

Hacia Aplicaciones Web con Términos Difusos

José Ángel Labbad ¹, Rosseline Rodríguez ², Leonid Tineo ²
joseangellabbad@gmail.com, crodrig@usb.ve, leonid@usb.ve

¹ Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela

² Departamento de Computación, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

Resumen: En la actualidad, casi cualquier ámbito de la vida cuenta con una aplicación Web relacionada que dispone de formularios de búsqueda. Lamentablemente, estas aplicaciones tienen problemas de rigidez propios del uso subyacente de la lógica booleana, los cuales se pueden superar gracias a la existencia de lenguajes de consulta a bases de datos, extendidos con lógica difusa. Así, los formularios de búsqueda pueden enriquecerse usando términos difusos en los controles Web. En este trabajo se hace una propuesta metodológica para abordar la migración de una aplicación Web existente hacia una nueva que haga uso de formularios Web con términos difusos, superando los problemas de rigidez de las aplicaciones tradicionales. Para ello, se realizó un estudio de opinión a programadores y usuarios Web para conocer si los programadores desean utilizar términos difusos en sus desarrollos, y si los usuarios se inclinan a realizar búsquedas en formularios Web que proveyeran de estos términos para expresar sus preferencias. Posteriormente, se diseñó un mecanismo sistemático que permitiera analizar los controles Web existentes en los formularios de búsqueda de una aplicación para incorporarles términos difusos en sus opciones de entrada de datos. Se evaluaron las diferentes extensiones con lógica difusa de los SGBD que existen actualmente, en base a criterios como completitud, disponibilidad, visibilidad, calidad, soporte, portabilidad y documentación. Se seleccionó SQLf como la que satisface la mayoría de estos criterios. Finalmente, se plantea una propuesta metodológica para la migración de un sitio Web con el fin de que sus formularios de búsqueda usen términos difusos presentes en el lenguaje natural.

Palabras Clave: Formularios Web; Términos Difusos; Controles Web; Lenguaje Natural; Migración.

Abstract: Currently, almost any area of life has a related Web application that contains search forms. Unfortunately, these applications have rigidity problems inherent to the underlying use of Boolean logic, which can be overcome thanks to the existence of database query languages extended with fuzzy logic. Thus, search forms can be enriched by using fuzzy terms in Web controls. In this work a methodological proposal is made to approach the migration of an existing Web application to a new one that makes use of Web forms with fuzzy terms, overcoming the rigidity problems of traditional applications. For this, an opinion study was made to programmers and Web users to know if programmers want to use fuzzy terms in their developments, and if users are inclined to make searches in Web forms that provide these terms to express their preferences. Subsequently, a systematic mechanism is designed to analyze the existing Web controls in the search forms of an application to incorporate fuzzy terms in their data input options. The different extensions DBMS with fuzzy logic that currently exist were evaluated, using criteria such as completeness, availability, visibility, quality, support, portability and documentation. SQLf was selected as that one that satisfies most of these criteria. Finally, a methodological proposal for the migration of a Web site is suggested to use fuzzy terms present in the natural language in search forms.

Keywords: Web Forms; Fuzzy Terms; Web Controls; Natural Language; Migration.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los usuarios de aplicaciones Web demandan mayor flexibilidad y adaptación a sus requisitos o preferencias. La mayoría de estas aplicaciones cuentan con formularios de búsqueda para dar acceso a los datos que ellas gestionan, los cuales en muchas oportunidades presentan rigidez en la adaptación a las demandas de los usuarios.

Para flexibilizar la gestión de datos y búsquedas a través de formularios Web [1], se ha propuesto la lógica difusa [2] como

herramienta para la especificación de términos del lenguaje natural. Esta lógica [2] fue definida en base a la teoría de conjuntos difusos [3], propuesta por Zadeh, como mecanismo para dar tratamiento matemático y computacional a los términos vagos del lenguaje natural. Es por ello que se han hecho estudios dirigidos a definir lenguajes que permitan realizar consultas difusas a bases de datos relacionales [4]. Estos lenguajes son extensiones al lenguaje estándar para consultas a bases de datos, llamado SQL (*Structured Query Language*) [5], los cuales se han incorporado en los Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) más usados [6][7][8][9].

