



Bogotá, 5 diciembre de 2017

Señora

Paula Andrea Villa Sánchez

Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión

Universidad Tecnológica de Pereira

Carrera 27#10-02, Barrio Álamos, Ed. 1, Of. 1^a-416

AA:97 Código Postal: 660003

Pereira

REF: Justificación Gastos de viajes, Convocatoria 709-2015

Por medio de la presente certifico que las personas que se mencionan a continuación hicieron parte del proyecto de virtual Clinic de la convocatoria 709 de 2015, adelantado por **Exsis Software & Soluciones S.A.S.**, con **NIT 800.245.974-2**, en calidad de entidad ejecutora.

En la tabla a continuación se relaciona la información en cuestión:

Nº	Nombres y Apellidos	Objeto del Viaje	Vrtiquete sin Impuestos	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Jaime Alberto Echeverry (Representante figura acompañante de la presente convocatoria)	El artículo "Virtual Clinic" Diseño e implementación de un sistema experto para diagnósticos oftalmológicos" generado como parte de los compromisos de la convocatoria fue presentado al congreso CISTI 2017 (conferencia ibérica de sistemas y tecnologías de información). El artículo fue enviado por el investigador del grupo ARKADIUS Jaime Echeverri el 24/02/2017 con ID 223; el artículo fue aceptado y como parte de las actividades para su publicación el Investigador asistió a la conferencia con fechas de 21 al 24 de junio, donde fue disertado, aprobado y publicado en las memorias de dicha conferencia y el IEEE (ver registro de indexación). Adjunto se envía la evidencia del proceso de envío de artículo y publicación de la conferencia.	\$ 2,972,244	20/06/2017	26/06/2017
Total Tiquetes Viaje a Lisboa				\$ 2,972,244	

Anexo:

- CISTI 2017-12^a Conferencia Ibérica de sistemas e tecnologías de Informacão.
- Artículo "Virtual Clinic Diseño e Implementación de un sistema experto para Diagnósticos Oftalmológicos".

Quedamos a su disposición, y esperando pronta respuesta agradezco su amable atención.

Cordialmente,

JOSÉ EVERARDO ALBARRACÍN GIRALDO

CC 79.311.594 de Bogotá

TP 83971

Revisor Fiscal - Exsis Software & soluciones sas



CMMIDEV / 3

“Virtual Clinic” Diseño e implementación de un sistema experto para diagnósticos oftalmológicos

Jaime Alberto Echeverri Arias, Yohana Suarez, Ian Castillo

Ingeniería de Sistemas Universidad de Medellín, jaecheverri@udem.edu.co

Exsis Software y Soluciones S.A.S.yohan.suarez@exsis.com

Exsis Software y Soluciones S.A.S.ian.castillo@exsis.com

Resumen— El desarrollo de sistemas expertos para el apoyo a diagnósticos en diferentes áreas de la medicina tiene importantes implicaciones, se puede destacar la posibilidad de contar con tratamientos oportunos y efectivos. La detección temprana de una anomalía y un control efectivo de ésta puede evitar el avance de una enfermedad. En este trabajo se muestra el avance en el diseño y la implementación de un sistema experto para diagnósticos oftalmológicos soportados en elementos de la lógica difusa para ayudar en la evaluación de síntomas relacionados con el sentido de la visión.

Palabras clave oftalmología, sistemas expertos, diagnósticos médicos, lógica difusa.

Abstract— the development of expert Systems to support to different areas in the medical field has important implications; it is possible to emphasize the possibility of having timely and effective treatments. Early detection of an anomaly and an effective control of this can prevent the progression of a disease. In this work, shows the progress in the design and implementation of an expert system for ophthalmologic diagnoses supported in elements of fuzzy logic to assist in the evaluation of symptoms related to the sense of vision.

Keywords: ophthalmology, expert systems, medical expert system, medical diagnosis.

I. INTRODUCCIÓN

En años recientes, la solución de problemas de tipo médico con características de subjetividad e incertidumbre han sido abordados de manera apropiada por medio de métodos y herramientas de inteligencia computacional, dentro de las que se destaca especialmente la lógica difusa (LD). La LD, ha sido de gran utilidad en problemas en que el conocimiento proveniente de expertos juega un papel determinante. Al mismo tiempo, la flexibilidad de la LD permite procesar, de forma eficiente, la información “subjetiva”, tal como se detalla en [1], [2], [3].

Agradecimientos: Este trabajo ha sido apoyado por: Colciencias, (entidad pública que lidera, orienta y coordina la política nacional de ciencia, tecnología e innovación en Colombia), la empresa Exsis Software y Soluciones S.A.S, entidad ejecutora y la Universidad de Medellín (Colombia), como grupo acompañante.

