

EXTRACCIÓN DE PATRONES DE LA ENCUESTA ANUAL MANUFACTURERA COLOMBIANA EMPLEANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL



- Luis Felipe Duque Álvarez. Estudiante de Ingeniería Electrónica. Grupo de Política y Gestión Tecnológica. Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín.
- Msc. Jorge Manrique Henao. Estudiante de Doctorado en Ingeniería. Grupo de Política y Gestión Tecnológica. Universidad Pontificia Bolivariana-Medellín.
- Ph.D. Jorge Robledo Velásquez. Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica. Universidad Nacional de Colombia – Medellín.

EXTRACCIÓN DE PATRONES DE LA ENCUESTA ANUAL MANUFACTURERA COLOMBIANA EMPLEANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL

- Este trabajo hace parte del proyecto:
”Descubrimiento de Conocimiento sobre la Innovación en Colombia a partir de las Encuestas de Innovación y Desarrollo Tecnológico, la Encuesta Anual Manufacturera y la base de datos ScienTI”



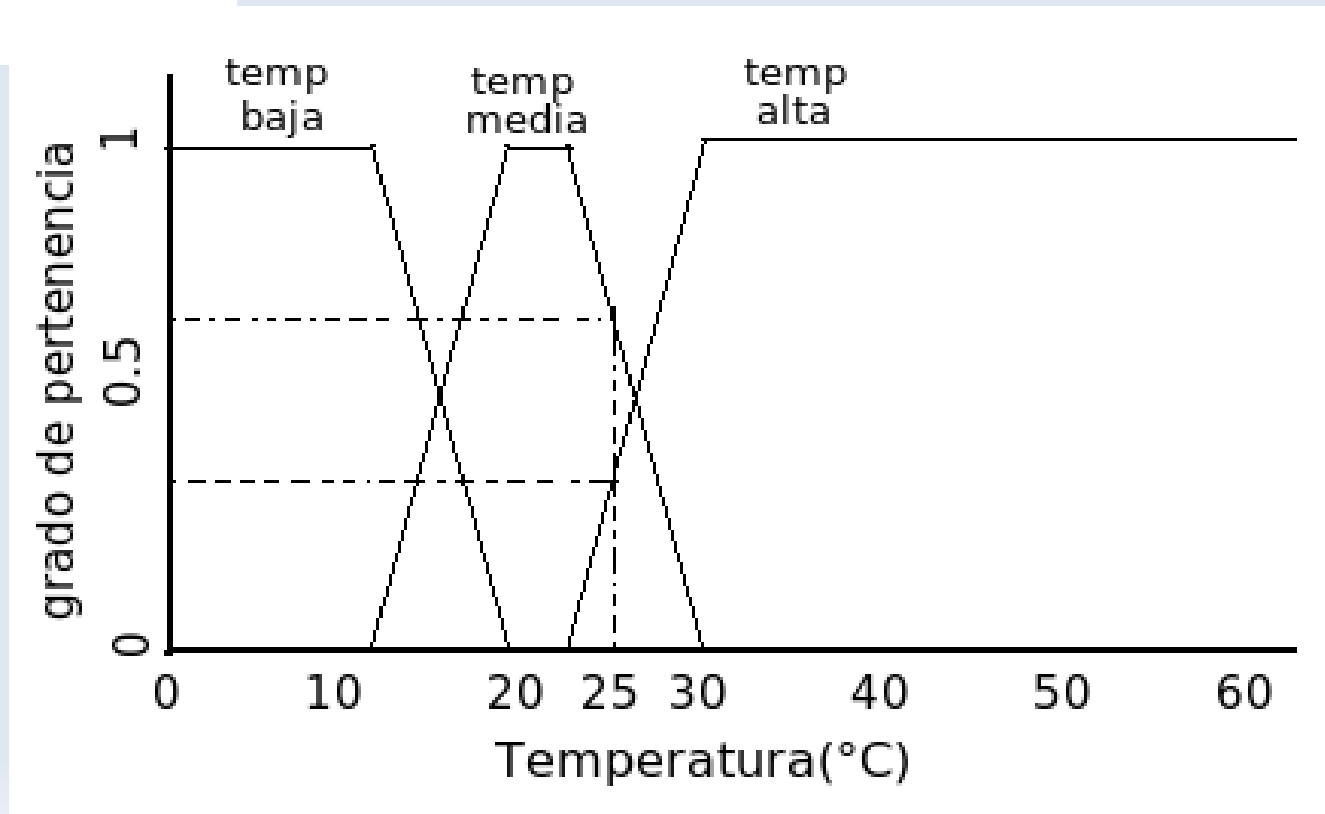
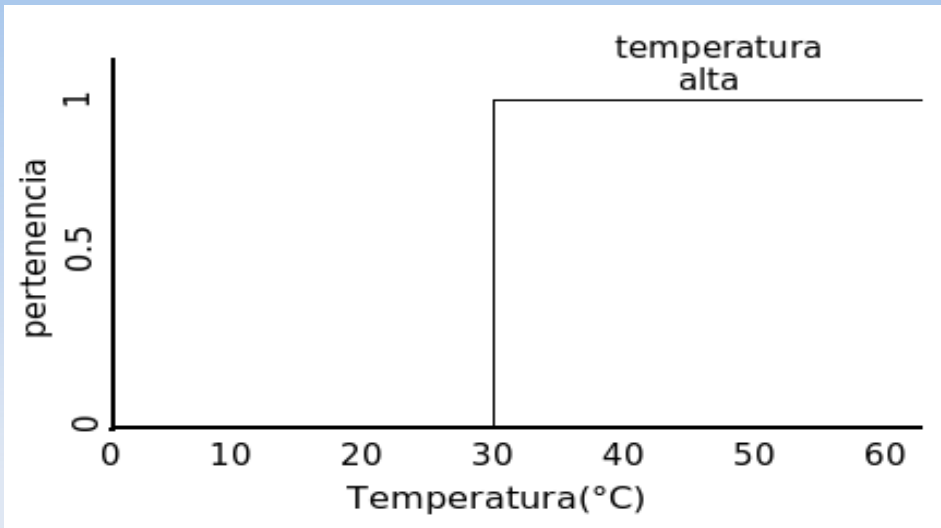
CONTENIDO

