

Modelo semántico-difuso de un sistema de recomendaciones de información para bibliotecas digitales universitarias

J.M. Morales-del-Castillo
Dpto. Biblioteconomía y
Documentación
Univ. de Granada
josemdc@ugr.es

Enrique Herrera-Viedma
Dpto. Inteligencia Artificial y
Ciencias de la Computación
Univ. de Granada
viedma@decsai.ugr.es

Eduardo Peis
Dpto. Biblioteconomía y
Documentación
Univ. de Granada
epeis@ugr.es

Resumen

En este trabajo se propone un modelo de sistema de recomendaciones cooperativo, de aplicación en bibliotecas digitales universitarias, que se desarrolla sobre una plataforma multi-agente y que emplea conjuntamente tecnologías de Web Semántica y técnicas lingüísticas difusas. Las recomendaciones que ofrece al usuario se calculan de acuerdo a dos políticas de recomendación diferentes que generan dos tipos de recomendaciones: una *recomendación de especialización* o “*monodisciplinar*”, que es aquella generada a raíz de una interpretación “lineal” de la función de similaridad entre perfiles, y otra, que denominamos *recomendación interdisciplinar*, que se genera a partir de la interpretación “no lineal” de la medida de similaridad, utilizando para ello una función de centrado.

1. Justificación

El problema de la recuperación de información en la Web es uno de los principales desafíos hoy día para la comunidad científica. Se hace cada vez más necesario desarrollar herramientas y mecanismos que permitan gestionar eficazmente grandes volúmenes de información y racionalizar el acceso de los usuarios de la Web a recursos de su interés. En ámbitos como el académico y científico este problema se hace, si cabe, más complejo y acuciante debido al enorme volumen de literatura que se genera y a las particulares necesidades de información de su comunidad de usuarios (que no siempre se ajustan a los esquemas tradicionales). En las universidades una de las principales vías de acceso a la información son las bibliotecas universitarias, sobre todo aquellas que disponen de una plataforma digital para almacenar y difundir sus recursos. Muchas de

ellas, además, ponen a disposición de sus usuarios sistemas de recomendación y filtrado de información [6] [13] que les facilitan a los usuarios la tarea de elegir documentos relevantes que se ajusten a sus necesidades de información y preferencias (muchas veces definidas mediante el uso de perfiles de usuario [16]). No obstante, estos sistemas se limitan a ofrecer recomendaciones desde un enfoque poco flexible en el que se ofrecen al usuario solo recomendaciones sobre documentos que se ajustan fielmente a su perfil, lo cual le permite profundizar en su área de conocimiento, pero obvia otras disciplinas. No es infrecuente, por ejemplo, que este tipo de usuarios desee encontrar recursos relevantes que conecten su área de investigación con otras áreas afines, de forma que les sea posible establecer nuevas líneas de investigación o grupos de trabajo interdisciplinares. Es evidente que la recomendación que en cada caso debe generar el sistema tendría que ser sensiblemente diferente.

En este trabajo proponemos un sistema capaz de trabajar con ambas políticas de recomendación y que aplica conjuntamente diferentes soluciones tecnológicas que permiten atacar estos problemas de acceso a la información desde diferentes flancos. Por un lado, el sistema se desarrolla sobre una plataforma multi-agente en la que diferentes agentes software actúan de forma autónoma y proactiva, procesando e intercambiando información y resultados con otros agentes [10] [17], y asistiendo a los usuarios en tareas de recuperación de información [4] [5] [15]. No obstante, el principal problema de utilizar agentes es encontrar un protocolo de comunicación lo suficientemente ágil y flexible que permita el intercambio de información entre agentes, y entre usuarios y agentes debido a la gran variedad de formas en que la información puede ser representada en la Web. La aplicación de técnicas de lingüística difusa puede paliar estos problemas

de comunicación mediante el uso de etiquetas lingüísticas [30], resolviendo así el problema de la cuantificación de conceptos cualitativos. Por último, para mejorar la actividad de los sistemas multi-agente utilizamos tecnologías de Web Semántica [3] que permiten describir la información de una manera interpretable tanto por humanos como por los agentes mismos, de forma que estos pueden operar a nivel semántico con los recursos del sistema.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: la sección 2 hace una revisión de las tecnologías que subyacen al modelo que proponemos (técnicas de filtrado, tecnologías de Web Semántica y el modelado lingüístico difuso). En la sección 3 se presenta la estructura y elementos del modelo multi-agente. El esquema de funcionamiento del modelo se define en la sección 4. Por último en la sección 5 se apuntan algunas conclusiones.

