Sistemas basados en el conocimiento. Representación del conocimiento. Componentes y arquitectura.

TEMA 60

ABACUS NT

Oposiciones 2021

© AbacusNT 2021

Índice

1. *Introducción*
2. *Definiciones*
3. *Sistemas basados en el conocimiento.*
   - **3.1. Representación del conocimiento.**
     - 3.1.1. Inferencia simbólica
     - 3.1.2. Reconocimiento de patrones
     - 3.1.3. Procesamiento del lenguaje natural
     - 3.1.4. Robótica
     - 3.1.5. Redes neuronales
     - 3.1.6. Algoritmos genéticos
     - 3.1.7. Sistemas expertos
4. *Representación del conocimiento*
   - **4.1. Tipos de conocimiento**
   - **4.2. Reglas de producción**
   - **4.3. Estructura de las reglas**
   - **4.4. Redes semánticas**
   - **4.5. Marcos de referencia**
   - **4.6. Técnicas de búsqueda**
     - 4.6.1. Estrategias de búsqueda
5. *Arquitectura y componentes de los sistemas expertos*
   - **5.1. La base de conocimientos**
   - **5.2. El motor de inferencias**
   - **5.3. Interfaz con el usuario**
   - **5.4. Base de datos**
   - **5.5. Subsistema de explicación**
   - **5.6. Subsistema de adquisición de conocimiento**
6. *Conclusión*
   - **6.1. Relación con el currículo**
7. *Bibliografía*

1. Introducción

Esta tecnología nos rodea, desde los lugares más cotidianos (conversión de voz en texto, etiquetado de fotografías, detección del fraude) a los más punteros (medicina de alta precisión, predicción de lesiones, coches autónomos). Se encuentra en métodos informáticos como el análisis avanzado de datos, la visión por ordenador, el procesamiento de lenguaje natural y el aprendizaje automático o machine learning.

Y es que, como explicaba recientemente Diane Bryant, vicepresidenta ejecutiva y directora general del Data Center Group de Intel, la inteligencia artificial está transformando la forma de trabajar de las empresas, así como nuestra manera de interactuar con el mundo.

Sin embargo, y aunque aún veamos la inteligencia artificial en pañales (y sus riesgos todavía no están claros, como ha admitido el propio Bill Gates), lo cierto es que los orígenes de esta tecnología se remontan a la época griega, cuando Aristóteles describió un conjunto de reglas que describen una parte del funcionamiento de la mente para obtener conclusiones racionales, y Ctesibio de Alejandría (250 a. C.) construyó la primera máquina autocontrolada, un regulador del flujo de agua (racional pero sin razonamiento).

A pesar de estos primeros referentes históricos, es a Alan Turing a quien se considera padre de la inteligencia artificial (dando, de hecho, nombre al test que determina la calidad de las IA). En 1936, este visionario diseñó una máquina capaz de implementar cualquier cálculo que hubiera sido formalmente definido, pilar esencial para que un dispositivo pueda adaptarse a distintos escenarios y “razonamientos”.

2. Definiciones

¿Qué es la información?

El término **información** tiene en informática un significado amplio, y hace referencia a un conjunto de símbolos que representan hechos, objetos o ideas.

El concepto de información supera al de “dato” (“Antecedente necesario para llegar al conocimiento exacto de algo o para deducir las consecuencias legítimas de un hecho”, o “Información dispuesta de manera adecuada para su tratamiento por un ordenador”).

¿Qué es el conocimiento?

El conocimiento se puede considerar como la comprensión adquirida.

En muchas aplicaciones, el conocimiento heurístico adquirido mediante la experiencia que proporciona el mundo real es el más adecuado para resolver los problemas.

Los sistemas expertos ayudan a manejar la sobrecarga de información a la que nos enfrentamos traduciendo ésta en conocimiento utilizable.

Inteligencia artificial (IA)

En 1956, John McCarthy acuñó la expresión inteligencia artificial, y la definió como "la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes".