- Lógica Difusa
 - Reglas Difusas
 - Fusificación o Emborronamiento
- Redes Neuronales Artificiales
- Ejemplo de Extracción de Reglas a partir de Redes Neuronales Difusas
- Implementación empleando la EAM (1992)
- Reglas Obtenidas
- Conclusiones y Trabajos Futuros

Lógica Difusa: Reglas Difusas

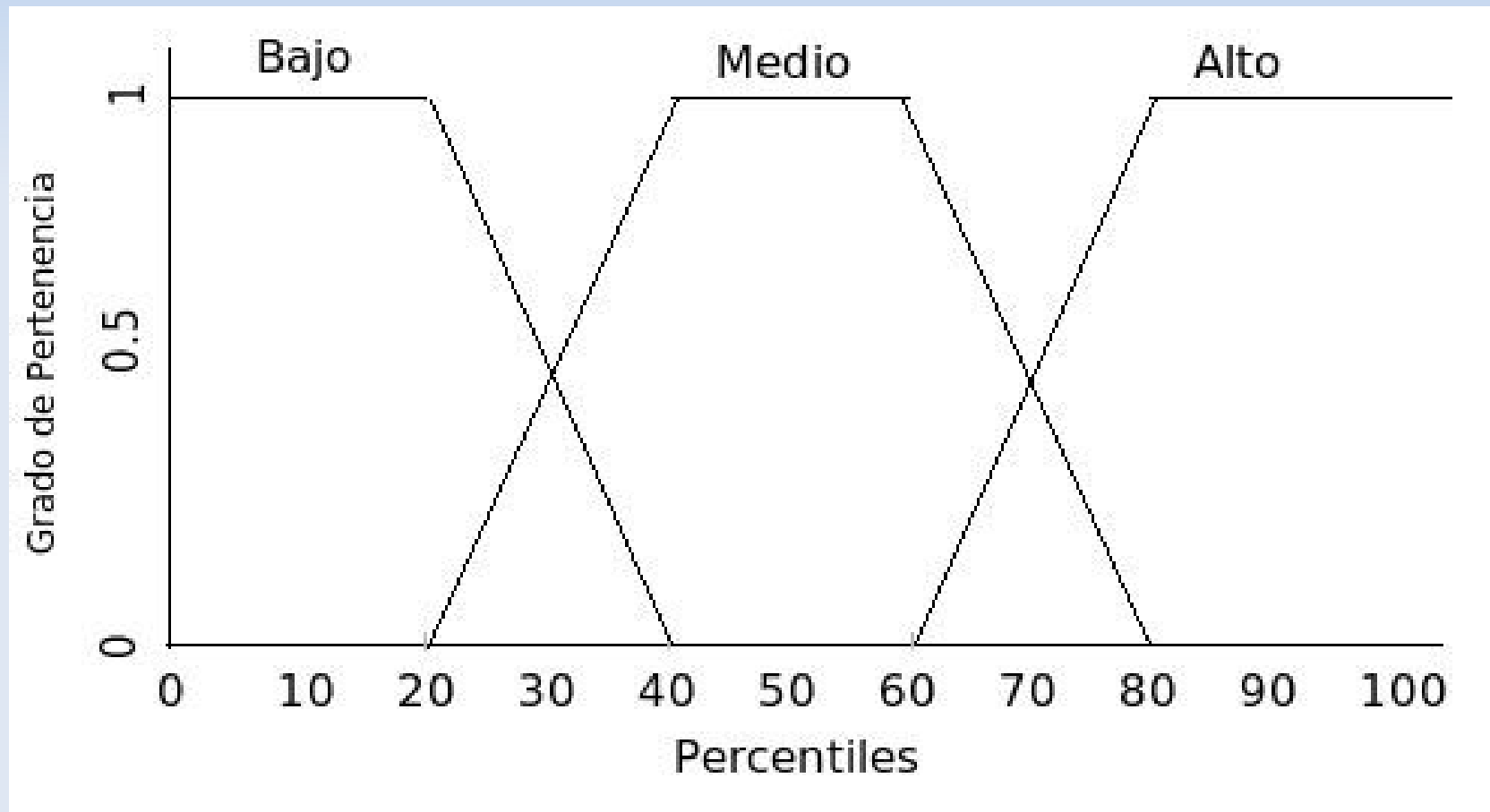
- Tipo Zadeh-Mamdani
SI x_1 ES a & x_2 ES b ENTONCES y ES c
ejemplo:
SI temperatura es alta ENTONCES ventilador está muy bajo
- Con factores de confianza (CF) y grados de importancia (DI)
SI x_1 ES a (0.1) & x_2 ES b (5) ENTONCES y ES c (4)
ejemplo:
SI temperatura es muy alta (4) y ventilador está en alto (1)
ENTONCES encender alarma (3)
- Otros tipos: Takagi-Sugeno
SI x_1 ES a & x_2 ES b ENTONCES $y=f(x_1,x_2)$
(Kasabov 1996a)

