

M. CARMEN CARRIÓN PÉREZ
ÁNGEL DELGADO MORA
ROQUE HIDALGO ÁLVAREZ
ALBERTO MARTÍN MOLINA
F. JOSÉ OLMO REYES
J. LUIS ORTEGA VINUESA
JORGE PORTÍ DURÁN
(eds.)

JUAN ANTONIO MORENTE
CHIQUERO: IN MEMORIAN

GRANADA
2013

© LOS AUTORES.
© UNIVERSIDAD DE GRANADA.
JUAN ANTONIO MORENTE CHIQUERO:
IN MEMORIAN.
ISBN: 978-84-338-5540-4.
Depósito legal: GR./1.152-2013.
Edita: Editorial Universidad de Granada.
Campus Universitario de Cartuja. Granada.
Fotocomposición: TADIGRA, S. L. Granada.
Diseño de Cubierta: Josemaría Medina Alvea.
Imprime: Gráficas La Madraza. Albolote. Granada.

Printed in Spain

Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos —www.cedro.org), si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

PRÓLOGO

Tan cerca está el momento en que te fuiste y aún nos parece mentira. Habían pasado cincuenta y siete años desde aquel 6 de julio del 55 en que viste la luz en Porcuna, “at the corner between Albercón and Alharilla streets”, como tú ponías en tu página web. Porcuna, de Jaén, “donde se acuñó moneda romana”, tu pueblo durante toda tu vida, pues siempre recordaste tus raíces, de persona humilde del pueblo. Tu paso por aquella “Universidad Laboral”, en la que, tras cinco años, obtuviste, en 1975, tu título de Oficialía y Maestría, en Córdoba, con muy buenas notas que te permitieron acceder a estudios universitarios, licenciándote en Ciencias Físicas en 1980 en la Universidad de Granada.

Al escribir este libro, tantos y tantos compañeros recordamos tu noble forma de ser. Nos viene a la cabeza tu equilibrio, tu sensatez, la placidez de esos momentos en que podíamos hablar contigo. De todo, de la vida y de la ciencia, de esa Física que tanto amaste. Aquellos momentos en que cualquiera de nosotros acudía para escuchar tu opinión y aquel tiempo tuyo que con tanta generosidad siempre estabas dispuesto a dedicar en la conversación con el compañero, con el amigo.

La enseñanza siempre fue tu pasión, y el trato con tus alumnos, siempre tan educado, tan exquisito... Sólo el que ama a la Física puede enseñarla, transmitirla, como tú lo hacías. “Era cercano, simpático, agradable, tenía la virtud de hacer fácil lo difícil”, es una de las frases de uno de tus alumnos como comentario a aquel emotivo artículo sobre ti, publicado el 20 de marzo del pasado año en el periódico Ideal de Granada. Tu libro de la asignatura de Introducción a los Métodos Numéricos, que generosamente has cedido a alumnos y compañeros, es toda una joya de la docencia.

¡Cuánto esfuerzo realizaste como investigador! Tus comienzos en el campo del análisis de la voz, la aplicación en el dominio del tiempo del método numérico de los momentos, que constituyó la base de tu tesis doctoral, primera en modelado numérico de problemas electromagnéticos en la Universidad de Granada, en 1985, tu estancia en la Universidad de Nottingham, donde trabajas en el método de modelado por líneas de transmisión de la mano del creador del método, Peter B. Johns, y el reconocimiento de la relevancia de tus trabajos en esta línea de la máxima autoridad en este campo, Cristos Christopoulos, tus trabajos de simulación numérica de las resonancias de Schumann en la atmósfera de Titán, Tierra, Marte, y ...¡qué justificada esta la cifra de más de 400 citas recibidas en el mundo de la investigación!

Tu reconocimiento y tu agradecimiento a todo aquel que te enseñó, que estuvo junto a ti en el camino de esta profesión de profesor universitario, que culminaste como Catedrático de Física Aplicada en Julio de 2009.

Había que realizar una ordenación de las aportaciones a este libro. ¡Cuánto nos hubiera gustado saber tu opinión, tú que tanto cuidabas el orden de las cosas! Las que aparecen en primer lugar tratan sobre aquellas etapas claves de tu trayectoria, estando al principio la más cercana a ti mismo. El resto, por orden alfabético de

II Prólogo

autores, sin establecer otro criterio que pudiera romper la igualdad de afecto con que han sido hechas.

