanto, puede tener muchos valores distintos, dependiendo de quien la valora, y de la perspectiva con que lo hace. Es decir, no es lo mismo valorar para comprar que valorar para vender, ni es lo mismo valorar para liquidar que valorar para mantener la empresa viva a largo plazo, ni para mantenerla independiente que para integrarla en un grupo empresarial mayor, por ejemplo. En conclusión: el valor de una empresa es relativo, depende de quien la valora y de para qué la valora. Incluso también depende del momento en que se la valora. *Existen tantos valores de una empresa como personas distintas la estén valorando o momentos distintos en que se la valore.*

El valor de una empresa en funcionamiento depende principalmente de las expectativas que el que la valora tenga de los beneficios futuros que la empresa va a dar. Y cuando hablamos de expectativas, como concepto esencialmente subjetivo que es, podríamos decir que no hay dos expectativas iguales, porque cada persona tiene las suyas, y más cuando se trata de imaginar cómo va a evolucionar en el futuro un panorama de variables tan complejo como el que rodea a una empresa: el mercado en el que vende y compra, sus precios, sus costes, sus competidores, su personal, los avances tecnológicos que le afectan, la legislación, los gustos de los clientes, etc. Por tanto, es importante entender que, a la hora de ponerse de acuerdo, cuando discutan de precio el comprador y el vendedor de una empresa, en realidad van a estar discutiendo básicamente de expectativas. Sean conscientes de ello o no, aunque parezca que están discutiendo de cifras de presente, o de pasado, en realidad están discutiendo de cifras y expectativas de futuro.

Toda empresa no vale hoy por lo que llegó a valer en el pasado, sino por lo que valdrá en un futuro. Es cierto que detrás del cálculo del valor de una empresa puede haber un sinfín de fórmulas de matemáticas financieras, que determinen el valor actual de los flujos de fondos futuros a una determinada

2.3. LA IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN CUALITATIVA

tasa de descuento, teniendo en cuenta el coste del dinero sin riesgo más una tasa de riesgo, y que ponerse de acuerdo sobre esa tasa de descuento no es tarea fácil; pero lo que realmente cuenta es ponerse primero de acuerdo sobre la magnitud de los flujos futuros de beneficios que comprador y vendedor creen que se pueden obtener de esa empresa. La transacción no se llevará a cabo hasta que ambos vean las mismas cifras, o, mejor dicho, cuando el comprador vea o crea ver, aunque no lo diga, flujos de beneficios mayores de los que está considerando el vendedor. Es entonces cuando se produce la compraventa. De hecho, aunque parezca sorprendente, en el fondo, si fuera cierto que ambos vieran exactamente los mismos beneficios futuros, lo más probable es que la venta no se produjese, porque el vendedor le pediría al comprador exactamente lo que éste estuviera pensando que valía la empresa, y entonces el comprador no ganaría nada comprándola, por lo que, en buena lógica, no la compraría. Como en cualquier proceso de compra de un bien o servicio, es cuando el comprador tiene la sensación de estar comprando algo a un precio por debajo del valor que lo que está comprando tiene para él, cuando se produce la compraventa. Y viceversa para el caso del vendedor; éste vende cuando piensa que lo que está vendiendo vale menos que lo que le van a pagar.[6]

Por tanto, debido a todos estos factores subjetivos y de incertidumbre, es imposible determinar un único valor para una empresa. Cuando valoramos una empresa intentamos determinar un intervalo de valores razonables en el cual se encontrará el valor definitivo de la empresa. Cuanto más pequeña sea la amplitud de dicho intervalo, más fácil será para las partes implicadas en la negociación alcanzar un acuerdo final, aumentando así la eficiencia del mercado.

2.3. La importancia de la información cualitativa

Hemos visto que hay un alto componente subjetivo en todo el proceso de valoración de empresas. Además, el hecho de que la valoración dependa en gran medida de la estimación del valor futuro supone que la decisión se toma siempre en un escenario de incertidumbre, dado que, por completos que sean los datos de los que dispongamos, no existe una manera científica de predecir el futuro.

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN A LA VALORACIÓN DE EMPRESAS

Esto nos lleva a que para cualquier proceso de valoración será necesario establecer una estimación de los distintos parámetros que influirán determinantemente en la horquilla de valores. Esta estimación, por otra parte, nunca será única, ni se tratará de valores exactos, ya que dependerá de la situación de la empresa, el momento en que se realice la valoración, y el método usado para ésta.

En muchos casos, estas estimaciones son expresadas por distintos expertos en función a su experiencia previa y su percepción de la realidad. y que en muchos casos se definen con términos lingüísticos y con diferentes dominios de expresión. Esto es, un experto puede dar su opinión en términos simplemente de «mucho», «poco» y «nada» mientras que otro experto puede dar su opinión en un dominio más amplio que abarque términos como «máximo», «mucho», «termino medio», «poco», «muy poco» y «nada». Así que, mientras para el primer experto el término «mucho» representaría el máximo posible, para el segundo experto el mismo término expresaría un grado más bajo, al poder usar la expresión «máximo» para representar el mayor grado de su opinión.

En estas condiciones es necesario tener herramientas que permitan operar con la incertidumbre y la inexactitud de las opiniones expresadas. Además, estas herramientas deben ser capaces de añadir dichas opiniones de forma representativa. Es decir, si la mayoría de estimaciones apunta hacia un valor alto, al añadir la información al proceso de valoración deberá verse reflejada obteniendo una valoración más alta. Si en cambio las estimaciones están repartidas de forma dispersa, algunas apuntando un valor al alza y otras apuntando un valor a la baja, al añadir la información al proceso de valoración éste no debería verse apenas influenciado, puesto que debido a la diversidad de opiniones, ninguna tendrá un peso demasiado elevado que pueda influir en la valoración final.

Por tanto, al movernos en un escenario de incertidumbre, tenemos gran cantidad de información *cualitativa*, dependiente de opiniones y expresada en términos lingüísticos, en contraposición a la información *cuantitativa*, que es absoluta y podemos expresar con números.

Para la introducción de estos valores cuantitativos o numéricos en el proceso

2.4. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE EMPRESAS

de valoración de una empresa existen varios métodos bien definidos. En este trabajo utilizaremos dos de ellos: el *método de flujos de caja descontados*, más conocido por su nombre en inglés *Discounted Cash-Flow*, y el *método de análisis mixto u análisis operativo*, que explicaremos a continuación.

Para añadir la información cuantitativa, utilizaremos la computación con palabras y el concepto de *mayoría lingüística*, que se basan en la *lógica difusa*. A continuación haremos una breve introducción a estos conceptos, que estudiaremos con más profundidad en el siguiente capítulo.

2.4. Métodos de valoración de empresas

Aunque el estudio a fondo de los métodos de valoración de empresas queda fuera de los objetivos de este proyecto, introduciremos brevemente los dos métodos a utilizar y sobre los que en los siguientes capítulos añadiremos la información cualitativa usando computación con palabras.

Se han ofrecido diversas alternativas para realizar el proceso de valoración entre las que destacan las siguientes:

Criterio del precio histórico: Se basa en considerar como valor de cada elemento del activo el precio por el que se adquirió en el momento de su incorporación a la empresa, presentando por tanto claros inconvenientes al no considerar el efecto de la inflación, del progreso técnico, etc.

Criterio del valor de reposición: Este criterio toma como referencia en la estimación de los precios de cada una de las masas patrimoniales del activo su situación actual en el mercado y su eficiencia económica.

Criterio del beneficio capitalizado: Parte de la premisa de la obtención de beneficios como objetivo prioritario de la empresa, siendo estos últimos la base para el cálculo del valor de la empresa. De ahí, que la valoración se realice descontando, mediante el tipo de interés, los beneficios estimados para periodos futuros, siendo preciso establecer tres variables: tipo de interés, beneficios para cada periodo y tiempo que se considera para el análisis.

El proceso de valoración realizado en función de este último criterio debe suponer un valor superior al realizado sobre la base del resto de criterios, deno-

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN A LA VALORACIÓN DE EMPRESAS

minándose la diferencia *fondo de comercio* o *goodwill*, cuyo cálculo se afronta desde dos perspectivas principales: el método directo que consiste en estimar unos beneficios posibles y unos beneficios normales actualizando la diferencia, y el método indirecto que consiste en actualizar la estimación de beneficios y restarle el valor sustancial.

Métodos de análisis mixto

El criterio del beneficio capitalizado matizado con el del valor sustancial da lugar a lo que se denominan métodos mixtos, entre los que destacan el método alemán, el método de Schmalenbach y el método anglosajón. El método alemán trata de evitar el inconveniente de la incertidumbre de los datos futuros. Para ello, y debido a la inexistencia de técnicas apropiadas para realizar su tratamiento, se ha optado por reducir el valor capitalizado a la mitad del goodwill tomando como justificación el principio de prudencia valorativa. De esta forma, se tiene que:

$$V_e = V_s + \frac{1}{2}GW = V_c - \frac{1}{2}GW = V_c - \frac{1}{2}(V_c - V_s) = \frac{V_c + V_s}{2} \quad (2.1)$$

Donde V_e es el valor de la empresa, V_s es el valor sustancial, V_c es el valor capitalizado, y GW el *goodwill* ($V_c - V_s$).

En la expresión anterior se puede observar que este método determina el valor de la empresa como la media entre el valor capitalizado y el valor sustancial, considerando en consecuencia la misma importancia para ambos tipos de valores.

Por su parte, el método anglosajón realiza el cálculo añadiendo al valor sustancial el importe total del goodwill. En consecuencia, ambos métodos adolecen de similares limitaciones, ya que varía únicamente el procedimiento de cálculo, mientras que en el método alemán el goodwill se obtiene indirectamente como diferencia entre el valor capitalizado y el valor sustancial; por su parte, el método anglosajón lo obtiene directamente actualizando la diferencia entre los beneficios esperados y los rendimientos normales del valor sustancial, con lo cual, siendo i el tipo de interés normal, el valor de la empresa vendrá dado por:

2.4. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE EMPRESAS

$$V_e = V_s + (B + iV_s) \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i) \cdot i} \quad (2.2)$$

La expresión anterior refleja el hecho de que los rendimientos normales en lugar de ser calculados sobre el valor sustancial tienen en cuenta el valor de la empresa, denotando lo que teóricamente pagarán los eventuales compradores.

En caso de que la estimación de beneficios y tipos de interés para los periodos futuros presente distintos valores en cada periodo, el valor de la empresa vendrá determinado por la expresión que se recoge a continuación:

$$V_e = V_s + (B_1 - i_1 V_s) (1 + i_1)^{-1} + \dots \\ \dots + (B_n - i_n V_s) (1 + i_1)^{-1} (1 + i_2)^{-1} \dots (1 + i_n)^{-1} \quad (2.3)$$

Sin embargo, el cálculo así efectuado presenta una serie de inconvenientes que es preciso considerar y tratar de evitar para poder establecer una valoración, lo más cercana a la realidad posible.

Entre estos inconvenientes están la forma en que se expresan las estimaciones y la forma en que se agrega la información. Tanto las valoraciones de los tipos de interés como de los beneficios futuros esperados debe ser realizada por expertos, en cuyo caso se debe establecer un mecanismo que facilite la obtención y posterior agregación de dicha información. Para la expresión de las estimaciones, al no poderse obtener mediante un valor cuantitativo, es más factible obtenerla expresada de forma cualitativa para lo que se debe usar un enfoque lingüístico. Además, como se ha indicado anteriormente, es muy importante que el valor agregado sea cercano a la mayoría de las estimaciones obtenidas por los expertos. Por ello es interesante considerar nuevos operadores que permitan introducir el concepto de mayoría difusa en la agregación.

Método de los flujos descontados

En los últimos años, con la globalización de los mercados, el paralelo desarrollo tecnológico de los mismos y la aparición de nuevos instrumentos financieros, se han desarrollado también nuevas técnicas de valoración y mejorado

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN A LA VALORACIÓN DE EMPRESAS

las existentes. Ello ha llevado consigo un aumento del espectro de métodos de valoración, de su posible marco de actuación y de la necesidad de discriminar qué métodos son aplicables en unas determinadas circunstancias u otras y la veracidad y credibilidad de sus resultados.

En el presente trabajo utilizaremos el método que en la actualidad tiene mayor aceptación en la comunidad científica y profesional, que no es otro que el modelo de los flujos descontados o *discounted cashflow* por su nombre en inglés. La conocida expresión general que lo caracteriza es la siguiente:

$$V_E = \sum_{t=1}^n \frac{CFL_t}{\prod_{j=1}^t (1 + K_j)^t} \quad (2.4)$$

Donde V_E representa el valor actual de la empresa, CFL_t es el cash-flow libre de la empresa para el periodo t , incluyendo el valor residual, K_j es la tasa de actualización adecuada y ajustada por riesgo (WACC) para el periodo j , y n es el horizonte de valoración.

2.5. Resumen

En el presente capítulo hemos discutido sobre la problemática que presenta la valoración de empresas y la importancia de la información cuantitativa en los procesos de valoración.

Por último hemos presentado dos métodos de valoración de empresas: el *método del análisis mixto* y el *método de los flujos descontados*, con sus correspondientes expresiones matemáticas.

En los próximos capítulos introduciremos las herramientas que nos permitirán tener en cuenta la información cuantitativa durante un proceso de valoración. Esto es, el modelo de 2-tuplas para computación con palabras, así como el concepto de agregación lingüística.