Lógica Difusa: Fusificación o Emborronamiento

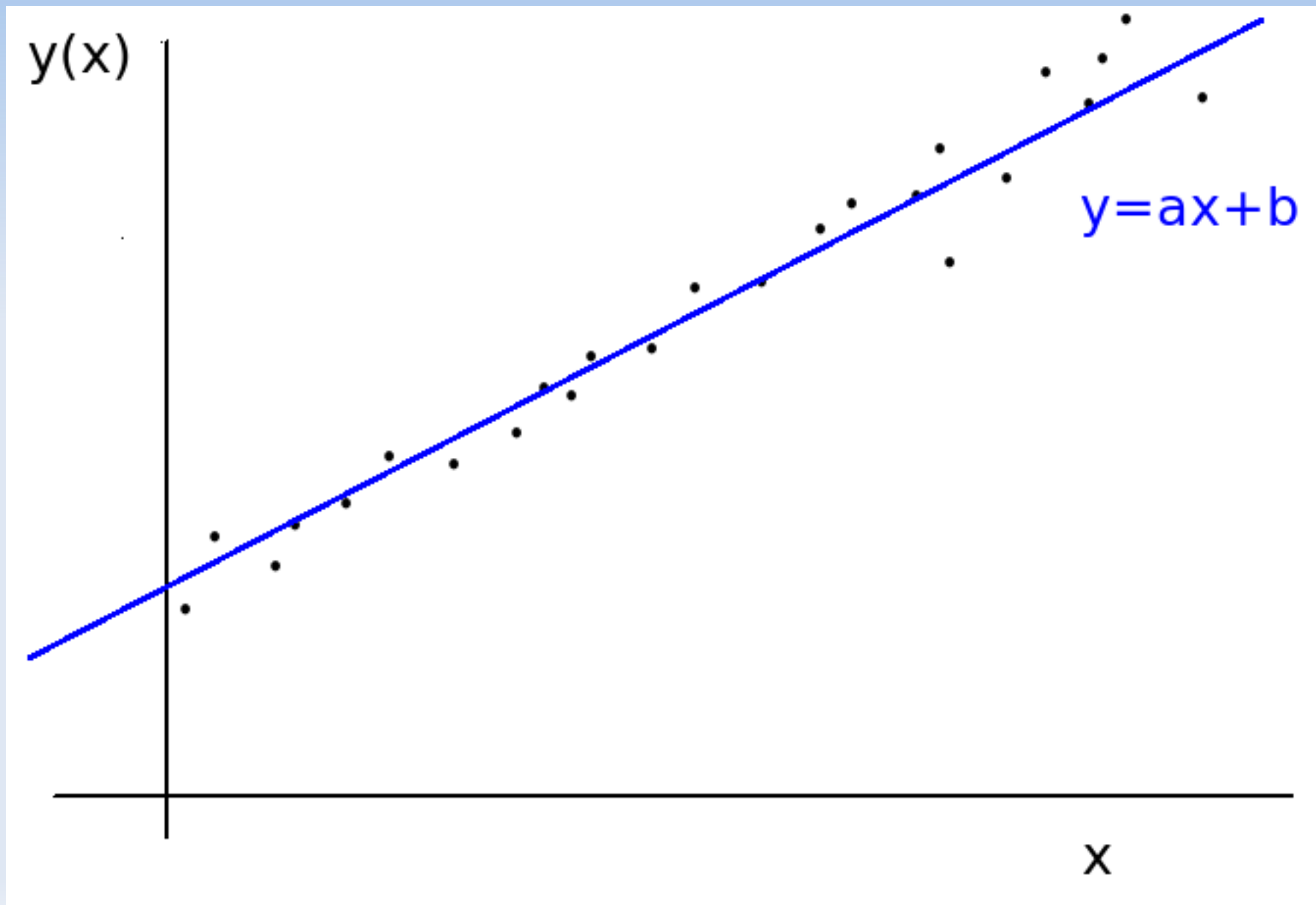


- Temp Baja (0)
- Temp Media (0.6)
- Temp Alta (0.3)

