Inteligencia Artificial en Medicina

Adalid Mamani Guarachi
adalid_spy@hotmail.com

RESUMEN

El presente documento tiene como fin, establecer un entorno general alrededor de las aplicaciones actuales que tiene la Inteligencia Artificial en el diagnóstico médico. La Inteligencia Artificial como parte importante de la computación tiene múltiples ramas y cada rama tiene importantes aplicaciones médicas que son analizadas con profundidad y sencillez a la vez. El diagnóstico médico apoyado mediante aplicaciones de la Inteligencia Artificial se puede ver referenciado desde varias de sus principales técnica tales como los sistemas expertos (diagnóstico basado en reglas, probabilidades), lógica difusa (diagnóstico basado en clasificación), redes neuronales (diagnóstico basado en entrenamiento y reconocimiento), minería de datos aplicada (diagnóstico mediante el reconocimiento de patrones).

Figura 1

Palabras clave

Sistemas Expertos, Diagnóstico Médico, Inteligencia Artificial, Agentes Inteligentes, Lógica Difusa, Redes Neuronales.

1. INTRODUCCION

Desde el inicio de la Inteligencia Artificial ubicado aproximadamente a final de la década de los 50, sus técnicas han sido utilizadas y aplicadas en diversas áreas comunes al desempeño cotidiano de las personas, ayudando, reemplazando, simulando las acciones o decisiones tomadas por individuos con ciertas características en particular. Como una de sus principales áreas de aplicación se puede destacar particularmente la medicina, dado que la Inteligencia Artificial logró su mayor impacto inicial en ella a través de los sistemas expertos y específicamente por medio de los sistemas de diagnóstico.

El diagnóstico médico es una tarea que requiere de gran precisión, dada la trascendentalidad que puede llevar consigo una decisión mal tomada. Por lo tanto dicha actividad es realizada por médicos con una cierta cantidad de experiencia en el área en la que se este realizando el diagnóstico. La Inteligencia Artificial como su mismo significado lo expresa, pretende emular la capacidad natural que posee el hombre en la toma de decisiones de cualquier tipo, imitando tanto su modo de aprendizaje como la manera en que basado en dicho conocimiento puede llegar a tomar decisiones. Para este propósito se han venido aplicando diferentes ramas de la Inteligencia Artificial dentro de las cuales se pueden destacar los Sistemas Expertos (mencionados anteriormente), las Redes Neuronales, la Minería de Datos, los Agentes Inteligentes.

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se establecerá una definición global de algunos de los términos básicos a utilizar a lo largo del documento, presentando las características básicas e importantes, con el fin de unificar los criterios y permitir una mejor comprensión de la idea a desarrollar dentro del resto de contenido del documento.

Figura 2

2.1 Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial es una combinación de las ciencias computacionales, fisiología y filosofía, reúne varios campos (Robótica, sistemas expertos, sistemas inteligentes entre otros), todos los cuales tienen en común la creación de “máquinas” que pueden "pensar" tal y como lo hacen los humanos. La idea de construir una máquina, que pueda ejecutar tareas que parecen necesitar de la inteligencia humana para llevarse a cabo es un atractivo. Las tareas que han sido estudiadas desde este punto de vista incluyen juegos, traducción de idiomas, diagnóstico (médico, de fallas), robótica, suministro de asesoría experta en diversos temas.

Es así como los sistemas de administración de base de datos cada vez más sofisticados, la estructura de datos y el desarrollo de algoritmos de inserción, borrado y locación de datos, así como el

intento de crear máquinas capaces de realizar tareas que son pensadas como típicas del ámbito de la Inteligencia humana.

Los trabajos teóricos fundamentales fueron el desarrollo de algoritmos matemáticos por Warren McCullock y Walter Pitts, en 1943, necesarios para posibilitar el trabajo de clasificación, o funcionamiento en sentido general, de una red neuronal. En 1949 Donald Hebb desarrolló un algoritmo de aprendizaje para dichas redes neuronales creando, en conjunto con los trabajos de McCullock y Pitts, la escuela creacionista. Esta escuela se considera hoy como el origen de la Inteligencia Artificial, sin embargo se trató poco por muchos años, dando paso al razonamiento simbólico basado en reglas de producción, lo que se conoce como sistemas expertos.