“anciana” en lugar de un valor preciso. Al comentar sobre distancias recorridas se indica si algún lugar está “lejos” o “cerca”. Para enfatizar algo se usan adverbios dentro de frases imprecisas como “es muy joven” o “está extremadamente lejos”. En cuanto a cantidades, es común usar términos como “pocos”, “la mayoría” o “muchos”. Estos términos del lenguaje natural son mayormente adjetivos o adverbios que se caracterizan por ser impresos, vagos o difusos [13].

Una herramienta matemática que permite modelar estos términos es la Teoría de Conjuntos Difusos [3]. Un **conjunto difuso** permite membresía gradual. En los conjuntos clásicos, se dice si un elemento pertenece o no al conjunto. En los conjuntos difusos, la pertenencia de un elemento x viene dada por un grado de membresía $\mu(x)$ cuyo valor está en el intervalo $[0,1]$. Entonces, si el grado es cero el elemento está “completamente excluido”, y si el grado es 1, el elemento está “completamente incluido”. En todos los demás casos la pertenencia es gradual. Al subconjunto de los elementos que están completamente incluidos se les conoce como **núcleo**, a los que no están completamente excluidos (grado de pertenencia mayor que 0), pero tampoco son completamente incluidos se les conoce como **borde**. El **soporte** es la unión del núcleo y el borde.

Para especificar un conjunto difuso, se puede usar una notación trapezoidal de la forma (x_1, x_2, x_3, x_4) , donde $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq x_4$ señalan los puntos de inflexión del trapecio. También, se puede especificar un conjunto difuso con una notación por extensión $\{\mu(x_1)/x_1, \dots, \mu(x_n)/x_n\}$, donde cada elemento x_i del dominio se acompaña de su grado de membresía $\mu(x_i)$. Estos grados son colocados según la preferencia del usuario.

B. Términos Difusos

Fundamentada en los conjuntos difusos, la lógica difusa permite expresar condiciones con términos difusos, que pueden usarse al realizar consultas o búsquedas sobre un grupo de datos. En esta lógica los valores de verdad son representados por números reales comprendidos en el intervalo $[0,1]$. Así el cero (0) significa completamente falso y el uno (1) significa completamente cierto, y los demás valores del intervalo representan el grado de verdad obtenido para una proposición que se está evaluando.

El operador lógico negación se interpreta como el complemento de conjuntos, la conjunción como la intersección y la disyunción como la unión. El grado de membresía de un elemento x en el complemento del conjunto difuso F se calcula como $1-\mu_F(x)$. El grado de membresía para el conjunto intersección se calcula mediante una norma triangular, que es operador binario, cerrado en $[0,1]$, conmutativo, con elemento neutro uno (1). A cada norma triangular le corresponde una co-norma, que es el concepto dual, la cual se usa para el cálculo de la unión. Usualmente se adopta la norma triangular mínimo (*min*) y su co-norma máximo (*max*).

Las expresiones en lógica difusa se construyen utilizando términos lingüísticos, tales como predicados, modificadores, comparadores, conectores y cuantificadores [20].

Los **predicados** [13] representan adjetivos del lenguaje natural, que corresponden a los componentes atómicos de la lógica difusa, los cuales pueden ser definidos con un conjunto difuso en tres formas diferentes: una función trapezoidal, una

expresión con rango en el intervalo $[0,1]$ y por extensión indicando para cada valor del dominio del predicado su respectivo grado de verdad. Por ejemplo, los adjetivos “joven”, “adulto” y “anciano” para la edad, pueden ser definidos de forma trapezoidal como se observa en la Figura 1. En este caso, el usuario especifica el predicado “joven” con el trapecio $(0, 0, 20, 40)$, “adulto” con el trapecio $(20, 40, 60, 80)$, y “anciano” con el trapecio $(40, 60, 100, 100)$.

