

Utilización de la lógica borrosa en la selección de personas e ideas para la participación en programas públicos de ayuda a la creación de empresas

Using fuzzy logic in selecting people and ideas to participate in public programs of support to business start-ups

Jokin Cearra Mendialdua¹

Pedro María Orizaola Iniesta²

Mariano Jiménez López³

Universidad del País Vasco (España)

Recibido el 15 de noviembre de 2012, aceptado el 2 de octubre de 2014

Nº de clasificación JEL: M13, C65

DOI: 10.5295/cdg.120379jc

Resumen:

Se propone en este trabajo un modelo de control borroso que ayude a filtrar y seleccionar las solicitudes de subvención que pueda recibir una institución pública en un programa de fomento para la creación y desarrollo de nuevas iniciativas empresariales. Creemos que la utilización de la lógica borrosa presenta ventajas sobre los procedimientos ordinarios ya que nos movemos en un escenario de actuación complejo y vago. El control borroso introduce el conocimiento de los expertos de un modo muy natural mediante variables lingüísticas y procesos de inferencia propios del lenguaje ordinario, lo que facilita la toma de decisiones en situaciones complejas. Nuestro modelo considera por un lado la "idea empresarial" y por otro la "persona". Los indicadores y criterios que los expertos consideran relevantes para la evaluación de la subvención son modelados mediante variables lingüísticas y tratados como antecedentes y consecuentes de un motor de inferencia borroso, cuya salida nos proporciona la valoración final de la solicitud. Al final de nuestro trabajo resolvemos un caso práctico sencillo para aclarar el procedimiento.

Palabras clave:

Ideas de negocio, lógica borrosa, control borroso, creación de empresas, subvenciones.

¹ Escuela Universitaria de la Cámara de Comercio de Bilbao, Licenciado Poza, nº17, 48011 Bilbao (Bizkaia).
jcearra@gmail.com

² Centro de Formación OSCUS-Dolores Sopena, Hurtado de Amezaga nº 44, 48008 Bilbao (Bizkaia).
pedroorizaola@gmail.com

³ Escuela Universitaria de Estudios Empresariales, Dto. Economía Aplicada I, Plaza Oñati nº 1, 20018 San Sebastián (Gipuzkoa). mariano.jimenez@ehu.es

Abstract:

In this paper we propose a fuzzy control model that can help to choose and filter the application for grants in business start-up programs run by public institutions. We think that using fuzzy logic has advantages over regular procedures since we move into a complex and vague stage of performance. Fuzzy control introduces expert knowledge in a very natural way, it uses linguistic variables and inference processes that are characteristic of ordinary language, which facilitates decision-making in complex situations. Our model considers on the one hand the business idea and on the other the person as entrepreneur. Indicators and criteria that experts consider relevant to the evaluation of the grant are modeled as linguistic variables and treated as antecedent and consequent of a fuzzy inference engine, whose output provides the final assessment of the application. At the end of our paper we solve a simple case study to clarify the procedure.

Keywords:

Business idea, fuzzy logic, fuzzy control, starting a business, grants.

Nota: En la presente versión online de este artículo, el Gráfico 7 es diferente del que aparece en su versión impresa, ya que, a causa de un error tipográfico, en esta última el Gráfico 7 había sido suplantado por una copia del Gráfico 10.

1. INTRODUCCIÓN

En el actual contexto de crisis económica, con unas políticas de ajuste presupuestario y crediticio que no estimulan la contratación de nuevos trabajadores por parte de las empresas, es cada vez más frecuente el caso de personas cualificadas que se quedan en paro y sin otra posibilidad de salir adelante que trabajar de forma autónoma y si tienen una idea de proyecto empresarial, intentar ponerlo en marcha. Para estos trabajadores, en estos momentos de contracción del crédito bancario, las entidades públicas de ayuda al fomento del empleo son de vital importancia. Hoy más que nunca, con el dinero público más escaso, estas medidas de estímulo deberían concederse con una idea más clara de su retorno a la sociedad. En este contexto los autores del presente trabajo, partiendo de su experiencia en la formación y asesoramiento a potenciales emprendedores, y como colaboradores de entidades públicas en programas de ayuda y fomento del emprendimiento, se han planteado crear una herramienta que ayude a filtrar, de manera eficaz, candidaturas de personas que aspiren a obtener una subvención que les permita la puesta en marcha de su proyecto o idea de empresa.

Consideramos que una selección adecuada de las mismas implica agrandar la probabilidad de que el proyecto prospere y genere en un futuro empleo y riqueza para la sociedad. Creemos que esta herramienta permitirá mejorar el empleo del dinero público.

Otra posible ventaja de mejorar el proceso de selección, es que una mala elección, entendida como subvencionar y apoyar la puesta en marcha de un proyecto no viable o una persona no adecuada, además de ser un mal empleo de los fondos públicos, repercute también en el propio emprendedor, al que se le genera un perjuicio personal y moral, ya que ve frustradas sus aspiraciones basadas en unas expectativas quizá no realistas y pierde los fondos invertidos en la empresa, ya sean ajenos o propios.

Por otra parte queremos destacar la importancia de establecer una política general de selección de personas y proyectos, ya que la concesión de subvenciones al emprendimiento es algo que se está haciendo continuamente, además de ser una necesidad urgente, debido a la deprimida situación de la economía y el mercado laboral. Consideramos que el procedimiento que presentamos puede facilitar esta acción.

Por último, apuntar que sorprendentemente, no hemos encontrado mucha literatura al respecto, quizá sea porque no se ha prestado demasiada atención en el pasado a la evaluación de las políticas de emprendimiento (Tsai y Kuo 2011). Aunque sí hay autores como Douglas (2013) que plantean que es posible diferenciar entre los potenciales emprendedores a aquellos cuyos proyectos están más orientados al crecimiento, por lo que serán potencialmente generadores de más empleos además de que generarán mayores ingresos para las arcas públicas, por lo que las políticas de fomento del emprendimiento debieran apoyarlos en mayor medida.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El principal objetivo de este trabajo es construir un sistema experto de control borroso que permita decidir sobre la concesión o no de ayudas públicas a personas para la creación

de empresas. Para ello se tendrá en cuenta que a la hora de tomar una decisión habrá que realizar un análisis sobre la viabilidad de un proyecto de empresa y sobre los aspectos de carácter y circunstancias de una persona para definir su posible perfil emprendedor y, con ambos inputs, filtrar las candidaturas que se presenten a subvenciones públicas para el fomento de la creación de empresas, de tal forma que se aumente el porcentaje de supervivencia y éxito de las mismas.

No hemos encontrado ningún trabajo previo que junte las características y circunstancias del posible emprendedor con la viabilidad de la idea.

En nuestra experiencia laboral, sin embargo, sí nos hemos encontrado con situaciones en que la idea que presentaba una persona era muy buena pero el componente humano no acompañaba y al revés, personas con unas características muy marcadas como emprendedores pero que presentaban una idea no apropiada.

Algunos trabajos han aplicado la lógica borrosa al proceso de toma de decisiones en el campo de la administración de empresas, así Dweiri y Kablan (2005) diseñan y modelizan usando el software MATLAB un sistema borroso para evaluar la eficiencia interna de la gestión de proyectos. Pero a pesar de que en la literatura encontramos autores que constatan el gran potencial que plantea aplicar la lógica borrosa a las ciencias sociales (Ragin, 2000), existen pocas aplicaciones prácticas de la misma (Rezaei et al. 2012).

3. CONTROL BORROSO

No parece realista evaluar a una persona o a una idea de una manera concluyente. Sería más conveniente establecer en qué grado verifica un conjunto de características que en caso de poseerlas le llevarían al éxito. Para ello creemos que la Lógica Borrosa puede ser una herramienta muy útil.