2.2 Diagnóstico Médico

Tal vez el mayor problema en el campo médico es realizar el diagnóstico de una enfermedad, uno de los inconvenientes más importantes en éste proceso es la subjetividad del especialista que lo realiza; este hecho se hace notar en particular en actividades de reconocimiento de patrones, donde la experiencia del profesional esta directamente relacionada con el diagnóstico final, esto es debido al hecho de que el resultado no depende de una solución sistematizada sino de la interpretación de los síntomas del paciente.

Para el diagnóstico en general y el diagnóstico médico particularmente la integración rápida y fácil de conocimiento que pueda reemplazar al antiguo es un factor fundamental, dado que el diagnóstico médico es un proceso muy complejo, que requiere la recopilación de los datos del paciente, un profundo entendimiento de la literatura médica alrededor del tema y muchos años de experiencia clínica, sin embargo un diagnóstico totalmente preciso no puede ser realizado sin antes considerar muchas alternativas. Como resultado de esta incertidumbre las decisiones tomadas por diferentes médicos en diferentes estados del proceso de diagnóstico no siempre son las mismas, porque cada caso particular tiene un proceso de decisión diferente para cada médico así se trate del diagnóstico de el mismo tipo de enfermedad.

2.3 Sistema Experto

Los sistemas expertos forman parte de las ciencias de la computación y dentro de ésta se ubican en la rama específica de la Inteligencia Artificial. Éste término fue usado por primera vez por Edward A. Feigenbaum [1977]. Él estipuló que el poder de resolución de un problema en un programa computacional viene del conocimiento de un dominio específico y no solamente de las técnicas de programación y del formalismo que contiene.

Los Sistemas Expertos, se pueden entender según Gholam H [1988] como programas de computación que almacenan conocimiento de expertos humanos en algún área específica y luego permiten usar ese conocimiento, para resolver problemas de una manera muy aproximada a la que el experto utilizaría.

Para esto, se debe tener en cuenta que la principal característica del experto humano viene a ser el conocimiento o habilidades profundas en ese campo concreto, por consiguiente, un Sistema Experto debe ser capaz de representar ese conocimiento profundo, con el objetivo de utilizarlo para resolver problemas, justificar su comportamiento e incorporar nuevos conocimientos. Se podría incluir también el hecho de poder comunicarse en lenguaje natural con las personas, si bien esta capacidad no es tan determinante como las anteriores.

La principal manera de obtención de resultados en un sistema experto es basándose en la generación de reglas, estas se obtienen del experto humano y representan el conocimiento extraído mediante sentencias de la forma SI – ENTONCES. Las reglas pueden ser usadas para realizar operaciones entre los datos, inferir y encontrar la conclusión más apropiada. Por lo tanto se puede concluir que la potencia de un Sistema Experto se basa más que en una gran cantidad de conocimiento, en un formal ismo deductivo muy eficaz. La idea que se persigue cuando se construye un Sistema Experto es la de automatizar la labor del experto, partiendo en ocasiones de información insuficiente o incompleta.

Según la clase de problemas hacia los que estén orientados, podemos clasificar principalmente los Sistemas Expertos en diversos tipos entre los que cabe destacar: diagnóstico, pronóstico, planificación, reparación e instrucción.

2.4 Redes Neuronales

Una Red Neuronal Artificial (RNA) es un modelo que emula una Red Neuronal Biológica. Este concepto es usado para implementar simulaciones de software en procesos paralelos masivos que envuelven el procesamiento de elementos interconectados en una arquitectura de red. Las neuronas artificiales reciben entradas que son equivalentes a los impulsos eléctricos de las dendritas de las neuronas biológicas reciben de otras neuronas. La salida de la neurona artificial, equivale a la señal enviada fuera de la neurona biológica a través de su axón. Estas señales artificiales pueden ser cambiadas del mismo modo en que ocurren los cambios físicos en la sinapsis de la neurona biológica.