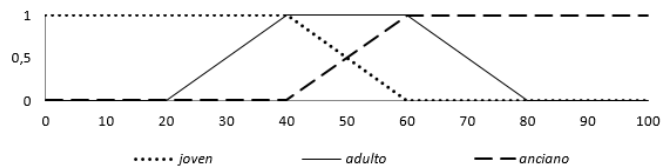


Figura 1: Definición Trapezoidal de los Términos Difusos Joven, Adulto y Anciano

Otro ejemplo, donde se usa una definición por extensión, sería el predicado “agradable”, relacionado al universo de los colores = {amarillo, verde, rojo, azul, negro}, puede representarse con el conjunto difuso $agradable = \{0.4/amarillo, 1/verde, 0.1/rojo, 0.7/azul, 0.3/negro\}$. Un ejemplo, que usa una expresión con rango en el intervalo $[0,1]$ es el predicado “alto” definido con la expresión $x/250$, siendo x un valor en el rango $0 \dots 250$.

Los **modificadores** [13] son adverbios que sirven para expresar una propiedad adicional sobre un predicado, las cuales intensifican, relajan, desplazan o invierten el concepto que representa el predicado. Se pueden definir de tres formas: a través de una potencia a la cual será elevado el valor resultante de un predicado difuso, a través de un valor de traslación que indica lo que le será sumado o restado (según sea el caso) al valor de entrada de un predicado y con una función de norma. Por ejemplo, el modificador “extremadamente” pudiera representarse con la potencia al cubo del valor de la función de membresía, y el modificador “muy” como una traslación negativa.

Los **comparadores** [13] permiten definir una comparación para dos argumentos recibidos. Los términos lingüísticos que los representan son adjetivos de grado comparativo o adverbios. Se pueden definir de dos formas: trapezoidal, si se especifica una expresión con dos variables, cuyo resultado luego de ser evaluada cae en el conjunto difuso definido por un trapecio; o por medio de una relación difusa, donde se especifica para cada par de valores su valor de verdad. Por ejemplo, se podría definir el comparador “cercano”, para los valores en el intervalo $[-30,30]$, con la expresión $x-y$; donde el resultado obtenido se evalúa en la función de membresía representada por el trapecio $(-20, -1, 1, 20)$. Un segundo ejemplo es definir el comparador “similar” para colores, usando la relación difusa $\{(negro,gris)/0.5, (azul,gris)/0.7, (blanco,gris)/0.5, (azul,negro)/0.8, (azul,blanco)/0.2\}$. Aquí se indica que el negro es similar a gris en un grado de 0.5, mientras que el azul es similar a gris en un grado de 0.7.

Los **conectores** [13] son operadores lógicos que puede definir el usuario, para combinar dos condiciones difusas. Por ejemplo, la negación, la conjunción y la disyunción clásicas se pueden extender de forma difusa, preservando su correspondencia con los operadores de conjunto: complemento, intersección y unión. Así, el $x \Rightarrow y$ puede definirse con la expresión $max(1 - x, y)$.

difusa. Los detalles de este estudio y sus resultados se describen en [1].

A manera de resumen se mencionarán algunos aspectos. Primero, existen controles Web con entradas precisas que no pueden ser transformados a difusos: campos de entrada de textos con nombres, contraseñas, dirección email o url y texto multilíneas. Además de los cuales no suelen usarse en formularios de búsqueda (i.e, contraseñas o texto multilínea).

Campos de entrada numéricos, casillas de verificación, botones de opción, menús desplegables, menús deslizantes en la mayoría de los casos pueden asociarse a predicados difusos, representables con un menú desplegable o con casillas de verificación para múltiples selecciones. Las casillas de verificación con múltiples opciones, en algunos casos, también pueden transformarse a un cuantificador difuso.

Los controles relacionados con fechas y tiempo también pueden representarse con predicados difusos (como cercano y lejano) para búsquedas difusas. La transformación de números también puede ser realizada con un comparador difuso.

Los controles tipo rango, donde se especifica un valor dentro de un dominio definido, pueden representarse con un comparador difuso especificado sobre el mismo dominio. Para los colores se puede agregar la funcionalidad de búsquedas con colores parecidos definiendo un predicado difuso que permita evaluar lo cercano que es un color de otro.

A todos los controles convertidos, se les puede aumentar la intensidad a través de modificadores difusos “muy” o “extremadamente”, si aporta algo al usuario. Estos se pueden agregar con casillas de verificación o botones de opción. Además, se puede especificar en las búsquedas el grado mínimo de verdad que deben satisfacer todos los resultados presentes en la misma. A esto se le conoce como calibración. Hay algunos controles equivalentes, en esos casos las decisiones se toman por aspectos relacionados con la interfaz.