La IA es una rama de las ciencias computacionales encargada de estudiar modelos de cómputo capaces de realizar actividades propias de los seres humanos con base en dos de sus características primordiales: el razonamiento y la conducta.

Se puede decir que la IA es la inteligencia llevada a cabo por máquinas. En ciencias de la computación, una máquina "inteligente" ideal es un agente flexible que percibe su entorno y lleva a cabo acciones que maximicen sus posibilidades de éxito en algún objetivo o tarea.

Coloquialmente, el término inteligencia artificial se aplica cuando una máquina imita las funciones "cognitivas" que los humanos asocian con otras mentes humanas, como, por ejemplo: "percibir", "razonar", "aprender" y "resolver problemas".

3. Sistemas basados en el conocimiento.

A medida que las máquinas se vuelven cada vez más capaces, tecnología que alguna vez se pensó que requería de inteligencia se elimina de la definición. Por ejemplo, el reconocimiento óptico de caracteres ya no se percibe como un ejemplo de la "inteligencia artificial" habiéndose convertido en una tecnología común.

Avances tecnológicos todavía clasificados como inteligencia artificial son los sistemas de conducción autónomos o los capaces de jugar al ajedrez.

En la Inteligencia Artificial es fundamental considerar la búsqueda heurística como una de las formas más eficientes en la solución de problemas, la búsqueda heurística.

Según Barceló (2005) se puede decir que la técnica de búsqueda de soluciones en la resolución de problemas de manera general tiene por objetivo central encontrar los mecanismos de deducción, buscar soluciones que proporcionen la resolución de un problema cuando no se tiene un método directo.

3.1. Representación del conocimiento.

El uso del conocimiento proporciona una forma de resolver problemas complejos explotando las estructuras de los objetivos involucrados.

Es fundamental distinguir diversas formas de conocimiento, según el problema a solucionar, siendo los principales:

- Conocimiento general, leyes que cumplen sobre un conjunto de objetos.
- Conocimiento procedural, secuencias de acciones a seguir, se pueden representar mediante diagramas de flujo, algoritmos, etcétera
- Conocimiento factual, hechos.
- Meta conocimiento, conocimiento sobre el conocimiento.

Según Barceló (2005) lo que se persigue no son sólo estructuras de datos que proporcionen un sistema de representación efectiva y eficiente de conocimientos, sino también qué conocimiento se tiene que representar en cada utilización particular.

Un sistema de representación de conocimientos se expone a la resolución de problemas anexos como:

a) La extracción del conocimiento de quién lo posee
b) Su formalización de un determinado sistema de representación
c) Si hace falta, la posibilidad de crear el mencionado conocimiento o modificar el conocimiento existente gracias a la interacción del sistema de IA con el entorno en un mundo cambiante.

Ahora la representación del conocimiento en una computadora, consiste en encontrar una correspondencia entre el "cuerpo del conocimiento" y un "sistema simbólico" que lo denote o le haga referencia y que, además, permita solucionar problemas con base de dicha correspondencia

Por tanto, la función de la IA es obtener una adecuada representación simbólica del conocimiento aplicando los diversos mecanismos como son:

3.1.1. Inferencia simbólica

incluye mecanismos de deducción típicos que incluyen la deducción también llamada inferencia lógicamente correcta, amparada en una serie de reglas como:

- **El modus ponens**, esta regla de inferencia establece que si es cierta una implicación y además es cierto su antecedente, entonces su consecuente es necesariamente verdadero.
- La **instanciación universal**, que nos indica que, si algo es cierto para todos los elementos de un conjunto, también es cierto para cada caso particular.
- **Inducción**, misma que se define como el razonamiento a partir de hechos particulares o casos individuales, para llegar a una conclusión general
- El **Modus tollens**, esta regla de inferencia dice que, si una implicación es verdadera y además es falso su consecuente, entonces su antecedente será necesariamente falso.