2.5 Lógica Difusa

Está técnica usa la teoría matemática de grupos difusos, que simula el proceso de razonamiento humano, permitiendo al computador comportarse menos precisa y lógicamente que los computadores convencionales. Esta aproximación es usada particularmente porque la toma de decisiones del mundo real, no siempre esta enmarcada en decisiones del tipo blanco o negro, verdadero o falso. Estas decisiones a menudo involucran áreas de grises o términos de tal vez.

2.6 Agentes Inteligentes

Al igual que ocurre con la propia definición de la Inteligencia Artificial, se pueden encontrar propuestas en la literatura un gran número de definiciones del concepto de agente, sin que ninguna de ellas haya sido plenamente aceptada por la comunidad científica, siendo quizás la más simple la de Russell [1996], que considera un agente como una entidad que percibe y actúa sobre un entorno, es decir, un Agente Inteligente es un programa de computador que ayuda al usuario con rutinas que pueden ser usadas por otros programas. Basándose en esta definición, se pueden caracterizar distintos agentes de acuerdo a los atributos que posean (y que

van a definir su comportamiento) para resolver un determinado problema.

Se dice que un agente esta situado en un entorno y dicho entorno para el agente puede ser la propia red (Internet). Por otra parte en la definición se indica que debe percibir y actuar en dicho entorno. Para dado caso, la percepción se puede ver en el hecho de que el agente va recibiendo e instruyéndose de las peticiones que se hacen, mientras que la acción queda latente cuando el agente muestra información que el mismo ha buscado en la red.

2.7 Ontologías

Sistemas ontológicos son sistemas de vocabulario que usan dicho vocabulario como concepto fundamental para describir las tareas o el dominio del conocimiento a ser identificado. El vocabulario es usado como base de la comunicación de los expertos y el conocimiento de los ingenieros que pretenden desarrollar un aplicativo implementando dicho conocimiento.

3. DESARROLLO

La Inteligencia Artificial es un campo de estudios muy amplio, y en constante cambio. Sin embargo, su producto final es siempre *software*. Estos programas, producto del trabajo de la Inteligencia Artificial, son denominados Sistemas Inteligentes.
Un Sistema Inteligente incorpora conocimiento sacado de la experiencia y experticia de los expertos humanos. Los campos de aplicación de tales Sistemas Inteligentes son muy variados, pensemos por ejemplo en un sistema de diagnóstico médico, o en un sistema integrado de ayuda a la toma de decisiones empresariales. En cualquier caso, un Sistema Inteligente partirá de unos datos y los convertirá en información (conocimiento), de modo que ayude a tomar una decisión. Para convertir los datos en información útil, empleará algoritmos de razonamiento, aprendizaje, evolución, etc. Además, el Sistema Inteligente actuará siempre en tiempo real, lo que representa un aumento de la productividad.
En el caso de la medicina las aplicaciones de la Inteligencia artificial son tan amplias que no podremos ni siquiera resumirlas todas, por lo que hacemos mención de algunas de las que más extensamente se han usado y de algunas de las que más se están utilizando en la actualidad.

3.1 Sistemas Expertos

Constituye hoy en día el área de aplicación de la Inteligencia Artificial dentro de la medicina de mayor éxito. Los sistemas expertos permiten almacenar y utilizar el conocimiento de uno o varios expertos humanos en un dominio de aplicación concreto.
Un sistema experto genérico consta de dos módulos principales:

- La base de conocimientos del sistema experto con respecto a un tema específico para el que se diseña el sistema. Este conocimiento se codifica según una notación específica que incluye reglas, predicados, redes semánticas y objetos.
- El motor de inferencia: es el que combina los hechos y las preguntas particulares, utilizando la base de conocimiento, seleccionando los datos y pasos apropiados para presentar los resultados.

Su uso incrementa la productividad, mejora la eficiencia en la toma de decisiones o simplemente permite resolver problemas cuando los expertos no están presentes. Muchos son los ejemplos de sistemas expertos desarrollados.