Capítulo 3

Computación con palabras

3.1. Introducción

En este capítulo introduciremos los conceptos matemáticos que necesitaremos para implementar los métodos de valoración de empresas usando computación con palabras.

Veremos en primer lugar una introducción a la lógica difusa y al concepto de etiqueta lingüística.

Estudiaremos después el modelo de 2-tuplas para la representación de la información lingüística e introduciremos las operaciones sobre las tuplas.

Por último veremos las distintas formas de agregar la información lingüística representada en 2-tuplas a un proceso de decisión. Presentaremos primero el método de los expertos y a continuación el operador *LAMA* de mayoría lingüística.

3.2. Lógica difusa y computación con palabras

Lógica difusa

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, la lógica matemática es la ciencia que expone las leyes, modos y formas del conocimiento científico utilizando un lenguaje simbólico artificial y haciendo abstracción de los contenidos, mientras que la lógica difusa es la que admite una cierta

CAPÍTULO 3. COMPUTACIÓN CON PALABRAS

incertidumbre entre la verdad o falsedad de sus proposiciones, a semejanza del raciocinio humano.

Este concepto nace de los distintos artículos publicados principalmente por Lotfi A. Zadeh, en el que explica su teoría de conjuntos difusos y que pone las bases para un sistema lógico con distintos grados de «verdad».[9]

En términos más específicos, lo que distingue a la lógica difusa es que, a diferencia de los sistemas lógicos clásicos, se centra en modelar los métodos imprecisos de razonamiento que juegan un papel esencial en la capacidad humana de tomar decisiones racionales en un entorno de incertidumbre e imprecisión. Esta habilidad depende de nuestra habilidad para inferir una respuesta aproximada a una pregunta basada en un conjunto de conocimientos que es inexacto, incompleto, o que no es totalmente confiable.

Hay dos motivos principales por los cuales los sistemas de lógica clásica no pueden abordar éste tipo de problemas. Primero, no proveen un sistema para representar el significado de las proposiciones expresadas en lenguaje natural cuando el significado es impreciso; y segundo, en aquellos casos en los cuales el significado puede ser representado mediante un lenguaje simbólico, como por ejemplo una red semántica, no tenemos un mecanismo de inferencia.

La lógica difusa afronta estos problemas. En primer lugar, el significado de una proposición léxicamente imprecisa es representado utilizando una restricción «elástica» sobre una variable. Y en segundo lugar, la respuesta a una consulta se deduce a través de la propagación de restricciones elásticas.

Aunque la lógica difusa puede ser vista como una extensión de la lógica multivaluada, sus usos y objetivos son un tanto diferentes. Así pues, el hecho de que la lógica difusa trate sobre aproximaciones más que de modelos precisos, implica que, en general, las cadenas de razonamiento son cortas y el rigor no juega un papel importante, como sí hace en los sistemas clásicos. Podríamos decir, en breve, que en la lógica difusa todo, incluso la VERDAD, es cuestión de grados.

3.2. LÓGICA DIFUSA Y COMPUTACIÓN CON PALABRAS

Conjuntos borrosos

La necesidad natural del ser humano de clasificar objetos y conceptos, propició la aparición de los llamados conjuntos clásicos o conjuntos *crisp*. Para este tipo clásico de conjuntos, podemos decir, dentro de un dominio o *Universo de Discurso* si un elemento pertenece o no al conjunto de una forma absoluta. Esto es, una *pera* SÍ pertenece al conjunto *frutas*, pero NO pertenece al conjunto *muebles*.

Si consideramos X el universo de discurso, y A el conjunto, podemos definir la función de pertenencia como:

$$A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases} \quad (3.1)$$

Vemos que existe una restricción $A(x) : X \rightarrow 0, 1$.

Pero, ¿qué ocurre cuando la relación de pertenencia no tiene unos límites claros y definidos? Si tomamos como ejemplo la temperatura, ¿en qué punto podemos considerar que una temperatura de 30 grados pertenece al conjunto «temperatura alta»? En este caso podemos definir «grados» de pertenencia, «relajando» la restricción de pertenencia, aceptando valores en el intervalo continuo $[0, 1]$.

Definición 3.1 *Un conjunto borroso A se define como una **Función de Pertenencia** que enlaza o empareja los elementos de un dominio o Universo de discurso X con elementos del intervalo $[0, 1]$, esto es, una función $A : X \rightarrow [0, 1]$*

La función de pertenencia a elegir dependerá del concepto a definir, del contexto al que se refiera, de la aplicación que vayamos a hacer de ella, etc.

En general es preferible usar funciones simples, debido a que simplifican mucho los cálculos y no pierden exactitud, debido a que precisamente se está definiendo un concepto difuso.

CAPÍTULO 3. COMPUTACIÓN CON PALABRAS

Entre las funciones más usadas se encuentran la triangular, la trapezoidal, la gaussiana, etc. Por comodidad en los cálculos, en el presente trabajo utilizaremos la función triangular, definida a continuación.

Definición 3.2 Sea a el límite inferior de un conjunto, sea b su límite superior, y sea m su valor modal, tal que $a < m < b$. Se define la función de pertenencia triangular $A : X \rightarrow [0, 1]$ como:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(m-a)} & \text{si } x \in (a, m] \\ \frac{(b-x)}{(b-m)} & \text{si } x \in (m, b) \\ 0 & \text{si } x \geq b \end{cases} \quad (3.2)$$

Computación con palabras

Como su propio nombre indica, la computación con palabras (abreviada como *CW* por su nombre en inglés, *Computing with Words*) es una metodología en la cual se utilizan palabras en lugar de números para computar y razonar.

En su sentido tradicional, la computación implica, en su mayor parte, la manipulación de números y símbolos. Por el contrario, los humanos emplean generalmente palabras para «computar» y razonar, llegando a conclusiones, expresadas en palabras, a partir de premisas expresadas en lenguaje natural o en forma de percepciones. Estas palabras utilizadas en lenguaje natural tienen connotaciones «difusas», en el sentido de que no expresan verdades absolutas y están sujetas a interpretación. Esto mismo se aplica al papel que juegan las palabras en la CW.

Igual que la lógica difusa, la computación con palabras se basa también en los trabajos de Lotfi A. Zadeh, exponiendo los principios en varios artículos, como por ejemplo *Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes*[12] y *PRUF-A Meaning Representation Language for Natural Languages*[11], y además relacionándolo con los conceptos de la lógica difusa en el artículo *Fuzzy Logic = Computing with words*[10].

3.2. LÓGICA DIFUSA Y COMPUTACIÓN CON PALABRAS

Etiquetas lingüísticas

Si aplicamos el concepto de conjunto borroso a la computación con palabras, de forma que asociemos un término en lenguaje natural a un conjunto borroso, obtenemos el concepto de *etiqueta lingüística*. Una etiqueta lingüística nos ayuda a representar conceptos difusos como *totalmente*, *mucho*, *bastante*, *nada*, etc.

Definición 3.3 Una etiqueta lingüística es un nombre a un conjunto borroso. Es decir, es una terceta $(Nombre, A, X)$, donde *Nombre* es el nombre asociado al conjunto borroso A en el universo X . Es convencional confundir la etiqueta lingüística con su propio nombre.

Según se usen conjuntos de etiquetas con mayor o menor granularidad (número de etiquetas), se estarán definiendo escalas de mayor o menor precisión para la representación de la información. Estas funciones son transparentes a los expertos, ya que éstos emiten sus juicios en lenguaje natural haciendo uso de dichas etiquetas, siendo dentro del sistema de decisión donde se realiza la traslación de estas opiniones a al escala determinada para el problema.

En la figura 3.1 se muestran tres escalas distintas que nos permiten dar tres grados de precisión al lenguaje natural.

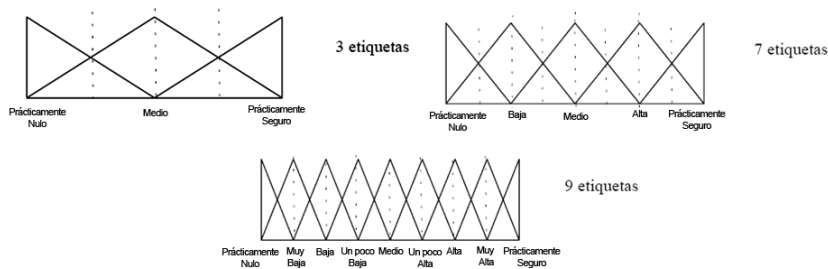


Figura 3.1: Etiquetas triangulares en tres escalas distintas

3.3. El modelo de 2-tuplas

Representación con 2-tuplas

Este modelo de representación de información lingüística denominado *2-tuplas* fue introducido por Francisco Herrera y Luis Martínez en su artículo *A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words*[4]. Está basado en el modelo simbólico y toma como base el concepto de *Traducción Simbólica*. La información se representa mediante una 2-tupla (p, α) , donde p es un término lingüístico y α es un valor numérico que apoya al valor de la traducción simbólica.

El primer paso para la representación de la información lingüística es generar un conjunto de términos lingüísticos que podamos usar para expresar información. Una opción para generar este conjunto es suministrar una gramática de contexto libre. En cualquier caso, este enfoque implica establecer previamente los conjuntos borrosos asociados con cada término, y las reglas semánticas que los modifican, y esto no es tarea sencilla.

Otra alternativa consiste en proveer directamente el conjunto de términos en el que consideramos todos los términos distribuidos en una escala y sobre el cual se define un orden total. Por ejemplo, un conjunto P de siete términos podría darse así:

$$P = \{p_0 = \text{lo peor}, p_1 = \text{muy malo}, p_2 = \text{malo}, p_3 = \text{medio}, \\ p_4 = \text{bueno}, p_6 = \text{muy bueno}, p_7 = \text{lo mejor}\}$$

En este proyecto utilizaremos etiquetas con pertenencia triangular (Figura 3.2 para simplificar los cálculos matemáticos. Por ejemplo, podemos asignar la siguiente semántica (Tabla 3.1) a un conjunto de siete términos parecido al definido anteriormente.

La traducción simbólica de un término lingüístico $p_i \in \{p_0, p_1, \dots, p_g\}$ es un valor numérico perteneciente al intervalo $[-0,5, 0,5]$ que representa la *diferencia de información* entre un cálculo de la información β evaluado en $[0, g]$, obtenido

3.3. EL MODELO DE 2-TUPLAS

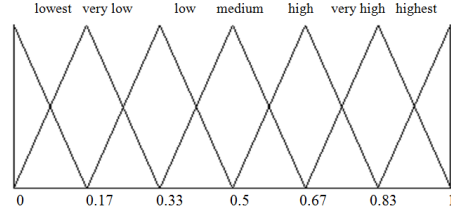


Figura 3.2: Representación de las etiquetas lingüísticas

Etiqueta	Semántica
Lo más alto	0.83, 1, 1
Muy alto	0.67, 0.83, 1
Alto	0.5, 0.67, 0.83
Medio	0.33, 0.5, 0.67
Bajo	0.17, 0.33, 0.5
Muy bajo	0, 0.17, 0.33
Lo más bajo	0, 0, 0.17

Tabla 3.1: Semántica de las Etiquetas

después de una operación de agregación simbólica (que actúa sobre el índice de las etiquetas), y el valor más cercano en $\{0, \dots, g\}$ que indica el índice del término lingüístico más cercano en $P(p_i)$. A partir de este concepto, Herrera y Martínez[4] desarrollan un modelo de representación de información lingüística por medio de 2-tuplas (p_i, α_i) , $p_i \in P$ y $\alpha_i \in [-0,5, 0,5]$, donde p_i representa la etiqueta lingüística central de la información, y α_i es un valor numérico que representa el desplazamiento del resultado original β al índice de la etiqueta lingüística más cercana en el conjunto de términos, es decir, la Traducción Simbólica.

Este modelo de representación lingüística define un conjunto de funciones para hacer transformaciones entre términos lingüísticos, 2-tuplas y valores numéricos.

Definición 3.4 Sea $p_i \in P$ un término lingüístico, entonces su 2-tupla equivalente viene dada por la función θ de este modo:

$$\begin{aligned} \theta : P &\rightarrow (P \times [-0,5, 0,5]) \\ \theta(p_i) &= (p_i, 0) / p_i \in S \end{aligned} \tag{3.3}$$

CAPÍTULO 3. COMPUTACIÓN CON PALABRAS

Definición 3.5 Sea $P = \{p_0, p_1, \dots, p_g\}$ un conjunto de términos lingüísticos y sea $\beta \in [0, g]$ un valor que representa el resultado de una operación de agregación simbólica. Entonces la 2-tupla que representa la información equivalente a β se obtiene con la siguiente función

$$\Delta : [0, g] \rightarrow P \times [-0,5, 0,5) \quad (3.4)$$

$$\Delta(\beta) = \begin{cases} p_i & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i & \alpha \in [-0,5, 0,5) \end{cases}$$

Donde “round” es la operación de redondeo, p_i es la etiqueta lingüística más cercana al valor de β y α es el valor de la traducción simbólica.