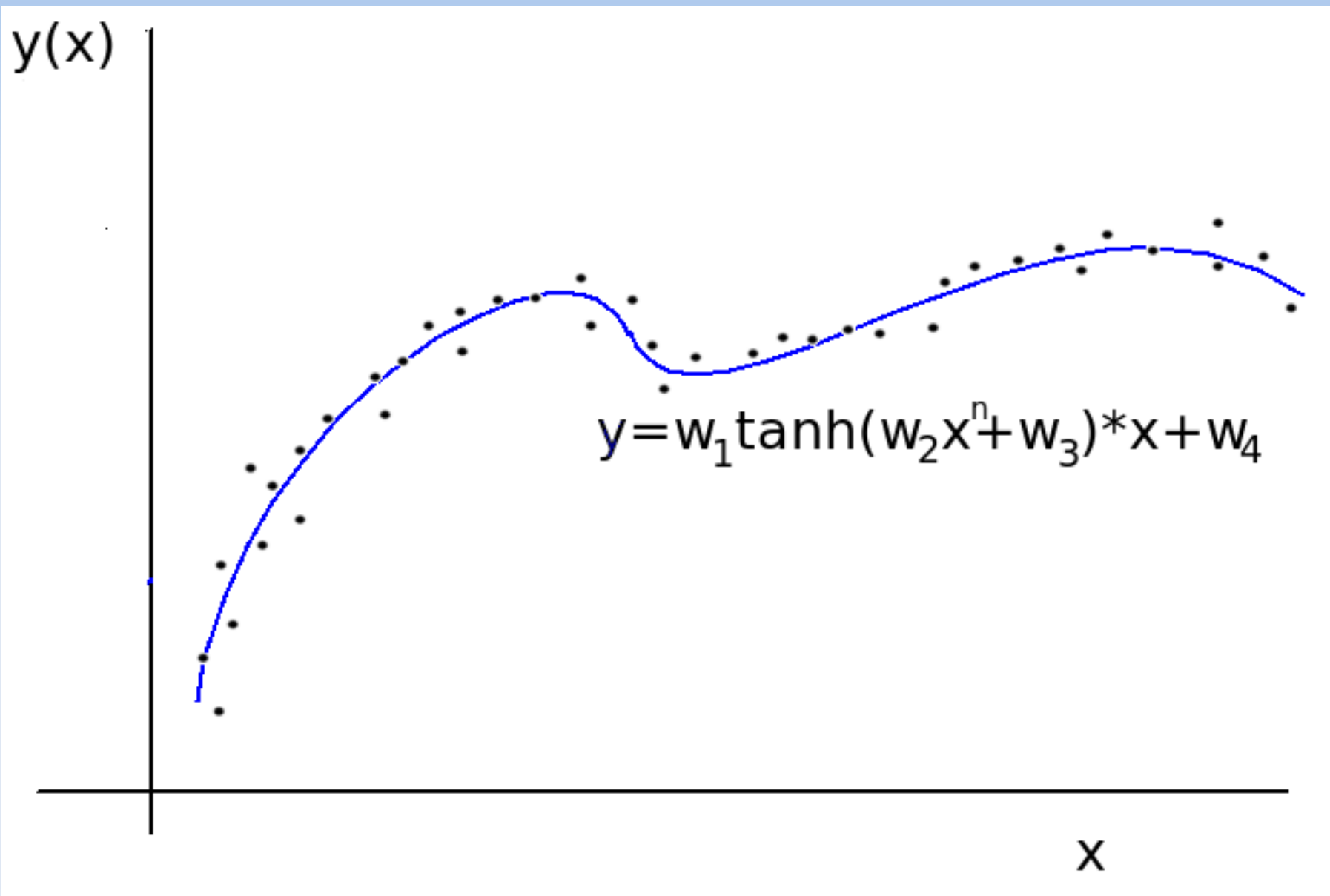
Fusificación o Emborronamiento de variables seleccionadas