V. ESTUDIO DE OPINIÓN

En el caso de los comercios Web, el impacto de una función de búsqueda efectiva puede ser muy importante. Los clientes que visitan estos sitios, ya saben lo que necesitan y por lo tanto van directamente a la sección de búsqueda. Esta sección muy probablemente es su primer contacto con el sitio Web, por lo que se debe asegurar que los usuarios no reciban resultados equivocados o mal clasificados, sino que realmente reciban lo que están buscando. De lo contrario, la frustración puede llevarlos a un sitio Web diferente.

En muchos casos esto ocurre cuando se hacen búsquedas precisas. Los formularios al tener controles Web que exigen entradas precisas (el valor exacto de una edad, precio, día, distancia, temperatura, etc.) puede ocasionar que las respuestas de las búsquedas sean incorrectas, incompletas o insatisfactorias. De allí surge la propuesta agregar términos difusos a los formularios Web.

Para analizar el impacto y el deseo que tendrían los programadores y usuarios Web de incluir lógica difusa en los formularios de búsqueda, se hizo una encuesta a 249 personas, de 24 países diferentes siendo el grupo más representativo el de Venezuela. Por ello, se analizaron estas 182 respuestas correspondientes a un 43% de usuarios y un 57% de

programadores Web, a fin de ver si el proyecto era interesante. La información en común recabada fue edad, sexo, nivel educativo y si es programador o usuario Web. A los programadores se les consultó los SGBD que usaban y si estaban dispuestos a usar lógica difusa en sus desarrollos. A los usuarios se les consultó si al realizar búsquedas en formularios Web habían tenido respuestas negativas dándose cuenta luego que lo buscado si estaba. Además, se le consultó si estarían dispuestos a realizar búsquedas usando términos del lenguaje natural.

En los resultados recabados, un 95% de los encuestados estaban dispuestos a usar términos difusos y un 90% de los programadores estaban dispuestos a incluirlos en sus desarrollos. Ante la pregunta de si les ha ocurrido que utilizando formularios de búsqueda no encuentran lo que necesitan y posteriormente se dieron cuenta de que sí estaba, 94% respondió afirmativamente, concluyendo que los formularios presentan problemas para reflejar las preferencias de los usuarios.

En cuanto a los factores edad, sexo y nivel de educación alcanzado, se observó que no marcan una tendencia claramente diferenciada en ninguno de los casos. Por lo cual las descripciones y tendencias facilitadas en el análisis descriptivo de los datos se pueden considerar generalizadas, de forma independiente a estos factores mencionados.

Sobre la pregunta realizada a los programadores Web, referente a los SGBD preferidos para desarrollar, se observó que, aunque hay una tendencia actual de usar NO-SQL, las respuestas permiten concluir que el mercado sigue dominado el por el lenguaje SQL, con un 90% de preferencia.

VI. SELECCIÓN DE LA EXTENSIÓN CON LÓGICA DIFUSA

Algunos esfuerzos se han realizado para dar mayor flexibilidad al lenguaje estándar de bases de datos SQL, incorporando elementos de datos y condiciones de consultas basados en los conjuntos difusos. FSQl y SQLf son las extensiones más completas existentes para la incorporación de conjuntos difusos en SQL. Estas dos propuestas tienen enfoques complementarios. SQLf fue propuesta por Bosc y Pivert [7], se enfoca en la extensión de las expresiones de consulta. FSQl, propuesta por Galindo [8] y otros colaboradores, se centra en la extensión de los datos. Muchos trabajos de investigación y desarrollo se han realizado a partir de estas dos propuestas. SQLf es la extensión que permite expresar la mayor cantidad de términos difusos. Varias implementaciones de estas extensiones de SQL han sido realizadas.

SQLfi [12] es un sistema de consultas difusas que recibe instrucciones en el lenguaje SQLf, las cuales pueden ser: definiciones de términos difusos (predicados, modificadores, comparadores, conectores o cuantificadores), definiciones de objetos de datos (tipos, tablas, vistas, aserciones, procedimientos almacenados o funciones), manipulación de datos (inserción, eliminación, actualización), instrucciones transaccionales (*commit* o *rollback*) o consultas difusas. Si bien SQLfi fue desarrollado sobre Oracle 9i, su diseño se hizo pensando en la portabilidad del sistema, por lo que se implementó en Java, usando el estándar de conexión JDBC, como una capa lógica que se encarga del procesamiento de las nuevas funcionalidades.