© AbacusNT 2021

3.1.2. Reconocimiento de patrones

Los algoritmos desarrollados en esta área son herramientas útiles en otros campos como en el reconocimiento de lenguaje natural, la visión por computadora, reconocimiento de imágenes, reconocimiento de señales, el diagnóstico de fallos de equipos, el control de procesos, etcétera. Es un método formal para medir el parecido o similitud entre dos formas, o fenómenos que representan cierta regularidad.

3.1.3. Procesamiento del lenguaje natural

El lenguaje natural, también llamado lenguaje ordinario, es el que utiliza una comunidad lingüística con el fin primario de la comunicación, y se ha construido con reglas y convenciones lingüísticas y sociales durante el período de constitución histórica de nuestra sociedad

- El procesamiento del lenguaje natural dentro de la IA consiste en:
- Procesamiento del lenguaje escrito, requiere el conocimiento léxico, sintáctico y semántico de las palabras, y del mundo real.
- Procesamiento del lenguaje real, requiere conocimientos de fonología y de la información para manejar ambigüedades que se presenten en el habla; también requiere de los conocimientos para el procesamiento de lenguaje escrito.

3.1.4. Robótica

La robótica se ocupa de tareas motrices y perceptuales, es decir la robótica es la conexión inteligente entre la percepción y la acción.

La construcción de robots autónomos se realiza teniendo presente ciertas capacidades como lo son

- La percepción básica, misma que implica la visión, la capacidad de identificar y reconocer sonidos, la habilidad de identificar olores y el sentido del tacto.
- La función motriz, comprende la habilidad de moverse en forma autónoma y la manipulación de símbolos

La robótica debe permitir el aumento de la habilidad y la autonomía de los mecanismo que se construyen en este ámbito.

Respecto a los robots Arauz, (1998) dice que un robot inteligente es capaz de:

- Recibir comunicación
- Comprender un entorno mediante el uso de modelos
- Formular planes
- Ejecutar planes
- Motorizar su operación

3.1.5. Redes neuronales

Se puede decir que las redes neuronales constituyen una tecnología, la cual trata con éxito algunos problemas clásicos de la IA, haciendo énfasis en el reconocimiento de formas y de la palabra hablada.

Las redes neuronales son sistemas de cómputo distribuidos y paralelos inspirados en la estructura del cerebro humano. El cerebro humano consta de miles de millones de neuronas; cada una conectada a miles de otras neuronas en una estructura distribuida, con paralelismo masivo.

Sin embargo, nte las dificultades de imitar algunas funciones del cerebro humano, las nuevas arquitecturas para redes neuronales se han inspirado en hechos que conciernen al tratamiento de grandes cantidades de información procedente de los sentidos, la memoria, la capacidad de aprendizaje y la capacidad de procesamiento de información a gran velocidad

3.1.6. Algoritmos genéticos

Un algoritmo genético normalmente trabaja sobre la representación de una posible solución a un problema dado (casi siempre cadena finita), y sobre ella se aplican operadores genéticos para combinar las bondades de las soluciones mediante la reproducción

El funcionamiento de dichos algoritmos es la evolución a partir de una población que ofrece soluciones candidatas a un problema para mejorar las soluciones existentes y generar nuevas, las cuales son evaluadas por una función de ajuste.

La aplicación más común de los algoritmos genéticos ha sido la solución de optimización, en donde han demostrado ser eficientes y confiables.

3.1.7. Sistemas expertos

Un sistema experto es un programa de computadora que aplica conocimiento e inferencias para resolver problemas que requieren de un experto humano.

Los sistemas expertos estudian la simulación de los procesos intelectuales de los expertos humanos que les permiten interactuar con objetos del mundo real y llevar a cabo tareas de forma precisa, rápida y cómoda, semejantes a las tareas propias de un ser humano por medio del procesamiento de información y las técnicas para la solución de problemas.