Técnicas Supervisadas: Regresión Lineal



Técnicas Supervisadas: Regresión No-Lineal

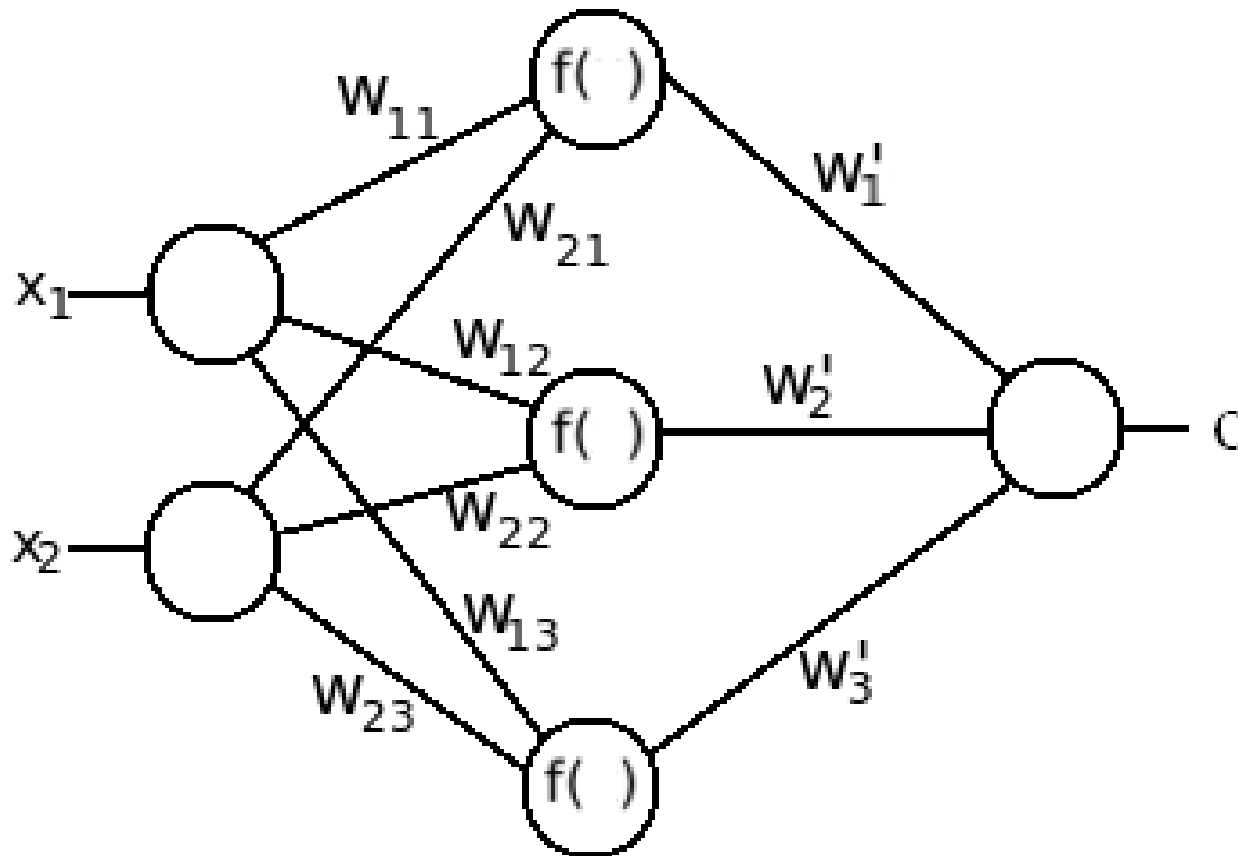


Regresión empleando Redes Neuronales Artificiales

Neuronas de Entrada

Neuronas Ocultas

Neurona de Salida



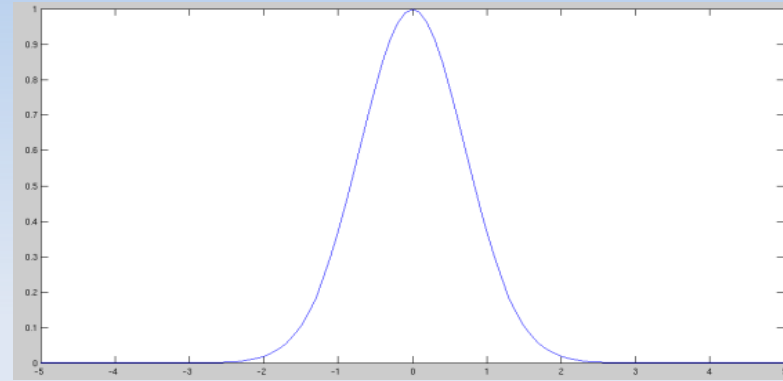
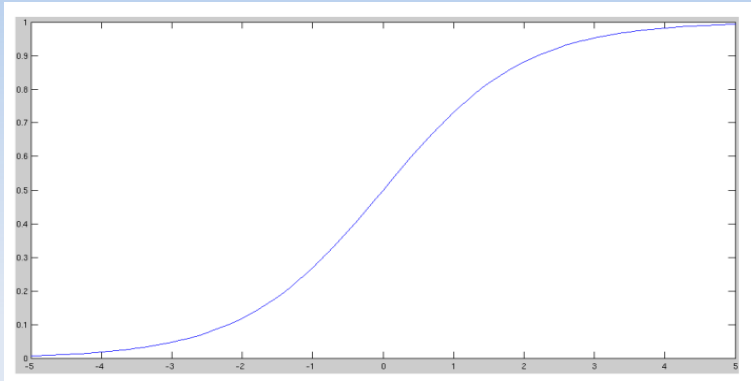
- x_1, x_2 : Entradas
- o : Salida
- w : Pesos
- $f(\cdot)$: Funciones de activación

(Del Brío y Molina 2001)

$$o(\vec{x}) = w'_1 f(x_1 w_{11} + x_2 w_{21}) + w'_2 f(x_1 w_{12} + x_2 w_{22}) + w'_3 f(x_1 w_{13} + x_2 w_{23})$$

Redes Neuronales Artificiales

- ¿Qué función de activación (f) emplear?