Los resultados de la inteligencia artificial han sido utilizados también para la elaboración de aplicaciones de Enseñanza Asistida por Computadoras en las ciencias médicas. El ejemplo más representativo de este tipo de sistemas es el GUIDON, un tutorial inteligente basado en el sistema experto MYCIN. El objetivo de este último es diagnosticar infecciones bacterianas en la sangre y sugerir el tratamiento adecuado.

El sistema GUIDON se inicia con la presentación de un caso clínico sobre el cual el sistema va proporcionando información adicional a solicitud del estudiante y almacena la información sobre el tipo y número de consultas que va realizando, así como el orden de razonamiento que emplea el estudiante al tratar de resolver el caso problema. El GUIDON puede interrumpir la consulta y reorientar al estudiante en el momento en que presenta una de las reglas apropiadas para la solución. Este sistema proporciona ayuda al estudiante en función del camino que éste va siguiendo para solucionar el caso.

El GUIDON también cuenta con la posibilidad de hacer presentaciones de casos clínicos de tipo tutorial, con el propósito de introducir nuevo material o establecer diálogos sobre los mecanismos de inferencia referentes al caso para llegar al diagnóstico y tratamiento adecuados.

Desarrollar tutoriales inteligentes como el GUIDON requiere de un gran tiempo de trabajo y un enorme costo, ya que implica, en primer lugar, adquirir conocimientos de un experto humano, almacenarlos en una computadora y manejarlos con los recursos que esta última brinda, para obtener un resultado o solución igual o suficientemente cercana a la de un experto humano. El sistema además, debe poder explicar en todo momento su razonamiento. Por su complejidad, estos no son los sistemas que más comúnmente se desarrollan para la enseñanza.

La tecnología de sistemas expertos ha probado su utilidad en campos muy heterogéneos del saber humano, a modo de ejemplos podemos citar algunos Sistemas Expertos:
MYCIN, construido también en Stanford, diagnostica enfermedades infecciosas de la sangre y receta los antibióticos apropiados. Es un Sistema Experto para la realización de diagnósticos, iniciado por Ed Feigenbaum y posteriormente desarrollados por E. Shortliffe y sus colaboradores. Su función es la de aconsejar a los médicos en la investigación y determinación de diagnósticos en el campo de las enfermedades infecciosas de la sangre. El sistema MYCIN, al ser consultado por el médico, solicita primero datos generales sobre el paciente: nombre, edad, síntomas, etc. Una vez conocida esta información por parte del sistema, el Sistema Experto plantea unas hipótesis. Para poder verificarlas comprueba primero la exactitud de las premisas de la regla. Esto se realiza mediante una búsqueda de enunciados correspondientes en la base de conocimientos. Estos enunciados pueden a su vez estar de nuevo en la parte de consulta de otra regla. También lo realiza mediante determinadas preguntas al usuario. Aquí se hacen preguntas del tipo: ¿Se ha practicado en el paciente algún tipo de intervención quirúrgica?
Con las respuestas que recibe, el MYCIN verifica o rechaza las

hipótesis planteadas. Una serie de exámenes han demostrado que el sistema MYCIN trabaja igual de bien que un médico.
PUFF, diagnostica enfermedades pulmonares.
CADUCEUS, de la Universidad de Pittsburgh, para diagnosticar medicina interna.

