

BASE DE CONOCIMIENTOS DEL MONITOREO DE PARÁMETROS SANGUÍNEOS

I. Rivera, M. Olguín, J. C. Herrera
CIDETEC, Instituto Politécnico Nacional

Resumen

Se propone un sistema capaz de brindar apoyo al paciente diabético, dado el gran desconocimiento que la población tiene respecto a esta enfermedad. La base de conocimientos se elaboró gracias a la asesoría de médicos y laboratoristas clínicos. Esta primera versión del sistema inteligente utiliza como motor de inferencia la **lógica difusa**, dadas sus características de manejo de incertidumbre. El proyecto permitirá llevar un registro preciso de los niveles de diferentes parámetros sanguíneos de un paciente, así como generar representaciones gráficas y estadísticas de control, de forma que apoye en la prevención y toma de decisiones oportunas sobre la diabetes.

Palabras Clave: Sistema Experto, Lógica Difusa, Diabetes, Parámetros Sanguíneos, Base de Conocimientos, Motor de Inferencia.

1. Introducción

No hace mucho tiempo, se creía que algunos problemas como la demostración de teoremas, el reconocimiento de la voz y de patrones, ciertos juegos (como el ajedrez o las damas), y sistemas altamente complejos de tipo determinista o estocástico, debían ser resueltos solo por personas, dado que su formulación y resolución requieren ciertas habilidades propias de los seres humanos (como la habilidad de pensar, observar, memorizar, aprender, ver, oler, etc.). Sin embargo, el trabajo realizado en las tres últimas décadas por investigadores procedentes de varios campos muestra que muchos de estos problemas pueden ser formulados y resueltos por máquinas. El amplio campo conocido como *Inteligencia Artificial* (IA) trata de estos problemas, que en un principio parecían imposibles, intratables y difíciles de formular utilizando computadoras [?].

Hoy en día, el campo de la IA engloba varias subáreas tales como los sistemas expertos, la demostración automática de teoremas, el juego automático, el reconocimiento de la voz y de patrones, el procesamiento del lenguaje natural, la visión artificial, la robótica, las redes neuronales, etc. (una revisión de los campos que componen la IA se puede encontrar en Castillo, Gutiérrez y Hadi, 1997; véase figura ??). Aunque los sistemas expertos constituyen una de las áreas de investigación en el campo de la IA, la mayor parte de las restantes áreas, si no todas, disponen de una componente de sistemas expertos como parte de ellas.

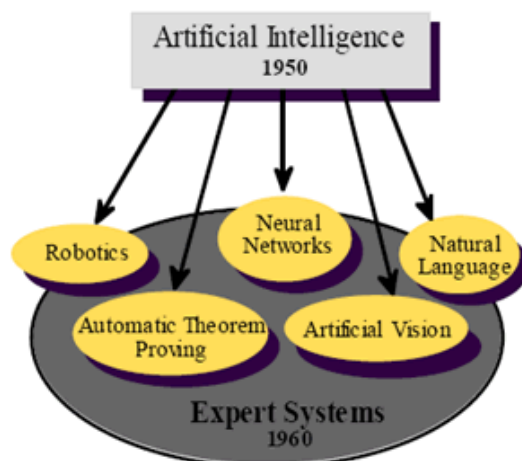


Fig. 1. Áreas de la Inteligencia Artificial

2. Componentes de un sistema experto

Los sistemas expertos son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una cierta especialidad o campo. Por ejemplo, un sistema experto en diagnóstico médico requeriría como datos los síntomas del paciente, los resultados de análisis clínicos y otros hechos relevantes; a partir de estos datos, buscaría en una base de datos la información necesaria para identificar la correspondiente enfermedad.

Un sistema experto de verdad no solo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también los manipula de forma tal que el resultado sea inteligible y tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente especificadas.

La figura 1 ilustra los distintos componentes de un sistema experto.

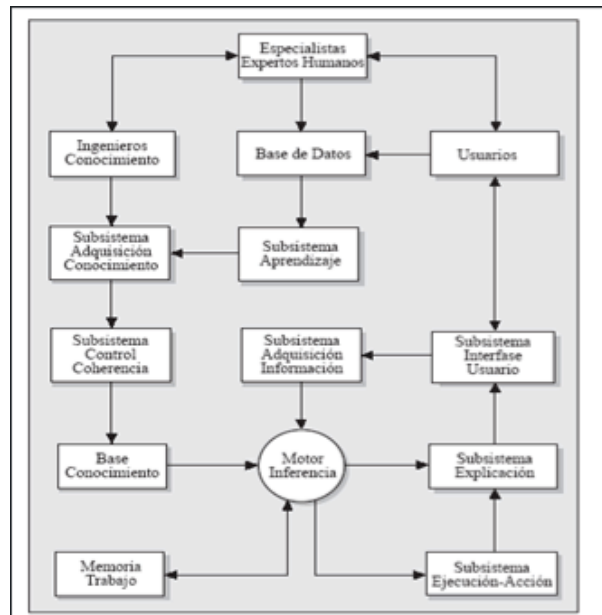


Figura 1 Componentes de un sistema experto.