2. Herramientas metodológicas

Seguidamente, hacemos una breve reseña de cada una de las técnicas y tecnologías básicas que utilizamos para el diseño del modelo de sistema de recomendaciones.

2.1. Técnicas de filtrado

Los sistemas de filtrado permiten evaluar y seleccionar la información que mejor se adapta a las necesidades de los usuarios finales, facilitándoles el acceso, exclusivamente, a recursos de su interés, reduciendo de esta forma el ruido documental (en muchos casos a través del uso de agentes de filtrado [26]). Su principal objetivo es dar respuesta a las necesidades de los usuarios más persistentes en el tiempo, generando recomendaciones de información personalizadas (de ahí que se haya popularizado la denominación de algunos de estos sistemas como sistemas de recomendación). Para ello, en lugar de representar las necesidades de información mediante consultas puntuales definidas en el momento de la búsqueda, el sistema dispone a priori de información sobre cada individuo, que viene representada en forma de perfiles de usuario, a partir de los cuales se generan una serie de consultas pasivas. Estos perfiles no son más que representaciones de las preferencias, intereses y

características de cada individuo, que son recopiladas mediante métodos explícitos y/o implícitos (bien interrogando directamente al individuo, bien monitorizando su comportamiento al interactuar con el sistema).

Tradicionalmente los sistemas de recomendación se engloban en dos categorías [21]:

- a) *Sistemas de Recomendaciones Basados en Contenido*: Se generan recomendaciones basadas en las preferencias expresadas por el propio usuario, calculando la similaridad entre los nuevos documentos con los ya evaluados por él e ignorando la opinión de otros usuarios.
- b) *Sistemas de Recomendaciones Cooperativos*: Se generan las recomendaciones basadas en las preferencias de otros usuarios con perfil similar al del usuario activo, ignorando la forma en que está representado el contenido de los documentos.

Diferentes investigadores están explorando el desarrollo de sistemas de recomendación híbridos que intentan paliar las desventajas de cada uno de ellos [1] [7] [17] [27].

2.2. Tecnologías de Web Semántica

El proyecto *Web Semántica* [3] utiliza una serie de lenguajes estándar (recomendaciones) para extender el modelo de Web existente y convertirlo en una plataforma universal para el intercambio de información. Para ello se basa en dos ideas fundamentales: i) el etiquetado semántico de recursos, de forma que la información pueda ser interpretada tanto por humanos como por ordenadores, y ii) el desarrollo de agentes inteligentes capaces de operar a nivel semántico con estos recursos e inferir nuevo conocimiento a partir de ellos. De esta forma será posible, en una Web poblada de agentes software, dar el salto cualitativo necesario para pasar de la búsqueda de palabras clave en un texto, a la recuperación de conceptos. La base semántica del modelo es RDF [2], un modelo de datos que proporciona los medios necesarios para representar, intercambiar, enlazar, agregar y reutilizar metadatos estructurados de fuentes de información distribuidas y de esta forma hacerlos directamente

interpretables por parte de los agentes software. RDF estructura la información en asertos (tripletas recurso-propiedad-valor), e identifica los recursos mediante identificadores universales de recursos o URI's (Universal Resource Identifier), permitiendo a los agentes realizar inferencias sobre los recursos usando ontologías web [8] [9] u otras estructuras semánticas más simples, como los esquemas de conceptos [20]. Además, esta representación de la información acaba redundando en una mejora significativa de la calidad de la información recuperada por los motores de búsqueda, y permite, además, tanto preservar la independencia de plataforma, como favorecer el intercambio y reutilización de contenidos.