Definición 3.6 Sea $P = \{p_0, p_1, \dots, p_g\}$ un conjunto de términos lingüísticos, y sea (p_i, α_i) una 2-tupla lingüística. Hay siempre una función Δ^{-1} tal que, a partir de una 2-tupla, devuelve su valor numérico equivalente $\beta \in [0, g]$.

$$\Delta^{-1} : P \times [-0,5, 0,5) \rightarrow [0, g] \quad (3.5)$$

$$\Delta^{-1}(p_i, \alpha) = i + \alpha = \beta$$

De acuerdo con lo anterior, la representación mediante 2-tuplas lingüísticas presenta ventajas sustantivas respecto a otras metodologías, debido a las posibilidades que ofrece para el tratamiento de información suministrada en distintos dominios de expresión, es decir, para operar con información lingüística multigranular sin pérdida de información.

Operaciones con 2-tuplas

Meter aquí los operadores \oplus y \otimes

3.4. Jerarquías lingüísticas

El modelo de 2-tuplas parte de contextos lingüísticos con diferentes granularidades, denominados jerarquías lingüísticas, las cuales cumplen una serie de reglas y condiciones que permiten unificar la información en un único dominio

3.4. JERARQUÍAS LINGÜÍSTICAS

de expresión sin pérdida de información. Las jerarquías lingüísticas están compuestas por un conjunto de niveles, donde cada nivel es un conjunto de términos lingüísticos con distinta granularidad al resto de niveles de su jerarquía. Cada nivel de una jerarquía se puede escribir como:

$$L(t, n(t))$$

donde t es el número que indica el nivel de la jerarquía y $n(t)$ la granularidad del conjunto lingüístico del nivel t .

Los niveles dentro de una jerarquía están ordenados de acuerdo con su granularidad, es decir, para dos niveles sucesivos t y $t + 1$ se cumple que $n(t + 1) > n(t)$.

De acuerdo con lo anterior se puede definir una jerarquía lingüística (LH) como la unión de todos los niveles

$$LH = \bigcup_t l(t, n(t)) \quad (3.6)$$

Para analizar la construcción de una jerarquía lingüística, teniendo en cuenta que su orden jerárquico viene dado por el incremento de la granularidad de los conjuntos de términos lingüísticos en cada nivel, se parte de un conjunto de etiquetas S sobre el dominio U en el nivel t , tal:

$$S = \{s_0, s_1 \dots, s_{n(t)-1}\} \quad (3.7)$$

Siendo s_k los términos lingüísticos del conjunto S con $k = 0, \dots, n(t)$.

Para construir una jerarquía lingüística se puede extender la definición de S , permitiendo la existencia de varios conjuntos de términos lingüísticos, cada uno con una granularidad distinta en cada nivel. Para ello se introduce el parámetro $n(t)$ en la definición de un conjunto de etiquetas, que representa la granularidad del conjunto del nivel t donde está definido:

$$S^{n(t)} = \{s_0^{n(t)}, \dots, s_{n(t)-1}^{n(t)}\} \quad (3.8)$$

En general, cabe admitir que el conjunto de términos del nivel $t + 1$ se obtiene de su predecesor como sigue:

$$L(t, n(t)) \rightarrow L(t + 1, 2 \cdot n(t) - 1) \quad (3.9)$$

CAPÍTULO 3. COMPUTACIÓN CON PALABRAS

Asimismo, existe una función que permite trasladar información lingüística de un conjunto de términos a otro sin pérdida de información. Esta función es recursiva y permite la transformación de un término del nivel t a uno del nivel $t' = t + a$, con $a \in \mathbb{Z}$.

Por comodidad, en el presente trabajo utilizaremos la forma no recursiva de dicha función, que se define así:

$$\begin{aligned} TF_{t'}^t : l(t, n(t)) &\rightarrow l(t', n(t')) \\ TF_{t'}^t(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)}) &= \Delta \left(\frac{\Delta^{-1}(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)}) \cdot (n(t') - 1)}{n(t) - 1} \right) \end{aligned} \quad (3.10)$$

Esta función es idempotente, esto garantiza la transformación sin pérdida de información, por lo que la representación basada en 2-tuplas lingüísticas permite “traducir” los resultados de los dominios iniciales de cada experto, con independencia del dominio elegido para el proceso de unificación.

3.5. Resumen

En este capítulo hemos introducido el concepto de computación con palabras.

En primer lugar hemos hecho una breve introducción a la lógica difusa y los conjuntos borrosos, que son la base para definir el concepto de etiqueta lingüística.

Después hemos introducido el modelo de 2-tuplas para computación con palabras, que nos da las herramientas matemáticas para computar a partir de términos expresados en lenguaje natural.

Por último hemos mostrado una manera de trasladar información lingüística de un dominio a otro, lo que nos permitirá trabajar con información estandarizada en el mismo dominio.

En el próximo capítulo introduciremos los conceptos de *agregación* y *mayoría lingüística*, de forma que, usando el modelo de 2-tuplas mostrado en éste capítulo, podamos recabar una serie de valores de información cuantitativa y obtener un único valor representativo de todos ellos.

Capítulo 4

Agregación de información lingüística

4.1. Introducción

Hasta ahora hemos visto la importancia de la información lingüística en el proceso de valoración de empresas, hemos introducido la computación con palabras y el modelo matemático de 2-tuplas que nos permite expresar formalmente dicha información. En el presente capítulo veremos cómo tener en cuenta dicha información lingüística, obteniendo un valor representativo que podamos usar en los cálculos para la valoración de empresas.

Introduciremos dos métodos para este fin. Primero introduciremos el operador de mayoría lingüística *LAMA*, que será el principal objeto de estudio de este trabajo al aplicarlo al proceso de valoración de empresas. Después introduciremos el método de *los expertones*, cuyo impacto en la valoración de empresas ya ha sido estudiado en trabajos anteriores, como por ejemplo los llevados a cabo por Cristina Mendaña Cuervo y otros[7], y que usaremos en el presente trabajo con fines comparativos.

4.2. Agregación mediante mayoría lingüística

Veremos a continuación cómo funcionan las funciones de agregación de información lingüística. Introduciremos en primer lugar el concepto de mayoría

CAPÍTULO 4. AGREGACIÓN DE INFORMACIÓN LINGÜÍSTICA

lingüística para luego presentar el operador de agregación *LAMA*, y su extensión *LAMA^e*, que permite trabajar con información lingüística representada usando el modelo de 2-tuplas.

El concepto de Mayoría lingüística

Tradicionalmente el concepto de mayoría ha estado muy ligado a la idea del grupo mayoritario o a la idea de la mitad más uno. Todo esto dio lugar a las denominadas *dictaduras de la mayoría*, donde se hacía lo que indicaba el grupo más numeroso sin tener en cuenta a los grupos minoritarios. En contra de estas actitudes surgieron nuevas formas o métodos de decisión que intentaban solucionar estos problemas, y con ellas las herramientas necesarias para llevarlas a cabo, pero cual ha sido la sorpresa que al analizar dichos métodos se ha podido comprobar que las dictaduras de la mayoría han dado lugar a las dictaduras de las minorías, donde las opiniones minoritarias son más influyentes que las opiniones mayoritarias.

Este problema se muestra en el siguiente ejemplo: sean los siguientes elementos: $\{0,7, 0,7, 0,7, 0,7, 0,5, 0,4, 0,1, 0,1, 0,1\}$. Si se analiza este ejemplo se puede apreciar que el 55 % de los elementos es mayor que 0.4, siendo el valor 0.7 el 44 % del total. Debido a este resultado, se puede suponer que un valor que fuese representativo del grupo, debería ser mayor a 0.5 e inferior a 0.7. Sin embargo, si se obtiene un valor de representación para dichos valores haciendo uso de los operadores tradicionales más utilizados como son la media aritmética y media geométrica, se obtendrían los valores 0.444 y 0.331 respectivamente, valores que aun siendo correctos desde un punto de vista matemático, semánticamente no reflejan la opinión mayoritaria y sí el valor de la minoría.

Otro ejemplo que muestra el problema anterior es el siguiente: Supongamos un pueblo donde residen 1001 personas, las cuales tienen los siguientes ingresos mensuales: 1.000 personas tienen unos ingresos de 1000 euros, mientras que 1 persona tiene unos ingresos de 1000.000.000 euros. Si se calculan los ingresos medios, y nuevamente se utiliza la media aritmética resulta que dicho pueblo muestra que sus habitantes tienen unos ingresos medios mensuales de 1.000.000 de euros aproximadamente. Nuevamente aun siendo correcto este valor desde

4.2. AGREGACIÓN MEDIANTE MAYORÍA LINGÜÍSTICA

un punto de vista matemático, sin embargo desde un punto de vista semántico y de información social dicho valor dista mucho de dar una información que sea representativa de la mayoría de la población.

Con objeto de paliar los problemas anteriores, ha surgido un nuevo concepto denominado Mayoría, que trata de obtener un valor de opinión que sea representativo de la mayoría pero sin olvidar a las minorías.

La diferencia entre los procesos clásicos y los nuevos procesos denominados de mayoría, se basa en la forma en que son considerados los elementos a la hora de obtener un valor de representación. Como muestra la figura 4.1, en los procesos clásicos los elementos son considerados de manera aislada, y sobre estos elementos se opera para obtener un valor para el grupo. Sin embargo, en los procesos de mayoría los elementos no son considerados de manera individual si no que forman grupos de elementos, en base a una función de distancia entre ellos, que comparten una misma opinión y que se enfrentan unos con otros para obtener un valor común.

El enfrentamiento entre elementos de distintos grupos se lleva a cabo tomando un elemento de cada uno de los grupos, con los cuales se opera para obtener un nuevo valor que sea representante de los mismos. La operación se puede llevar a cabo mediante operadores tradicionales. Los elementos que han sido considerados son eliminados de los grupos iniciales, pasando a formar un nuevo grupo con valor igual al calculado y cardinalidad el número de elementos que han sido considerados. Este proceso continua hasta que queda un solo grupo de elementos. Aquellos grupos que en un momento dado han enfrentado a todos sus representantes, dejan de participar en el proceso y por lo tanto de influir a partir de ese momento en el valor final.

Actualmente el concepto anterior que ha sido definido como Mayoría, ha dado lugar al concepto de Mayoría Fuzzy. La Mayoría Fuzzy se modela a través del uso de cuantificadores lingüísticos, tales como “al menos el 80 %”, “muchos”, “algunos”, etcétera, definiéndose formalmente como un subconjunto borroso dentro de un dominio numérico, que trata de delimitar el número de elementos de cada uno de los grupos.

La semántica de un subconjunto borroso se describe a través del uso de una

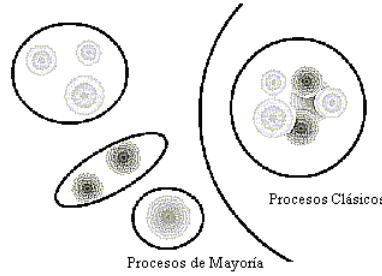


Figura 4.1: Procesos de Mayoría y Procesos Clásicos.

función de pertenencia la cual describe la compatibilidad de un valor absoluto o porcentual con respecto al concepto expresado por el cuantificador lingüístico. De esta forma, el cuantificador lingüístico se puede ver como un concepto borroso que se refiere a la cantidad de elementos a considerar en el conjunto de referencia. En la ecuación 4.1 vemos la definición matemática del cuantificador lingüístico muchos, y en la figura 4.2 su representación gráfica.

$$\mu_{\text{muchos}}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0,9 \\ 2x - 0,8 & 0,4 \leq x < 0,9 \\ 0 & x \leq 0,4 \end{cases} \quad (4.1)$$

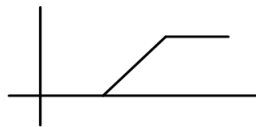


Figura 4.2: Cuantificador “muchos”

La aplicación del cuantificador se puede llevar a cabo atendiendo a aspectos sociales, dando lugar a la cuantificación individual o en grupo.

La cuantificación individual consiste en indicar el grado con que cada miembro del conjunto de valores representa el concepto de mayoría. Para ello, esta estrategia aplica la semántica del cuantificador directamente sobre el peso individual de cada elemento de la agregación, donde el peso ha sido previamente calculado con un operador de agregación. La figura 4.2 muestra un ejemplo de

4.2. AGREGACIÓN MEDIANTE MAYORÍA LINGÜÍSTICA

aplicación de la cuantificación individual sobre un conjunto de valores a agregar. Los valores por encima de la línea no son considerados en la agregación.

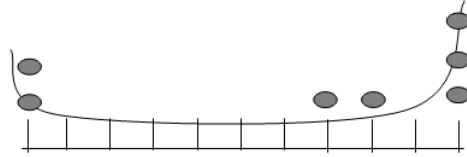


Figura 4.3: Representación gráfica del corte del cuantificador con la semántica de cuantificación individual

Pero desde un punto de vista social existen problemas de toma de decisión en grupo donde se debe cumplir la premisa, que todos los grupos de opiniones estén representados por al menos un representante. Como muestra la figura 4.2 esta premisa no siempre se cumple con la cuantificación individual ya que existen grupos de opinión que son eliminados del proceso de decisión. Para solucionar este problema se propone la cuantificación en grupo, la cual siempre garantiza dicha premisa. La figura 4.2 muestra un ejemplo de aplicación de la cuantificación en grupo sobre un conjunto de valores a agregar. Los valores por encima de la línea no son considerados en la agregación.