La Lógica Borrosa se basa en la Teoría de Conjuntos Borrosos (Zadeh 1965, 1978) y utiliza dichos conjuntos para modelar la incertidumbre y la imprecisión. En la teoría de conjuntos clásica un elemento o pertenece o no pertenece a un conjunto. El valor de verdad en los conjuntos clásicos sólo puede expresarse de manera binaria: CIERTO (o 1), si el elemento pertenece, o FALSO (o 0) si no pertenece. ¿Se puede decir de una persona o de una idea empresarial si es válida de forma tan tajante? No parece muy adecuado.

En la teoría de los conjuntos borrosos un elemento puede pertenecer en un cierto grado a un conjunto. El grado de pertenencia toma valores entre 1, para los elementos que pertenecen totalmente al conjunto, y 0 para aquellos que claramente no pertenecen. Los valores intermedios representan una pertenencia parcial al conjunto. Además un elemento puede pertenecer parcialmente a más de un conjunto.

La lógica borrosa utiliza esquemas de “razonamientos aproximado” típicos del Lenguaje Natural (Zadeh 1975), con proposiciones imprecisas típicas del razonamiento cotidiano. Se utiliza el concepto de “variable lingüística”, la cual toma valores lingüísticos, por ejemplo, Altura = {“bajo”, “alto”, “muy alto”,...} en vez de la variable numérica clásica que solo admite valores concretos, por ejemplo, Altura = {1,80 m, 1,90 m,...}. Es muy apropiada para la toma de decisiones en sistemas complejos, en los que es muy difícil

obtener un modelo matemático mínimamente representativo. El enfoque borroso intenta imitar el proceso de decisión que sigue un experto que opera basándose en sus conocimientos y experiencia acumulada. El control borroso ha tenido un enorme éxito en aplicaciones a la ingeniería.

Los expertos en el diseño de los sistemas control borroso generalmente trabajan con tres componentes: un borrosificador o fuzzificador, una base de reglas y el defuzzificador (Reyero y Nicolás 1995). El componente fuzzificador es el mecanismo de conversión de una entrada con expresiones lingüísticas a conjuntos borrosos (Passino y Yurkovich 1998). En segundo término se pretende elaborar unas reglas de inferencia que se asemejen a los esquemas de razonamiento aproximado de un experto, basados en reglas cualitativas del tipo: si A es pequeño y B es moderado, entonces C es muy pequeño” (Mandani 1977).

Un modelo de control borroso tiene antecedentes (o inputs) y consecuentes (u outputs), que consideraremos representados por variables lingüísticas, cuyos valores son etiquetas lingüísticas que se modelan mediante números borrosos (Bojadziev y Bojadziev 2007).

Los operadores lógicos que intervienen en el control borroso son: AND, OR, THEN.

Para modelar el operador conectivo AND en lógica borrosa puede utilizarse cualquier t-norma (Zimmermann 1991) pero la más admitida en la práctica es la t-norma MINIMO, que se traduce en que el grado de verdad de la ocurrencia simultánea de dos antecedentes es igual al de aquel que tenga menor grado de pertenencia a su etiqueta lingüística (Dubois y Prade 1988).

Para el operador implicación THEN el operador más utilizado es también el MINIMO. Para el operador conectivo OR puede usarse cualquier t-conorma (Zimmermann 1991) pero la más admitida por los especialistas es la MAXIMO, que se interpreta como que el grado de verdad de la ocurrencia disyuntiva de varias consecuencias es igual al de la que tenga el máximo grado de pertenencia.

Puesto que la salida es un conjunto borroso, se presenta el problema de la toma de una decisión concreta. Para ello procedemos a desborrosificar o desfuzzificar dicha salida borrosa, de esta manera obtenemos un valor ordinario que la representa adecuadamente (Passino y Yurkovich 1998).

No existe un procedimiento sistemático para la elección de un método de defuzzificación. Nosotros utilizamos el método del “centro de gravedad», por ser el más utilizado y eficiente de todos los métodos, ya que proporciona variaciones suaves de la señal de salida (Reyero y Nicolás 1995).

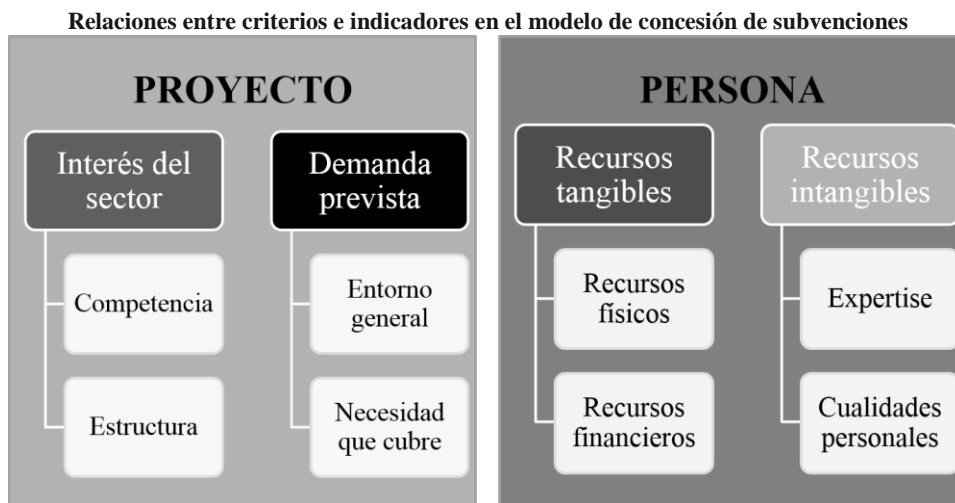
4. METODOLOGÍA

Nuestro modelo separa por un lado el proyecto (o la idea empresarial) y por otro la persona, de manera que para la concesión de la subvención consideramos dos criterios: a) la viabilidad del proyecto y b) la idoneidad de la persona.

4.1. Indicadores

Para evaluar el grado de cumplimiento de los dos criterios anteriores proponemos los indicadores que a continuación describimos y cuyo esquema de relaciones puede verse en el Gráfico 1.

Grafico 1



Fuente: Elaboración propia

a) Para la **viabilidad del proyecto**:

- **Interés del sector:** para medir adecuadamente hasta qué punto se trata de un sector interesante nos basamos en el modelo de las cinco fuerzas competitivas (Porter 1980) y creemos que es conveniente tener en cuenta las siguientes características:
 - **Competencia**, se trata de analizar cómo encajaría la idea objeto del proyecto entre los competidores establecidos actualmente teniendo en cuenta, además, tanto la posible reacción de éstos como la entrada de nuevos agentes o productos/ servicios sustitutivos.
 - **Estructura**, referida a valorar la viabilidad de la idea teniendo en cuenta el poder de negociación que tienen los clientes y proveedores del sector en términos de: importancia relativa de los mismos, grado de diferenciación del producto o servicio, grados de información de compradores o proveedores, costes de cambio para los mismos, amenaza de integración vertical, etc. ya que ello afectará al precio y, como consecuencia, al margen de rentabilidad al que puede aspirar la empresa.