- ¿Cuántas Neuronas Ocultas utilizar?

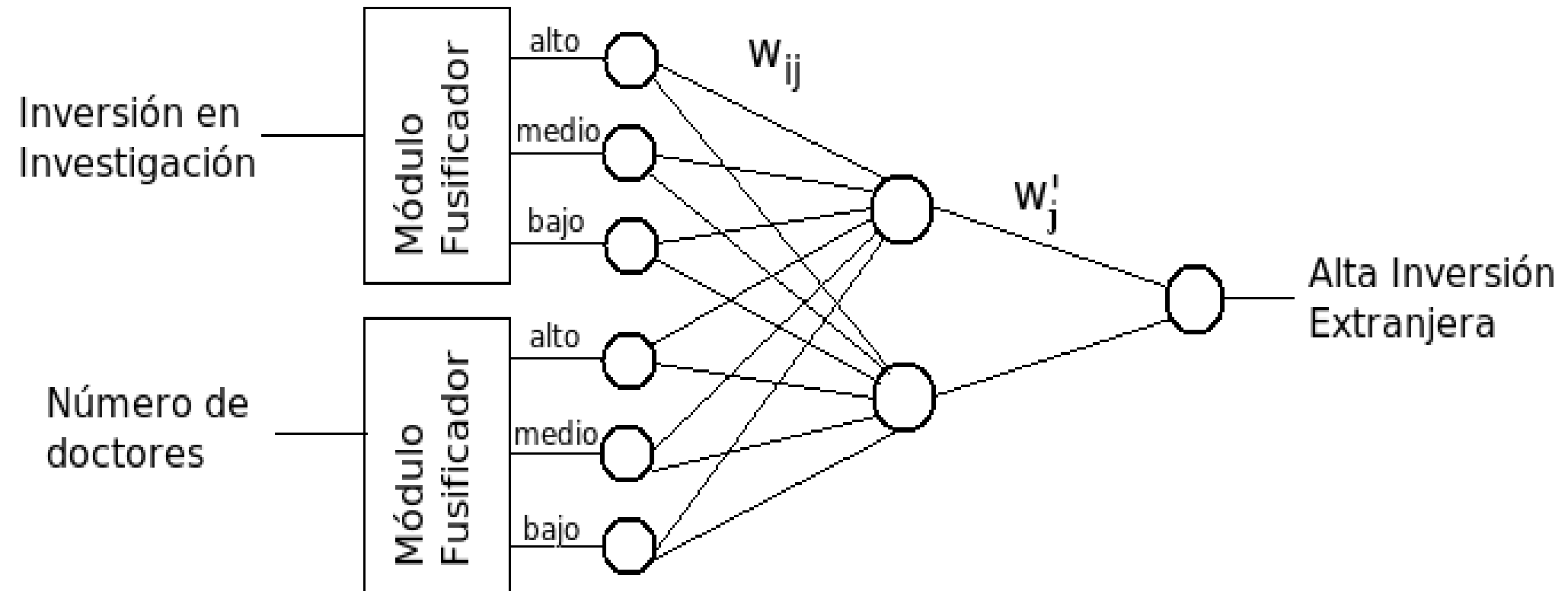
- ¿Cómo encontrar los valores de los Pesos?

Se minimiza alguna medida de error empleando algoritmos como Descenso por el Gradiente, Quasi-Newton, PSO, entre otros (\$\$\$\$)

$$S = \{ (\vec{x}_m, y_m) / \vec{x}_m \in \mathcal{R}^n, y \in \mathcal{R} \}$$

$$E(w_{ij}, w'_k) = \frac{1}{2} \sum \sqrt{(o(\vec{x}_m) - y_m)^2}$$

Extracción de Reglas a Partir de Redes Neuronales Difusas (REFuNN)



- Ejemplo hipotético de Red Neuronal Difusa (Kasabov 1996a; Kasabov 1996b)

Ejemplo de extracción de una Red Entrenada

	Regla 1 ($w_1'=0.05$)	Regla 2 ($w_2'=6$)
Inversión en Investigación Alta	0.2	9
Inversión en Investigación Media	4	0,2
Inversión en Investigación Baja	16	2,1
Cantidad de Doctores Alta	-0,2	8
Cantidad de Doctores Media	-0,3	0,2
Cantidad de Doctores Baja	0,1	-0,5

- Regla 1: SI la inversión en investigación es baja (16) y el número de doctores es alto (0.1) ENTONCES hay una alta inversión extranjera (0.05)
- Regla 2: SI la inversión en investigación es alta (9) y el número de doctores es alto (8) ENTONCES hay una alta inversión extranjera (6)

Implementación: Encuesta Anual Manufacturera (Dane - 1992)