Corte simbólico del cuantificador

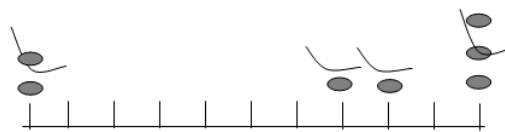


Figura 4.4: Representación gráfica del corte del cuantificador con la semántica de cuantificación en grupo

La aplicación de los procesos de mayoría fuzzy permite dar mayor representatividad a los resultados en los procesos de decisión, permitiendo modelar conceptos como muchos, pocos, algunos, etc. En la figura 4.2 se muestra el dominio de los procesos clásicos, los procesos de mayoría y los procesos de mayoría fuzzy. Para ello se ha considerado un ejemplo con 7 valores que han sido representados mediante elipses.

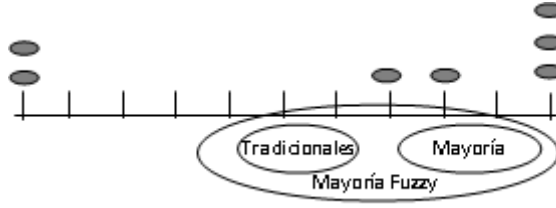


Figura 4.5: Dominio de los procesos de decisión tradicionales, de mayoría, y de mayoría *fuzzy*

Diferentes operadores de mayoría han sido definidos en la literatura. Así, para representar el concepto de mayoría en entornos aditivos, destaca el operador $MA - OWA$, o para mayoría cuantificada operadores como $IOWA$ y $QMA - OWA$. A continuación se va a presentar de manera formal el operador $LAMA$, que será utilizado posteriormente para agregar la información lingüística al proceso de valoración de empresas.

Operadores de mayoría lingüísticos aditivos. El operador $LAMA$

El operador $LAMA$, acrónimo de *Linguistic Aggregation of Majority Additive* o *Agregación lingüística de mayoría aditiva* es presentado en el artículo *LAMA: A linguistic aggregation of Majority Additive Operator*[8] de J.I. Peláez y J.M. Doña, y es un operador de mayoría para entornos lingüísticos con un espacio de etiquetas S , que se define como una media aritmética de medias aritméticas, de forma que el resultado final es una media aritmética ponderada.

Definición 4.1 Sean las etiquetas $p_1, p_2, \dots, p_n \in P$ tales que $t > 0$ y sea $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n \in N$ las frecuencias o cardinalidad de las etiquetas, donde $\delta_i \leq \delta_{i+1}$ para todo $1 \leq i \leq n - 1$. El operador $LAMA$ es la etiqueta p_m dada por:

$$\begin{aligned} p_m &= LAMA((p_1, \delta_1), (p_2, \delta_2), \dots, (p_n, \delta_n)) \\ &= p_1 \otimes \lambda_1 \oplus p_2 \otimes \lambda_2 \oplus \dots \oplus p_n \otimes \lambda_n \end{aligned}$$

4.2. AGREGACIÓN MEDIANTE MAYORÍA LINGÜÍSTICA

donde

$$\lambda_i = \begin{cases} \frac{1}{d_1} & \text{si } i = 1 \\ \frac{1}{d_1} \cdot \frac{1-n^{\delta_2}}{1-n} & \text{si } i = 2 \\ \lambda_{i-1} + \frac{1}{d_{i-1}} \cdot \frac{1-(n-i+2)^{\delta_i-\delta_{i-1}}}{1-(n-i+2)} & \text{si } i > 2 \end{cases}$$

con

$$d_i = \begin{cases} 1 & \text{si } i = 1, n = 1 \\ n^{\delta_2} & \text{si } i = 1, n = 2 \\ n^{\delta_2} \cdot \prod_{j=1}^{n-2} (n-j)^{\delta_{j+1}-\delta_{j+1}} & \text{si } i = 1, n > 2 \\ \prod_{j=i-1}^{n-2} (n-j)^{\delta_{j+1}-\delta_{j+1}} & \text{si } i > 1 \end{cases}$$

y donde \oplus es la suma de etiquetas y \otimes es el producto de una etiqueta por un real positivo.

El operador *LAMA* utilizando representación con 2-tuplas

Podemos definir el operador *LAMA*^e como una extensión del operador *LAMA* para operar con información lingüística representada mediante el modelo de 2-tuplas expuesto.

Definición 4.2 Sean $(p_1, \alpha_1), (p_2, \alpha_2), \dots, (p_n, \alpha_n)$ las 2-tuplas a ser agregadas, y sean $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n \in N$ la frecuencia o cardinalidad de dichas 2-tuplas, donde $\delta_i \leq \delta_{i+1}$ para todo $1 \leq i \leq n-1$. El operador *LAMA*^e es la 2-tupla (p_m, α_m) dada por:

$$\begin{aligned} LAMA^e((p_1, \alpha_1), (p_2, \alpha_2), \dots, (p_n, \alpha_n)) = & \Delta(\Delta^{-1}(p_1, \alpha_1) \cdot w_1 \\ & + \Delta^{-1}(p_2, \alpha_2) \cdot w_2 + \dots + \Delta^{-1}(p_n, \alpha_n) \cdot w_n) \end{aligned} \quad (4.2)$$

donde $w_i \in [0, 1]$ y $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

El valor de cada peso w_i se calcula a partir de las cardinalidades de cada 2-tupla de la siguiente manera.

Sea δ_i la cardinalidad de la etiqueta i con $\delta_i > 0$, entonces:

CAPÍTULO 4. AGREGACIÓN DE INFORMACIÓN LINGÜÍSTICA

$$w_i = \frac{\gamma_i^{\delta_{min}}}{\Theta_{\delta_{max}} \cdot \Theta_{\delta_{max}-1} \cdot \dots \cdot \Theta_{\delta_{min}-1} \cdot \Theta_{\delta_{min}}} + \frac{\gamma_i^{\delta_{min}}}{\Theta_{\delta_{max}} \cdot \Theta_{\delta_{max}-1} \cdot \dots \cdot \Theta_{\delta_{min}-1}} + \dots + \frac{\gamma_i^{\delta_{min}}}{\Theta_{\delta_{max}} \cdot \Theta_{\delta_{max}-1}} + \frac{\gamma_i^{\delta_{min}}}{\Theta_{\delta_{max}}} \quad (4.3)$$

donde

$$\gamma_i^k = \begin{cases} 1 & \text{if } \delta_i \geq k \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.4)$$

y

$$\Theta_i = \begin{cases} (\text{numero de etiqueta con cardinalidad } \geq i) + 1 & \text{si } i \neq \delta_{min} \\ (\text{numero de etiqueta con cardinalidad } \geq i) & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.5)$$

El valor de la cardinalidad de cada 2-tupla puede calcularse usando dos metodologías diferentes:

1. Usando como cardinalidad el número de 2-tuplas que representan la misma información
2. Usando como cardinalidad el número de 2-tuplas que representan información similar.

Definición 4.3 Sean (p_i, α_1) y (p_j, α_2) dos 2-tuplas, cada una representando una cantidad de información, entonces, si $i = j$, entonces:

- Si $\alpha_1 = \alpha_2$, entonces ambas tuplas representan la misma información
- En otro caso, las tuplas representan información similar, donde:
 - Si $\alpha_1 < \alpha_2$, entonces (p_i, α_1) es menor que (p_j, α_2)
 - Si $\alpha_1 > \alpha_2$, entonces (p_i, α_1) es mayor que (p_j, α_2)

4.3. MÉTODO DE LOS EXPERTONES

4.3. Método de los expertones

Definidos por Kaufmann[5], el método de los expertones permite agregar la opinión de varios expertos a partir de valoraciones dadas por ellos, llevando una estadística de todos los valores posibles, que dependerá de la escala usada. Esta estadística se somete a un proceso de estandarización de acuerdo con el número de opiniones disponible. Concretamente, la función complementaria de probabilidad acumulada es lo que llamamos expertón.

Aplicado al modelo de 2-tuplas, lo que haremos será recoger las opiniones de los distintos expertos, normalizadas a un único conjunto de etiquetas, y a partir de la frecuencia absoluta de cada etiqueta, calcularemos su función de probabilidad acumulada complementaria.

No es objetivo de este trabajo presentar la teoría completa sobre los expertones, por lo que simplemente ilustraremos su uso con un ejemplo práctico para ajustar un intervalo sobre un expertizaje expresado con el modelo de 2-tuplas.

Ejemplo 4.1 *Consideremos el intervalo $[0'04, 0'05]$ de posibles tipos de interés inicial para la valoración de una empresa.*

Para alcanzar un consenso sobre la validez de dicha información, se pide a diez expertos que den su opinión, usando distintos conjuntos de etiquetas semánticas. Tomando como conjunto de referencia el conjunto S_9 , obtenemos las opiniones reflejadas en la tabla 4.1

Experto	$[0'04, 0'05]$
e_1	$(S_6^9, 0) - (S_8^9, 0)$
e_2	$(S_5^9, 0'33) - (S_7^9, -0'33)$
e_3	$(S_6^9, 0)$
e_4	$(S_5^9, 0)$
e_5	$(S_6^9, 0) - (S_8^9, 0)$
e_6	$(S_8^9, 0)$
e_7	$(S_8^9, 0)$
e_8	$(S_5^9, 0) - (S_7^9, 0)$
e_9	$(S_8^9, 0)$
e_{10}	$(S_0^9, 0) - (S_1^9, 0)$

Tabla 4.1: Opinión de los expertos

CAPÍTULO 4. AGREGACIÓN DE INFORMACIÓN LINGÜÍSTICA

Observamos las frecuencias de cada 2-tupla. Para estandarizar los valores, dividimos por 10, que es el número de opiniones disponibles, obteniendo así la tabla 4.2

2-tupla	[0'04, 0'05]		$p(0'4)$	$p(0'5)$
$(S_8^9, 0)$	3	5	0'3	0'5
$(S_7^9, 0)$	0	1	0	0'1
$(S_7^9, -0'33)$	0	1	0	0'1
$(S_6^9, 0)$	3	1	0'3	0'1
$(S_5^9, 0'33)$	1	0	0'1	0
$(S_5^9, 0)$	2	1	0'2	0'1
$(S_1^9, 0)$	0	1	0	0'1
$(S_0^9, 0)$	1	0	0'1	0

Tabla 4.2: Cardinalidades y probabilidades

Ahora, ordenando las tuplas de “menor” a “mayor”, incluyendo los nueve valores del conjunto semántico utilizado, aplicamos la función acumulada complementaria para obtener el expertón reflejado en la tabla 4.3.

[0,04, 0,05]		
$(S_0^9, 0)$	0.9	1
$(S_1^9, 0)$	0.9	0.9
$(S_2^9, 0)$	0.9	0.9
$(S_3^9, 0)$	0.9	0.9
$(S_4^9, 0)$	0.9	0.9
$(S_5^9, 0)$	0.7	0.8
$(S_5^9, 0'33)$	0.6	0.8
$(S_6^9, 0)$	0.3	0.7
$(S_7^9, -0'33)$	0.3	0.6
$(S_7^9, 0)$	0.3	0.5
$(S_8^9, 0)$	0	0

Tabla 4.3: Expertón para el intervalo [0,04, 0,05]

Para obtener el R^+ -experton para el intervalo $[\alpha_0, \alpha_1]$ aplicamos

$$\alpha_0 + ((\alpha_1 - \alpha_0)) \cdot \text{Experton}$$

De esta forma obtenemos el R^+ -Experton para el ejemplo en la tabla 4.4.

Finalmente obtenemos el intervalo ajustado, calculando la esperanza matemática del R^+ -expertón. Esto es, sumando todos los valores del expertón en

4.4. RESUMEN

[0,04, 0,05]				
	<i>Experton</i>		R^+ -Experton	
$(S_0^9, 0)$	0.9	1	0.049	0.050
$(S_1^9, 0)$	0.9	0.9	0.049	0.049
$(S_2^9, 0)$	0.9	0.9	0.049	0.049
$(S_3^9, 0)$	0.9	0.9	0.049	0.049
$(S_4^9, 0)$	0.9	0.9	0.049	0.049
$(S_5^9, 0)$	0.7	0.8	0.047	0.048
$(S_5^9, 0'33)$	0.6	0.8	0.046	0.048
$(S_6^9, 0)$	0.3	0.7	0.043	0.047
$(S_7^9, -0'33)$	0.3	0.6	0.043	0.046
$(S_7^9, 0)$	0.3	0.5	0.043	0.045
$(S_8^9, 0)$	0	0	0.040	0.040

Tabla 4.4: Experton y R^+ -Experton para el intervalo $[0,04, 0,05]$

cada extremo del intervalo (excepto el nivel 0), y dividiendo entre el número de elementos.

$$i_{inicial} = [0, 04, 0,05]$$

$$i_{ajustado} = [0,04610, 0,04720]$$

4.4. Resumen

En este capítulo hemos introducido el concepto de agregación de información lingüística mediante el concepto de mayoría.

Hemos presentado el operador de mayoría lingüística *LAMA* en su forma genérica, así como su extensión para trabajar con el modelo de dos tuplas.

Así mismo hemos visto un ejemplo de una metodología alternativa para agregar información lingüística a valores cuantitativos usando el método clásico de los expertones.

En el próximo capítulo veremos como utilizar estas dos metodologías aplicadas al proceso de valoración de una empresa.

Capítulo 5

Modelos de valoración con mayoría

5.1. Introducción

Hemos visto hasta ahora los conceptos básicos sobre valoración de empresas, así como varios métodos para realizar esta valoración.