- **Demanda prevista:** para evaluar las expectativas sobre la demanda del producto o servicio propuesto proponemos evaluar el grado de cumplimiento de las siguientes características:
 - **Entorno general (o genérico).** Consideramos que a la hora de valorar el proyecto también hay que tener en cuenta el entorno general, esto es, el que afecta a todas las organizaciones que actúan en un marco territorial y temporal determinado. Para ello puede utilizarse el análisis PEST (Johnson y Scholes 1999) que tiene en cuenta los factores político-legales, económicos, socioculturales y tecnológicos, y de esta manera, si se comprueba que dicho entorno es favorable, será más fácil conseguir una adecuada penetración en el mercado porque presumiblemente el consumo será elevado. Ocurrendo al revés en caso contrario.
 - **Necesidad que cubre.** También consideramos que es importante tener en cuenta si la idea de negocio responde a una necesidad o demanda del mercado que o bien no está cubierta adecuadamente o bien mediante un enfoque diferente puede mejorar lo que ofrecen los competidores y de esta manera obtener una mejor, más fácil y más rápida penetración en el mercado. Porque de lo contrario el proyecto está prácticamente condenado a fracasar (Shane 2004).
- b) Para **idoneidad de la persona:** para medir de alguna manera cuan de idóneo es un candidato nos vamos a basar en la Visión Basada en los Recursos (Wernerfelt 1984), (Peteraf 1993) y de esta forma vamos a distinguir entre recursos (o activos) tangibles e intangibles (Grant 1991) ya que estos recursos serán la fuente de las capacidades de la empresa sobre las que ésta deberá construir su ventaja competitiva sostenible (Barney 1991).
 - **Recursos tangibles:** cabría distinguir entre (Grant 1991):
 - **Recursos físicos:** se trataría de analizar aquellos activos con los que cuenta el emprendedor para poner en marcha su idea, así habría que tener en cuenta activos inmobiliarios, instalaciones, vehículos, maquinaria...
 - **Recursos financieros:** teniendo en cuenta tanto los recursos propios como la capacidad de endeudamiento.
 - **Recursos intangibles:** se trata de recursos más difíciles de identificar y valorar, ya que no aparecen en la contabilidad, aunque son importantes, no solo porque también hay que tenerlos en cuenta para construir la ventaja competitiva como hemos dicho anteriormente, sino porque son los intangibles los que configuran la base de la competitividad empresarial (Bueno y Morcillo 1993). En este caso, vamos a tener en cuenta sobre todo los conocimientos, competencias y habilidades del candidato a emprendedor, es decir, en su capital humano. En concreto nos centraremos en las siguientes variables:
 - **Experiencia:** es el grado de conocimiento tanto teórico como práctico del emprendedor en el campo de trabajo objeto del proyecto.
 - **Cualidades personales:** se trata de determinar hasta qué punto el candidato encaja en el perfil del emprendedor. Que la personalidad es importante queda claro a partir de las características básicas de su rol (Brandstätter 2011): co-

menzar una vida de autodeterminación e independencia (estabilidad emocional), encontrar nuevas oportunidades y maneras de estructurar y desarrollar la empresa (apertura a la experiencia), trabajar duro y persistir para alcanzar las metas (motivación para el logro), establecer una red social (extraversión) y asumir el riesgo de fracasar (propensión al riesgo). Aun así, este tema ha sido ampliamente tratado en la literatura y hay autores como Sánchez García (2010) que consideran que las características determinantes son: locus de control, autoeficacia, propensión al riesgo y proactividad. Otros autores sugieren que habría que profundizar en las motivaciones del emprendedor para comenzar su proyecto, dado que las mismas pueden ser tan determinantes como sus cualidades personales para el futuro desarrollo del mismo (Barba-Sánchez y Atienza-Sahuquillo 2011).

No siendo objeto de este trabajo profundizar en este aspecto, nos basaremos a efecto de valorar esta variable en el modelo de los cinco factores de la personalidad emprendedora, ya que los mismos abarcan todos los rasgos de temperamento del emprendedor (Zhao y Seibert 2006; Soto 2008; Zhao et al. 2010). Así, los cinco factores a valorar según la secuencia OCEAN serían: Openness to experience (apertura la experiencia), Conscientiousness (estado consciente), Extraversion (extraversión), Agreeableness (amabilidad) y Neuroticism (neuroticismo).

En cualquier caso, finalmente será el usuario experto del modelo quien asigne una valoración a este factor.

De acuerdo con lo anterior, y como puede verse en el Gráfico 1, nuestro modelo tiene ocho variables de entrada (antecedentes o inputs), cuatro para valorar el proyecto (Competencia, Estructura, Entorno general y Necesidad que cubre) y cuatro a la persona (Recursos físicos, Recursos financieros, Experiencia, Cualidades personales) que dan como resultado dos variables de salida (consecuentes u outputs) para el proyecto (Interés del sector, Demanda prevista) y otras dos para la persona (Recursos tangibles, Recursos intangibles), que proporcionan unas pautas de cualificación (Bojadziev y Bojadziev 2007). Para cada par de variables de entrada obtenemos una variable de salida (output), de esta manera se consiguen dos pares de variables consecuentes que, agregadas, permiten tomar la decisión sobre si esa idea y/o esa persona tienen las suficientes posibilidades de prosperar como para justificar el empleo de los recursos públicos para colaborar en la puesta en marcha de la empresa.

4.2. Variables lingüísticas. Funciones de pertenencia

Consideramos que las características que acabamos de describir son de naturaleza imprecisa, por ello las representaremos mediante variables lingüísticas. Por sencillez, aunque no tendría por qué ser así, supondremos que todos los inputs (Competencia, Estructura, Entorno general, Necesidad que cubre, Recursos físicos, Recursos financieros, Experiencia y Cualidades personales) se valoran en una escala de 0 a 100 y que las variables lingüísticas son idénticas para todos, siendo sus términos o etiquetas lingüísticas las siguientes: “Bajo”,

“Medio” y “Alto”. Como dice Trillas (1992): “los problemas que representan los predicados vagos son menos de precisión que de tipo cualitativo; por ello se tiende a representarlos de la manera más lineal posible, normalmente una representación de tipo triangular o trapezoidal es suficiente”. En nuestro caso proponemos las siguientes funciones de pertenencia para representar los términos de las variables lingüísticas:

a) Para la etiqueta lingüística “Bajo”:

$$\mu_{\text{Bajo}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x < 20 \\ \frac{50-x}{30} & \text{si } 20 \leq x \leq 50 \\ 0 & \text{si } x > 50 \end{cases} \quad (1)$$

b) Para la etiqueta lingüística “Medio”:

$$\mu_{\text{Medio}}(x) = \begin{cases} \frac{x-20}{30} & \text{si } 20 \leq x \leq 50 \\ \frac{80-x}{30} & \text{si } 50 < x \leq 80 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

c) Para la etiqueta lingüística “Alto”:

$$\mu_{\text{Alto}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 50 \\ \frac{x-50}{30} & \text{si } 50 \leq x \leq 80 \\ 1 & \text{si } x > 80 \end{cases} \quad (3)$$

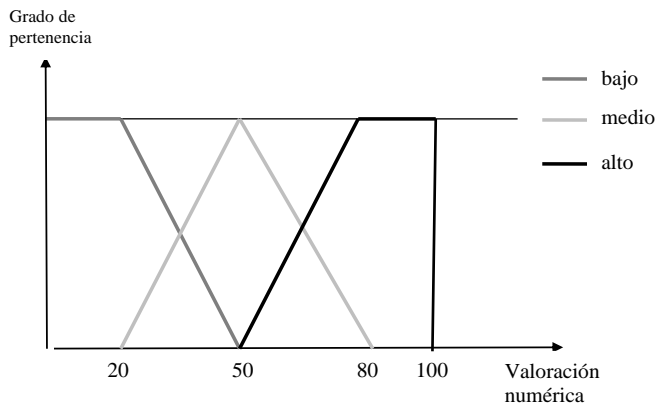
Donde x es será valor que se le asigne a cada input, dentro de una escala de 0 a 100.

En el Gráfico 2 se muestra la representación gráfica de las funciones de pertenencia anteriores.