2.3. Modelado lingüístico difuso

El modelado lingüístico difuso [11, 30] nos proporciona un conjunto de técnicas aproximadas para tratar adecuadamente con los aspectos cualitativos de determinados problemas. Una aproximación lingüística ordinal se define considerando un conjunto de etiquetas S finito y totalmente ordenado y con cardinalidad impar (7 o 9 etiquetas).

$$S = \{s_i, i \in H = \{0, \dots, T\}\}$$

El término central representa un valor de "aproximadamente 0.5" y el resto de términos se distribuyen simétricamente entorno a él. La semántica de cada término lingüístico viene dada por la estructura ordenada del conjunto de términos, considerando que cada término lingüístico del par (s_i, s_{T-i}) es idénticamente informativo. A cada etiqueta s_i se le asigna un valor difuso definido en el intervalo $[0,1]$, que viene descrito por una función de pertenencia trapezoidal lineal representada por una 4-tupla $(a_i, b_i, \alpha_i, \beta_i)$ (los dos primeros parámetros indican el intervalo en el que el valor de pertenencia es 1.0; los parámetros tercero y cuarto indican los límites izquierdo y derecho de la distribución). Adicionalmente, necesitamos definir las siguientes propiedades:

- 1.- El conjunto está ordenado: $s_i \geq s_j$ if $i \geq j$
- 2.- Operador Negación: $Neg(s_i) = s_j$, con $j = T - i$
- 3.- Operador Maximización: $MAX(s_i, s_j) = s_i$ if $s_i \geq s_j$
- 4.- Operador Minimización: $MIN(s_i, s_j) = s_i$ if $s_i \leq s_j$

Es necesario contar, además, con operadores de agregación para combinar la información lingüística, como el *Linguistic Weighted Averaging* (LWA) [12] o el *Linguistic Ordered Weighted Averaging* (LOWA) [11].

3. Estructura y elementos del modelo

En este trabajo proponemos un modelo de sistema de recomendaciones cooperativo que se desarrolla sobre una plataforma multi-agente con una estructura jerárquica de cuatro niveles: *nivel de usuario*, *nivel de interfaz*, *nivel de tarea* y *nivel de fuentes de información*. El sistema dispone de dos agentes, *agente de interfaz* y *agente de tarea*, que son los encargados, respectivamente, de interactuar con el usuario y de gestionar las recomendaciones (ver Fig. 5). Otros elementos fundamentales del modelo son los recursos de información de los que dispone el sistema: *documentos secundarios*, *ficheros históricos de recomendaciones*, *tesauro del sistema* y *perfiles de usuario*. Su semántica, la forma en que se interrelacionan y su papel dentro del sistema vienen establecidos en una ontología Web definida con el lenguaje ontológico OWL-Lite [18], que permite a los agentes operar con estos recursos de manera contextualizada. A continuación, describimos brevemente cada uno de ellos y el procedimiento para generar las recomendaciones.

3.1. Documentos secundarios

Dada la dificultad que existe para crear y mantener un repositorio de documentos etiquetados con RDF a texto completo, el repositorio del modelo que proponemos almacena una serie de recursos secundarios que contienen una descripción del documento al que hacen referencia usando metadatos. Esta descripción incluye diferentes campos informativos como el *título*, *autores*, *resumen*, *datos de publicación*,

fecha de ingreso al sistema, palabras clave, y enlace al recurso primario (ver Fig. 1).

```
<Documento rdf:ID="doc-00009706">
  <titulo>Mapas de conocimiento</titulo>
  <autores_e>
    <Autores rdf:nodeID="auth-00009706">
      <autor>Victor Ferrer</autor>
      <autor>Diego Alione</autor>
    </Autores>
  </autores_e>
  <resumen>En este trabajo se hace uso de las
nuevas técnicas de representación de la
información.</resumen>
  <fecha_deposito>26 Julio 2006</fecha_deposito>
  <pub_e>
    <Publicacion rdf:nodeID="pub-003854">
      <revista>Information survey</revista>
      <vol>CLXXIX</vol>
      <num>705</num>
      <year>2004</year>
      <pag>159-171</pag>
    </Publicacion>
  </pub_e>
  <palabras_clave_e>
    <Palabras_Clave rdf:nodeID="key-00009706">
      <key xml:lang="es">Webmetria</key>
      <key xml:lang="es">Cibermetria</key>
    </Palabras_Clave>
  </palabras_clave_e>
  <enlace_xlink:href="http://example.com/01.pdf">
    Enlace al documento completo</enlace>
</Documento>
```

Figura 1. Documento secundario

A partir de estos datos es posible presentar a los usuarios un registro básico que recoge la información necesaria para que evalúen por sí mismos si el recurso recomendado es o no de su interés.