Un sistema experto es usado para describir una amplia gama de sistemas de computación más avanzados como son:

- Sistemas interactivos de soporte a las decisiones
- Sistema de información ejecutiva
- Sistema de información para la administración
- Sistemas de soporte ejecutivo

Las características principales de este tipo de problemas son:

- Utilizan normas o estructuras que contengan conocimientos y experiencias de expertos especializados
- Se obtienen conclusiones a través de deducciones lógicas
- Contienen datos ambiguos
- Contienen datos afectados por factores de probabilidad

Con base a lo anterior, en el ámbito de la IA se dice que un sistema experto debe cumplir con las siguientes características:

- Tener un amplio conocimiento específico del área de especialización
- Aplicar técnicas de búsqueda
- Tener soporte para análisis Heurístico
- Poseer habilidad para inferir nuevos conocimientos ya existentes
- Tener la capacidad para procesar símbolos
- Tener capacidad para explicar sus propios razonamientos

Según Barceló, (2005), el esquema se conforma de los siguientes elementos:

La base de conocimientos, es la memoria a largo plazo del sistema experto y contiene las reglas y metarreglas que resumen el conocimiento del experto humano sobre el dominio del problema

La base de conocimientos almacena datos basándose en diferentes reglas:

- Reglas antecedente-consecuencia, que son del tipo si todos los antecedentes son ciertos, entonces todas las consecuencias son ciertas
- Reglas de condición-acción, son del tipo si todas las condiciones son ciertas, entonces se tienen que ejecutar todas las acciones
- Reglas inexactas, son del tipo si todos los antecedentes son ciertos, entonces la consecuencia es cierta con un determinado grado de certeza

La base de hechos, es la memoria a corto plazo, o bien memoria de trabajo, almacena tanto los hechos proporcionados por el usuario.

El motor de inferencia: Es el que combina los hechos y las reglas para obtener nuevos hechos.

Los usuarios, también parte del esquema anterior, pueden desempeñar diversa tipología, dependiendo del grado de complejidad de un sistema experto y de la gran diversidad de aplicaciones que puede llegar a realizar los usuarios pueden clasificarse en:

- Verificador, intenta comprobar la validez del desempeño del sistema
- Tutor, se da información adicional al sistema o se modifica el contenido que ya está presente en el sistema
- Alumno, se busca rápidamente desarrollar la habilidad personal relacionada con el área específica mediante la recuperación de conocimientos organizados y condensados en el sistema

- Cliente, se aplica la habilidad del sistema para realizar tareas específicas reales.

4. Representación del conocimiento

El conocimiento existe en tanto en cuanto es representable. La primera representación, de la que se parte, es una representación mental. Posteriormente se pasa a texto (hablado o escrito) en lenguaje natural. El que no exista una representación en lenguaje natural de un conocimiento no significa que no exista conocimiento.

Cuando el ingeniero tiene el conocimiento en lenguaje natural, debe enfrentarse a la tarea de representarlo de manera eficiente para que el sistema experto sea, a su vez, eficiente.

Para representar el conocimiento hay que determinar:

- El modelo o esquema de representación
- El lenguaje de representación
- El lenguaje de programación

El *esquema de representación* es la forma de representar el conocimiento y está muy ligado al dominio del problema que se quiere representar. No se ha encontrado un único modelo de representación, ya que el ser humano no tiene un modelo único, sino que depende de dónde lo vaya a usar. El escoger un buen modelo es muy importante.

El *lenguaje de representación* es el lenguaje formal en el que se representa cada uno de los correspondientes esquemas de representación de cada fragmento de conocimiento.

El *lenguaje de programación* es el nivel requerido al lenguaje de alto nivel que se empleará para implementar la representación dada.

No son niveles aislados, dependiendo de los esquemas de representación, vendrán los lenguajes de representación y, ligados a éstos, los lenguajes de programación.

Una primera clasificación de los modelos distingue entre representación procedural y representación declarativa.

4.1. Tipos de conocimiento

Se pueden incluir dos tipos básicos de conocimiento en una base de conocimientos: el **conocimiento declarativo** y el **conocimiento procedural**.