Todos los que hemos aportado algo a este libro en tu memoria, lo hemos hecho con el mayor cariño y también con la mayor nostalgia de no tenerte entre nosotros. Ese cariño y este reconocimiento queremos trasladarlo a tus personas queridas, tu mujer, tu hijo, tu familia. Pero queremos seguir adelante con ánimo, con ilusión en la vida, con tu ejemplo, y preferimos mantener en nuestro recuerdo tu jovialidad, tu humor, como el que refleja esta foto tuya que mantendremos siempre en nuestra memoria.

Tus compañeros



FOREWORD

It is still soon since you left us, and we struggle to admit the finality of your departure. Just fifty-seven years would have concluded since that July 6th of 1955 when you came into the world in Porcuna, “at the corner between Albercón and Alharilla streets”, as you used to post on your website. Porcuna in Jaén, “where the Romans minted coins”. The village where you were born, where your memories were always firmly rooted, was essential to the humble person that you presented at home and abroad. Later you studied at the “Universidad laboral” for five years, and in 1975 obtained the *Oficialía y Maestría* degree in Córdoba, with the excellent marks that smoothed your path into higher education, resulting in an undergraduate degree in Physical Sciences from the University of Granada in 1980.

For so many of us, your former colleagues, preparing this book has helped us to explore moments as we recall and reflect upon your noble bearing. Remembering those treasured moments when we shared your unguarded conversation and enjoyed your advice, we are reminded of your sense of equilibrium, your sanity and serenity. In our moments now without you, we contemplate the life, the science, and the physics that you loved so much. But most profoundly we miss those moments, when any one of us could sit down with you, and benefit from your wise opinion and the time that you so generously shared with your colleagues, with your friends.

Teaching was always your passion, and your conduct with the students was a model of decorum and accessibility. Only one who loves Physics could teach it, could transmit it, as you did. One of your students put it so concisely in an article in Granada’s *Ideal* newspaper on March 20th of last year, saying that you were “approachable and friendly, and had the virtue of making even the difficult easy to comprehend”. Your book for “Introduction to Numerical Methods”, liberally distributed to students and colleagues, is an absolute gem.

And what effort you put into research as well! There are so many different efforts to be honored: your seminal works in the field of voice analysis; the time-domain numerical applications with the moments method that formed the basis of your doctoral thesis, the first numerical model of Electromagnetics at the University of Granada (1985); your stint at the University of Nottingham, where you developed models of transmission lines in collaboration with the founder of the method, Peter B. Johns, and your works’ relevance in this field was recognized by the highest authority, Christos Christopoulos; and finally, your numerical simulation of Schumann resonances in the atmospheres of Titan, Earth, and Mars. All of these help to explain why your publications have been cited more than four hundred times in the world of research.

Your recognition and appreciation to anyone who taught you something, these are qualities that you retained even upon reaching the highest rank in your profession, *Catedrático de Física Aplicada*, which you achieved in July of 2009.

In arranging the order of the chapters of this book, we surely could have benefited from your opinion (you, who took such care to put things in their proper order). The initial chapters are those that particularly address the key research lines of your career, beginning with the one that is closest to your heart. The rest are arranged alphabetically, without imposing any criterion that might disregard the principle of equality in terms of the affection and respect for you with which they have been prepared.

Those of us who have contributed to this book in your memory have done so with the greatest fondness and a nostalgic feeling for not having between us. It is our desire to transmit our fondness, our respect, and our appreciation to your loved ones: your wife, your son, your family. And we will continue with our own labors, with heads held high following the example you put forth, and striving to keep in mind your cheerfulness and sense of humor, as reflected in this photo which we publish here as an everlasting memento.

Your comrades.