3.2. Fichero histórico de recomendaciones

Cada documento secundario del repositorio tiene asociado un *fichero histórico de recomendaciones* en formato RDF (ver Fig. 2) en el que se mantiene un listado de las valoraciones que han sido asignadas al recurso por diferentes usuarios desde el momento en que este ingresó en el sistema. Cada una de las entradas del fichero histórico está compuesta por el valor de la recomendación dada por un usuario, la URI que identifica a ese usuario, y una fecha de registro. El dominio de expresión de las recomendaciones está definido por el siguiente conjunto de 5 etiquetas que se extraen de la variable lingüística “Calidad del recurso”: $Q = \{Muy_baja, Baja, Media, Alta, Muy_alta\}$

```
<Historico rdf:ID="hist-00004489">
  <recurso rdf:resource="http://doc.es/doc-0A15"/>
  <items_e>
    <Item rdf:nodeID="Hist-item-000A901">
      <usuario rdf:resource="http://user.es/001"/>
      <fecha>14 Abril 2007</fecha>
      <recomendacion>Alta</recomendacion>
    </Item>
    ...
  </items_e>
</Historico>
```

Figura 2. Fichero histórico de recomendaciones

3.3. Tesauro del sistema

El sistema cuenta, además, con un tesauro multidisciplinar que relaciona los conceptos más relevantes de diferentes dominios de conocimiento, permitiendo así representar las áreas de interés de los usuarios en su perfil. Está desarrollado utilizando SKOS Core [19], un esquema RDF específico para migrar tesauros a la Web, que permite definir relaciones jerárquicas y asociativas entre conceptos.

3.4. Perfiles de usuario

Son representaciones estructuradas definidas en RDF que contienen los datos personales, intereses y preferencias de los usuarios.

```
<Perfil rdf:ID="0007411">
  <perfil_publico>
    <Perf_pub rdf:nodeID="perf-000B799">
      <nombre>Ruth Garmendia</nombre>
      <filiacion_e>
        <Filiacion rdf:ID="fil-007411">
          <inst>Universidad de Loreto</inst>
          <dpto>Fisica aplicada</dpto>
          ...
        </Filiacion>
      </filiacion_e>
    </Perf_pub>
  </perfil_publico>
  <perfil_privado>
    <Preferencias_e rdf:nodeID="pref-00X485">
      <item_e>
        <Item rdf:nodeID="Pref-item-00632">
          <key>Mecánica de fluidos</key>
          <frecuencia>casi_siempre</frecuencia>
        </Item>
      </item_e>
      ...
    </Preferencias_e>
  </perfil_privado>
</Perfil>
```

Figura 3. Perfil de usuario

En el momento en que se da de alta en el sistema, el usuario ha de proporcionar algunos datos personales (como su nombre o filiación) y una serie de áreas de conocimiento que son de su

interés y que seleccionará de entre los conceptos que conforman el tesoro del sistema. Cada uno de los conceptos seleccionados está ponderado mediante una etiqueta lingüística que es asignada por el propio usuario y que representa el grado de importancia que este otorga al término. Su dominio de expresión es un conjunto de 5 etiquetas extraídas de la variable lingüística “Importancia”: $S = \{Muy_Bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy_Alto\}$.