También definimos los posibles estados de cada variable output, y procedemos su fuzzificación. Para ello hemos utilizado, en el caso del primer output (Z_1) “interés del sector”, la misma variable lingüística que para los inputs (véase el Gráfico 2).

Gráfico 2

Funciones de pertenencia de los diferentes términos lingüísticos de la valoración de los inputs

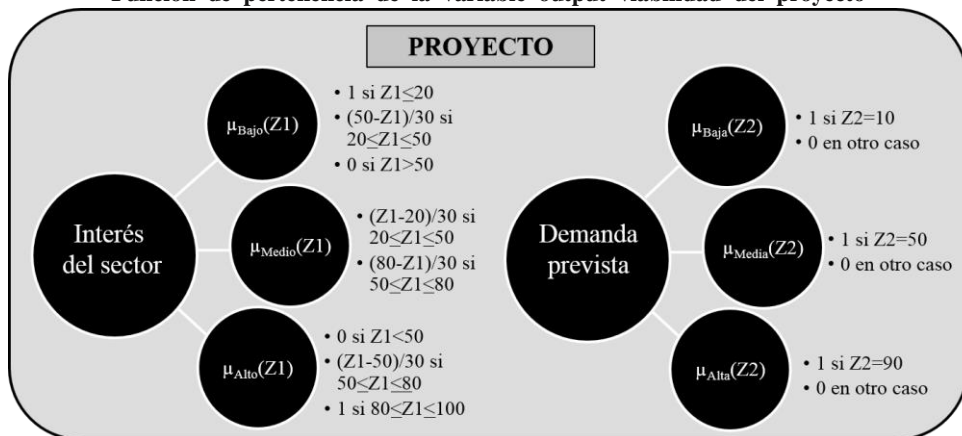


Fuente: Elaboración propia

Mientras que para simplificar los cálculos, hemos utilizado números reales ordinarios (o “singletons”) para modelar los otros tres outputs (Z_2 , Z_3 y Z_4) (Bojadziev y Bojadziev 2007), de esta manera, elegimos los singletons con altura 1 para representar a cada una de las etiquetas lingüísticas. Así, las funciones de pertenencia de las variables output serán las formuladas en los Gráficos 3 y 4.

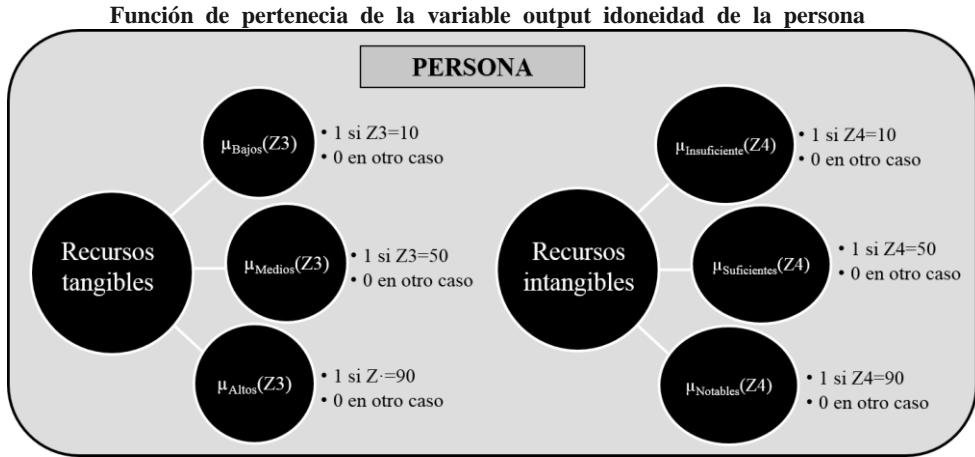
Gráfico 3

Función de pertenencia de la variable output viabilidad del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4



Fuente: Elaboración propia

4.3 Reglas de inferencia

Ahora solicitamos a los expertos que establezcan reglas de razonamiento aproximado para inferir consecuencias de los antecedentes, es decir, reglas del tipo “si A es... y B es... entonces C es...”. Supongamos en el caso del interés del sector las reglas de inferencia propuestas son las siguientes:

Regla 1: si la competencia (A) es mucha y la estructura (B) es baja entonces el interés del sector (C) es bajo.

Regla 2: si A es mucha y B es normal entonces C es bajo.

Regla 3: si A es mucha y B es alta entonces C es medio.

Regla 4: si A es normal y B es baja entonces C es bajo.

Regla 5: si A es normal y B es normal entonces C es medio.

Regla 6: si A es normal y B es alta entonces C es alto.

Regla 7: si A es poca y B es baja entonces C es medio.

Regla 8: si A es poca y B es normal entonces C es alto.

Regla 9: si A es poca y B es alta entonces C es alto.

Para el resto de variables output se establecerían las reglas de igual modo. Nosotros también hemos supuesto que las reglas son iguales en todos los casos, aunque el experto usuario del modelo podría ponderar las variables y establecer las normas como considerase oportuno. En cualquier caso, esas reglas se pueden agrupar y representar en forma de tabla, tal y como hacemos a continuación en las Tablas 1, 2, 3 y 4.

PROYECTO

Tabla 1

Reglas de inferencia para la variable output interés del sector

INTERES DEL SECTOR				
COMPETENCIA	ESTRUCTURA			
		BAJA	NORMAL	ALTA
	MUCHA	Bajo	Bajo	Medio
	NORMAL	Bajo	Medio	Alto
	POCA	Medio	Alto	Alto

Tabla 2

Reglas de inferencia para la variable output demanda prevista del producto o servicio

DEMANDA PREVISTA				
ENTORNO GENERAL	NECESIDAD QUE CUBRE			
		BAJA	MEDIA	ALTA
	DESFAVORABLE	Baja	Baja	Media
	NORMAL	Baja	Media	Alta
	FAVORABLE	Media	Alta	Alta

PERSONA

Tabla 3

Reglas de inferencia para la variable output recursos tangibles

RECURSOS TANGIBLES				
RECURSOS FÍSICOS	RECURSOS FINANCIEROS			
		ESCASOS	MEDIOS	ALTOS
	ESCASOS	Bajos	Bajos	Medios
	MEDIOS	Bajos	Medios	Altos
	ALTOS	Medios	Altos	Altos

Tabla 4

Reglas de inferencia para la variable output recursos intangibles

RECURSOS INTANGIBLES				
EXPERIENCI	CUALIDADES PERSONALES			
		NEGATIVAS	NEUTRAS	POSITIVAS
	BAJO	Insuficientes	Insuficientes	Suficientes
	MEDIO	Insuficientes	Suficientes	Notables
	ALTO	Suficientes	Notables	Notables

Como ya hemos comentado en el apartado 3 para operar con la expresión semántica AND utilizaremos el operador “min”. Por lo tanto para la agregación de los antecedentes (inputs), es decir la parte “si A es... y B es...,” de cada regla utilizaremos el operador “min”. De esta manera se pueden producir diversas combinaciones dependiendo de los diferentes grados de pertenencia.

Así mismo comentamos en el apartado 2 que para modelar el operador implicación THEN se utiliza también el operador “min”. Luego para agregar los antecedentes con el consecuente utilizaremos el operador “min”.

Dependiendo de los valores numéricos de las variables de entrada, pueden ser activas diversas reglas AND-THEN, para cada una de las cuales se obtiene un posible consecuente. Para obtener una única salida del proceso de control debemos agregar estos consecuentes y puesto que se trata de una operación disyuntiva del tipo OR, utilizamos para ello el operador MAX. De esta forma obtendremos un conjunto borroso cuya función de pertenencia representa el grado de posibilidad de que se obtenga un resultado determinado.