ÍNDICE DE CONTRIBUCIONES

1	Juan Antonio Morente Molinera, Enrique Herrera Viedma. <i>El Manejo de Información Multigranular</i>	1
2	Roque Hidalgo Álvarez. <i>Juan Antonio Morente Chiquero y la Universidad Laboral de Córdoba</i>	7
3	Antonio Rubio Ayuso <i>La Síntesis de Voz desde Juan Antonio Hasta la Actualidad</i>	11
4	Rafael Torres Giménez, Jorge Portí Durán, Jesús Fornieles Callejón, Sergio Toledo Redondo, Alberto Prieto Espinosa, Ignacio Sánchez García y Alfonso Salinas Extremera. <i>Inicio del Electromagnetismo Computacional en la Universidad de Granada</i>	19
5	Christos Christopoulos. <i>Impressions of Juan Antonio Morente and his Work</i>	25
6	José A. Garzón-Guerrero, Diego Pablo Ruiz Padillo, María del Carmen Carrión Pérez <i>Análisis de Técnicas y Aplicaciones de Clasificación Automática de Objetos Basados en el Retorno Radar</i>	31
7	Ana C. L. Cabeceira, Ismael Barba, Ana Grande, José Represa <i>El Método TLM Clásico</i>	39
8	William J. O'Connor <i>Memories of Juan Antonio from an Irishman</i>	47
9	Bruno P. Besser, Herbert I.M. Lichtenegger, Konrad Schingenschuh, Hans-Ulrich Eichelberger, Manfred Stachel. <i>General Approach to Solutions of Ionospheric Cavity Wave Propagation Problems</i>	51
10	Alfonso Salinas, Jesús Fornieles, Sergio Toledo-Redondo, Antonio Méndez, Enrique A. Navarro, Cédric Blanchard, Gregorio Molina-Cuberos, Bruno P. Besser, Herbert I.M. Lichtenegger, William O'Connor y Jorge Portí. <i>Juan Antonio Morente y el Estudio de Fenómenos Electromagnéticos en Atmósferas Planetarias</i>	61

11	Silvia Ahualli, María L. Jiménez, Ángel V. Delgado. <i>Suspensions of “Soft” Particles. Model and Experiments.....</i>	67
12	L. Alados-Arboledas, I. Foyo, H. Lyamani, J.L. Guerrero-Rascado, F. Navas-Guzmán, J.A. Bravo-Aranda, A. Cazorla, J. Fernández-Gálvez, G. Titos, M.J. Granados-Muñoz, I. Alados, A. Valenzuela, F.J. Olmo <i>Monitoring the Daily Evolution of the Atmospheric Aerosol in an Urban Environment by Means of Remote Sensing and In-Situ Methodologies</i>	75
13	Enrique Alameda-Hernández, David Blanco, Diego P. Ruiz y María C. Carrión. <i>Tres Versiones del Algoritmo LMS Generalizado</i>	81
14	M. Anguiano, M. Grasso, G. Co', V. De Donno, A.M. Lallena. <i>The Tensor Interaction in Effective Forces</i>	88
15	Jose Luis Bernier, Jose Carlos Calvo, Mario Barchéin, Antonio Morales, Iván García <i>Diseño e Implementación de un CMS en la Nube con alta Disponibilidad y Soporte de Carga Masiva.....</i>	92
16	María de la Cruz Boscá Díaz-Pintado. <i>Nolocalidad y Ontología en la Mecánica Cuántica de Bohm</i>	98
17	Enrique Buendía y Francisco J. Gálvez <i>Aproximación POEP en el Primer Dobleto de los Alcalinos</i>	103
18	Miguel Ángel Cabrerizo Vílchez <i>Www.fisicarecreativa.es.....</i>	109
19	José Callejas Fernández <i>Física Coloidal: el Universo en un Tubo de Ensayo</i>	113
20	José L. Carmona, Ángel M. Gómez, José A. González, Jan Koloda, Domingo López, Iván López-Espejo, Juan A. Morales-Cordovilla, Antonio M. Peinado, José L. Pérez-Córdoba, Victoria Sánchez Calle. <i>Estimación MMSE en Aplicaciones de Transmisión Multimedia.....</i>	119
21	Concepción Carretero-Campos, Marcelo A. Montemurro, Pedro Bernaola-Galván, Ana V. Coronado, Pedro Carpena. <i>Understanding the Complex Behaviour of the Distribution of Words in Written Texts.....</i>	126