3.5. Recomendaciones

Como hemos comentado anteriormente, dado un documento y dependiendo del tipo del sistema de filtrado, la recomendación que se ofrece al usuario se calculará conforme a la opinión que sobre un recurso tienen otros individuos con un perfil similar al del usuario activo (sistemas de recomendación cooperativos), o bien conforme a la similitud del documento con otros recursos ya valorados por el propio usuario (sistemas de recomendación basados en contenido). Para calcular esta semejanza existen múltiples medidas de similitud como, por ejemplo, la función del *coseno de Salton* [24] [25]; el *coeficiente de Dice* [28], o el *coeficiente de Jaccard* [14] [23], por citar solo algunas de ellas. En los sistemas de recomendación tradicionalmente se hace una interpretación “lineal” de la función de similitud utilizada, es decir, a mayor similitud, mayor pertinencia del perfil (o del recurso) para calcular la recomendación. Esta interpretación, que denominamos “monodisciplinar”, sería la más adecuada en la gran mayoría de los casos ya que permite orientar al usuario en su afán por profundizar en su área de especialización, desechando aquellos recursos que no se corresponden con los criterios expresados en su perfil. No obstante, en determinados casos es posible que esta forma de interpretar la función de similitud no sea la más adecuada. Como apuntábamos en la introducción, es relativamente habitual que los investigadores busquen recursos en los que su línea de investigación es tratada de forma tangencial pero que han sido valorados positivamente por profesionales de diferentes áreas a la suya propia y que posiblemente están desarrollando un trabajo con el que existe un cierto grado de conexión (y todo ello sin que para ello necesite modificar las preferencias ya

definidas en su perfil). En este caso particular no sería válida una interpretación lineal de la función de similitud ya que el sistema debería considerar las recomendaciones de aquellos usuarios cuyos perfiles tienen una similitud “media” con el del usuario; es decir, no interesan ni los que son muy similares (ya que esto implicaría que las recomendaciones se hacen sobre recursos muy específicos cuyo contenido es muy afín al área de interés del usuario), ni aquellos perfiles que son muy distintos al del usuario (porque esto implicaría una recomendación sobre recursos cuyo contenido tiene poco o nada que ver con los intereses expresados en su perfil). En este caso, la función de similitud no se puede interpretar linealmente sino que sería necesario definir algún tipo de función de centrado [29] que permita delimitar el rango de valores de similitud más adecuados para generar la recomendación. Para este caso concreto, la interpretación de la similitud podría estar definida por una función Gaussiana μ como la siguiente,

$$\mu \left(Sim(p_i, p_j) \right) = e^{-\left(Sim(p_i, p_j) - k \right)^2}$$

donde $Sim(p_i, p_j)$ es la medida de similitud entre el perfil j y el perfil del usuario i , y k representa el valor central en torno al cual vamos a considerar que la similitud es pertinente para generar la recomendación (en este caso $k=0.5$).

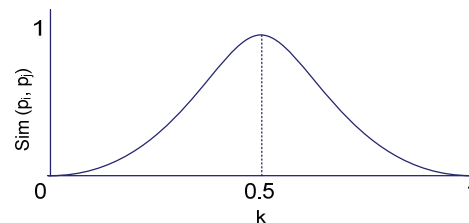


Figura 4. Representación de la función μ

De esta forma, un sistema de filtrado cooperativo podría generar dos tipos de recomendaciones diferentes: la que denominamos *recomendación de especialización* o “monodisciplinar” que es aquella generada a raíz de una interpretación “lineal” de la función de similitud entre perfiles, y otra que denominamos como *recomendación interdisciplinar*, que es generada a partir de la interpretación “no lineal” de la medida de

similaridad, utilizando para ello una función de centrado.

4. Funcionamiento del modelo

El funcionamiento del sistema consta de los siguientes pasos:

- *Paso 1:* El usuario accede al sistema de manera identificada, de forma que el agente de tarea puede tener acceso a su perfil.

- *Paso 2:* A partir de los valores de preferencia contenidos en este perfil, el agente genera y dispara una consulta al repositorio de documentos secundarios utilizando un lenguaje de interrogación semántico (específico para recorrer grafos RDF) como SPARQL [22]. Como resultado se recupera una serie de documentos pertinentes para la consulta.

- *Paso 3:* A continuación, el agente de tarea busca los ficheros históricos de recomendación correspondientes a cada uno de los documentos recuperados y de ellos extrae el identificador de todos los usuarios que han recomendado el recurso.