4.4. Regla de decisión final

En este punto procederemos a la desfuzzificación, para la que, como ya hemos dicho en el apartado 3, utilizaremos el método de centro de gravedad. De esta manera tendremos un valor ordinario, entre 0 y 100, para cada uno de los dos criterios que utilizamos para calificar al “proyecto” y a la “persona” (ver Gráfico 1). Para obtener la calificación final del proyecto y de la persona procederemos a calcular la media de los valores obtenidos para los mencionados criterios, exigiéndose para obtener el aprobado una media, entre proyecto y persona, superior a 50 puntos, con la condición añadida de que cada uno de estos factores, proyecto y persona, debe tener una calificación mínima de 40 puntos. Una vez más tenemos que señalar que el experto usuario del modelo podría establecer la regla de agregación que considerase oportuna.

De esta manera, se podrían plantear cuatro posibles escenarios:

1ª Que se cumplan los supuestos establecidos, media igual o superior a 50 puntos con valoración de ambos factores (proyecto y persona) superior a 40 puntos, lo que significaría que se concedería la subvención.

2ª Que el proyecto resulte viable pero la persona no. En este caso no se concedería la subvención.

3ª Que el proyecto no resulte interesante pero la valoración de la persona sí lo sea, en cuyo caso no se concedería la subvención, salvo que las deficiencias apreciadas en el proyecto sean subsanables en cuyo caso se le propondría realizar las oportunas correcciones, que si fuesen realizadas por el futuro emprendedor de manera satisfactoria supondría que se apoyase su proyecto con la subvención correspondiente.

4ª Que las dos variables resulten “no aptas”, en este caso la Administración comunicaría al candidato que su candidatura ha sido rechazada.

Tras estudiar los posibles resultados vemos como en el segundo y tercer escenarios una de las variables da resultado positivo y la otra no. En estos casos, proponemos crear un banco de ideas y personas, que permitiría una segunda oportunidad para aprovechar aquellas buenas ideas que no contaban con el factor humano adecuado y juntarlas con los buenos emprendedores que carecían a su vez, de un buen proyecto. De esta forma se trataría de no perder ni buenas ideas ni buenos emprendedores. Lógicamente, esto sería de carácter voluntario y obligaría nuevamente a someterse al proceso de selección, para comprobar que se da una buena compenetración entre el proyecto y la/s persona/s.

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL MODELO

Un empleado de una fábrica de pan, José Salazar, se ve con 45 años repentinamente en el paro con una indemnización de 40.000€. Tiene 18 años de experiencia en el sector, durante los cuales, en muchas ocasiones ha pensado en abrir su propia panadería, en la que poder trabajar por su cuenta y poner en marcha muchas iniciativas que se le iban ocurriendo y que no eran siquiera valoradas en la empresa en la que trabajaba. Pero nunca se había atrevido a dejar la red de seguridad que le brindaba su empleo hasta este momento, en el que dadas las circunstancias, considera que no le queda otra alternativa. Su esposa dispone de un local comercial en la zona de Ansio-Barakaldo que cumple la normativa exigida para que en el mismo se pueda ejercer la actividad, y José realiza un pequeño estudio de mercado para comprobar que existe demanda suficiente en dicha zona que pueda suponer que exista una oportunidad de negocio. Una vez que toma la decisión, José presenta su proyecto a una Administración Pública para solicitar ayuda para poner en marcha su idea de negocio.

La Administración, además de proporcionarle un curso de formación, le asigna un experto que le orienta y asesora en el desarrollo del plan de negocio y, una vez hecho esto, es dicho experto quien emite la siguiente valoración, en una escala de 0 a 100, de cada indicador para aplicar el modelo de evaluación de la idea y la persona:

COMPETENCIA	75 PUNTOS
ESTRUCTURA	40 PUNTOS
ENTORNO GENERAL	50 PUNTOS
NECESIDAD QUE CUBRE	60 PUNTOS
RECURSOS FISICOS	80 PUNTOS
RECURSOS FINANCIEROS	40 PUNTOS
EXPERIENCIA	80 PUNTOS
CUALIDADES PERSONALES	50PUNTOS

Así, para obtener el primer output (interés del sector), comenzamos por ver en qué grado la puntuación asignada por el experto a los antecedentes (competencia y estructura) pertenece a las correspondientes etiquetas lingüísticas (ver Gráfico 2).

Gráfico 5

Representación gráfica del grado del grado en el cual una calificación de 75 pertenece a las etiquetas lingüísticas del input *competencia*

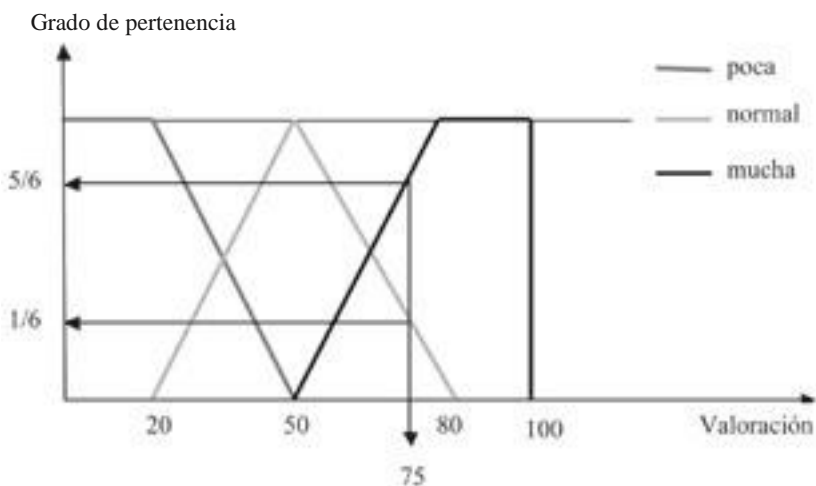
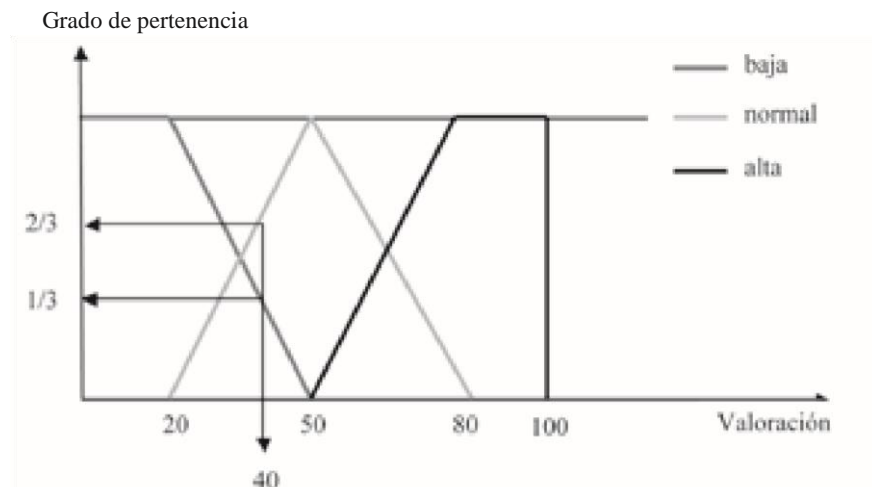


Gráfico 6

Representación gráfica del grado del grado en el cual una calificación de 40 pertenece a las etiquetas lingüísticas del input estructura



Haciendo los cálculos de acuerdo con las funciones de pertenencia que usamos en nuestro modelo (ver las expresiones (1), (2) y (3), así como los Gráficos 5 y 6) obtenemos los siguientes grados de pertenencia:

Competencia		Estructura	
$\mu_{Normal}(75)=$	1/6	$\mu_{Baja}(40)=$	1/3
$\mu_{Mucha}(75)=$	5/6	$\mu_{Normal}(40)=$	2/3

A continuación, para agregar los antecedentes, es decir, la parte de la regla: “si A es... y B es...”, utilizamos el operador “min”:

$$\alpha_{21} = \mu_N(75) \wedge \mu_B(40) = \min\{1/6, 1/3\} = 1/6$$

$$\alpha_{22} = \mu_N(75) \wedge \mu_N(40) = \min\{1/6, 2/3\} = 1/6$$

$$\alpha_{31} = \mu_M(75) \wedge \mu_B(40) = \min\{5/6, 1/3\} = 1/3$$

$$\alpha_{32} = \mu_M(75) \wedge \mu_N(40) = \min\{5/6, 2/3\} = 2/3$$

Para agregar los antecedentes con el consecuente (ver Tabla 1) utilizaremos como T-norma el operador “min”, y nos encontramos que tenemos cuatro posibles consecuentes que representamos en la siguiente tabla.