22	Yolanda Castro-Díez, María Jesús Esteban-Parra, Sonia Raquel Gámiz-Fortis, Daniel Argüeso, José Manuel Hidalgo-Muñoz, María Hernández-Martínez. <i>Estudio de la Variabilidad Climática y del Cambio Climático en la Península ibérica</i>	134
23	José Juan Castro Torres, Antonio Manuel Pozo Molina, Mónica Isabel López, José Ramón Jiménez Cuesta, Rosario González Anera, Luis Jiménez del Barco, Enrique Hita Villaverde. <i>Influencia del Tamaño Pupilar en la Calidad Óptica Ocular y la Percepción de Alteraciones Visuales</i>	141
24	J. Carlos M. Comba, Antonio F. Díaz, M. Rodríguez-Alvarez, J. David M. Comba, Carlos G. Puntonet. <i>Separación Ciega de Señales Adaptativa para Procesamiento en Tiempo Real con DSP</i>	149
25	Fernando Cornet <i>El LHC y el Descubrimiento del Bosón de Higgs</i>	157
26	José Antonio Díaz <i>Un Gradiente de Índice para Nuestro Cristalino</i>	163
27	Jaime Esteban, Carlos Camacho-Peñalosa, Juan E. Page, Teresa M. Martín-Guerrero. <i>Plasma Simulation by Means of Periodic Wire Meshes</i>	169
28	José A. García, F. Javier Perales, Javier Romero, Luis Gómez-Robledo, Juan L. Nieves, Javier Hernández-Andrés, Rafael Huertas, Eva Valero. <i>La Divulgación Científica: Algo Más que la Docencia y la Investigación Universitaria</i>	175
29	Carmen García-Recio y Lorenzo Luis Salcedo <i>Rotura de CP en la Acción Efectiva del Modelo Estándar</i>	183
30	Juan Francisco Gómez Lopera, José Martínez Aroza, Miguel Ángel Rodríguez Valverde, Miguel Ángel Cabrerizo Vilchez, Francisco Javier Montes Ruíz-Cabello. <i>Entropic Segmentation by Region Growing and Merging of Sessile Drops Images Over Patterned Acetate</i>	191
31	Enrique González Marín, Isabel M. Tienda Luna, Francisco J. García Ruiz, Andrés Godoy, Francisco Gámiz. <i>Physical Modeling of III-V Nanowires</i>	197
32	Juan Antonio Jiménez Tejada, Juan Antonio López Villanueva. <i>Electromagnetismo y Dispositivos Electrónicos</i>	203

VIII Índice de Contribuciones

- 33 Ana López-Ballesteros, Penélope Serrano-Ortiz, Enrique P. Sánchez-Cañete, Óscar Pérez-Priego, Francisco Domingo, Jorge Curiel Yuste, Cecilio Oyonarte, Andrew S. Kowalski.
Técnicas Para Medir Intercambios de CO₂ en Ecosistemas del Sureste de España 211
- 34 Julia Maldonado Valderrama y María José Gálvez Ruiz.
Propiedades Físicas de Espumas Alimentarias: ¿Por Qué Se Consigue Mejor Espuma con Leche Fría? 217
- 35 Alberto Martín Molina
Métodos Numéricos Aplicados a la Resolución de Ecuaciones Integrales HNC/MSA..... 223
- 36 Francisco Medina Mena, Francisco Mesa Ledesma y Ricardo Marqués Sillero.
Transmisión Extraordinaria Explicada Como un Problema de Discontinuidades en Guías 231
- 37 Gregorio José Molina Cuberos, Juan Muñoz Madrid, José Margineda Puigpelat.
Materiales Quirales: Caracterización Electromagnética, Fabricación y Caracterización Experimental..... 237
- 38 Antonio Molina
Los Cometas y los Sonidos Electrofónicos 244
- 39 Arturo Moncho Jordá
Efecto de las Fuerzas de Vaciamiento Sobre las Propiedades Interfaciales en Mezclas Coloide-Polímero 249
- 40 María del Mar Pérez, Juan de la Cruz Cardona, Ana María Ionescu, Razvan Ghinea, Ana. Yebra, Oscar E. Pecho, Luis Javier Herrera, Alicia Fernández-Oliveras, Enrique Hita.
Caracterización Óptica de Nuevos Biomateriales: Nanocomposites y Sustitutos Corneales Generados Mediante Ingeniería Tisular..... 255
- 41 Francisco Pérez Ocón, Manuel Rubiño López.
Diseño de una Puerta Lógica Óptica NOT..... 261
- 42 Manuel Pérez-Victoria Moreno de Barreda
Física de No-Partículas..... 267
- 43 Ignacio Porras
Terapia Mediante Captura de Neutrones: Estudios