La detección temprana de enfermedades posibilita al personal especializado hacer las recomendaciones necesarias y la toma de adecuadas medidas que faciliten la disminución del riesgo [4]. Algunas patologías oftalmológicas han aumentado notablemente durante las últimas décadas en diversos lugares del mundo y específicamente en Latinoamérica. La medicina moderna se enfrenta al desafío de la adquisición, análisis de grandes volúmenes de datos y la aplicación de gran cantidad de conocimientos necesarios para resolver complejos problemas clínicos, por otro lado el desarrollo de la inteligencia artificial aplicado en el área médica se ha relacionado con el desarrollo de algoritmos y sistemas de información que apoyan las decisiones de los médicos.

El sentido de la vista nos está recordando nuestra edad; después de los 40 años, 100% de las personas requieren el uso de algún tipo de lentes a consecuencia de la presbicia, según [5]; se manifiestan (según estadísticas) problemas de lubricación ocular hasta en el 25% de la población.

El diseño que se propone en este trabajo consiste en el desarrollo de un sistema experto basado en elementos de lógica difusa (ES). El objetivo central del sistema experto es tratar de simular decisiones basadas en la vasta experiencia sobre una tarea específica, la cual es transferida a una base de conocimientos almacenados en un computador desde un experto en oftalmología.

La lógica difusa ha permitido precisar conceptos vagos o imprecisos, admitiendo la ambigüedad, y ha concedido el modelado de muchos sistemas por medio de la utilización de un conjunto de grados de verdad en escalas ordenadas. Este tipo de lógica es particularmente adecuada para aplicaciones médicas, es altamente recomendable cuando se trata de modelar información imprecisa y en las cuales hay que tomar decisiones racionales en un entorno de incertidumbre [6].

El sistema Difuso diseñado utilizó lógica del tipo Mandani, está compuesto por tres módulos, el primero es el módulo de Fusificación, en este se convierte un conjunto no difuso en un conjunto difuso. El segundo módulo contiene un mecanismo de inferencia, este considera los niveles de

pertenencia de las variables de entrada y se apoya en reglas de inferencia, y da una salida. El tercer módulo de defusificación se encarga entregar datos concretos a partir de valores difusos [7].

Lo que resta del artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección II se presenta el método utilizado, en la sección III se presenta la construcción de los conjuntos difusos, en la sección IV se muestra la propuesta de solución obtenida hasta el momento, en la sección V se presentan algunos resultados y finalmente las referencias bibliográficas consultadas.

II. METODO

Para el diseño del sistema experto se utilizó un método compuesto por varios procesos; inicialmente la selección de variables, el siguiente paso fue la categorización de las variables, para algunas variables se tomaron en cuenta conceptos estadísticos, se emplearon intervalos de confianza a partir de datos suministrados por clínicas oftalmológicas. Por medio de estos datos fue posible la construcción de información estadística que permitió la configuración de los conjuntos difusos para algunas variables de entrada. El tercer proceso es la formulación de las reglas IF-THEN, en esta fase se trabaja de la mano de especialistas de Instituto Nacional de Oftalmología S.A. quienes a partir de su amplia experiencia aprueban la definición de las reglas mencionadas. La última parte del método tiene que ver con las pruebas, el objetivo de las pruebas es la validación del error porcentual que resulta de la evaluación. La Figura 1 presenta un diagrama de bloques del sistema experto que se está implementando.

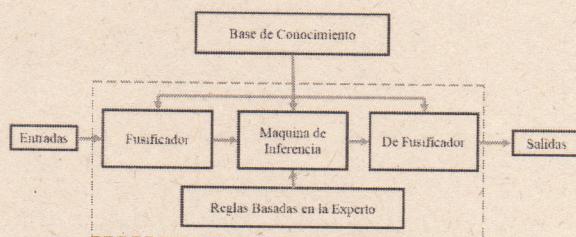


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema experto [8].