Tabla 5

Resultado de agregar los antecedentes con el consecuente para valorar el interés del sector

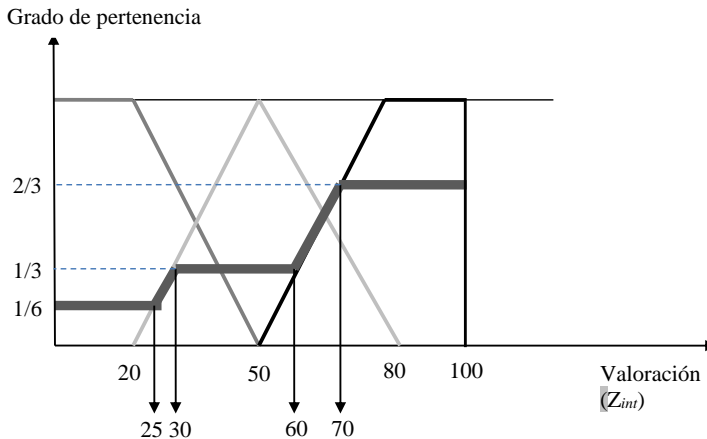
INTERES DEL SECTOR				
COMPETENCIA	ESTRUCTURA			
		$\mu_{Baja}(40)$	$\mu_{Normal}(40)$	$\mu_{Alta}(40)$
	$\mu_{Mucha}(75)$	0	0	0
	$\mu_{Normal}(75)$	$1/6 \wedge \mu_{Bajo}(Z_1)$	$1/6 \wedge \mu_{Medio}(Z_1)$	0
	$\mu_{Poca}(75)$	$1/3 \wedge \mu_{Medio}(Z_1)$	$2/3 \wedge \mu_{Alto}(Z_1)$	0

Para determinar el consecuente borroso final utilizamos el operador “max”, y nos queda la siguiente función de pertenencia del output borroso interés del sector:

$$\mu_{Agr}(Z_i) = \max \{ \min \{ 1/6 \wedge \mu_{Bajo}(Z_i) \}, \min \{ 1/6 \wedge \mu_{Medio}(Z_i) \}, \min \{ 1/3 \wedge \mu_{Medio}(Z_i) \}, \min \{ 2/3 \wedge \mu_{Alto}(Z_i) \} \}$$

Cuya representación gráfica puede verse en el Gráfico 7.

Gráfico 7
Representación gráfica del output *Interés del sector*



Para obtener el resultado final del interés del sector de la panadería en esa zona procedemos a desfuzzificar el consecuente borroso inferido. Para ello, utilizamos el método del centro de gravedad, para lo que realizaremos una aproximación, dividiendo en varios subintervalos de la misma longitud el intervalo [0,100] (Bojadziej y Bojadziej 2007):

Z_{int}	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\mu_{int}(Z_{int})$	1/6	1/6	1/3	1/3	1/3	1/3	2/3	2/3	2/3

De manera que el resultado final para el output “interés del sector” es:

$$Z_{int} = (10 \cdot 1/6 + 20 \cdot 1/6 + \dots + 90 \cdot 2/3) / (1/6 + 1/6 + \dots + 2/3) = 61,36$$

A continuación, buscamos obtener el segundo output (demanda prevista), comenzamos por ver en qué grado se verifican los términos de las variables lingüísticas que representan los antecedentes “Entorno general” y “Necesidad que cubre”. Ver Gráficos 8 y 9.

Gráfico 8

Representación gráfica del grado de pertenencia del valor 50 a las etiquetas lingüísticas del input *Entorno General*

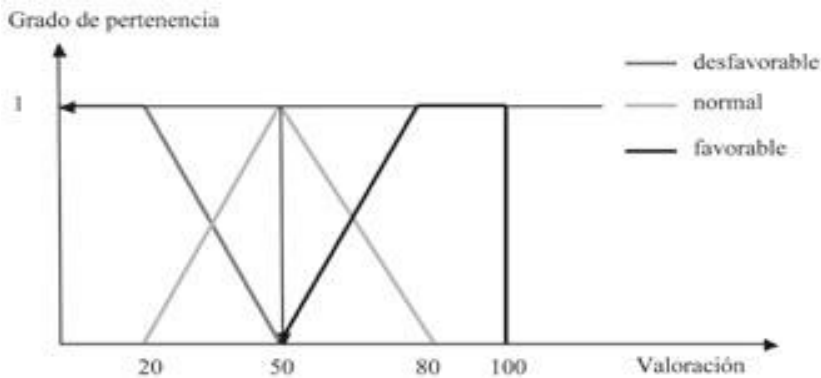
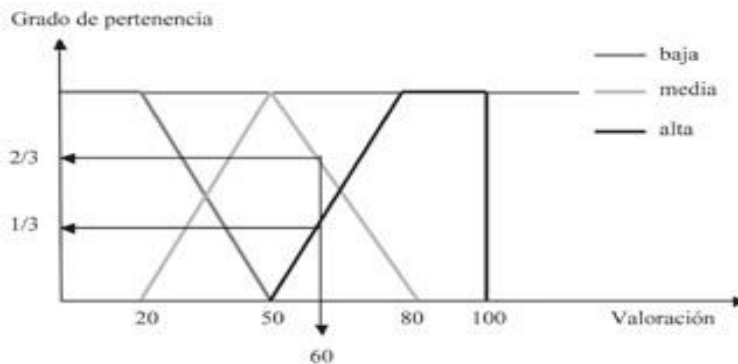


Gráfico 9

Representación gráfica del grado de pertenencia del valor 60 a las etiquetas lingüísticas del input *Necesidad que cubre*



Los resultados son los siguientes:

Entorno general		Necesidad que cubre	
$\mu_{Normal}(50)=$	1	$\mu_{Media}(60)=$	2/3
$\mu_{Favorable}(50)=$	0	$\mu_{Alta}(60)=$	1/3

A continuación, para agregar los antecedentes, utilizamos el operador “min”:

$$\alpha_{21}=\mu_N(50)\wedge\mu_M(60)=\min\{1,2/3\}=2/3$$

$$\alpha_{23}=\mu_N(50)\wedge\mu_A(60)=\min\{1,1/3\}=1/3$$

Agregamos antecedentes con consecuentes (ver Tabla 2) utilizando también el operador “min”, y nos encontramos que tenemos dos posibles consecuentes que representamos en la siguiente tabla.