Hemos introducido también los fundamentos de lógica difusa y computación con palabras, así como el modelo de 2-tuplas, con el que expresar de forma computable la información cualitativa que queremos añadir al proceso de valoración.

Finalmente, hemos introducido el concepto de agregación lingüística, proporcionando herramientas para obtener un valor representativo de dicha información cualitativa.

En el presente capítulo fusionaremos todas las herramientas vistas hasta ahora, aplicando un expertizaje en lenguaje natural al proceso de valoración de una empresa

5.2. Metodología

En el capítulo 2 hemos visto las expresiones matemáticas para la valoración de empresas utilizando tanto el método del *cashflow* como el método mixto de análisis operativo.

CAPÍTULO 5. MODELOS DE VALORACIÓN CON MAYORÍA

En ambos métodos procederemos de la misma manera: para cada estimación que llevemos a cabo, los expertos consultados expresarán sus valoraciones dentro de sus propios dominios de expresión. Después, mediante el modelo lingüístico de 2-tuplas normalizaremos todas las valoraciones a un único dominio, en el cual añadiremos la información a cada intervalo numérico a ser considerado utilizando el operador *LAMA*. Por último estandarizaremos los resultados obtenidos de acuerdo con el dominio unificado que hayamos elegido inicialmente.

En este punto, para estimar los intereses, los beneficios futuros o la estimación de cashflow, aplicaremos la siguiente expresión a cada intervalo:

$$[[\textit{limite inferior}] + (\textit{limite sup} - \textit{limite inf}) \cdot [L_1^N, L_2^N]$$

Siendo L_1^N, L_2^N los valores estandarizados tras aplicar el operador *LAMA* a las etiquetas lingüísticas.

Una vez obtengamos los valores ajustados para cada intervalo, aplicaremos la expresión matemática correspondiente a cada método de valoración, tal y como vimos en el capítulo 2.

Una vez agregada la información usando el operador *LAMA*, utilizaremos también, con fines comparativos, el método de los expertones para obtener una valoración ajustada usando la información cuantitativa.

Para ello seguiremos la metodología de cálculo de expertones que vimos en el ejemplo del capítulo anterior, de forma que obtengamos los intervalos ajustados con los que aplicar el método elegido para la valoración.

5.3. Método mixto con agregación LAMA

A continuación estudiaremos un ejemplo de agregación de información lingüística al proceso de valoración de empresas utilizando el método mixto del análisis operativo.

Para analizar el valor de la empresa, el proceso de estimación para los tipos de interés normalmente comienza con un análisis que permite considerar los

5.3. MÉTODO MIXTO CON AGREGACIÓN LAMA

posibles intervalos en los cuales se espera que la tasa de interés fluctúe durante los periodos considerados en el estudio, de forma que estos sirvan como punto de inicio en la negociación entre las partes que participan en el proceso de valoración.

Cálculo de los intereses futuros

En el ejemplo práctico que proponemos, se ha establecido un periodo de análisis de tres años, para los cuales hemos considerado los siguientes intervalos de tasas de interés:

$$[0,04, 0,05], [0,045, 0,06], [0,05, 0,06]$$

Con el objetivo de alcanzar un consenso para la validez de la información, es posible consultar a varios expertos de forma que validen su conformidad con cada uno de los valores iniciales. La información requerida, de acuerdo con las consideraciones expuestas en los anteriores capítulos, debe ser expresada en términos familiares a cada uno de los expertos consultados. Por tanto, se han definido tres conjuntos lingüísticos distintos, con la siguiente semántica:

Conjunto 1:

$$S_5 = \{S_4^5 (MuyAlto), S_3^5 (Alto), S_2^5 (Medio), S_1^5 (Bajo), S_0^5 (MuyBajo)\}$$

Conjunto 2:

$$S_7 = \{S_6^7 (MuyAlto), S_5^7 (Alto), S_4^7 (LigeramenteAlto), S_3^7 (Medio), \\ S_2^7 (LigeramenteBajo), S_1^7 (Bajo), S_0^7 (MuyBajo)\}$$

Conjunto 3:

$$S_9 = \{S_8^9 (CasiSeguro), S_7^9 (MuyAlto), S_6^9 (Alto), S_5^9 (LigeramenteAlto), \\ S_4^9 (Medio), S_3^9 (LigeramenteBajo), S_2^9 (Bajo), S_1^9 (MuyBajo), S_0^9 (CasiNulo)\}$$

De este modo, una vez consultado un conjunto de 10 expertos, obtenemos las valoraciones lingüísticas para cada dominio, reflejadas en la tabla 5.1.

A continuación será necesario proceder a la estandarización de los valores establecidos por los expertos. Para esto es necesario determinar un conjunto

CAPÍTULO 5. MODELOS DE VALORACIÓN CON MAYORÍA

Experto	[0,04, 0,05]	[0,04, 0,05]	[0,04, 0,05]
e_1	$S_3^5 - S_4^5$	S_4^5	$S_1^5 - S_2^5$
e_2	$S_4^7 - S_5^7$	$S_4^7 - S_6^7$	S_0^7
e_3	S_6^9	S_8^9	$S_0^9 - S_3^9$
e_4	S_5^9	$S_7^9 - S_8^9$	$S_2^9 - S_4^9$
e_5	$S_3^5 - S_4^5$	$S_3^5 - S_4^5$	S_1^5
e_6	S_4^5	S_4^5	$S_0^5 - S_1^5$
e_7	S_8^9	$S_5^9 - S_7^9$	$S_2^9 - S_4^9$
e_8	$S_5^9 - S_7^9$	$S_5^9 - S_6^9$	$S_5^9 - S_7^9$
e_9	S_6^7	$S_1^7 - S_2^7$	$S_5^7 - S_6^7$
e_{10}	$S_0^9 - S_1^9$	$S_5^9 - S_6^9$	$S_6^9 - S_8^9$

Tabla 5.1: Valoraciones lingüísticas para cada dominio

de términos lingüísticos que será usado como base para unificar la información. En este caso, dado que la mayoría de expertos ha utilizado el dominio S_9 , este será el elegido, aunque será posible utilizar cualquier otro.

Aplicando la ecuación 3.10, pasamos todos los valores al dominio S_9 obteniendo las valoraciones reflejadas en las tablas 5.2, 5.3 y 5.4.

Experto	[0,04, 0,05]
e_1	$(S_6^9, 0) - (S_8^9, 0)$
e_2	$(S_5^9, 0,33) - (S_7^9, -0,33)$
e_3	$(S_6^9, 0)$
e_4	$(S_5^9, 0)$
e_5	$(S_6^9, 0) - (S_8^9, 0)$
e_6	$(S_8^9, 0)$
e_7	$(S_8^9, 0)$
e_8	$(S_5^9, 0) - (S_7^9, 0)$
e_9	$(S_8^9, 0)$
e_{10}	$(S_0^9, 0) - (S_1^9, 0)$

Tabla 5.2: Valoraciones lingüísticas estandarizadas - Intervalo 1

Con la información representada en 2-tuplas lingüísticas y unificadas en el mismo dominio de expresión, procedemos a la agregación de esa información, para obtener un valor que represente el conjunto de valores a unificar introduciendo el concepto de mayoría. Para ello calculamos la cardinalidad de cada etiqueta, utilizando el concepto de igualdad introducido en la definición 4.3, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 5.5.

Con estas cardinalades podemos calcular los pesos de cada etiqueta, tal y

5.3. MÉTODO MIXTO CON AGREGACIÓN LAMA

Experto	[0,04, 0,05]
e_1	$(S_8^9, 0)$
e_2	$(S_5^9, 0,33) - (S_8^9, 0)$
e_3	$(S_8^9, 0)$
e_4	$(S_7^9, 0) - (S_8^9, 0)$
e_5	$(S_6^9, 0) - (S_8^9, 0)$
e_6	$(S_6^9, 0)$
e_7	$(S_5^9, 0) - (S_7^9, 0)$
e_8	$(S_5^9, 0) - (S_6^9, 0)$
e_9	$(S_1^9, 0,33) - (S_3^9, -0,33)$
e_{10}	$(S_5^9, 0) - (S_6^9, 0)$

Tabla 5.3: Valoraciones lingüísticas estandarizadas - Intervalo 2

Experto	[0,04, 0,05]
e_1	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_2	$(S_0^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_3	$(S_0^9, 0) - (S_3^9, 0)$
e_4	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_5	$(S_2^9, 0)$
e_6	$(S_0^9, 0) - (S_2^9, 0)$
e_7	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_8	$(S_5^9, 0) - (S_7^9, 0)$
e_9	$(S_5^9, -0,33) - (S_7^9, -0,33)$
e_{10}	$(S_6^9, 0) - (S_8^9, 0)$

Tabla 5.4: Valoraciones lingüísticas estandarizadas - Intervalo 3

Etiqueta	[0,04, 0,05]		[0,045, 0,06]		[0,05, 0,06]	
$(S_8, 0)$	3	5	2	5	0	1
$(S_7, 0)$	0	1	1	1	0	1
$(S_7, -0,33)$	0	1	0	0	0	1
$(S_6, 0)$	3	1	2	3	1	0
$(S_5, 0,33)$	1	0	1	0	1	0
$(S_5, 0)$	2	1	3	0	1	0
$(S_4, 0)$	0	0	0	0	4	4
$(S_3, 0)$	0	0	0	0	0	1
$(S_3, -0,33)$	0	0	0	1	0	0
$(S_2, 0)$	0	0	0	0	0	2
$(S_1, 0,33)$	0	0	1	0	0	0
$(S_1, 0)$	0	1	0	0	0	0
$(S_0, 0)$	1	0	0	0	3	0

Tabla 5.5: Cardinalidades de etiquetas

CAPÍTULO 5. MODELOS DE VALORACIÓN CON MAYORÍA

como se define en 4.2.

Para el extremo del intervalo $[0, 04]$:

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{1}{5 \cdot 4 \cdot 3} + \frac{1}{4 \cdot 3} + \frac{1}{3} = 0,433; \\ w_2 &= \frac{1}{5 \cdot 4 \cdot 3} + \frac{1}{4 \cdot 3} + \frac{1}{3} = 0,433; \\ w_3 &= \frac{1}{5 \cdot 4 \cdot 3} + \frac{1}{4 \cdot 3} + \frac{0}{3} = 0,1; \\ w_4 &= \frac{1}{5 \cdot 4 \cdot 3} + \frac{0}{4 \cdot 3} + \frac{0}{3} = 0,017; \\ w_5 &= \frac{1}{5 \cdot 4 \cdot 3} + \frac{0}{4 \cdot 3} + \frac{0}{3} = 0,017; \end{aligned}$$

Aplicamos el operador *LAMA*:

$$\begin{aligned} LAMA &= (S_8, 0) \otimes 0,433 \oplus (S_6, 0) \otimes 0,433 \oplus (S_5, 0) \otimes 0,1 \\ &\quad \oplus (S_5, 0,33) \otimes 0,017 \oplus (S_0, 0) \otimes 0,017 \\ &= (S_7, -0,35) \end{aligned}$$

Para el extremo $[0,06]$ del primer intervalo:

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{1}{6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 2} + \frac{1}{2} = 0,947; \\ w_{2,3,4,5,6} &= \frac{1}{6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2} + \frac{0}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2} + \frac{0}{2 \cdot 2 \cdot 2} + \frac{0}{2 \cdot 2} + \frac{0}{2} = 0,0106; \end{aligned}$$

Aplicando el operador *LAMA*:

$$\begin{aligned} LAMA &= (S_8, 0) \otimes 0,947 \oplus (S_7, -0,33) \otimes 0,0106 \oplus (S_7, 0) \otimes 0,0106 \\ &\quad \oplus (S_6, 0) \otimes 0,0106 \oplus (S_5, 0) \otimes 0,0106 \oplus (S_1, 0) \otimes 0,0106 \\ &= (S_8, -0,15) \end{aligned}$$

De forma que el intervalo ajustado para dicho periodo será:

$$i_1 = [0,04] + (0,01)(\cdot)[0,738, 0,872] = [0,04738, 0,04872]$$

De forma análoga calculamos los intervalos ajustados para los periodos 2 y

3. Por brevedad omitiremos los cálculos intermedios.

$$i_2 = [0,045] + (0,015)(\cdot)[0,6172, 0,8577] = [0,05425, 0,05786]$$

$$i_3 = [0,04] + (0,01)(\cdot)[0,1831, 0,4362] = [0,05183, 0,05436]$$

5.3. MÉTODO MIXTO CON AGREGACIÓN LAMA

Cálculo del beneficio futuro

Ahora, para continuar con el proceso de valoración, necesitamos establecer los valores en los que tanto compradores como vendedores acuerdan estimar el beneficio futuro de la empresa en los periodos estimados en el proceso. Para ello estableceremos unos intervalos de inicio que servirán de referencia para recabar la opinión de los expertos. Estos intervalos deben ser negociados y establecidos por las partes compradora y vendedora.

En nuestro caso, para los tres periodos a tener en cuenta, hemos establecido los siguientes intervalos:

$$B_1 = [4000, 6000], B_2 = [3000, 6000], B_3 = [2000, 5000]$$

Para estos tres intervalos, el grupo de expertos expresa su opinión usando los conjuntos de términos definidos anteriormente y que podemos ver en la tabla 5.6.