III. DISEÑO DE CONJUNTOS DIFUSOS

Las variables de entrada del sistema, definidas son las siguientes: (1) **Ojo rojo (OR)**: corresponde a una serie de entidades que tienen en común la hiperemia conjuntival, (2) **Baja Agudeza Visual (BAV)**: describe una anomalía visual que restringe la capacidad de realizar tareas visuales en el día a día, (3) **Dolor ocular**: Según donde tenga la molestia, el dolor de ojos se divide en dos categorías: dolor ocular (se produce en la superficie del ojo) y dolor orbital

(se produce dentro del ojo), (4) **Sensación de cuerpo extraño (SCE)**: Casi siempre obedece a la presencia de una pestaña o de otro elemento sobre la superficie de la conjuntiva (membrana) que recubre al ojo, (5) **Ardor ocular (AO)**. Con el fin de cuantificar la variable de salida del sistema, que estima la severidad del daño a partir del comportamiento de las variables de entrada. Se tiene en cuenta una suma ponderada de cada una de las variables de entrada al sistema;

$$S = w_1 \cdot OR + w_2 \cdot BAV + w_3 \cdot DO + w_4 \cdot SCE + w_5 \cdot AO \quad (1)$$

Para el ajuste de los valores de cada uno de los pesos en la combinación lineal presentada en (1), se requiere interpolar sobre un conjunto de datos almacenados. El problema de la interpolación requiere encontrar una función $s(x)$, que aproxime a una función dada ciertos valores conocidos de un conjunto de puntos x_1, x_2, \dots, x_n una función de base radial es una función de la forma:

$$S(x) = \sum_{i=1}^N \varphi_i \phi(\|x - x_i\|) \quad (2)$$

Donde los φ_i son los factores de ponderación o pesos, $\|\cdot\|$ es la norma Euclídea, y ϕ son funciones básicas predefinidas [9].

Intervalos de confianza: Para la construcción de los conjuntos difusos de la variable que cuantifica el nivel de agudeza visual se ha utilizado el concepto estadístico de Intervalos de Confianza (IC). Estos se utilizan cuando es imposible realizar un estudio en todas las personas de la población objetivo, y los estudios se realizan comúnmente en una muestra de personas extraídas de la población, según [10]. Los datos autorizados por el equipo de profesionales de trabajos se hicieron sobre 173 muestras históricas de pacientes. La Figura 2, presenta el gráfico que determina la probabilidad de problemas de agudeza visual.

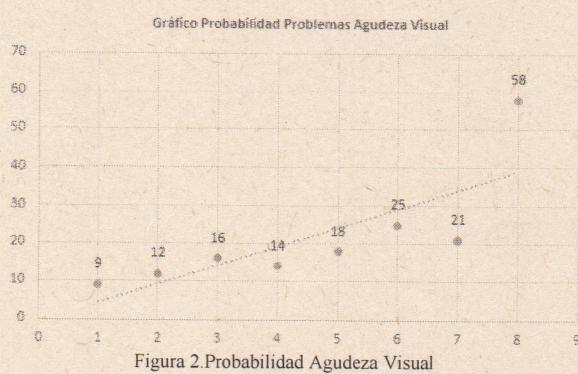


Figura 2. Probabilidad Agudeza Visual

Para el diseño de los conjuntos difusos de la variable (OR), la cual se toma de ejemplo, se asignó el rango [0,10] para

definir el universo del discurso, y el numero de conjuntos definidos fue cinco, tal como se muestra en la Figura 3.

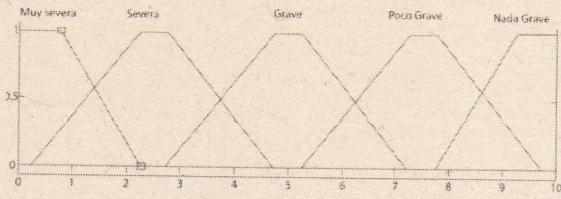


Figura 3. Fusificación variables

IV. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Teniendo en cuenta que los sistemas expertos están basados en los conocimientos de expertos y que estos conocimientos se soportan en un conjunto de reglas. Para la implementación del sistema, denominado **Virtual Clinic** se tomó como referencia una arquitectura soportada en capas, bajo la filosofía WebAPI, la cual tiene la facultad de integrarse a la WEB y a dispositivos móviles. El diagrama de capas del sistema experto implementado tiene dos componentes esenciales: el primero de ellos es el núcleo del sistema que contiene toda la lógica del sistema de prediagnósticos y el módulo de administración la de la cache en REDIS. La Fig. 4, muestra las capas

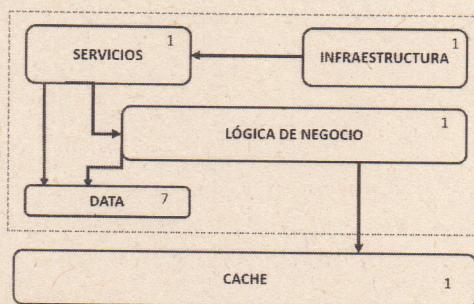


Figura 4 Componentes del sistema.