Tabla 6

Resultado de agregar los antecedentes con el consecuente para valorar la demanda prevista

DEMANDA PREVISTA				
NECESIDAD QUE CUBRE				
		$\mu_{Baja}(60)$	$\mu_{Media}(60)$	$\mu_{Alta}(60)$
ENTORNO GENERAL	$\mu_{Desfavorable}(50)$	0	0	0
	$\mu_{Normal}(50)$	0	$2/3 \wedge \mu_{Media}(Z_2)$	$1/3 \wedge \mu_{Alta}(Z_2)$
	$\mu_{Favorable}(50)$	0	0	0

Recordemos que para los tres outputs restantes habíamos decidido utilizar los “singletons”, de tal manera que según su función de pertenencia, se verifica que (ver Gráficos 3 y 4):

$$\mu_{Media}(Z_2) = \begin{cases} 1 & \text{si } Z_2 = 50 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

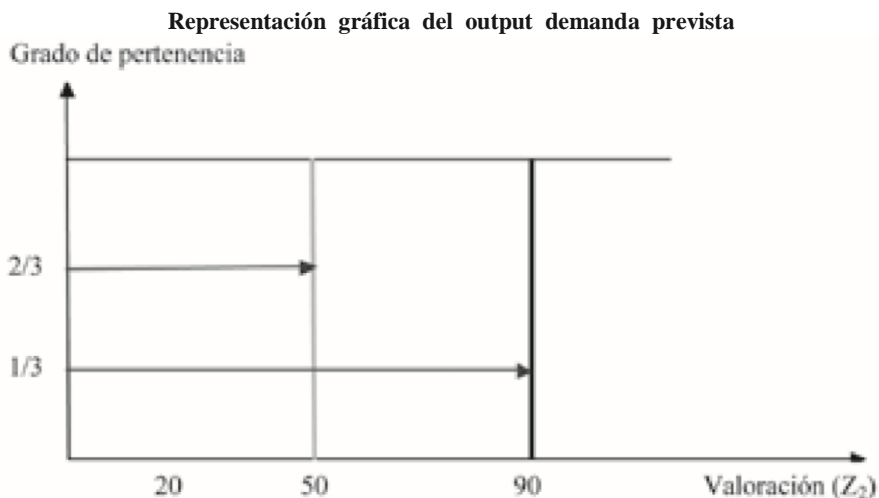
$$\mu_{Alta}(Z_2) = \begin{cases} 1 & \text{si } Z_2 = 90 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Para determinar el consecuente borroso final utilizamos el operador “max”, y nos queda la siguiente función de pertenencia del output borroso “demanda del producto o servicio”:

$$\mu_{agr}(Z_2)=\max\{\min\{2/3\wedge\mu_{media}(Z_2)\}, \min\{1/3\wedge\mu_{alta}(Z_2)\}\}$$

Cuya representación gráfica puede verse en el Gráfico 10:

Gráfico 10



Y para obtener el resultado final de la demanda prevista de la panadería procedemos a desfuzzificar el consecuente borroso inferido:

$$Z_{dem} = 50 * 2/3 + 90 * 1/3 = 63,33$$

Procedemos de igual manera para obtener el tercer output (recursos tangibles), comenzamos por ver como se verifican los términos de las variables lingüísticas que representan los antecedentes (recursos físicos y recursos financieros) en los siguientes grados (ver Gráfico 2):

Recursos físicos		Recursos financieros	
$\mu_{A}(80) =$	1	$\mu_{E}(40) =$	1/3
		$\mu_{M}(40) =$	2/3

A continuación, para agregar los antecedentes, utilizamos el operador “min”:

$$\alpha_{31} = \mu_A(80) \wedge \mu_E(40) = \min\{1, 1/3\} = 1/3$$

$$\alpha_{32} = \mu_A(80) \wedge \mu_M(40) = \min\{1, 2/3\} = 2/3$$

Agregamos antecedentes con consecuentes (ver Tabla 3) utilizando también el operador “min”, y nos encontramos que tenemos dos posibles consecuentes que representamos en la siguiente tabla.

Tabla 7

Resultado de agregar los antecedentes con el consecuente para valorar los recursos tangibles

RECURSOS TANGIBLES				
RECURSOS FÍSICO	RECURSOS FINANCIEROS			
		$\mu_{Escasos}(40)$	$\mu_{Medios}(40)$	$\mu_{Altos}(40)$
	$\mu_{Escasos}(80)$	0	0	0
	$\mu_{Medios}(80)$	0	0	0
	$\mu_{Altos}(80)$	$1/3 \wedge \mu_{Medios}(Z_3)$	$2/3 \wedge \mu_{Altos}(Z_3)$	0

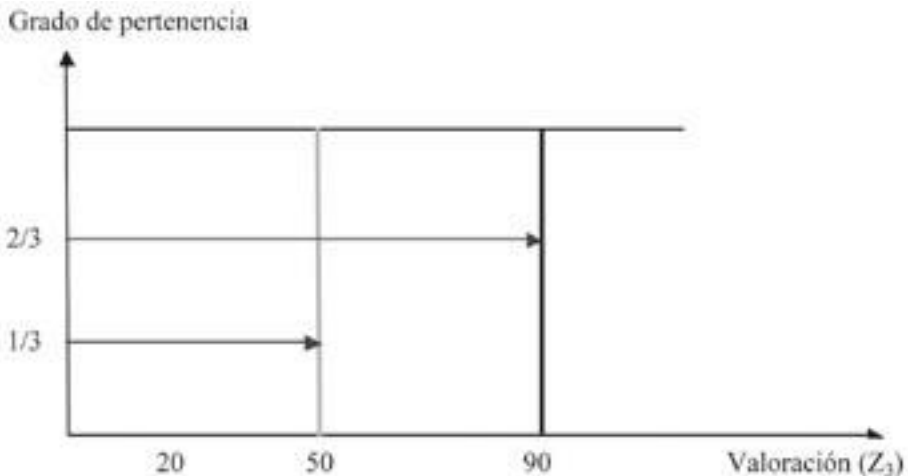
Para determinar el consecuente borroso final utilizamos el operador “max”, y nos queda la siguiente función de pertenencia del output borroso recursos tangibles:

$$\mu_{Agr}(Z_3) = \max \{ \min \{ 1/3 \wedge \mu_{Medios}(Z_3) \}, \min \{ 2/3 \wedge \mu_{Altos}(Z_3) \} \}$$

Cuya representación gráfica puede verse en el Gráfico 11.

Gráfico 11

Representación gráfica del output recursos tangibles



Por lo que, desfuzzificando, los recursos tangibles resultan:

$$Z_{Tang} = 50 * 1/3 + 90 * 2/3 = 76,67$$

Por último, obtenemos el output de los recursos intangibles, de igual manera, verificamos los términos de las variables lingüísticas que representan los antecedentes (experiencia y cualidades personales) en los siguientes grados:

Experiencia		Cualidades personales	
$\mu_{Alta}(80)=$	1	$\mu_{Neutras}(50)=$	1

A continuación, para agregar los antecedentes, utilizamos el operador “min”:

$$\alpha_{32}=\mu_A(80)\wedge\mu_N(50)=\min\{1,1\}=1$$

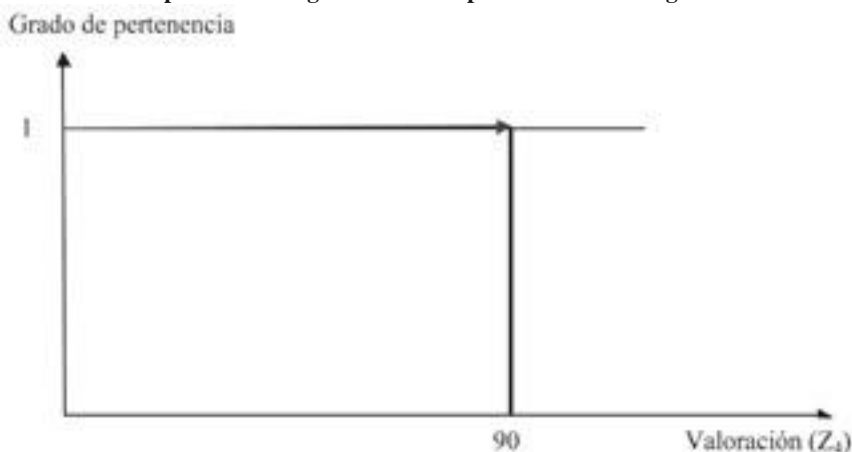
De tal manera que hay un único posible consecuente, que es que los recursos intangibles son notables (ver Tabla 4).