3. Tipos de sistemas expertos

Los problemas con los que pueden tratar los sistemas expertos pueden clasificarse en dos tipos: *problemas esencialmente deterministas* y *problemas esencialmente estocásticos*. Por ejemplo, en el campo médico las relaciones entre síntomas y enfermedades se conocen solo con un cierto grado de certeza (la presencia de un conjunto de síntomas no siempre implica la presencia de una enfermedad) [?].

Consecuentemente, los sistemas expertos pueden clasificarse en dos tipos principales según la naturaleza de los problemas para los que están diseñados: **deterministas** y **estocásticos**.

Los problemas de tipo determinista pueden formularse usando un conjunto de reglas que relacionen varios objetos bien definidos. Los sistemas expertos que tratan problemas deterministas son conocidos como *sistemas basados en reglas*.

En situaciones inciertas, es necesario introducir medios para tratar la incertidumbre. Algunos sistemas expertos usan la misma estructura de los sistemas basados en reglas, pero introducen una medida asociada a la incertidumbre de las reglas y a la de sus premisas. Durante las últimas décadas se han propuesto algunas medidas de incertidumbre, entre ellas:

- **Factores de certeza**, usados en el conjunto de reglas para generar sistemas expertos como el sistema MYCIN.
- **Lógica difusa**, que permite modelar el conocimiento impreciso de forma gradual entre 0 y 1.
- **Probabilidad**, en la que la distribución de un conjunto de variables describe las relaciones de dependen-

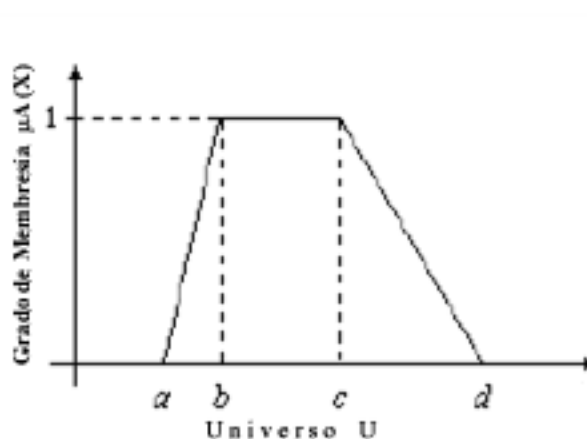
cia entre ellas y se sacan conclusiones usando fórmulas de la teoría de la probabilidad. Este es el caso del sistema experto PROSPECTOR, que utiliza el teorema de Bayes para la exploración de mineral [?].

Los sistemas expertos que utilizan la probabilidad como medida de incertidumbre se conocen como *sistemas expertos probabilísticos*, y la estrategia de razonamiento que usan se denomina *razonamiento probabilístico* o *inferencia probabilística*.

4. Propuesta de sistema experto de apoyo al paciente diabético

Lo que se propone en este sistema es brindar apoyo al paciente diabético dado el gran desconocimiento que la población tiene respecto a esta enfermedad. La base de conocimientos se elaboró gracias a la asesoría de los médicos y laboratoristas del Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos MONTECRISTO, ubicado en Chalco, Estado de México.

Esta primera versión del sistema inteligente utiliza como motor de inferencia la **Lógica Difusa**, dadas sus características de manejo de incertidumbre. Las etapas de una máquina de inferencia difusa se ilustran en la figura ??.



4.1 Fuzzificación

La **fuzzificación** es la etapa que transforma los valores de las variables de entrada al rango de valores difusos $[0 \rightarrow 1]$, o grados de verdad, donde 0 es falso y 1 es cierto.

4.2 Mecanismo de inferencia difusa

El **mecanismo de inferencia difusa** está compuesto por reglas de la forma:

SI *Antecedente 1* Y *Antecedente 2* ENTONCES *Consecuente*

Los antecedentes corresponden con las variables de entrada y los consecuentes con las variables de salida.

4.3 Variables de entrada

Las **variables de entrada** son los parámetros que el médico observa mediante una serie de preguntas específicas practicadas al paciente, tomadas de la Norma Oficial Mexicana para el manejo de la diabetes (ver Apéndice A). Por ejemplo:

- Raciones o porciones diarias de los grupos alimenticios.
- Historia clínica del paciente.
- Escala de factores de riesgo.
- Niveles de glucosa, etc.