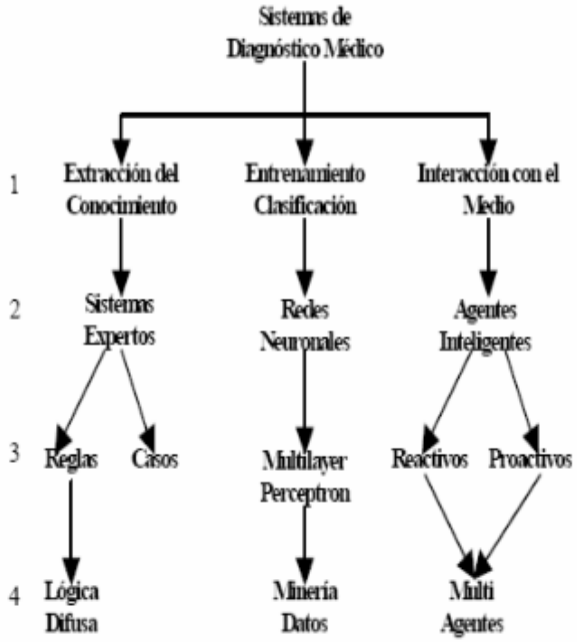

Fig. 1. Composición cronológica (izquierda a derecha) de las aplicaciones al diagnóstico médico usando métodos de Inteligencia Artificial.
1) Principio General (Basadas en);
2) Rama específica de la IA;
3) Clasificación dentro de la Rama;
4) Aplicación.

Figura 3

EMYCIN (Essential Mycin) Shell construido en la Universidad de Stanford sobre la base del MYCIN, sistema de expertos que realiza diagnóstico de enfermedades infecciosas a la sangre. Posteriormente sobre el EMYCIN se construyeron otros sistemas expertos como el PUFF (que diagnostica enfermedades pulmonares) y el SACON (Ingeniería estructural).
MED1 Este shell fue desarrollado en 1983 por F. Puppe en el marco de una tesis doctoral en la Universidad de Kaiserlautern y llevado a la práctica posteriormente en varios computadores. El lenguaje de programación sobre el que se basa, aunque no es accesible desde el MED1, es Interlisp. El MED1, como su nombre indica, es especialmente apropiado para sistema de diagnóstico médico. Debido al contexto de desarrollo, la interface del usuario no es en absoluta tan cómoda como en otros Shell como el KEE y el S1, cuyo desarrollo fue orientado hacia la explotación comercial. La principal ventaja del MED1, es su gran flexibilidad en la manipulación de conocimientos difusos.
HERMES (HEpathology Rule-based Medical Expert System) un sistema experto para el pronostico de las enfermedades crónicas más comunes (Bonfa, 1993).
SETH un sistema experto para el tratamiento del envenenamiento por el uso de drogas (Droy, 1993).
PROVANES un sistema experto híbrido para los pacientes críticos en anestesiología (Passold 1996).
ISS (Interactive STD Station) para el diagnóstico de las enfermedades de transmisión sexual (Alambrista y Kwon, 1997).
Dentro de los sistemas de diagnóstica médico basados en experiencia se puede encontrar un sistema de diagnóstico médico interactivo que es accesible a través de Internet (Manickam y Abidi, 1999), el razonamiento basado en casos (CBR) fue empleado en éste sistema para poder utilizar el conocimiento específico de experiencias previas, problemas o casos, el sistema puede ser usado por los mismos pacientes para diagnosticarse sin tener para hacer una visita frecuente a doctores.

4. APLICACIONES

Para entender de manera adecuada la exploración que se realizo a través de las diferentes aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el diagnóstico médico se presentara un esquema descriptivo.

4.1 Aplicación de redes neuronales

La clasificación de las áreas de la aplicación de redes neuronales en el campo de la Medicina, es la siguiente:
1) Diagnóstico: detección de cáncer y patologías cardíacas a través de las señales que se obtienen a partir de la aparatología médica. Los beneficios del uso de redes neuronales en diagnóstico no se ven afectados por factores como la fatiga, las condiciones desfavorables de trabajo, y los estados emocionales.

2) Analítica: en bioquímica se facilitan los análisis de orina, sangre, control de diabetes, ionogramas,y la forma de detectar condiciones patológicas a través del análisis bioquímico.

3) Imágenes: el procesamiento de mágenes de alta complejidad (RX; TAC; RNM; ecografías; Doppler, etc) mediante redes neuronales permitió establecer patentes referidas a imágenes significativas de patologías antes no demostradas.

4) Farmacología: singular valor en el desarrollo de drogas para el tratamiento del cáncer. También han sido utilizadas para el proceso de modelado de biomoléculas.