La estructura adoptada para el desarrollo del sistema muestra la distribución de los objetos que componen el sistema, dos componentes fundamentales integran la funcionalidad general, el primero de ellos constituye la lógica que implementa el uso del prediagnóstico, el segundo componente administra la información almacenada, básicamente los objetos de las reglas del sistema difuso y los prediagnósticos para que el sistema no esté en la necesidad de reconstruirlos por cada ingreso al servicio.

La distribución de las funcionalidades se realizó de acuerdo a su comportamiento dentro del sistema y se reconocen las siguientes categorías: la primera es la categoría de servicios, en esta se encuentra la clase que implementa los servicios que serán invocados por el resto de la solución de **VirtualClinic**, la siguiente categoría es la de Infraestructura, en esta se soporta todas las interfaces

que determinan el comportamiento de los servicios, en la tercera categoría está la lógica de negocio, compuesta por todas las clases, la última está compuesta por los datos, en la cual reside todo el modelo de datos de negocio. Los números en el diagrama representan la cantidad de clases presentes dentro de cada capa. La siguiente imagen permite reconocer el tipo de clases implementadas, a que capa pertenece y si esta admite o no validación.

La Fig. 5, presenta el Diagrama de componentes para el sistema.

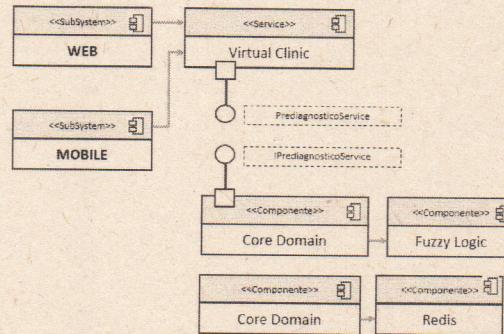


Figura 5. Diagrama de componentes

Por medio de los componentes WEB y Móvil es posible acceder a los servicios de VirtualClinic, como se ha llamado al sistema. El cual brinda un prediagnóstico integrado con un sistema difuso. La Figura 6. Detalla la estructura adoptada para el sistema.

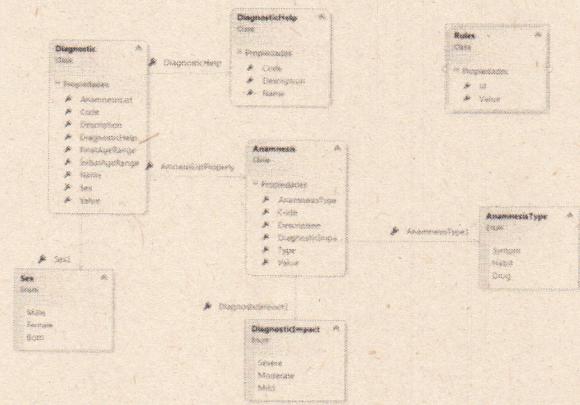


Figura 6. Diagrama de Datos.

Las relaciones detalladas en Fig. 6 indican que cada diagnóstico está conformado por una serie de síntomas y signos, que son comúnmente conocidos como anamnesis. También se puede destacar que un diagnóstico puede ser descartado de acuerdo al sexo de un paciente. Además se puede detallar de las relaciones que un diagnóstico puede

tener asociados una serie de estudios o exámenes que permitirían descartarlo.

V. RESULTADOS Y TRABAJO FUTURO

El sistema experto presentado requiere de mayores ajustes para el establecimiento de los prediagnósticos de acuerdo a los síntomas hasta el momento registrados. Se deben ajustar además algunos parámetros de los conjuntos difusos de acuerdo a la experiencia del personal experto y con el soporte de información estadística.

Se dispone de un desarrollo WEB usando el patrón MVC5 publicado en el portal de Azure (Microsoft). El sitio consta de una página principal de bienvenida, una opción para consultar pre diagnósticos, un acerca de y un link de contacto. Este portal ha sido de gran ayuda para la construcción de prediagnósticos de acuerdo a la información suministrada por pacientes.

Haga click en DEMO Para ingresar a la aplicación implementada hasta el momento.
<http://exiswebprediagnostictest20161123082800.azurewebsites.net/Syntom/SyntomView>

Como trabajo futuro, se espera ajustar el sistema por medio del ingreso de otros diagnósticos y nuevas reglas para precisar los rangos de cada uno de los conjuntos difusos definidos en cada una de las variables. Adicionalmente se espera validar los modelos adoptados para el diseño de los conjuntos difusos en un entorno real.