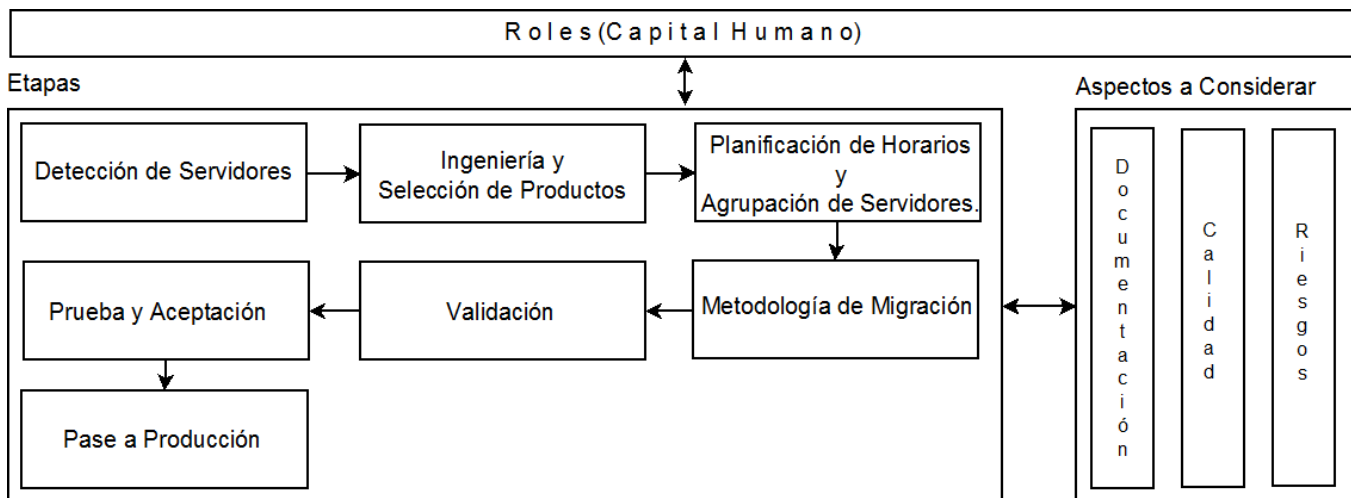


Figura 3: Esquema Resumen del Proyecto de Migración

- **Probador de software/encargado de la calidad:** persona con habilidades para la realización de pruebas y detección de posibles fallas o bugs en los desarrollos de software, específicamente en sitios Web.
- **Diseñador web:** encargado(s) del aspecto visual del sitio Web, preferiblemente quien participó en el diseño inicial.
- **Clientes:** conocedores expertos del modelo de negocio y la funcionalidad del sitio Web. Son los que dan las indicaciones de los cambios a realizar en el sitio Web para incorporarle lógica difusa.
- **Usuarios finales:** grupo de personas que utilizarán el sitio Web una vez migrado, quienes participan en las pruebas de migración. Sólo deben saber navegar en internet y utilizar un formulario de búsqueda. Se sugiere que este grupo sea lo más numeroso posible, y con diversidad en términos de localización, edad, sexo, nivel de conocimiento, entre otros factores.

Adicionalmente, todos los roles deben contar con habilidades de comunicación efectiva y asertiva, así como de trabajo en equipo. A lo largo de todo el proceso será necesario el intercambio de ideas, así como la generación de propuestas.

B. Etapas

En base a la propuesta de Martínez [24], la cual afirma que un proceso de migración de sistemas incluye seis componentes principales, se describen a continuación cada una de etapas con las adaptaciones correspondientes a la propuesta metodológica presentada en este trabajo.

1) *Detección de Servidores:* Corresponde a determinar los requisitos de diseño relacionados a los productos o las soluciones que se utilizarán en el proyecto de migración. Para el caso de migración a formularios Web con lógica difusa, el requisito a considerar es que el servidor de SQLfi utilizado sea compatible con la arquitectura actual del sitio Web.