El algoritmo generalmente utilizado en los items 1), 2), y 4) es el de retropropagación. El comportamiento de una red neuronal depende de los pesos de las funciones de input-output (Funciones de transferencia).

En términos generales, podemos citar que las funciones típicamente pueden estar en alguna de estas tres categorías:

1) Función linear, donde la actividad de output es proporcional al peso total del output.

2) Gatillo, donde el output es establecido a uno de dos niveles, dependiendo de cuál input total es mayor que otro, o menor que otro, dependiendo del valor del gatillo.

3) Función sigmoide, donde el output varía permanentemente pero no en forma linear como los cambios del input.

En medicina, existen algunas aplicaciones recientes ampliamente usadas todavía que tienen como objetivo fundamental el de servir de apoyo al trabajo del médico en determinadas circunstancias, y entre las cuales podemos señalar las siguientes:

1. Asistente basado en casos para la clínica psiquiátrica.

2. Sistema basado en casos para el procesamiento de imágenes de tomografía axial computarizada y resonancia magnética, de tumores cerebrales.

3. Sistema asistente para el manejo de pacientes en unidades de cuidados intensivos

4. Asistente basado en casos para el diagnóstico y análisis del síndrome dismórfico).

5. Sistema de razonamiento automatizado para el diagnóstico y pronóstico del cáncer de próstata.

6. Sistema para la evaluación inicial de pacientes con SIDA.

7. Sistema basado en casos que utiliza una red neuronal artificial para el diagnóstico del infarto agudo de miocardio.

8. Sistema de RBC para el pronóstico de cardiopatías congénitas en recién nacidos.).

9. Sistema basado en casos para el cálculo de la dosis de antibióticos en cuidados intensivos.
10. Sistema de RBC para la detección de la enfermedad coronaria por escintigramas coronarios.

4.2 Otras aplicaciones:

CAEMF Dedicado al diagnóstico y seguimiento anteparto del estado materno-fetal)

SUTIL Aborda el problema de la monitorización inteligente en una unidad de cuidados coronarios y resuelve algunos problemas importantes relacionados con los sistemas expertos en tiempo real).

MEEDTOL Es una herramienta para el desarrollo de sistemas expertos que incluye un procedimiento propio para la representación del conocimiento mediante "magnitudes generalizadas", una especie de micromarcos).
TAO Consejero de terapia oncológica que incorpora el conocimiento estratégico necesario para la inclusión de enfermos en protocolos de quimioterapia y para el seguimiento del efecto del protocolo)

TAO-MEEDTOOL Sistema experto para ecocardiografía.
Como ejemplo de otros programas se encuentran, el programa Eliza, que simula el comportamiento de un psiquiatra que hace preguntas a un paciente, y el programa Parry, que simula el comportamiento de un paciente paranoico. Ambos tienen una gran capacidad de convencimiento, sin embargo no tienen idea de lo que dicen. Estos programas se limitan a reconocer palabras claves dentro de la frase tecleada por la persona, y tomando en cuenta algunas reglas sintácticas definidas con anterioridad, generan una respuesta adecuada. Por lo que carecen de inteligencia, pues en realidad ignoran lo que hacen.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Inteligencia. Diccionario terminológico de ciencias médicas 11 ed. Barcelona: Salvat, 1990:533.

[2] Alexander Sánchez Arbolaez, Aplicaciones de la inteligencia artificial en la medicina, Cuba – Santa Cruz

[3] John F Roddick, Peter Flue, Warwick J Graco, Exploratory Medical

[4] Knowledge Discovery, Artificial Intelligence in Medicine, March 2003.

[5] Rosa M. Vicari, Cecilia Flores, Andre M. Silvestre, A multi – agent intelligence environment for medical knowledge, Artificial Intelligence in Medicine, February 2003, Pages 335-366.

[6] Werner Horn, AI in medicine on its way from knowledge-intensive to data-intensive systems, Artificial Intelligence in Medicine, Volume 23, Issue 1, August 2001, Pages 5-12.

[7] Colectivo de autores. Univ. Guadalajarra, Aplicaciones de la inteligencia artificial. 2002.