Compradores	[4000, 6000]	[3000, 6000]	[2000, 5000]
e_1	$S_2^5 - S_3^5$	$S_1^5 - S_2^5$	$S_1^5 - S_2^5$
e_2	$S_2^7 - S_3^7$	$S_3^7 - S_5^7$	$S_0^7 - S_3^7$
e_3	S_5^9	$S_1^9 - S_2^9$	$S_0^9 - S_3^9$
e_4	S_5^9	$S_5^9 - S_6^9$	$S_2^9 - S_4^9$
e_5	$S_1^5 - S_2^5$	$S_2^5 - S_3^5$	S_1^5
Vendedores	[4000, 6000]	[3000, 6000]	[2000, 5000]
e_1	$S_5^7 - S_6^7$	$S_3^7 - S_4^7$	$S_4^7 - S_5^7$
e_2	$S_4^9 - S_6^9$	$S_7^9 - S_8^9$	$S_3^9 - S_4^9$
e_3	$S_2^5 - S_3^5$	S_3^5	$S_1^5 - S_2^5$
e_4	$S_1^5 - S_3^5$	$S_1^5 - S_2^5$	$S_1^5 - S_3^5$
e_5	$S_5^9 - S_6^9$	$S_7^9 - S_8^9$	$S_6^9 - S_7^9$

Tabla 5.6: Expertizaje de beneficios futuros

Que una vez estandarizado al conjunto de términos S_9 y expresado con notación 2-tuplas queda reflejado en la tabla 5.7

Siguiendo la misma metodología que para los tipos de interés, agrupamos y calculamos las cardinalidades, obteniendo las tablas 5.8 y 5.9

Con dicha información, calcularemos los intervalos ajustados para el primer periodo para los compradores, utilizando el operador *LAMA*.

CAPÍTULO 5. MODELOS DE VALORACIÓN CON MAYORÍA

Compradores	[4000, 6000]	[3000, 6000]	[2000, 5000]
e_1	$(S_4^9, 0) - (S_6^9, 0)$	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_2	$(S_1^9, 0, 33) - (S_4^9, 0)$	$(S_4^9, 0) - (S_7^9, -0, 33)$	$(S_0^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_3	$(S_5^9, 0)$	$(S_1^9, 0) - (S_2^9, 0)$	$(S_0^9, 0) - (S_3^9, 0)$
e_4	$(S_5^9, 0)$	$(S_5^9, 0) - (S_6^9, 0)$	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_4	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$	$(S_4^9, 0) - (S_6^9, 0)$	$(S_2^9, 0)$
Vendedores	[4000, 6000]	[3000, 6000]	[2000, 5000]
e_1	$(S_7^9, -0, 33) - (S_8^9, 0)$	$(S_4^9, 0) - (S_5^9, 0, 33)$	$(S_5^9, 0, 33) - (S_7^9, -0, 33)$
e_2	$(S_4^9, 0) - (S_6^9, 0)$	$(S_7^9, 0) - (S_8^9, 0)$	$(S_3^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_3	$(S_4^9, 0) - (S_6^9, 0)$	$(S_6^9, 0)$	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$
e_4	$(S_4^9, 0) - (S_6^9, 0)$	$(S_2^9, 0) - (S_4^9, 0)$	$(S_2^9, 0) - (S_6^9, 0)$
e_4	$(S_5^9, 0) - (S_6^9, 0)$	$(S_7^9, 0) - (S_8^9, 0)$	$(S_6^9, 0) - (S_7^9, 0)$

Tabla 5.7: Expertizaje de beneficios futuros estandarizado

Etiqueta	[4000, 6000]		[3000, 6000]		[2000, 5000]	
$(S_7, -0, 33)$	0	0	0	1	0	0
$(S_6, 0)$	0	1	0	2	0	0
$(S_5, 0)$	2	2	1	0	0	0
$(S_4, 0)$	1	2	2	1	0	3
$(S_3, 0)$	0	0	0	0	0	1
$(S_2, 0)$	1	0	1	1	3	1
$(S_1, 0, 33)$	1	0	0	0	0	0
$(S_1, 0)$	0	0	1	0	0	0
$(S_0, 0)$	0	0	0	0	2	0

Tabla 5.8: Cardinalidades de etiquetas para compradores

Etiqueta	[4000, 6000]		[3000, 6000]		[2000, 5000]	
$(S_8, 0)$	0	1	0	2	0	0
$(S_7, 0)$	1	0	2	0	0	1
$(S_7, -0, 33)$	0	0	0	0	0	1
$(S_6, 0)$	0	4	1	1	1	1
$(S_5, 0, 33)$	0	0	0	1	1	0
$(S_5, 0)$	2	0	0	0	0	0
$(S_4, 0)$	1	0	1	1	0	2
$(S_3, 0, 33)$	0	0	0	0	1	0
$(S_2, 0)$	1	0	1	0	2	0

Tabla 5.9: Cardinalidades de etiquetas para vendedores

Para el extremo [4000]

$$w_1 = \frac{1}{4 \cdot 2} + \frac{1}{2} = 0,625; w_2 = \frac{1}{4 \cdot 2} + \frac{0}{2} = 0,125;$$

$$w_3 = \frac{1}{4 \cdot 2} + \frac{0}{2} = 0,125; w_4 = \frac{1}{4 \cdot 2} + \frac{0}{2} = 0,125;$$

5.3. MÉTODO MIXTO CON AGREGACIÓN LAMA

Aplicando el operador *LAMA*:

$$\begin{aligned} LAMA &= (S_5, 0) \otimes 0,625 \oplus (S_4, 0) \otimes 0,125 \oplus (S_2, 0) \otimes 0,125 \oplus (S_1, 0,33) \otimes 0,125 \\ &= (S_4, 0,04) \end{aligned}$$

Para el extremo [6000]

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{1}{3 \cdot 3} + \frac{1}{3} = 0,444; w_2 = \frac{1}{3 \cdot 3} + \frac{1}{3} = 0,444; \\ w_3 &= \frac{1}{3 \cdot 3} + \frac{0}{3} = 0,112; \end{aligned}$$

Y aplicando el operador *LAMA*

$$\begin{aligned} LAMA &= (S_5, 0) \otimes 0,444 \oplus (S_4, 0) \otimes 0,444 \oplus (S_6, 0) \otimes 0,112 \\ &= (S_5, -0,34) \end{aligned}$$

Por tanto, el intervalo 1 para los compradores queda:

$$B_1^C = [4000] + (2000)(\cdot)[0,4490, 0,5185] = [4898, 5037]$$

Operando del mismo modo para los vendedores, obtenemos:

$$B_1^V = [4000] + (2000)(\cdot)[0,4768, 0,6805] = [4953, 5361]$$

Y aplicado al resto de intervalos:

$$B_2^C = [3000] + (3000)(\cdot)[0,388, 0,6018] = [4166, 4805]$$

$$B_2^V = [3000] + (3000)(\cdot)[0,6527, 0,7688] = [4958, 5306]$$

$$B_3^C = [2000] + (3000)(\cdot)[0,1666, 0,4166] = [2499, 3249]$$

$$B_3^V = [2000] + (3000)(\cdot)[0,3379, 0,5601] = [3013, 3680]$$

En una aproximación inicial, para el primer periodo, la opinión agregada de los expertos por parte del comprador establece un valor mínimo de 4898. Por su parte, los compradores establecen una valoración máxima de 5361, de

CAPÍTULO 5. MODELOS DE VALORACIÓN CON MAYORÍA

modo que un nuevo ajustado será $[4898, 5361]$, en el cual aparecen todas las opiniones expresadas por los expertos.

Por tanto, un punto de encuentro que sirve como base para el proceso de negociación ha sido alcanzado, aunque una nueva evaluación podría ser necesaria para el intervalo obtenido. En este caso, proceder del mismo modo como se ha hecho con los intervalos iniciales permitiría reducir de nuevo la incertidumbre y disminuir la base del intervalo obtenido.

Cálculo del valor total

Tal y como se especificó en el capítulo dos, en la definición 2.3, la expresión para obtener el valor total de una empresa es:

$$V_e = V_s + (B_1 - i_1 V_s) (1 + i_1)^{-1} + \dots \\ \dots + (B_n - i_n V_s) (1 + i_1)^{-1} (1 + i_2)^{-1} \dots (1 + i_n)^{-1}$$

Que usando la siguiente nomenclatura:

$$I_1^{-1} = (1 + i_1)^{-1} \\ I_2^{-1} = (1 + i_1)^{-1} \cdot (1 + i_2)^{-1} \\ I_n^{-1} = (1 + i_1)^{-1} \cdot (1 + i_2)^{-1} \dots (1 + i_n)^{-1}$$

Puede ser simplificada como:

$$V_e = \frac{V_s + \sum_i^n B_i \cdot I_i^{-1}}{1 + \sum_i^n i_i \cdot I_i^{-1}} \quad (5.1)$$

Para el valor sustancial, o ANR, asumiremos un valor fijo aceptado por ambas partes de 3000 unidades monetarias. Por tanto, la información disponible para el cálculo del valor de la empresa es la siguiente:

$$V_s = 3000; \\ i_1 = [0,04738, 0,04872]; i_2 = [0,05425, 0,05786]; i_3 = [0,05183, 0,05436] \\ B_1 = [4898, 5361]; B_2 = [4166, 5306]; B_3 = [2499, 3680];$$

5.3. MÉTODO MIXTO CON AGREGACIÓN LAMA

Con la información de los tipos de interés podemos obtener las tasas de actualización:

$$[1(+)i_1]^{-1} = [0,9535, 0,9547];$$

$$[1(+)i_2]^{-1} = [0,9453, 0,9485];$$

$$[1(+)i_3]^{-1} = [0,9484, 0,9507];$$

$$I_1^{-1} = [1(+)i_1]^{-1} = [0,9535, 0,9547];$$

$$I_2^{-1} = [1(+)i_1]^{-1} \cdot [1(+)i_2]^{-1} = [0,9013, 0,9055];$$

$$I_3^{-1} = [1(+)i_1]^{-1} \cdot [1(+)i_2]^{-1} \cdot [1(+)i_3]^{-1} = [0,8547, 0,8608];$$

El proceso para obtener las tasas de interés y los beneficios actualizados para cada periodo de análisis se lleva a cabo con los siguientes cálculos:

$$B_1(\cdot)I_1^{-1} = [4898, 5361](\cdot)[0,9535, 0,9547] = [4670, 5118]$$

$$B_2(\cdot)I_2^{-1} = [4166, 5306](\cdot)[0,9013, 0,9055] = [3938, 5032]$$

$$B_3(\cdot)I_3^{-1} = [2499, 3680](\cdot)[0,8547, 0,8608] = [2135, 3167]$$

$$i_1(\cdot)I_1^{-1} = [0,04738, 0,04872](\cdot)[0,9535, 0,9547] = [0,04516, 0,04651]$$

$$i_2(\cdot)I_2^{-1} = [0,05425, 0,05786](\cdot)[0,9013, 0,9055] = [0,05128, 0,05488]$$

$$i_3(\cdot)I_3^{-1} = [0,05183, 0,05436](\cdot)[0,8547, 0,8608] = [0,04429, 0,04679]$$

Por lo que aplicando la definición 5.1.

$$V_e = \frac{3000(+)[10743, 13317]}{1(+)[0,1407, 0,1481]} = [12047, 14212]$$

El resultado previo permite asegurar que el beneficio nunca será más bajo de 12047 ni sobrepasará las 14212 unidades monetarias. La amplitud del intervalo debe ser objeto de negociación entre las partes, aunque si se considera que una incertidumbre de base más baja es necesaria, entonces sería posible recurrir a una nueva evaluación hasta que la incertidumbre se reduzca lo suficiente para permitir la negociación entre compradores y vendedores.

5.4. Comparativa del método

Para comparar la efectividad del proceso, se ha decidido utilizar la metodología de los expertones, tal y como se ha presentado en el capítulo 4, utilizando exactamente los mismos datos y expertizajes presentados hasta ahora.

Dado que en el capítulo anterior ya propusimos un ejemplo de como ajustar un intervalo usando expertones, evitaremos reproducir los cálculos y solo mostraremos los resultados obtenidos para la el problema que nos ocupa.

Para los tipos de interés, la esperanza matemática obtenida a partir de los R^+ -expertones de cada periodo es:

$$i_1 = [0,04610, 0,4720]; i_2 = [0,05632, 0,05836]; i_3 = [0,05289, 0,05544];$$

Para calcular los beneficios futuros operamos de forma similar, obteniendo los R^+ -expertones correspondientes con sus esperanzas matemáticas para cada intervalo. Los resultados obtenidos son:

$$B_1^C = [4978, 5288]; B_1^V = [4978, 5422];$$

$$B_2^C = [4068, 4688]; B_2^V = [4734, 5133];$$

$$B_3^C = [2450, 3275]; B_3^V = [3140, 3740];$$

Con estos valores obtenemos la valoración final de la empresa, tras calcular los tipos de interés y de actualización para cada periodo, quedando así:

$$V_e = \frac{3000(+)[10515, 13039]}{1(+)[0,1400, 0,1455]} = [11855, 14001];$$

Una vez hemos resuelto el problema con ambos métodos, podemos ver que los resultados producidos por el método de la mayoría son comparables, tanto los parciales como el resultado final, a los obtenidos con el método de los expertones, resultado un ligero desplazamiento en el intervalo de valoración final, producido por la aplicación del concepto de mayoría en las valoraciones expresadas por los expertos. Este hecho nos permite establecer que los resultados que el método de la mayoría produce son correctos, dado que están dentro del

5.5. APLICACIÓN A OTROS MÉTODOS DE VALORACIÓN

rango de valores que otros metodos tradicionales producen, como el método de los expertones.