	<i>Mediante Simulación Monte Carlo</i>	273
44	Antonio Manuel Pozo Molina, José Juan Castro Torres, Manuel Rubiño López. <i>Caracterización Óptica de Superficies Mediante Contraste Speckle: Aplicación a la Superficie Frontal de Pantallas Planas</i>	279
45	Laura Rodríguez-Arco, Modesto T. López-López, Juan D.G. Durán, Fernando González-Caballero. <i>New Ferrofluids Based On Ionic Liquids</i>	285
46	Miguel Ángel Rodríguez Valverde, María Tirado Miranda. <i>Demostración Tensorial de Identidades Notables del Álgebra Vectorial</i>	291
47	Elvira Romera <i>Relaciones de Incertidumbre Entrópicas y Transiciones de Fase Cuánticas en el Modelo De Dicke.</i>	299
48	Javier Romero, Juan L. Nieves, Javier Hernández-Andrés, Eva M. Valero, Raúl Luzón, Timo Eckhard, Juan Ojeda, Miguel A. Martínez-Domingo y Jia Song <i>Adquisición, Procesado y Síntesis de Imágenes en Color e Hiperespectrales</i> ...	305
49	Liliana Romo Melo, Alberto Escobedo, Amadeo Benavent, Antolino Gallego. <i>Dynamical Behaviour Characterization of I-Sections of Web Plastifying Dampers</i>	311
50	Enrique Ruiz Arriola <i>Three-Body Forces and Chiral Lagrangians</i>	319
51	Manuel Sánchez Castillo, Isabel María Tienda Luna, David Blanco Navarro, Carlos García Puntonet, María del Carmen Carrión Pérez <i>Análisis Factorial de Datos de Expresión Genética Mediante Modelos de Redes Dispersas</i>	325
52	Jesús Sánchez-Dehesa, Pablo Sánchez-Moreno, Rafael J. Yáñez García. <i>Entropic Uncertainty Relations for Quantum Spherically Symmetric Potentials</i>	331
53	Paola Sánchez Moreno, Azahara Rata Aguilar, José Manuel Peula García, Juan Luis Ortega Vinuesa. <i>El Papel de las Fuerzas de Hidratación en la Estabilización de Sistemas Coloidales</i>	337

X Índice de Contribuciones

54 Benjamin Sierra-Martín, Ana Maldonado-Valdivia, Antonio Fernández-
Barbero.
Neutron Scattering for Soft Matter 345

EL MANEJO DE INFORMACIÓN MULTIGRANULAR

Juan Antonio Morente Molinera, Enrique Herrera Viedma

*Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Granada,
18071 Granada, España*

jamoren@decsai.ugr.es

INTRODUCCIÓN

El diseño y desarrollo de las técnicas de modelado lingüístico ha supuesto una revolución en la comunicación usuario-sistema. Los sistemas informáticos trabajan con información numérica mientras que las personas pensamos y nos expresamos usando conceptos que no siempre son exactos. Por ejemplo, referente a la altura de una persona, un ordenador requeriría valores numéricos tales como 1.78 m mientras que una persona tiende a expresar dicho concepto usando vocablos como “alto” o “bajo”. Esto supone un problema y complica la comunicación usuario-sistema puesto que el usuario, en ciertas ocasiones, puede ser incapaz de expresar de forma numérica lo que el sistema requiere para su correcto funcionamiento. El modelado lingüístico trata de acercar posturas y proporcionar un método de comunicación que permita al usuario expresarse de forma cómoda y al sistema poder operar fácilmente [1]-[4].

Uno de los problemas que presenta el modelado lingüístico es la necesidad de usar el mismo conjunto lingüístico a la hora de realizar todas las operaciones. Esta restricción puede causar problemas, por ejemplo, cuando el sistema debe comunicarse con diferentes personas o cuando varios elementos de un mismo entorno han de ser descritos y existen operaciones que relacionan ambas descripciones. Debemos tener en cuenta que cada conjunto lingüístico tiene una granularidad (número de etiquetas) fija asociada por lo que los usuarios deben ajustarse al rango de posibilidades que dichos conjuntos confieren. La granularidad es, por tanto, una propiedad crítica que debe ajustarse y elegirse reflexivamente ya que una granularidad muy baja impide que los usuarios no puedan expresar sus pensamientos con claridad y una muy alta puede hacer que los usuarios se pierdan dentro del abanico de posibilidades ofrecidas. Por tanto, cuando intervienen varios elementos, es muy posible que éstos requieran granularidades muy diferentes entre sí [4].