Conocimiento declarativo. También denominado *conocimiento descriptivo*, consiste fundamentalmente en una afirmación acerca de las personas, lugares o cosas. El conocimiento declarativo permite establecer informaciones, deducir relaciones y clasificar objetos. Con el conocimiento declarativo no se puede explicar nada, pero se pueden representar hechos o realidades y expresar las relaciones existentes entre ellos. Se tendrá

un conjunto estático de hechos y algunos procedimientos para manipularlos. En los sistemas expertos, los esquemas empleados para representar conocimientos declarativos incluyen redes semánticas, tramas y reglas de producción.

Conocimiento procedural. El conocimiento procedural o prescriptivo es explicativo; proporciona una forma de aplicar el conocimiento declarativo. Con esta clase de conocimientos se pueden indicar formas de ejecutar una acción. El conocimiento procedural indica qué hacer y cómo hacerlo. Una lista de instrucciones para instalar un programa en una unidad de disco duro y una secuencia paso-a-paso para desmontar un motor eléctrico complicado son dos ejemplos de procedimiento procedural. El conocimiento descriptivo se representa en los sistemas expertos mediante *reglas de producción* y *guiones*.

Los modelos procedurales son fácilmente utilizables, pero muy rígidos (al alterar el conocimiento hay que reescribir el programa).

Para usar un modelo declarativo se necesita un motor de inferencia. La ventaja es que el conocimiento es una línea más de declaración.

Las reglas de producción tienen tanto éxito debido a que están entre estas dos clases de representación.

4.2. Reglas de producción

El método más común de representar el conocimiento en los **sistemas expertos** son las reglas de producción, debido a que es un modelo bastante natural para representar el conocimiento de las relaciones causa-efecto, y, por ser un mixto entre conocimiento declarativo y procedural, tiene las ventajas de ambos y supera las desventajas.

Las reglas de producción, denominadas a veces "*reglas*" o "*producciones*", son sentencias constituidas por dos partes que contienen una pequeña cantidad de conocimiento. El dominio, o sujeto, que se va a representar en el sistema experto se divide en muchas fracciones pequeñas de conocimiento. El conocimiento tiene normalmente carácter heurístico y, por tanto, se puede representar fácilmente en forma de reglas.

Las reglas son fáciles de entender y su uso es sencillo. Facilitan la creación y modificación de las bases de conocimientos.

Cada regla está redactada, en principio, ignorando la existencia de otras. Por ello, una regla no se activa por su nombre sino por sus condiciones. De esta manera, se pueden añadir o suprimir reglas sin preocuparse de la repercusión de las modificaciones.

4.3. Estructura de las reglas

Una regla es una sentencia de dos partes que contiene una premisa y una conclusión. Tiene la forma:

SI antecedente ENTONCES consecuente

La parte izquierda son las condiciones de aplicabilidad y la parte derecha es la conclusión, que será una acción o una aserción (afirmación o negación) a añadir a la base de hechos.

El antecedente y el consecuente son proposiciones (afirmaciones) o sentencias. Una proposición será una concatenación de expresiones denominadas cláusulas.

4.4. Redes semánticas

Una de las formas más simples y efectivas para representar el conocimiento es utilizar las redes semánticas. Una red semántica es una representación gráfica del conocimiento que ilustra las relaciones entre los objetos. Las redes semánticas son muy apropiadas para representar el conocimiento declarativo, particularmente aquel que tiene una estructura jerárquica. Cuando el conocimiento se puede clasificar o categorizar, es un buen candidato para una red semántica.

4.5. Marcos de referencia

Los marcos de referencia o **Frames** son un esquema para representar el conocimiento cuyo uso se está generalizando. Se han diseñado fundamentalmente para manejar conocimientos declarativos. El marco de referencia se divide en elementos discretos denominados "**slots**". Los slots contienen los **atributos** de los objetos que se describen. En muchos aspectos, esta estructura es jerárquica, por lo que es similar a las redes semánticas.