- Se ha realizado de manera ininterrumpida desde el año de 1955
- Cubre establecimientos con 10 o más personas ocupadas
- Tiene Información relacionada con: Número de establecimientos, personal ocupado, remuneraciones causadas, producción bruta, consumo intermedio, valor agregado, energía eléctrica consumida, inversión en activos fijos, costos y gastos indirectos de fabricación, gastos de administración y ventas, inventarios, consumo de materias primas materiales y empaques y, productos manufacturados en el año.
- Para este caso se empleó la EAM por Código CIIU a tres dígitos. Teniendo así un conjunto de 208 grupos

Variables preliminares seleccionadas

%administradores:	$\frac{\text{Número de Administradores permanentes}}{\text{Total personal permanente}}$	(-19.0)
%activo_fijo:	$\frac{\text{Valor de Activos Fijos}}{\text{Total Ingresos Operacionales}}$	(58.5)
cantidad_maquinaria:	$\frac{\text{Valor de Maquinaria revalorizado a Dic-1992}}{\text{Total Ingresos Operacionales}}$	(29.5)
cantidad_inversión:	$\frac{\text{Inversión Neta}}{\text{Total Ingresos Operacionales}}$	(4.1)
%investigación:	$\frac{\text{Gastos Investigación y Mercadeo}}{\text{Total Ingresos Operacionales}}$	(1.0)
%publicidad:	$\frac{\text{Gastos Publicidad y Propaganda}}{\text{Total Ingresos Operacionales}}$	(-2.9)
%valor_agregado:	$\frac{\text{Valor Agregado}}{\text{Producción Bruta Industrial}}$	(1.5)
%Exportaciones:	$\frac{\text{Ventas en el Exterior}}{\text{Total Ventas}}$	(Variable de Salida)

Características del Algoritmo implementado

- Para el entrenamiento del Perceptrón Multicapa se buscó minimizar el MAE usando el algoritmo '*Scaled Conjugate Gradients*' (Møller 1993)
- Se empleó un conjunto de entrenamiento del 75% de las 208 muestras disponibles en la EAM 1992 por código CIU a tres dígitos.
- Se emplearon funciones de activación sigmoideas (f).
- Se extrajeron reglas de redes que tenían entre 5 y 50 neuronas ocultas, lo que implicó realizar 46 regresiones por cada tipo de consecuente posible (alto, medio, bajo).
- En la calificación de cada regla no se tienen en cuenta pertenencias difusas: una variable se considera alta si se ubica dentro del percentil 80 y 100; baja entre el percentil 0 y 20 y media entre el 40 y el 60.

Algunas Reglas Obtenidas

R3: Si %activo_fijo es bajo y cantidad_maquinaria es baja entonces %exportaciones es Bajo. Ef=35.4% (31)

R5: Si %activo_fijo es bajo entonces %exportaciones es Bajo. Ef=30.9% (42)

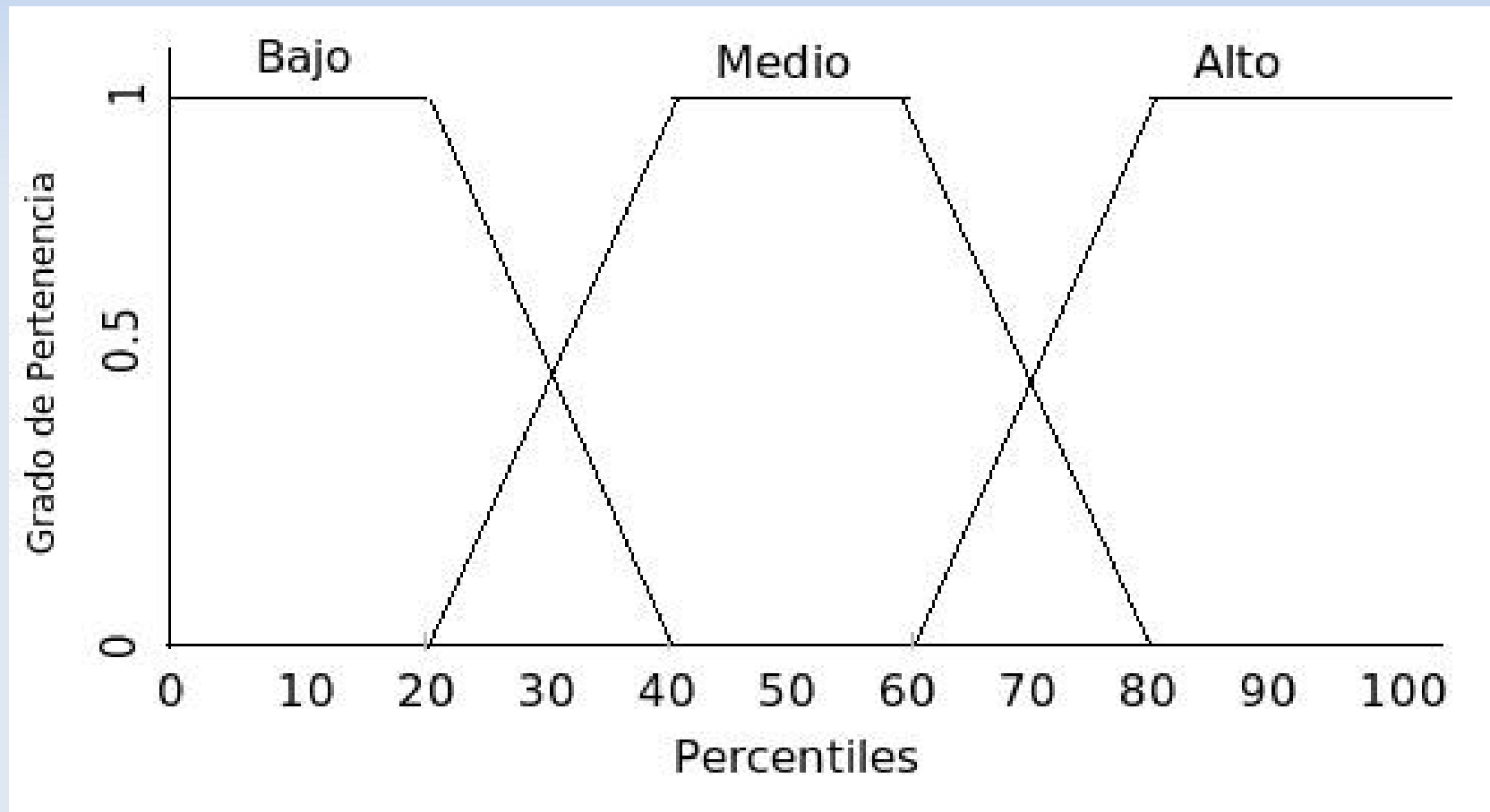
R4: Si %administradores es alto entonces %exportaciones es Bajo. Ef=34.1% (41)