Para solucionar este problema debemos, por tanto, utilizar conjuntos difusos diferentes y establecer métodos que nos permitan operar entre ellos. A los métodos que realizan esta tarea los denominamos técnicas de modelado lingüístico multigranular [5],[6].

En este trabajo expondremos cómo las técnicas de manejo de información lingüística multigranular abordan el problema planteado. Estas técnicas consiguen que el sistema sea capaz de realizar operaciones sobre términos lingüísticos pertenecientes a conjuntos de etiquetas lingüísticas diferentes solucionando, por tanto, el problema de tener que escoger un único valor de granularidad. Gracias a las técnicas de modelado de información lingüística multigranular se consiguen representaciones más precisas y claras y se mejora aun más la comunicación usuario-sistema.

En la sección *Modelado Lingüístico* daremos una breve descripción del modelado lingüístico. En la sección *Modelado Lingüístico Multigranular* explicaremos en qué consiste modelado lingüístico multigranular. Finalmente, acabaremos mostrando algunas *conclusiones*.

MODELADO LINGÜÍSTICO

El concepto de modelado lingüístico comienza en 1975 con Zadeh [7] y su definición de conjunto difuso:

Definición 1. Sea X el universo de discurso, un conjunto difuso A en X es un objeto con la forma:

$$A = \{(x, \mu(x)) : x \in X\} \quad (1)$$

Donde $\mu(x) : X \rightarrow [0,1]$ es la función de pertenencia que indica el grado de pertenencia del elemento x al conjunto A . Podemos ver una representación gráfica de un conjunto normal y otro difuso en la Figura 1.

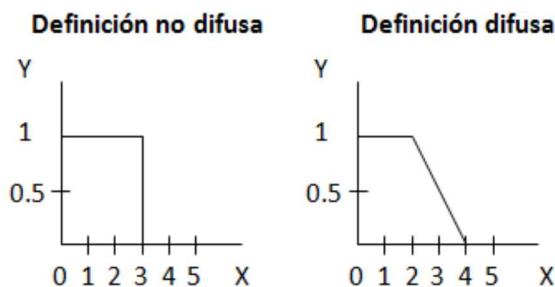


Figura 1. Representación gráfica de un conjunto difuso.

Podemos ver en la imagen como, en un conjunto normal, los elementos o pertenecen o no pertenecen al conjunto, es decir, cada elemento del eje X tiene asociado un valor en el eje Y correspondiente a los valores $\{0,1\}$. Sin embargo, en los conjuntos difusos, el valor asociado puede ser cualquiera en el rango $[0,1]$ con lo que se establecen distintos grados de pertenencia.

Usando como base los conjuntos difusos, Zadeh, en [1]-[3], define el concepto de variable lingüística como “una variable cuyos valores no son números sino palabras

escritas en un lenguaje natural o artificial”. Formalmente, una variable lingüística es una 5-tupla $\langle L, T(L), U, S, M \rangle$ donde

- L es el nombre de la variable.
- $T(L)$ es un conjunto finito de términos formado por etiquetas o palabras (valores lingüísticos).
- U es el universo de discurso.
- S es la regla sintáctica que genera los términos de $T(L)$.
- M es la regla semántica que asocia a cada valor lingüístico X su significado $M(X)$ donde $M(X)$ es un conjunto difuso de U .

En la Figura 2 podemos ver un ejemplo de cómo representar, usando una variable lingüística, el concepto de altura:

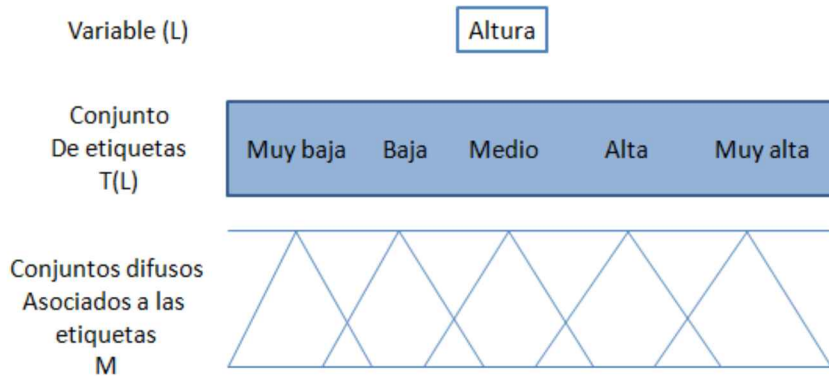


Figura 2. Representación de la variable lingüística *Altura*.