El concepto de frame lo introdujo Minsky en 1975. Éste estudió la mente humana fijándose en la memoria de representación, es decir, en la capacidad del ser humano para reconocer objetos por medio de estereotipos que se ha creado de ellos anteriormente. Un estereotipo es un conjunto de características generales de un objeto.

Cada ejemplo de objeto es una instanciación del estereotipo del objeto. Para Minsky un estereotipo representa una colección de objetos.

Para reconocer un objeto, se busca un frame y se rellenan los slots correspondientes a las características de ese frame. Si se rellenan suficientes slots, se puede concluir que el objeto pertenece a la clase de objetos representados por el frame.
Los sistemas de frames se usan a menudo en sistemas de reconocimiento de patrones, tanto visuales como de conceptos abstractos.

4.6. Técnicas de búsqueda

El método básico de resolución de problemas utilizado en inteligencia artificial es la búsqueda. La búsqueda, como su propio nombre indica, es el proceso de examinar un conjunto grande de soluciones a un problema a fin de encontrar la mejor. Este es un método de ensayo y error para recorrer una base de conocimientos en busca de un conocimiento que se adapte a hechos conocidos. La base de conocimientos, denominada "espacio de búsqueda" contiene todas las soluciones finales al problema, además de soluciones intermedias. En un sistema experto real el espacio de búsqueda suele ser un conjunto de reglas si-entonces y también puede ser los nodos y arcos de una red semántica o una colección de marcos de referencia.

Árboles de búsqueda. Un árbol de búsqueda es un método gráfico para representar un espacio de búsquedas. Para visualizar los elementos del conocimiento en una base de conocimientos, se puede hacer un dibujo con arcos y nodos como en las redes semánticas. Cada nodo representa un hecho, una regla u otro elemento de la base de conocimientos. El diagrama resultante se parece a menudo a un árbol invertido, con las raíces y el tronco en la parte superior y las hojas en la parte inferior.

4.6.1. Estrategias de búsqueda

Búsquedas a ciegas. Se exploran todos los nodos hasta encontrar la solución. Es segura, pero muy lenta e incluso impracticable, ya que el número de alternativas crece exponencialmente.

Búsqueda en anchura. Una búsqueda en anchura comienza en nodo raíz y continúa hacia abajo, examinando todos los nodos de un nivel antes de pasar al siguiente.

Búsqueda en profundidad. Las búsquedas en profundidad comienzan en el nodo raíz y van recorriendo los distintos niveles del árbol hasta alcanzar el nodo más profundo de la rama más a la izquierda. Si el nodo final de dicha rama no es uno de los objetivos, se retrocede hasta un nivel en que se pueda continuar la búsqueda. El proceso de búsqueda continúa de izquierda a derecha hasta que se encuentra una solución.

Búsqueda progresiva. Las técnicas de búsqueda progresiva, también denominadas “razonamiento progresivo” o “encadenamiento progresivo”, comienzan en el nodo raíz y prosiguen hacia abajo hasta encontrar un objetivo o nodo solución. En otras palabras, las técnicas de búsqueda progresiva son una mezcla de las técnicas de búsqueda en anchura y profundidad. Las búsquedas progresivas comienzan con un hecho y continúan hacia adelante intentando ajustar ese hecho a los datos de la base de conocimientos. Se dice que las búsquedas progresivas están controladas por los datos.

Búsqueda regresiva. En las técnicas de búsqueda regresiva, denominadas también de “razonamiento regresivo” o de “encadenamiento regresivo”, la búsqueda comienza en el nodo objetivo. Una forma de resolver un problema consiste en asumir que la solución tiene una forma determinada y entonces buscar pruebas que soporten dicha suposición. Si la búsqueda basada en un objetivo falla, puede iniciarse otra partiendo de otro objetivo e intentando encontrar hechos que soporten dicho objetivo. Este tipo de búsquedas se denomina controladas por los objetivos y simulan un tipo de razonamiento inductivo. Para demostrar la validez del objetivo seleccionado, el camino de búsqueda se puede recorrer en camino inverso.