2) *Ingeniería y Selección de Productos:* Se identifica y establece toda la información básica para determinar los sistemas que se deben migrar. Para el caso de migración a formularios Web con lógica difusa se proponen dos actividades concretas:

- **Entrenamiento:** Los roles profesionales, el gerente de proyecto y los clientes deben comprender el funcionamiento y las capacidades de los términos difusos provistos por SQLfi. En el caso de los clientes, deben recibir capacitación en lo que son términos difusos y lo que son capaces de hacer, para ayudar a proponer los cambios a realizar. El programador SQL y programador Web, requieren el mismo conocimiento que el experto del negocio y adicionalmente requieren entrenamiento en el lenguaje SQLf.
- **Selección de controles a migrar:** Los clientes deben analizar uno a uno los controles existentes en los formularios de búsqueda, considerando todas las propuestas y tomando la decisión de migrar o no de forma individual. En algunos casos puede resultar que existe más de una migración viable para un determinado control. Es en este momento cuando el diseñador Web evalúa ambas propuestas, y opta por la que sea más amigable para los usuarios finales y más acorde con el diseño del sitio Web en cuestión.

Una vez que se han diseñado los controles Web difusos, es necesario organizar o coordinar un proyecto de migración de formularios con términos precisos a formularios con términos difusos.

3) *Planificación de Horarios y Agrupación de Servidores:* Se determina el estado futuro de cada servidor según su configuración actual y se agrupan por grupo de coherencia. Algunos servidores tienen interdependencias que requieren que se los migre de forma conjunta para eliminar la interrupción de servicios esenciales para los usuarios finales. Una vez que se hayan establecido los grupos de coherencia se hacen los cambios por olas de migraciones. Estos grupos sientan las bases para un plan de proyectos real, conformar el cronograma y los hitos de la migración.

4) *Metodología de Migración:* Corresponde a los procesos que conforman la propuesta de este trabajo de investigación. Las actividades propuestas son:

- **Instalación e integración:** El especialista de infraestructura TI instala y deja operativa la extensión SQLfi sobre el SGBD utilizado por el sitio Web a migrar.

Tabla II: Etapas del Proyecto de Migración y los Actores que Participan en cada Una

Rol \ Actividad	Detección de Servidores	Ingeniería y Selección de Productos	Planificación de Horarios	Metodología de Migración	Validación	Pruebas y Aceptación	Pase a Producción
Gerente del Proyecto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Especialista en Infraestructura TI	✓		✓	✓			
Programador SQL	✓	✓		✓			✓
Programador Web	✓	✓		✓			✓
Probador de Software					✓	✓	✓
Diseñador Web		✓				✓	
Clientes		✓		✓		✓	
Usuarios Finales						✓	

los tres aspectos mencionados. Cualquier estándar que no haya sido cumplido debe ser atendido por el gerente del proyecto.

Además, se sugiere realizar las siguientes verificaciones de calidad:

- A nivel de infraestructura de TI, todos los cambios indicados en la documentación coinciden con el ambiente final de ejecución del sitio Web.
- Los términos difusos escogidos tienen una sola interpretación en lenguaje natural.
- Los usuarios finales seleccionados para las pruebas semánticas y de usabilidad representan apropiadamente todo el universo de usuarios del sitio Web.
- Se realizaron todas las pruebas propuestas con rigurosidad, sin omitir ningún caso.
- La documentación de los términos difusos coincide con lo que está operando en el ambiente de producción.

Estas verificaciones deben realizarse durante las etapas del proyecto que lo ameriten, buscando siempre que el resultado sea lo más satisfactorio posible. Por otro lado, no se excluye cualquier validación adicional que se desee realizar.

E. Viabilidad de la Migración

Para determinar si un sitio Web es factible de ser migrado a trabajar con lógica difusa en sus formularios de búsqueda, se debe contar con algunos requisitos:

- Disponer de capital humano suficiente para cubrir todos los roles descritos.
- Llevar a cabo las dos primeras etapas del proyecto de migración a fin de determinar si al menos un control Web es seleccionado para ser migrado.
- El equipo de trabajo está dispuesto a asumir los riesgos asociados al proyecto.