Más información sobre la comparativa de ambos métodos puede encontrarse en el artículo «*A system based on the concept of Linguistic Majority for the companies valuation*» de J.I. Peláez y J.M. Doña.[1].

5.5. Aplicación a otros métodos de valoración

Hemos visto hasta ahora como agregar información lingüística a un proceso de valoración de empresas utilizando el método del análisis mixto, usando el operador *LAMA* y comparando los resultados obtenidos con el método de los expertones.

Esta misma metodología mostrada se puede aplicar fácilmente al método de valoración con flujos descontados (o método del *cashflow*).

Dada la similitud del proceso y para evitar redundancias, consistente en recabar el expertizaje correspondiente, estandarizar los valores a un único dominio de expresión y ajustar los intervalos tanto para el cashflow esperado como para las tasas de ajuste WACC, para finalmente aplicar la expresión matemática 2.4 presentada en el capítulo 2, no incluiremos un ejemplo de aplicación con dicho método de valoración en el presente trabajo, pudiendo encontrarse un ejemplo de dicha aplicación en el artículo *Toma de Decisión Fuzzy en Entornos Empresariales: El Concepto de Mayoría*[3]

5.6. Resumen

En el presente capítulo hemos estudiado un ejemplo de como aplicar el concepto de mayoría lingüística al proceso de valoración de una empresa utilizando el operador *LAMA* y el método de los expertones. Así mismo hemos estudiado brevemente la diferencia de resultados entre ambos métodos y hemos hecho una breve introducción a como usar la misma metodología con el método de valoración del *cashflow*.

Con este capítulo damos por terminada la segunda parte de este trabajo, en la que hemos introducido los conceptos teóricos a implementar en la segunda

CAPÍTULO 5. MODELOS DE VALORACIÓN CON MAYORÍA

parte.

En la tercera parte del trabajo veremos como, aplicando los principios de la ingeniería del software, diseñar una aplicación informática que haga uso de estos conceptos teóricos y que facilite la introducción de datos, tanto numéricos como cualitativos, facilitando al usuario una herramienta rápida y eficaz que le permita comparar los resultados obtenidos en el proceso de valoración, con y sin información cualitativa.

Parte III

Diseño e implementación

Capítulo 6

Análisis funcional

6.1. Introducción

En el presente capítulo presentamos en detalle el análisis de negocio para la implementación de la aplicación.

Ofreceremos primero una descripción funcional del sistema, incluyendo una descripción de la interfaz de usuario, así como las distintas características que el software deberá implementar.

A partir de esta descripción funcional, redactaremos una serie de requisitos funcionales que describirán en profundidad el comportamiento del sistema. Estos requisitos servirán como casos de prueba a la hora de asegurar la calidad del sistema.

Por último, describiremos una serie de requisitos no funcionales, incluyendo características sobre rendimiento, hardware y sistema operativo a utilizar y otras consideraciones.

6.2. Descripción funcional del sistema

Tal como vimos en la primera parte de este trabajo, existen varios métodos de valoración de empresas, y todos ellos pueden ser expresados con funciones matemáticas trivialmente computables. El objetivo es facilitar la comparación de resultados entre estos diversos métodos, dados unos datos iniciales.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS FUNCIONAL

La aplicación ofrecerá funcionalidad para obtener el resultado del proceso de valoración mediante los siguiente métodos:

- Método del análisis mixto sin información lingüística agregada
- Método del análisis mixto con información lingüística agregada mediante operador LAMA
- Método del análisis mixto con información lingüística agregada mediante expertones
- Método del cashflow sin información lingüística agregada
- Método del cashflow con información lingüística agregada mediante operador LAMA
- Método del cashflow con información lingüística agregada mediante expertones

Con las siguientes premisas:

- Los métodos de valoración de empresas (análisis mixto y cashflow) son independientes. Es decir, podremos introducir datos para uno de los dos métodos y para el otro no.
- Los dos métodos de agregación lingüística van ligados. Es decir, una vez añadamos la información lingüística al conjunto de datos de entrada, esta será agregada usando ambos operadores.
- Los resultados serán mostrados de forma gráfica para que el usuario pueda distinguir y comparar visualmente las diferencias entre ellos.
- Los resultados serán actualizados en tiempo real cada vez que un dato de entrada cambia.

6.3. Prototipo de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario constará de una ventana principal con diferentes pestañas en las que el usuario podrá definir los diferentes parámetros de entrada para los distintos métodos de valoración anteriormente mencionados.

6.3. PROTOTIPO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Mostraremos a continuación una serie de «mocks» o prototipos del aspecto que tendrá la aplicación. Aunque en la implementación final intentaremos ceñirnos lo más posible a estos prototipos, podrá haber diferencias en la posición de los controles, siendo los prototipos presentados simplemente una referencia de cara a ilustrar la funcionalidad de la aplicación.

Definición de jerarquías

La primera pestaña de la aplicación mostrará la vista de definición de jerarquías lingüística a utilizar para introducir la información cualitativa. La presentación será en forma de dos tablas paralelas. En la primera mostraremos los diferentes niveles de la jerarquía, y en la segunda los distintos términos que componen el nivel seleccionado en la primera tabla, tal y como refleja la figura 6.1.

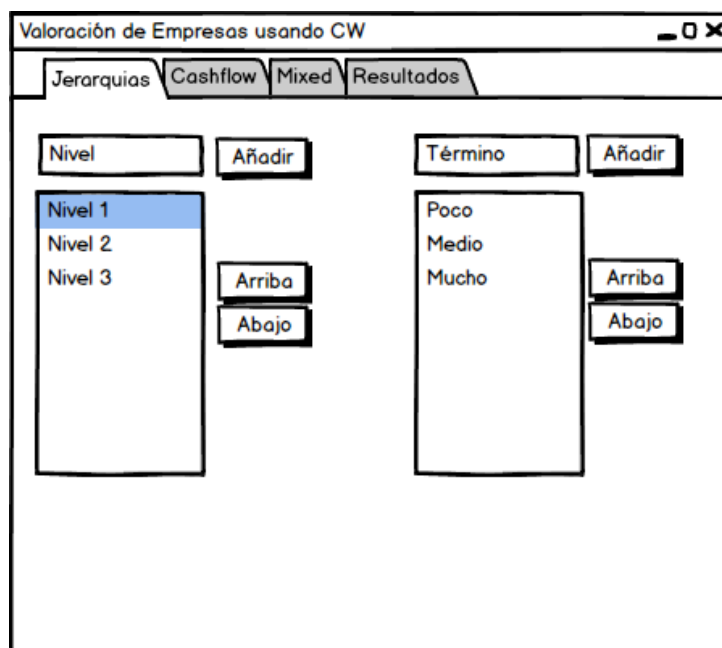


Figura 6.1: Ventana de definición de jerarquía.

- Por defecto la aplicación incluirá una jerarquía con 3 niveles de cardinalidad 5, 7 y 9 respectivamente.

- Los niveles incluidos por defecto traerán definida una lista de términos en lenguaje natural asociados y fácilmente comprensibles, de forma que el usuario pueda usarlos por defecto sin tener que definir nuevos términos si es necesario. Ej: «Muy Poco», «Poco», «Medio», «Mucho», «Muchísimo».
- Tras cada cambio, se verificará que los distintos niveles están bien definidos y el orden de la jerarquía es el correcto. En caso de que haya algún error se mostrará un mensaje de advertencia en la parte inferior de la ventana, tal y como se muestra en la figura 6.2

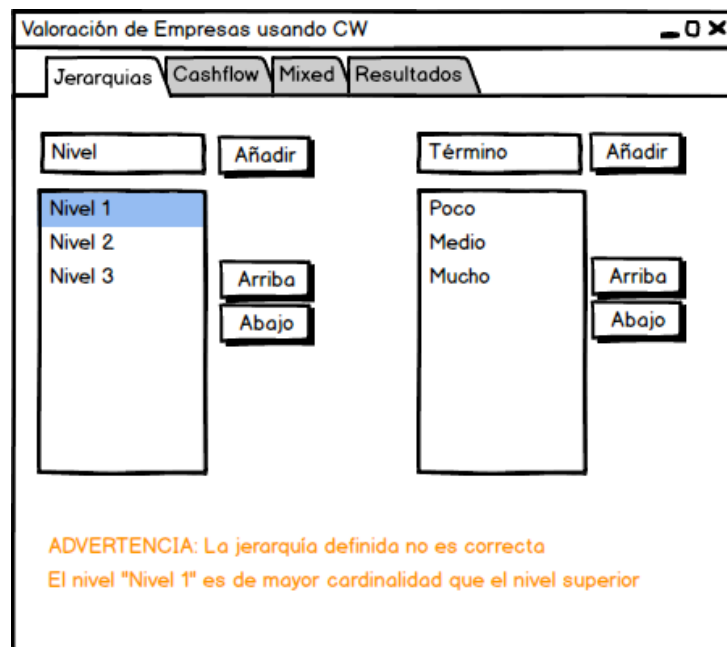


Figura 6.2: Advertencia de jerarquía incorrecta.

Para definir los distintos niveles de una jerarquía:

- Con el botón «Añadir» de la tabla izquierda, añadiremos un nuevo nivel a la jerarquía. El nombre de la jerarquía vendrá dado por el texto introducido en el campo de texto izquierdo.
- La tabla izquierda muestra la lista de niveles, ordenados desde el inferior (menor cardinalidad) hasta superior (mayor cardinalidad).

6.3. PROTOTIPO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

- Los controles «Arriba» y «Abajo» junto a la tabla izquierda permiten reordenar los niveles de la jerarquía.
- Al seleccionar cualquier nivel de la jerarquía, su nombre aparece en el campo de texto superior, permitiendo cambiarlo.
- Al seleccionar cualquier nivel de la jerarquía, su conjunto de términos se carga en la lista derecha de la vista.

Para definir los distintos términos de un nivel:

- Con el botón «Añadir» de la tabla derecha, añadiremos un nuevo término al nivel seleccionado. El término en lenguaje natural asociado vendrá dado por el texto introducido en el campo de texto izquierdo.
- La tabla derecha muestra la lista términos, ordenados desde el de menor valor al máximo.
- Los controles «Arriba» y «Abajo» junto a la tabla izquierda permiten reordenar los términos del conjunto.
- Al seleccionar cualquier término, su nombre aparecerá en el campo de texto superior a la lista, permitiendo cambiarlo.

Una vez guardados los cambios, podremos utilizar la jerarquía para definir expertizajes en cualquiera de los dos métodos de valoración a utilizar.

Definición de valores para la valoración

Para realizar la valoración de una empresa utilizando el método del cash-flow o de análisis mixto, tendremos que introducir los distintos intervalos de valoración, y sus correspondientes expertizajes.

Tanto en la vista de datos para el método del cashflow como para el método del análisis mixto, tendremos sendas tablas en las que podremos definir los intervalos para los distintos datos necesarios. Estos son:

Para el método del cashflow (imagen 6.3):

- Intervalos de cashflow esperado
- Intervalos de tasa de actualización

Que en la ventana aparecerán como dos tablas con los valores de los intervalos a utilizar.

Valoración de Empresas usando CW

Jerarquias Cashflow Mixed Resultados

Cashflow:

i	Min	Max	Expertizaje
1	4000	6000	10 opiniones
2	3000	6000	10 opiniones
3	2000	5000	10 opiniones

Añadir Borrar Editar

Tasa actualización (Ki):

i	Min	Max	Expertizaje
1	0.40	0.50	10 opiniones
2	0.45	0.60	10 opiniones
3	0.50	0.60	10 opiniones

Añadir Borrar Editar

Figura 6.3: Vista de datos para el método del cashflow

Para el método del análisis mixto, los datos necesarios son:

- Valor sustancial (fijo).
- Intervalos de beneficio futuro estimado
- Intervalos de interés de tasa de actualización

Dado que el valor sustancial es un valor fijo sobre el que no aplicaremos expertizajes, y no un intervalo, se mostrará una entrada de texto en la que introducir el valor. El valor introducido será validado para no permitir valores no numéricos. Los intervalos de beneficio futuro estimado y las tasas de actualización se mostrarán como tablas en las que podremos añadir filas con nuevos intervalos (imagen 6.4).

6.3. PROTOTIPO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Valoración de Empresas usando CW

Jerarquías Cashflow Mixed Resultados

Valor Sustancial: 3000

Beneficio estimado:

i	Min	Max	Expertizaje
1	4000	6000	10 opiniones
2	3000	6000	10 opiniones
3	2000	5000	10 opiniones

Interés estimado:

i	Min	Max	Expertizaje
1	0.40	0.50	10 opiniones
2	0.45	0.60	10 opiniones
3	0.50	0.55	10 opiniones

Añadir Borrar Editar

Añadir Borrar Editar

Figura 6.4: Vista de datos para análisis mixto

En ambos casos, para cada tabla de datos conteniendo intervalos, se mostrarán tres botones para añadir, borrar o editar filas.