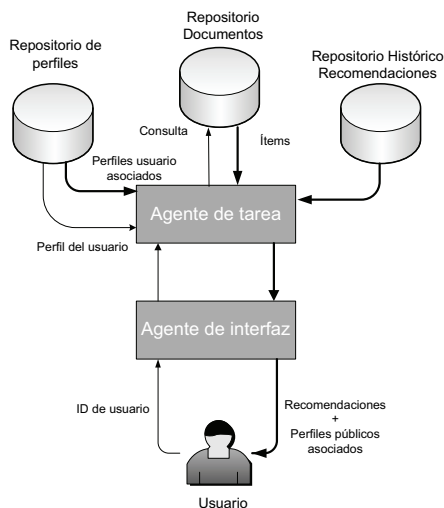


Figura 5. Esquema del funcionamiento del modelo

- *Paso 4:* Posteriormente procede a localizar los perfiles correspondientes a los usuarios que han recomendado el recurso en el repositorio de perfiles del sistema.

- *Paso 5:* Seguidamente el agente de tarea calcula la similaridad del perfil del usuario activo con el

perfil de cada uno de los usuarios que han recomendado el recurso, utilizando para ello la función del coseno de Salton [24] [25]:

$$Sim(p_i, p_j) = \frac{\sum w_i w_j}{\sqrt{\sum (w_i)^2 \sum (w_j)^2}}$$

donde w se corresponde con el índice de la etiqueta lingüística del conjunto S relativa al grado de importancia asignado por el usuario a cada preferencia.

- *Paso 6:* El agente de tarea calcula el valor de recomendación de especialización y el interdisciplinar para cada recurso. En uno y otro caso, los valores de recomendación asociados a los perfiles (seleccionados de acuerdo a la interpretación lineal o exponencial que respectivamente se hace de la medida de similaridad) se agregan utilizando el operador lingüístico LWA [12].

- *Paso 7:* El agente de interfaz genera un listado con los recursos recuperados (mostrando título, fuente de publicación, resumen y enlace al documento completo) y sus correspondientes valores de recomendación calculados.

- *Paso 8:* En caso de que el usuario lo solicite, el agente de interfaz puede facilitar el listado de los usuarios cuyas valoraciones han servido para generar ambas recomendaciones, pudiendo visualizar su perfil público básico (nombre y filiación). De esta forma puede tener explícitamente constancia de qué otros colegas afines existen en su misma área de investigación (si se visualiza el listado de perfiles utilizado para generar la "recomendación de especialización"), o cuales de ellos, aún siendo de otras áreas, tienen líneas de investigación convergentes con la suya propia (en el caso de visualizar el listado de la "recomendación interdisciplinar").

5. Conclusiones

El sistema que se presenta en este trabajo es una herramienta polivalente de uso en bibliotecas digitales universitarias que ofrece al investigador una solución integrada al problema del acceso a la información. Junto a una representación más ágil y flexible de la información gracias al uso de las tecnologías de Web Semántica y las técnicas lingüísticas difusas, el sistema es capaz de generar recomendaciones orientadas a la especialización

en el área de investigación del usuario (recomendaciones de especialización o “monodisciplinares”), y recomendaciones interdisciplinares que conectan su área de investigación con otras disciplinas. Mientras que la recomendación de especialización supone una interpretación “lineal” de la función de similaridad utilizada para equiparar los perfiles de usuarios, la recomendación interdisciplinar se genera gracias al uso de una función de centrado que permite reinterpretar la medida de similaridad. De esta forma al investigador no solo se le ofrecen recomendaciones sobre recursos pertinentes a sus necesidades sino que además puede descubrir redes sociales implícitas que lo interrelacionan con otros profesionales (tanto de su área de conocimiento como de otros dominios) con los que poder crear grupos de trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolla como parte del Proyecto de Excelencia *Desarrollo de Sistemas de Acceso a la Información WEB Basados en Técnicas de Inteligencia Artificial* (SAINFOWEB), financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía.