Un conjunto lingüístico es balanceado si sus términos están distribuidos en una escala en donde se define un orden total [8].

En la literatura podemos encontrar dos aproximaciones para representar información lingüística [4] [9]: una clásica basada en las funciones de pertenencia asociadas con las etiquetas [1] [2] [3] y otra simbólica basada en la ordenación de etiquetas [5] [10] [11]. Esta última ha alcanzado gran interés en la comunidad científica por su sencillez y sus posibilidades de aplicación [12] [13]. Asumiendo una aproximación lingüística simbólica, se ha podido trabajar con diferentes contextos lingüísticos tales como los multigranulares [5] [14] y los no balanceados [15].

Por ejemplo, un conjunto de términos lingüísticos de granularidad 7 puede definirse de la siguiente manera:

$$S = \{s_0 : nada, s_1 : muyBajo, s_2 : Bajo, s_3 : medio, s_4 : alto, s_5 : muyAlto, s_6 : todo\}$$

En donde $s_a < s_b$ si $a < b$. Normalmente, en estos casos, los conjuntos lingüísticos difusos satisfacen las siguientes operaciones:

- Operador de Negación: $Neg(s_i) = s_j, j = T - i$. ($T + 1$ es la cardinalidad del conjunto).
- Operador Máximo: $Max(s_i, s_j) = s_i$ si $i \geq j$.
- Operador Mínimo: $Min(s_i, s_j) = s_i$ si $i \leq j$.

MODELADO LINGÜÍSTICO MULTIGRANULAR

Las técnicas de modelado lingüístico multigranular permiten la utilización de varios conjuntos lingüísticos con diferentes granularidades. Gracias a estas técnicas, es posible usar cada conjunto lingüístico all donde mejor corresponda mejorando la comunicación usuario-sistema y, por tanto, obteniendo descripciones mucho más concisas y fiables.

Por lo general, un sistema que utiliza técnicas de modelado lingüístico multigranular sigue los siguientes pasos:

Elección de un conjunto de etiquetas lingüísticas base: El primer paso es elegir un conjunto lingüístico base en donde llevar a cabo las operaciones. Este conjunto puede ser uno de los ya utilizados para las descripciones o uno nuevo que cumpla ciertas características. Por lo general, para evitar pérdidas de información, se escogerá un conjunto lingüístico cuya granularidad sea igual o mayor a la del conjunto lingüístico con mayor granularidad utilizado.

Transformación de los conjuntos difusos al conjunto de etiquetas lingüísticas base: Para poder operar con los conjuntos lingüísticos de distinta granularidad a la del conjunto base, es necesario expresar cada una de las etiquetas de estos conjuntos en función de las etiquetas del conjunto lingüístico base.

Realización de las operaciones necesarias: Una vez que toda la información está expresada en función de un mismo conjunto lingüístico difuso, el sistema ya puede operar con ella utilizando los operadores convenientes.

Muestra de resultados: Dependiendo del tipo de sistema del que estemos hablando y a quién está dirigido, los resultados pueden ser mostrados en el conjunto lingüístico base o en algún otro conjunto lingüístico acorde a las necesidades del usuario. Por ello, los resultados obtenidos son transformados del conjunto lingüístico base al conjunto o conjuntos lingüísticos escogidos para la muestra de resultados.

Por último presentaremos, a modo de ejemplo, la técnica de manejo de información multigranular descrita en [6]. La técnica sigue los siguientes pasos:

Elección del conjunto de etiquetas lingüísticas base S_r : Se escoge, de entre todos los conjuntos de términos lingüísticos disponibles, aquel que cumpla las siguientes reglas:

- Si hay un único conjunto cuya granularidad es la máxima, se escoge ése.
- Si dos o más conjuntos tienen la máxima granularidad entonces:
 - o Si todos tienen la misma semántica asociada se escoge cualquiera de ellos.
 - o Si tienen distinta semántica entonces se toma como conjunto lingüístico base un nuevo conjunto de términos lingüísticos cuya granularidad sea superior a la máxima.