Se deben considerar todos los riesgos posibles, y planificar para cada uno de ellos una estrategia de mitigación y una de contingencia.

VIII. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En casi cualquier ámbito de la vida se pueden conseguir aplicaciones Web, las cuales usualmente están dotadas de formularios que permiten la realización de búsquedas para satisfacer requerimientos de los usuarios. De manera que resulta de gran interés el tratar con este tipo de formularios, considerando su extensión usando términos lingüísticos vagos.

En este artículo se han relacionado algunos de los varios trabajos previos que se han hecho en cuanto a la incorporación de lógica difusa en SQL y la consecuente extensión de los SGBD. Como resultado de esos trabajos se cuenta con SGBD que proveen mayor expresividad para búsquedas basadas en preferencias del usuario, los cuales están disponibles para ser utilizadas libremente, pero no se ha masificado su uso en aplicaciones Web. También se han mostrado los pocos esfuerzos previos en el uso metodológico de la incorporación de SQL extendido difuso. Estos trabajos relacionados no habían tenido en cuenta la extensión de un formulario de búsqueda Web existente para agregarle términos difusos.

Se expuso en este artículo un marco conceptual resumido de la investigación realizada que involucra la teoría de conjuntos difusos, los términos lingüísticos y los controles web. La teoría de conjuntos difusos es una herramienta para el tratamiento matemático y computacional de términos vagos del lenguaje natural, la cual da soporte a una lógica gradual, conocida como lógica difusa. Los términos en esa lógica son palabras del lenguaje natural, las cuales se clasifican en: predicados, modificadores, comparadores, conectores y cuantificadores. Por otro lado, los formularios Web permiten el uso de diferentes tipos de controles: campos de texto, casillas de verificación, botón de opción, números, rangos, ingreso de fechas, menú desplegable, menú deslizable y selector de colores.

En un trabajo previo se ha reportado la incorporación de términos difusos en estos controles, a fin de dar mayor flexibilidad a los formularios Web de búsqueda. De tal forma que se provee de un mecanismo sistemático, que permite extender formularios de búsquedas existentes, que no fueron

- [15] M. Goncalves, R. Rodríguez y L. Tineo, *Formal Method to Implement Fuzzy Requirements*, DYNA, Revista de la Facultad de Minas, vol. 173, no. 2, pp. 15-24, Enero 2012.
- [16] R. Rodríguez y M. Goncalves, *Perfil UML para el Modelado Visual de Requisitos Difusos*, Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, vol. 6, no. 3, pp. 29-46, septiembre-diciembre 2009.
- [17] R. Rodríguez y M. Goncalves, *Implementación de Requisitos Difusos en Sistemas Orientados a Datos Utilizando el Lenguaje OCL y Lógica Difusa*, Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, vol. 8, no. 1, pp. 31-54, Enero-Abril 2011.
- [18] A. Aguilera, M. Goncalves, and R. Rodríguez, *Framework for Fuzzy Application Development*, in proceedings of the XXXVIII Latin American Computing Conference (CLEI 2012), Medellín, Colombia, pp. 478-485, October 2012.
- [19] L. Yan and Z.M. Ma, *Modeling Fuzzy Information in Fuzzy Extended Entity-Relationship Model and Fuzzy Relational Databases*, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 27, no. 4, pp. 1881-1896, July 2014.
- [20] L. A. Zadeh, *PRUF – A Meaning Representation Language for Natural Languages*. International Journal of Man-Machine Studies, vol. 10, no. 4, pp. 395-460, January 1978.
- [21] A. Aguilera, J. Cadenas, and L. Tineo, *Fuzzy Querying Capability at Core of a RDBMS*, Advanced Database Query Systems: Techniques, Applications and Technologies, IGI Global. New York, USA, pp. 160-184, March 2011.
- [22] P. Kalinowski, *SQLF_J*, Poznan University of Technology, Polonia. 2006. http://calypso.cs.put.poznan.pl/~sqlf_j/en/index.php?
- [23] R. Pressman, *Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico*. México D.F., McGraw Hill, 2010.
- [24] H. Martínez, *Ocho Pasos para el Éxito en Migraciones*. The GMB Journal. 2013. <https://es.scribd.com/document/246408796/Pasos-Para-El-Exito-en-Migraciones-GBM-Journal>.