Referencias

- [1] Basu, C. et al. Recommendation as classification: Using social and content-based information in recommendation. En: Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence, 1998. pp. 714-720.
- [2] Beckett, D. (2004): RDF/XML Syntax Specification (Revised). Disponible en: <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>, 2004. Visitada: 04/04/2007.
- [3] Berners-Lee, T. et al. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. Scientific American, 2001, Vol. May.
- [4] Brenner, W. et al. Intelligent Software Agent: Foundations and Applications. Heidelberg: Springer-Verlag, 1998.
- [5] Fazlollahi, B. et al. Multi-agent distributed intelligent system based on fuzzy decision making. International Journal of Intelligent Systems, 2000, Vol. 15, pp. 849-858.
- [6] Geisler G.; McArthur, D.; Giersch, S. Developing recommendation services for a digital library with uncertain and changing data. En: Proceedings of the 1st ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries, 2001. pp. 199-200.
- [7] Good, N. et al. Combining collaborative filtering with personal agents for better recommendations. En: Proceedings of the Sixteenth National Conference on Artificial Intelligence, 1999. pp. 439-446.
- [8] Gruber, T.R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. International Journal on Human-Computer Studies, 1995, Vol. 43 (5-6), pp. 907-928.
- [9] Guarino, N. Formal ontology and information systems. En: Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of FOIS'98, Trento (Italy). Amsterdam: IOS Press, 1998, pp. 3-17.
- [10] Hendler, J. Agents and the Semantic Web. IEEE Intelligent Systems, 2001, Vol. March-April, pp. 30-37.
- [11] Herrera, F. et al. Direct Approach Processes in Group Decision Making using Linguistic OWA operators. Fuzzy Set Systems, 1996, Vol. 79, pp. 175-190.
- [12] Herrera, F.; Herrera-Viedma, E. Aggregation Operators for Linguistic Weighted Information. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1997, Vol. 27, pp. 646-656.
- [13] Huang, Z.; Chung, W.; Thian-Huat Ong, T.; Chen, H. A graph-based recommender system for digital library. En: Proceedings of the 2nd ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries, 2002. pp. 65-73.
- [14] Jaccard, P. The distribution of flora in the Alpine zone. En: The new phytologist, 1912, Vol. 11 (2), pp. 37-50.
- [15] Jennings, N. et al. A roadmap of agent research and development. Autonomous Agents and Multi-Agents Systems, 1998, Vol. 1, pp. 7-38.
- [16] Kuflik, T. and Shoval, P. Generation of user profiles for information filtering-research agenda. En: Proceedings. of the 23rd Annual Int. ACM SIGIR Conference on Research and Development Information Retrieval, Athens (Greece), 2000. pp. 313-315.

- [17] Maes, P. Agents that reduce the work and information overload, *Communications of the ACM*, 1994, Vol. 37(7), pp. 30-40.
- [18] McGuinness D.L.; van Harmelen, F. *OWL Web Ontology Language Overview*, 2004. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>. Visitada: 04/04/2007.
- [19] Miles; A.; Brickley, D. (eds.). *SKOS Core Guide*, 2005. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/swbp-skos-core-guide/>. Visitada: 04/04/2007.
- [20] Pérez Agüera, J. R. *Automatización de Tesoros y su utilización en la Web Semántica*, 2004. Disponible en: <http://www.w3.org/2001/sw/Europe/events/200406-esp/trabajo-final-extratesoros/trabajo-final-extratesoros.html>. Visitada: 04/04/2007.
- [21] Popescul, A. et al. Probabilistic models for unified-collaborative and content-based recommendation in sparse-data environments. En: *Proceedings of the 17th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI)*, San Francisco, 2001. pp. 437-444.
- [22] Prud'hommeaux, E.; Seaborne, A. *SPARQL query language for RDF*, 2004. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/WD-rdf-sparql-query-20041012/>. Visitada: 04/19/2007.
- [23] Rorvig, M. Images of similarity: a visual exploration of optimal similarity metrics and scaling properties of TREC topic-document sets. *Journal of the American Society for Information Science*, 1999, v. 50 (8), pp. 639-651.
- [24] Salton, G. The Smart retrieval system-experiments. En: Salton, G. (ed.). *Automatic document processing*. New York: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1971.
- [25] Salton, G.; Wong, A.; Yang, C. S. A vector space model for automatic indexing. En: *Communications of the Association for Computing Machinery*, 1975, Vol. 18 (11), pp. 613-620.
- [26] Schafer, J.B. et al (2001): *E-Commerce recommendation applications*. *Data Mining and Knowledge Discovering*, 2001, Vol. 5 (1-2), pp. 115-153.
- [27] Shapira, B. et al. Information filtering: A new two-phase model using stereotypic user profiling. *Journal of Intelligent Information Systems*, 1997, Vol. 8, pp. 155-165.
- [28] van Rijsbergen C. J. *Information Retrieval*. London: Butterworths, 1979.
- [29] Yager R.R. Centered OWA operators. *Soft Computing*, 2007, Vol. 11(7), pp. 632-639.
- [30] Zadeh, L.A. (1975): The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. Part I, En: *Information Sciences*, 1975, Vol. 8, pp. 199-249. Part II, En: *Information Sciences*, 1975, Vol. 8, pp. 301-357. Part III, En *Information Sciences*, 1975, Vol. 9, pp. 43-80.