En caso de que se introduzcan datos inconsistentes o el número de intervalos sea distinto para cada dato introducido, se advertirá al usuario mediante un mensaje resaltado, como se ilustra en la figura 6.5

Definición de intervalos de datos

Cuando queramos añadir o editar un intervalo, haciendo uso de los botones «Añadir» o «Editar», se mostrará la ventana de edición de intervalos, donde podremos definir los límites inferior y superior del intervalo, así como introducir el expertizaje correspondiente a cada intervalo (figura 6.6).

Si al intentar aceptar el intervalo no se cumple que valor del límite inferior es menor que el valor del límite superior, una advertencia se mostrará al usuario y no se podrán aceptar los valores hasta que se hayan corregido (figura 6.7).

Valoración de Empresas usando CW

Jerarquías Cashflow Mixed Resultados

Cashflow:

i	Min	Max	Expertizaje
1	4000	6000	10 opiniones
2	3000	6000	10 opiniones
3	2000	5000	10 opiniones

Añadir Borrar Editar

Tasa actualización (Ki):

i	Min	Max	Expertizaje
1	0.40	0.50	10 opiniones
2	0.45	0.60	10 opiniones

Añadir Borrar Editar

ADVERTENCIA: El número de intervalos ha de ser el mismo para ambos datos

Figura 6.5: Advertencia de datos inconsistentes

Valoración de Empresas usando CW

Jerarquías Cashflow Mixed Resultados

Cashflow:

i	Min	Max	Expertizaje
1	4000	6000	10 opiniones
2	3000	6000	10 opiniones
3	2000	5000	10

Añadir Borrar

Tasa actualización (Ki):

i	Min	Max	Expertizaje
1	0.40	0.50	10 opiniones
2	0.45	0.60	10 opiniones

Definir intervalo

Valor inferior: 3000 Expertizaje

Valor superior: 5500 Expertizaje

Cancelar Aceptar

Figura 6.6: Ventana de definición de intervalo

6.3. PROTOTIPO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

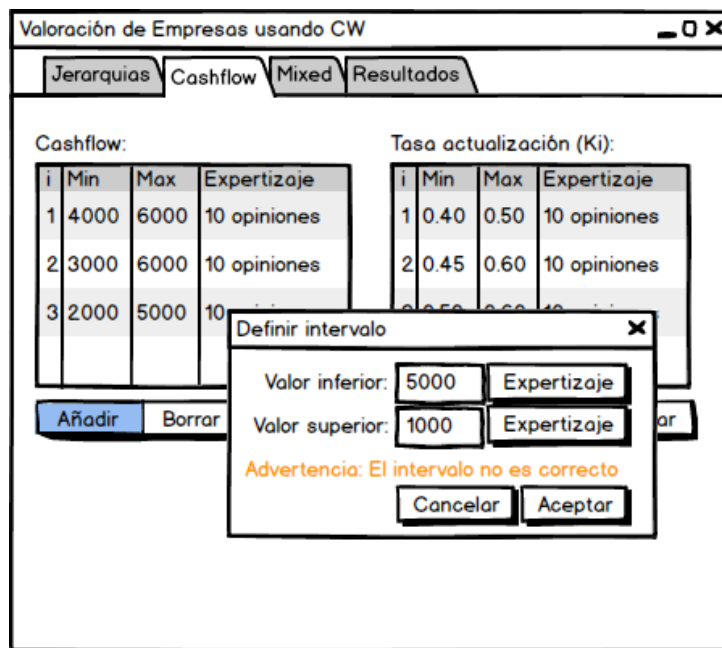


Figura 6.7: Advertencia de intervalo incorrecto

Definición de los expertizajes

Si al crear o editar el intervalo, hacemos click en el botón «Expertizaje», podremos definir el expertizaje de cada extremo del intervalo. Se mostrará una nueva ventana (figura 6.8) con dos pestañas, una para cada extremo del intervalo, en la que podremos añadir una nueva línea por cada opinión.

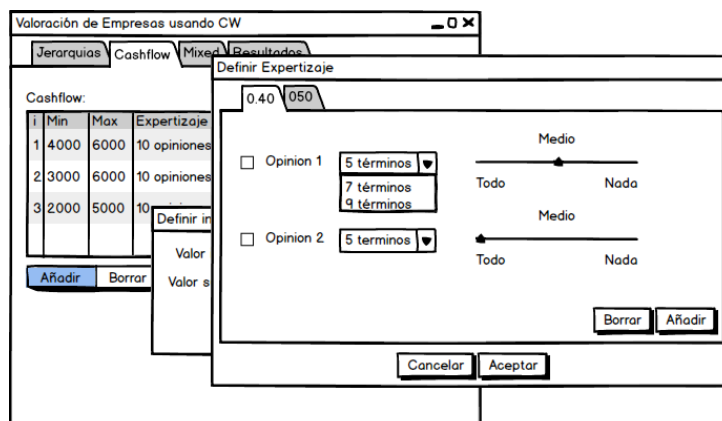


Figura 6.8: Ventana de definición de expertizaje

En cada línea podremos definir el conjunto de términos a utilizar para expresar la opinión, y con un control deslizante podremos definir el término a utilizar. Con el botón de «Añadir» podremos añadir una nueva línea para agregar una nueva opinión. Así mismo podremos seleccionar y borrar las opiniones que ya no sean necesarias.

Dado que los posibles valores a introducir en esta ventana vienen predefinidos, no hay posibilidad de que el usuario introduzca datos erróneos en cada opinión. Aun así, el sistema comprobará que los expertizajes definidos para ambos extremos del intervalo tienen el mismo número de opiniones. En caso de no ser así, se mostrará una advertencia y no se permitirá aceptar los valores hasta que los datos sean correctos, pudiendo descartarlos usando la opción «Cancelar» (figura 6.9).

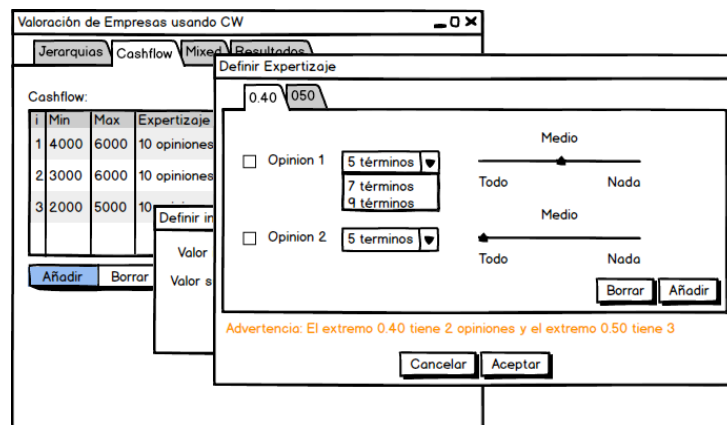


Figura 6.9: Advertencia de expertizaje incorrecto

Vista de resultados

Una vez tenemos los suficientes datos para computar el valor de una empresa por cualquiera de los dos métodos, en la pestaña de resultados se ofrecerá una gráfica que muestre de forma comparativa los resultados obtenidos con todos los métodos computables con los datos de entrada (figura 6.10).

Esta vista cumple los siguientes puntos:

- Se mostrarán tantos resultados como sea posible con los datos de entrada. Por ejemplo, si solo se han introducido datos para el método del cashflow,

6.4. INTERFAZ REST

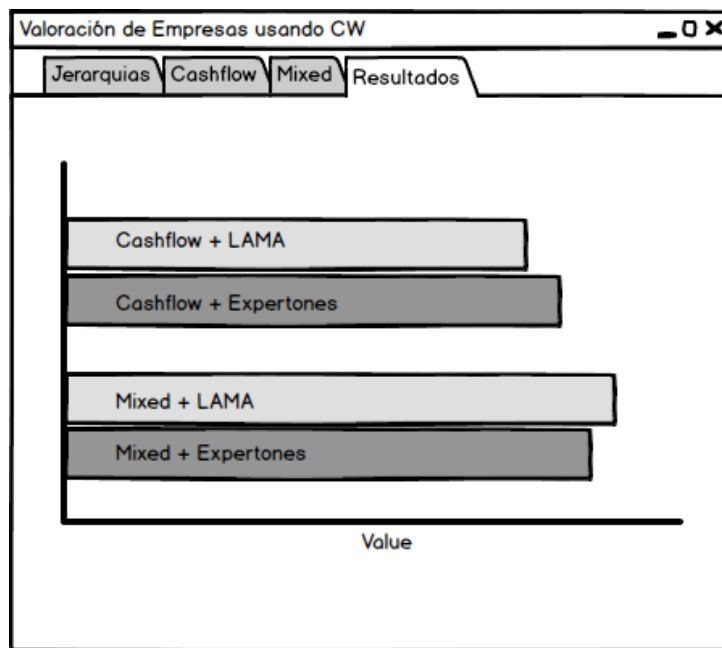


Figura 6.10: Vista de resultados

no se mostrará ningún resultado para el método de análisis mixto.

- Si para uno de los dos métodos no se ha introducido información cualitativa, solo se mostrará el resultado de la valoración según la fórmula matemática habitual, sin ninguna agregación lingüística.
- Si para alguno de los métodos se introduce información cualitativa, se mostrarán los resultados obtenidos tanto por el método de agregación *LAMA* como por el método de los expertones.

6.4. Interfaz REST

Con vistas a ser utilizado por distintos clientes, el sistema proveerá una API con arquitectura REST accesible vía web.

(Explicar brevemente REST y citar fuente)

Contrato para valoración de empresas sin información cualitativa

A definir más adelante

Contrato para valoración de empresas con información cualitativa

A definir más adelante

6.5. Requisitos no funcionales

Definimos los siguiente requisitos no funcionales que deberá cumplir nuestro software:

- El software debe ser una aplicación ejecutable bajo sistema operativo Windows 7 o superior.
- El software requerirá la presencia del Framework Microsoft .NET versión 4.5 en el sistema operativo. Normalmente este framework viene incluido en las última versiones de Windows, y en caso contrario se instala junto a las actualizaciones normales del sistema.
- El software ofrecerá una interfaz gráfica de usuario (GUI) auto explicativa y acorde a los estándares habituales de uso bajo el S.O. Windows, de forma que el usuario pueda introducir los datos de manera intuitiva.
- El tiempo de respuesta de la aplicación después de cualquier acción del usuario no debe ser superior a 1 segundo. En caso de que algún proceso requiera más tiempo, una barra de progreso debe ser mostrada al usuario con el tiempo de espera restante, actualizado en tiempo real.
- El servidor de aplicaciones Internet Information Server (IIS), debe ser configurado en el entorno a ejecutar el software si se quiere tener acceso a la funcionalidad de la aplicación mediante la API REST. Esta funcionalidad es opcional y solo necesaria si se quiere ofrecer un interfaz a terceros a través de la web.

6.6. RESUMEN

6.6. Resumen

En el presente capítulo hemos detallado la funcionalidad que queremos implementar en nuestro software.

Hemos definido el aspecto que tendrá la interfaz gráfica de usuario, proporcionando una serie de prototipos para esta.

Hemos definido también los contratos para la interfaz REST de forma que cualquier cliente pueda hacer uso del sistema, si lo configuramos para ello.

Hemos listado los requisitos funcionales para toda la funcionalidad, de forma que tenemos una definición formal de toda la funcionalidad ofrecida.

Por último hemos definido los requisitos no funcionales que deberá cumplir el sistema.

En el próximo capítulo explicaremos el diseño técnico propuesto para implementar la funcionalidad explicada.

Capítulo 7

Diseño técnico

7.1. Introduccion

Parte IV

Conclusiones

Capítulo 8

Conclusiones

Parte V

Apéndices

Apéndice A

Manual de Instalación

Apéndice B

Manual de usuario

Bibliografía

- [1] J. M. Doña, A. M. Gil, D. L. La Red, and J. I. Peláez. A system based on the concept of Linguistic Majority for the companies valuation. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, 2002.
- [2] J. M. Doña and J. I. Peláez. A mix model of discounted Cash-flow and OWA Operators for strategic valuation. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, 2002.
- [3] J. M. Doña and J. I. Peláez. Toma de Decisión Fuzzy en Entornos Empresariales: El Concepto de Mayoría. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, 2002.
- [4] F. Herrera and L. Martinez. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, December 2000.
- [5] A. Kaufmann. Theory of expertons and fuzzy logic. *Fuzzy sets and systems*, 1988.
- [6] Francisco López Martínez. *Valoración de empresas. Una introducción práctica*. Ediciones Deusto, 2009.
- [7] Cristina Mendaña Cuervo, Enrique López González, Carlos Caño Alegre, and Begoña González Perez. La valoración de empresas con información lingüística aplicando expertones y 2-tuplas. *Cuadernos del CIMBAGE*, 2005.

BIBLIOGRAFÍA

- [8] J.I. Peláez and J.M. Doña. A linguistic aggregation of majority additive operator. *International journal of Intelligent Systems*, 2003.
- [9] L.A. Zadeh. Fuzzy logic. *Computer*, 1988.
- [10] L.A. Zadeh. Fuzzy Logic = Computing with Words. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, MAY 1996.
- [11] Lotfi A. Zadeh. Pruf-a meaning representation language for natural languages. *International Journal of Man-Machine Studies*, July 1978.
- [12] Lotfi A. Zadeh. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 1973.