R7: Si %administradores es bajo y %activo_fijo es alto entonces %exportaciones es Medio. Ef=31.2% (16)

R8: Si %administradores es medio entonces %exportaciones es Medio. Ef=39.0% (41)

R12: Si %administradores es bajo entonces %exportaciones es Alto. Ef=26.2% (42)

Fusificación o Emborronamiento de variables seleccionadas



Conclusiones y Trabajos Futuros

- Si bien los algoritmos empleados incurren en un alto costo computacional, su verificación y facilidad de implementación gracias a paquetes de software hacen del método estudiado una alternativa válida para ser aplicada a encuestas similares realizadas en Colombia.
- Aunque en el presente trabajo se seleccionaron variables de una manera preliminar para probar el algoritmo propuesto, se observó la viabilidad del método en este tipo de problemas, por lo que se podría aplicar el mismo algoritmo a variables más acordes con el estado del arte en las áreas de Innovación y Consumo Energético

Conclusiones y Trabajos Futuros

- Pre-Procesamiento: se podrían explorar técnicas como PCA, kernel-PCA o ICA (Comon 1994) para encontrar componentes más representativas. El uso de este tipo de técnicas podría llevar incluso a problemas de interpretación de los resultados.
- Procesamiento: Se podrían usar otras técnicas de regresión como Máquinas de Soporte Vectorial (Cristianini y Shawe-Taylor 2006) o Funciones de Base Radial
- Extracción de Reglas: De acuerdo al tipo de regresión implementada, la forma de extraer reglas variaría.

REFERENCIAS

- Brio, B.M.D. y Molina, A.S., Redes Neuronales y Sistemas Difusos con CDROM, 2a ed., México D.F., Alfaomega Grupo Editor, 2001, pp. 41-84.
- Comon, P., Independent component analysis, A new concept?, Signal Processing, Vol. 36 No 3, Abr., 1994, pp. 287-314.
- Cristianini, N. y Shawe-Taylor, J., An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods, 1a ed., Cambridge, Cambridge University Press, 2000, pp. 93-124.
- Kasabov, N.K., Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering, 1a ed., Boston, The MIT Press, 1996a, pp. 167-204.
- Kasabov, N.K., Learning fuzzy rules and approximate reasoning in fuzzy neural networks and hybrid systems, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 82 No. 2, Sep., 1996b, pp. 135-149
- Møller, M.F., A scaled conjugate gradient algorithm for fast supervised learning, Neural Networks, Vol 6 No 4, 1993, Nov., pp. 525-533.

Agradecimientos

- Los autores agradecen a Colciencias por la financiación otorgada al proyecto “*Descubrimiento de Conocimiento sobre la Innovación en Colombia a partir de las Encuestas de Innovación y Desarrollo Tecnológico, la Encuesta Anual Manufacturera y la Base de Datos ScienTI*”, en el marco de la cual se llevó a cabo el trabajo reportado aquí; y a los estudiantes y profesores miembros del proyecto por sus valiosas críticas y recomendaciones.

Contactos

- Luis Felipe Duque Álvarez
luisduque440@hotmail.com tel: 300-783-7020
- Jorge Alberto Manrique Henáo
jorge.manrique@upb.edu.co tel: 311-718-4461
- Jorge Robledo Velásquez
jrobledo@unalmed.edu.co tel: 256-50-02 (Medellín)