$$\mu_{Agr}(Z_4)=\max\{\min\{1\wedge\mu_{Notables}(Z_4)\}\}$$

Cuya representación gráfica es la siguiente:

Gráfico 12

Representación gráfica del output recursos intangibles



Por lo que desfuzzificando, los recursos intangibles resultan:

$$Z_{Intan}=90*1=90$$

Una vez tenemos los cuatro consecuentes desfuzzificados ya tenemos el resultado final:

$$\text{Proyecto}=(\text{interés del sector}+\text{demanda prevista})/2=(61,36+63,33)/2=62,33$$

$$\text{Persona}=(\text{recursos tangibles}+\text{recursos intangibles})/2=(76,67+90)/2=83,34$$

Y en este caso, como ambas partes están por encima del mínimo requerido, según la regla de decisión establecida se le concedería la subvención.

El resultado que se hubiese obtenido en este ejemplo considerando un modelo ordinario, esto es, no aplicando la lógica borrosa, hubiese sido:

Proyecto:

$$\begin{aligned} & (\text{competencia} + \text{estructura} + \text{entorno general} + \text{necesidad que cubre})/4 = \\ & = (75+40+50+60)/4 = 56,25 \end{aligned}$$

Persona:

$$\begin{aligned} & (\text{recursos físicos} + \text{recursos financieros} + \text{expertise} + \text{cualidades personales})/4 = \\ & = (80+40+80+50)/4 = 62 \end{aligned}$$

Para el desarrollo del ejemplo nos hemos basado en una casuística muy parecida a la gran mayoría de los proyectos que solicitan ayuda para su puesta en funcionamiento, máxime en una coyuntura como la actual, en la que no responden tanto a una demanda o necesidad insatisfecha del mercado sino a la necesidad personal del emprendedor potencial de buscar una fuente de ingresos ante la situación de desempleo en que se encuentra.

6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Consideramos que el modelo que proponemos es interesante para ser utilizado por los gestores de las Administraciones Públicas que se ocupan de asesorar y ayudar a potenciales emprendedores, siendo además responsables de gestionar las ayudas y subvenciones al emprendimiento. El control borroso ha tenido un enorme éxito en el tratamiento de sistemas complejos de ingeniería, en los cuales ha conseguido imitar el procedimiento de actuación de un operario experto. Salvando todas las distancias, creemos que el proceso de evaluación de una persona y de su proyecto emprendedor es un sistema complejo, en el que los evaluadores seguramente se encontrarán más cómodos si pueden expresar sus opiniones mediante expresiones y razonamientos lingüísticos, que luego son procesados por nuestro modelo para obtener una valoración que, al igual que ocurre en las aplicaciones industriales, conduzca a una correcta decisión. En nuestro caso a una selección de personas y proyectos de forma más justa y perdiendo menos información en el proceso de análisis.

Como futura línea de investigación nos proponemos adaptar este método a algún programa o software informático que permita realizar los cálculos automáticamente agilizando así el trabajo de selección.

7. AGRADECIMIENTOS

Mariano Jiménez desea agradecer la ayuda recibida del Ministerio de Educación del Gobierno de España a través del proyecto de investigación. ECO2011-26499.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barba-Sánchez, V. y Atienza-Sahuquillo, C., 2011. Reasons to create a new venture: a determinant of entrepreneurial profiles. *African Journal of Business Management*, 5 (28), 11497-11504.
- Barney, J. B., 1991. Firm resources and sustainable competitive advantage. *Journal of Management*, 17 (1), 99-120.
- Bojadziev, G. y Bojadziev, M., 2007. *Fuzzy Logic for Business, Finance and Management*. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Brandstätter, H., 2011. Personality aspects of entrepreneurship: a look at five metaanalyses. *Personality and Individual Differences*, 51, 222-230.
- Bueno, E. y Morcillo, P., 1993. Aspectos estratégicos de la competitividad empresarial: Un modelo de análisis. *Anales de Economía y Administración de Empresas*, 0, 29-47.
- Douglas, E., 2013. Reconstructing entrepreneurial intentions to identify predisposition for growth. *Journal of Business Venturing*, 28 (5), 633-651.
- Dubois, D. y Prade, H., 1988. *Theory des Possibilités*. París: Masson.
- Dweiri, F. T. y Kablan, M. M., 2005. Using fuzzy decision making for the evaluation of the project management internal efficiency. *Decision Support Systems*, 42 (2), 712-726.
- Grant, R. M., 1991. The resource based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. *California Management Review*, spring, 114-135.
- John, O. P.; Naumann, L. P. y Soto, C. J., 2008. *Paradigm shift to the integrative Big-Five trait taxonomy: History, Measurement, and Conceptual Issues*. New York: Guilford Press.
- Johnson, G. y Scholes, K., 1999. *Exploring Corporate Strategy Text and Cases*. London: Prentice Hall.
- Mandani, E. H., 1977. Application of fuzzy logic to approximate reasoning. *IEEE Transactions on Computer*, 26, 1182-1191.
- Passino, K. M. y Yurkovich, S., 1998. *Fuzzy Control*. California: Addison-Wesley.
- Peteraf, M. A., 1993. The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view. *Strategic Management Journal*, 14 (3), 179-191.
- Porter, M. E., 1980. *Competitive Strategy. Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York: Free Press.
- Ragin, C. C., 2000. *Fuzzy-set social science*. Chicago: University of Chicago Press Books.
- Reyero, R. y Nicolás, C. F., 1995. *Sistemas de Control basados en Lógica Borrosa: Fuzzy Control*. Madrid: Omron-Ikerlan.
- Rezaei, J.; Ortt, R. y Scholten, V., 2012. Measuring entrepreneurship: Expert-based vs. databased methodologies. *Expert Systems with Applications*, 39 (4), 4063-4074.
- Sanchez Garcia, J., 2010. Evaluación de la personalidad emprendedora: validez factorial del cuestionario de orientación emprendedora (COE). *Revista latinoamericana de psicología*, 42 (1), 41-52.
- Shane, S. A., 2004. *Finding Fertile Ground: A Guide to Identifying Extraordinary Opportunities for New Businesses*. London: Financial Times/ Prentice Hall.
- Trillas, E., 1992. *Expresión del conocimiento común, predicados vagos*. En: E. Trillas y J. Gutierrez Rios (Editores): *Aplicaciones de la Lógica Borrosa*. Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Tsai, W. y Kuo, H., 2011. Entrepreneurship policy evaluation and decision analysis for SMEs. *Expert Systems with applications*, 38, 8343-8351.
- Wernerfelt, B., 1984. A resource based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5, 171-180.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

- Zadeh, L. A., 1975. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 8 (1), 199-249.
- Zadeh, L. A., 1978. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 3-28.
- Zhao, H. y Seibert, S. E., 2006. The Big Five personality dimensions and entrepreneurial status: a meta-analytical review. *Journal of Applied Psychology*, 91, 259-271.
- Zhao, H.; Seibert, S. E. y Lumpkin, G. T., 2010. The relationship of personality to entrepreneurial intentions and performance: a meta-analytic review. *Journal of Management*, 36, 381-404.
- Zimmermann, H. J., 1991. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