REFERENCIAS

- [1] K. Dominguez, A. Aguilar, Posada R, Palet J. «Development of an expert system as a diagnostic support of cervical cancer in atypical glandular cells, based on fuzzy logics and image interpretation.» *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 1, nº 17, 2013.
- [2] L. A. Zadeh, «Soft computing and fuzzy logic.» *IEEE Software*, vol. 11, nº 6, pp. 48-56, 1994.
- [3] Meza-Palacios R et al, «Development of a fuzzy expert system for the nephropathy control assessment in patients with type 2 diabetes mellitus.» *Expert Systems With Applications*, pp. 1-9, 2016.
- [4] R. Meza Palacios, A. Aguilar-Lasserrea y C. F. Vázquez, «Development of a fuzzy expert system for the nephropathy control assessment in patients with type 2 diabetes mellitus.» *Expert Systems With Applications*, pp. 1-9, 2016.
- [5] D. (. N. d. Estadísticas), «Censo Geneal,» 2005.
- [6] V. Novák, «Which logic is the real fuzzy logic?» *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 157, nº 5, pp. 635-641, 2006.
- [7] L. A. Zadeh, «The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I.» *Information Sciences*, vol. 8, p. 199–249., 1975.
- [8] A. F. M. H. M. A. & Z. L. Bourouis, «An intelligent mobile based decision support system for retinal disease diagnosis.» *Decision Support Systems*, pp. 341-350, 2014.
- [9] E. J. M. Aristizabal, F. Moreno y A. Bedoya , «Diseño de un sistema difuso para valoración de aportes en sistemas colaborativos.» *Revista Ingenierías*, vol. 11, nº 20, pp. 139-152, 2012.
- [10] A. K. Akobeng, *Confidence intervals and p-values in clinical decision making*, Manchester, 2008.
- [11] M. .. Y. A. a. S. Tawfik .S, «An Expert System for Diabetes Diagnosis,,» *American Academic & Scholarly Research Journal*, vol. 4, nº 5, 2012..
- [12] R. Z. Khan, «DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS,» *International Journal of Information Technology & Management Information System*, vol. 6, nº 2, pp. 49-59, 2015.
- [13] F. P. A. G. G. L. & M. C. Alonso-Amo, «An expert system for homeopathic glaucoma treatment (SEHO).» *Expert Systems with Applications* , pp. 89-99, 1995.
- [14] M. Macmillan, *Expert Systems: Design and Development*, New York, 1994.
- [15] M. C. W. a. J. J. F. . P. W. Kwan, «A knowledge-based Decision Support System for adaptive fingerprint identification that uses relevance feedback.» *Knowledge-Based Syst.*, vol. 73, pp. 236-253, 2015.
- [16] altavision, «altavision,» 1 10 2016. [En línea]. Available: <http://www.altavision.com.co/estadisticassaludvisual.php>.
- [17] M. S. Abdel-Badeeh, M. Roushdy y R. A. HodHod , «A CASE BASED EXPERT SYSTEM FOR SUPPORTING DIAGNOSIS OF HEART DISEASES.» *AIML Journal.*, vol. 5, nº 1, 2005.

CISTI'2017 - 12^a Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

OpenConf Peer Review & Conference Management System

[OpenConf Home](#) | [Email Chair](#)

Submission

Thank you for your submission. Your submission ID number is 223. Please write this number down and include it in any communications with us.

Below is the information submitted. We have also emailed a copy to the submission contact. If you notice any problems or do not receive the email within 24 hours, please contact us.

Submission ID: 223

Title: "Virtual Clinic" Diseño e implementación de un sistema experto para diagnósticos oftalmológicos

Submission Type: Short Paper

Author 1:

First Name: Jaime Alberto
Last Name: Echeverri Arias
Organization: Universidad de Medellin
Country: Colombia
Email: jaecheverri@udem.edu.co

Contact Author: Author 1

Alternate Contact: jaime.echeverri@gmail.com

Topic(s):

- Software Systems, Architectures, Applications and Tools
- Health Informatics

Abstract: El desarrollo de sistemas expertos para el apoyo a diagnósticos en diferentes áreas de la medicina tiene importantes implicaciones, se puede destacar la posibilidad de contar con tratamientos oportunos y efectivos. La detección temprana de una anomalía y un control efectivo de ésta puede evitar el avance de una enfermedad. En este trabajo se muestra el avance en el diseño y la implementación de un sistema experto para diagnósticos oftalmológicos soportados en elementos de la lógica difusa para ayudar en la evaluación de síntomas relacionados con el sentido de la visión

Keywords: sistemas expertos, diagnósticos médicos, lógica difusa.

Comments:

File: uploaded