Transformación de los conjuntos difusos al conjunto de etiquetas lingüísticas base:
Se realiza aplicando a cada etiqueta de cada conjunto lingüístico la función de transformación que definimos a continuación:

Definición 2. Sea $A = \{l_0, \dots, l_p\}$ y $S_T = \{c_0, \dots, c_g\}$ dos conjuntos de términos lingüísticos tal que $g \geq p$. Entonces, definimos la función de transformación τ_{AS_T} de la siguiente forma:

$$\tau_{AS_T} : A \rightarrow F(S_T),$$

$$\tau_{AS_T}(l_i) = \{(c_k, \alpha_k^i) / k \in \{0 \dots g\}\}, \forall l_i \in A,$$

$$\alpha_k^i = \max_y \min \{\mu_{l_i}(y), \mu_{c_k}(y)\}$$

Una vez expresadas todas las etiquetas lingüísticas en función de S_T se pueden llevar a cabo las operaciones necesarias.

CONCLUSIONES

Las técnicas de modelado lingüístico multigranular promueven una mejor comunicación usuario-sistema ayudando al usuario a expresar de manera más clara sus preferencias utilizando, para ello, conjuntos de etiquetas lingüísticas personalizados con una granularidad determinada. Una descripción clara ayuda al sistema a trabajar con datos más fiables y generar, por tanto, mejores resultados.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar las gracias a mi padre por su apoyo constante e incondicional sin el que jamás podría haber llegado hasta aquí.

REFERENCIAS

1. L. A. Zadeh. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. Part 1, 8(2), pp. 199-249. 1975.
2. L. A. Zadeh. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. Part 2, 8(3), pp. 301-357. 1975.
3. L. A. Zadeh. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. Part 3, 9(7), pp. 43-80. 1975.

4. F. Herrera, S. Alonso, F. Chiclana y E. Herrera-Viedma. Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 8(3), pp. 337-364. 2009.
5. F. Herrera y L. Martínez. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranular hierarchical linguistic contexts in multi-expert decision-making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B: Cybernetics*, 31(1), pp. 227-233. 2001.
6. F. Herrera, E. Herrera-Viedma y L. Martínez. A fusion approach to manage multi-granularity linguistic term sets in decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, pp. 43-58. 2000.
7. L. A. Zadeh. *Fuzzy Sets*. *Information and Control*, 8, pp. 338-353. 1965.
8. R.R. Yager. An approach to ordinal decision making. *International Journal of Approximate Reasoning* 12(3-4), pp. 237-261. 1995.
9. F. Herrera y E. Herrera-Viedma. Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems*, 115, pp. 67-82. 2000.
10. I. J. Pérez, F. J. Cabrerizo y E. Herrera-Viedma. A mobile group decision making model for heterogeneous information and changeable decision contexts. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 19(7), pp. 33-52. 2011.
11. Z. Xu. An interactive approach to multiple attribute group decision making with multigranular uncertain linguistic information. *Group Decision Negotiation*, 18, pp. 119-145. 2009.
12. E. Herrera-Viedma, A.G. López-Herrera, S. Alonso, J. M. Moreno, F. J. Cabrerizo y C. Porcel. A computer-supported learning system to help teachers to teach Fuzzy Information Retrieval Systems. *Information Retrieval*, 12(1), pp. 179-200. 2009.
13. J. M. Morales-del-Castillo, E. Peis and E. Herrera-Viedma. A filtering and recommender system for E-Scholars. *International Journal of Technology of Enhanced Learning*, 2(2), pp. 227-240. 2010.
14. F. Mata, L. Martínez y E. Herrera-Viedma. An adaptive consensus support model for group decision-making problems in a multigranular fuzzy linguistic context. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 17(1), pp. 279-290. 2009.
15. F. Herrera, E. Herrera-Viedma y L. Martínez. A fuzzy linguistic methodology to deal with unbalanced linguistic term sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 16(1), pp. 354-370. 2008.