4.4 Variables de salida

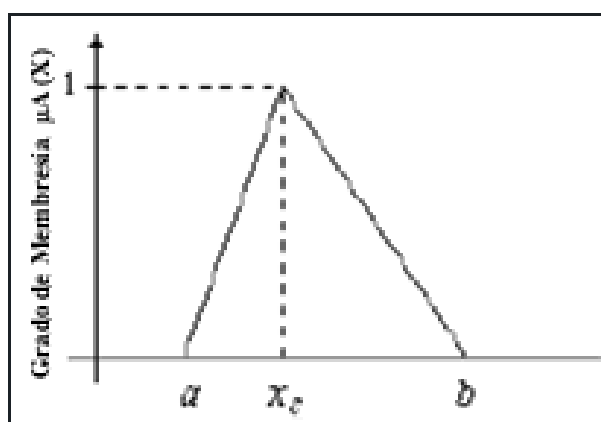
Las **variables de salida** son las recomendaciones a seguir por el paciente para cuidar de su salud, también especificadas en la Norma Oficial Mexicana (ver Apéndice B). Por ejemplo:

- Reducción del consumo habitual de kilocalorías.
- Limitar consumo de grasas.
- Aumento o disminución de la dosis de insulina, etc.

4.5 Funciones de membresía

Esta primera versión utiliza **3 funciones de membresía** (tipo trapecioide y triangular) por variable de entrada, y **3 funciones de membresía** (tipo *singleton*) por variable de salida. Las formas funcionales se muestran en las figuras ?? y ??.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{si } b \leq x^* \leq c \\ \left(1 - \frac{|b - x^*|}{b - a}\right), & \text{si } a < x^* < b \\ \left(1 - \frac{|x^* - c|}{d - c}\right), & \text{si } c < x^* < d \\ 0, & \text{de otra manera} \end{cases}$$



4.6 Método de inferencia y defuzzificación

El **método de inferencia** para el manejo de las reglas es el **método Min-Max**: se toman los valores mínimos de verdad de los antecedentes y el valor máximo en los consecuentes.

Para determinar el valor de salida se utilizó el **método del Centroide** (o Centro de Gravedad), que produce la salida como un promedio ponderado de los consecuentes:

$$SR = \frac{\sum_i P_{s_i} \cdot M_i}{\sum_i M_i} \quad (1)$$

donde P_{s_i} es el punto singleton de la i -ésima variable de salida y M_i es el grado de activación del consecuente correspondiente.

4.7 Matriz de Inferencia Difusa (FAM)

Las reglas se realizaron tomando como referencia las recomendaciones de la norma mexicana y la experiencia de los médicos y laboratoristas. Se trabaja por pares de variables de entrada contra una variable de salida, construyendo lo que en lógica difusa se conoce como **Matriz de Inferencia Difusa** (FAM, *Fuzzy Associative Memory*), presentada en la tabla 1.

Cuadro 1 Tabla de Inferencia Difusa (FAM). G_p : glucosa postprandial; G_d : grasas diarias; C_f : dieta fraccionada < 1500 kcal. (A = alta; M = media; B = baja).

$G_d G_p$	Poco	Regular	Mucho
Alta	M	A	A
Media	B	M	A
Baja	B	B	M

A partir de la FAM es posible enunciar fácilmente cada una de las reglas. Por ejemplo:

Si el nivel de glucosa postprandial es alto (> 240 mg/dl) Y el consumo de grasas diarias es alto (> 4 porciones/día), ENTONCES el consumo calórico diario será fraccionado alto (6 comidas diarias a < 1500 kcal/día).

El método propuesto en este trabajo consiste en relacionar a través de varias FAM conjuntos de pares de variables de entrada y posibles variables de salida, en el entendido de que dicha salida mantiene una estrecha relación con la entrada.

5. Uso del sistema experto

Para usar el programa se deben plantear las variables de entrada y salida sobre las cuales se desea hacer el análisis, así como las reglas que rigen su relación. El programa es el esqueleto general para cualquier relación del conjunto de variables de entrada y salida indicadas en los Apéndices A y B respectivamente.

El programa solicita los rangos de operación de las variables, los cuales son aquellos recomendados por la norma y los médicos especialistas. Las reglas deben almacenarse previamente en la base de conocimientos, correspondiente al arreglo de datos `char reglas[9]` del listado del programa en la sección titulada «Inferencia Difusa». Las reglas se codifican mediante caracteres: A para indicar un valor «alto», M para «medio» y B para «bajo».

El programa entrega como resultado el **Valor Real** obtenido por el método del Centroide (ecuación 1), expresado en el rango predefinido por la norma para dicha salida.

6. Pruebas y resultados

Para probar el funcionamiento del programa se establecieron dos variables de entrada y una de salida:

Entrada 1. G_p : Nivel de glucosa postprandial. Es el nivel de concentración en mg/dl de glucosa capilar medido 2 horas después de reingerir alimentos. Sus rangos corresponden con lo especificado por la norma mexicana (véase figura ??).