Búsqueda heurística. Las técnicas heurísticas se emplean para centrar la atención de la búsqueda sólo sobre aquellas partes de árbol de búsqueda en la que es más probable que se encuentre la solución. Las técnicas heurísticas pueden eliminar gran parte de árbol de búsqueda, acelerando notablemente el proceso de solución del problema.

5. Arquitectura y componentes de los sistemas expertos

No existe una estructura de sistema experto común. Sin embargo, la mayoría de los sistemas expertos tienen unos componentes básicos: *base de conocimientos*, *motor de inferencia*, *base de datos* e *interfaz con el usuario*. Muchos tienen, además, un *módulo de explicación* y un *módulo de adquisición del conocimiento*.

5.1. La base de conocimientos

La base de conocimientos contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. El método más común para representar el conocimiento es mediante *reglas de producción,* por lo que la base de conocimientos se denomina con frecuencia *base de reglas*. Algunos sistemas expertos utilizan también redes semánticas y marcos de referencia.

Una característica clave de los sistemas expertos es que su base de conocimientos es independiente del sistema de inferencia que se emplea para resolver los problemas. De esta forma, cuando los conocimientos almacenados se han quedado obsoletos, o cuando se dispone de nuevos conocimientos, es relativamente fácil añadir reglas nuevas, eliminar las antiguas o corregir errores en las existentes. No es necesario reprogramar todo el sistema experto.

Las reglas suelen almacenarse en alguna secuencia jerárquica lógica, pero esto no es estrictamente necesario. Se pueden tener en cualquier secuencia y el motor de inferencia las usará en el orden adecuado que necesite para resolver un problema.

5.2. El motor de inferencias

El motor de inferencias es el algoritmo que controla el proceso de razonamiento que seguirá el sistema experto. También denominado "programa de control" o "intérprete de reglas", el programa funciona con los datos suministrados por el usuario para recorrer la base de conocimientos hasta alcanzar una conclusión.

La estrategia de control puede ser de *encadenamiento progresivo* o de *encadenamiento regresivo*. En el primer caso se comienza con los hechos disponibles en la base de datos, y se buscan reglas que satisfagan esos datos, es decir, reglas que verifiquen la parte SI. A este enfoque se le llama también *guiado por datos*, porque es el estado de la base de datos el que identifica las reglas que se pueden aplicar. Cuando se utiliza este método, el usuario comenzará introduciendo datos del problema en la base de datos del sistema.

Al encadenamiento regresivo se le suele llamar *guiado por objetivos*, ya que, el sistema comenzará por el objetivo (parte acción de las reglas) y operará retrocediendo para ver cómo se deduce ese objetivo partiendo de los datos. Esto se produce directamente o a través de conclusiones intermedias o *subobjetivos*. Lo que se intenta es probar una hipótesis a partir de los hechos contenidos en la base de datos y de los obtenidos en el proceso de inferencia.

En la mayoría de los sistemas expertos se utiliza el encadenamiento regresivo. Este enfoque tiene la ventaja de que el sistema va a considerar únicamente las reglas que interesan al problema en cuestión. El usuario comenzará declarando una expresión E y el objetivo del sistema será establecer la verdad de esa expresión.

El motor de inferencias controla todo el proceso. Sus dos funciones básicas son inferencia y control. La *inferencia* se refiere al examen de las reglas y a la ejecución de los programas de comparación de patrones, mientras que el *control* se refiere a la secuencia en que se examinan las reglas. El motor de inferencias pregunta al usuario los datos iniciales y entonces procede a buscar en la base de conocimientos las reglas que coinciden con los datos de entrada. El intérprete de reglas determina la frecuencia en que se examinan éstas, y solicita información adicional de entrada si no puede tomar una decisión basada en los hechos y reglas disponibles. El motor de inferencias automatiza totalmente este proceso y es completamente invisible cuando funciona en respuesta a una consulta.