Modelo semántico-difuso de un sistema de recomendaciones de información para bibliotecas digitales universitarias	73
José M. Morales-del-Castillo, Enrique Herrera-Viedma, Eduardo Peis <i>Universidad de Granada</i>	
Mejorando el sistema de recomendaciones SIRE2IN: un enfoque interdisciplinar	81
Carlos Porcel Gallego, Enrique Herrera Viedma, José M. Morales del Castillo <i>Universidad de Córdoba</i>	
Análisis y detección de determinadas estructuras condicionales en documentos de texto	89
Cristina Puente, José A. Olivas <i>Universidad Pontificia de Comillas</i>	
Clustering documental basado en mapas de Kohonen optimizados mediante técnicas de lógica borrosa	97
Francisco Pascual Romero, Arturo Peralta, José Ángel Olivas, Jesús Serrano-Guerrero <i>Universidad de Castilla-La Mancha</i>	
Resúmenes de textos basados en conjeturas	105
Alejandro Sobrino Cerdeiriña <i>Universidad de Santiago de Compostela</i>	
Applying fuzzy linguistic tools to evaluate the quality of airline web sites	113
L. Hidalgo, F.J. Cabrerizo, J. López Gijón, E. Herrera-Viedma <i>Universidad de Granada</i>	

Toma de Decisiones I: Modelos

Consistency of reciprocal fuzzy preference relations.....	123
Sergio Alonso Burgos, Francisco Chiclana, Enrique Herrera-Viedma, Francisco Herrera, <i>Universidad de Granada</i>	
A procedure to estimate missing information in group decision-making with fuzzy linguistic information	139
Sergio Alonso Burgos, Francisco Javier Cabrerizo Lorite, Francisco Herrera, Enrique Herrera-Viedma, Francisco Chiclana <i>Universidad de Granada</i>	
Borda decision rules within the linguistic framework	149
José Luis García Lapresta, Bonifacio Llamazares, Miguel Martínez Panero <i>Universidad de Valladolid</i>	
Un sistema de apoyo al consenso adaptativo para problemas de toma de decisiones en grupo con información heterogénea	157
Luis Martínez López, Juan C. Martínez, Francisco Mata, Enrique Herrera Viedma <i>Universidad de Jaén</i>	
Toma de decisión en grupo basada en las alternativas ideal y anti-ideal en un ambiente difuso.....	163
M ^a Teresa Lamata, M ^a Socorro García-Cascales, Antonio Masegosa <i>Universidad de Granada</i>	



**ACTAS DEL
II SIMPOSIO SOBRE LÓGICA FUZZY Y
SOFT COMPUTING
(LFSC 2007)**

EDITORES

Enrique Herrera Viedma
Juan Luis Castro
Jorge Casillas
Rafael Alcalá
Sergio Alonso
Luis Martínez
José Ángel Olivas

Organizadas por:

European Society for Fuzzy logic and Technology (EUSFLAT)



THOMSON
—★—™



**ACTAS DELII SIMPOSIO SOBRE LÓGICA FUZZY Y SOFT COMPUTING
(LFSC 2007)**

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier otro medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Derechos reservados ©2007 respecto a la primera edición en español, por LOS AUTORES
Derechos reservados ©2007 International Thomson Editores Spain, S.A.

Magallanes, 25; 28015 Madrid, ESPAÑA
Teléfono 91 4463350
Fax: 91 4456218
clientes@paraninfo.es

ISBN: 978-84-9732-609-4
Depósito legal: M-

Maquetación: Los Autores
Coordinación del proyecto: @LIBROTEX
Portada: Estudio Dixi
Impresión y encuadernación: FER Fotocomposición, S. A.

IMPRESO EN ESPAÑA-PRINTED IN SPAIN