5.3. Interfaz con el usuario

La interfaz de usuario permite que el usuario pueda describir el problema al sistema experto. Interpreta sus preguntas, los comandos y la información ofrecida. A la inversa, formula la información generada por el sistema incluyendo respuestas a las preguntas, explicaciones y justificaciones. Es decir, posibilita que la respuesta proporcionada por el sistema sea inteligible para el interesado. También puede solicitar más información si le es necesaria al sistema experto.

La interfaz con el usuario es una colección de programas que funcionan dentro del motor de inferencias y de la base de conocimientos a fin de proporcionar los medios adecuados para mantener una comunicación en dos sentidos entre el software y el usuario. Algunas interfaces de usuario funcionan mediante menús, que plantean preguntas de respuesta múltiple, pidiendo al usuario que elija la respuesta correcta entre las posibilidades expuestas. Esto facilita una entrada de datos rápida y sencilla.

Un sistema experto puede utilizar un programa de lenguaje natural como medio final de comunicación. Este programa empleará técnicas de IA para mejorar la comunicación entre el usuario y el sistema experto.

5.4. Base de datos

La base de datos, denominada en ocasiones base de datos global o memoria de trabajo, es la parte de la memoria del ordenador que se emplea para mantener un registro de los datos recibidos, conclusiones intermedias y datos generados. El motor de inferencias utiliza la base de datos como un bloc de notas para apuntar lo que sucede en el sistema.

Los datos iniciales se almacenan en la base de datos. A medida que el intérprete va examinando las reglas, se van almacenando las conclusiones derivadas de éstas en la base de datos. El motor de inferencias utiliza estas conclusiones intermedias como nuevos datos para buscar nuevos patrones. Al final de un trabajo, la base de datos contiene la cadena de hechos completa, que incluye no sólo los iniciales, sino también los datos alcanzados en el camino hacia la decisión final.

5.5. Subsistema de explicación

Muchos sistemas expertos contienen una sección diseñada para explicar al usuario la línea de razonamiento seguida para alcanzar una conclusión. Muchos usuarios tienen dificultades para confiar en el consejo de los sistemas expertos, de forma similar a lo que les ocurre en el caso de tratar con un especialista humano que no conocen.

Una forma de resolver este problema es hacer que el sistema explique cómo ha alcanzado los resultados. Con un subsistema de explicación, los usuarios pueden hacer preguntas del tipo "¿por qué?" o "¿cómo?", y el sistema proporcionará la respuesta adecuada.

Si el usuario pregunta al sistema cómo ha alcanzado una conclusión, éste le presentará la secuencia completa de reglas usada. Esta posibilidad de explicación es especialmente valiosa cuando se tiene la necesidad de tomar decisiones importantes amparándose en el consejo del sistema experto. Además, de esta forma, y con el tiempo suficiente, los usuarios pueden convertirse en especialistas en la materia, al asimilar el proceso de razonamiento seguido por el sistema. El subsistema de explicación también puede usarse para depurar el sistema experto durante su desarrollo.

5.6. Subsistema de adquisición de conocimiento

El módulo de adquisición del conocimiento permite que se puedan añadir, eliminar o modificar elementos de conocimiento (en la mayoría de los casos reglas) en el sistema experto. Casi todos los sistemas expertos contienen un programa o un conjunto de programas que permite a los usuarios añadir datos o modificar la base de reglas. Muchos campos en los que se emplean los sistemas expertos son muy dinámicos. Es decir, el conocimiento está cambiando constantemente, por lo que es necesario modificar la base de conocimientos para reflejar esos cambios. Los subsistemas de adquisición de conocimientos proporcionan los medios adecuados para añadir nuevas reglas y editar las ya existentes. Aunque este subsistema es habitualmente un editor de textos especializado, en algunos sistemas se utiliza un sistema de tratamiento de textos estándar. En este caso, las reglas adicionales o las actualizaciones de las ya existentes se introducen en un fichero mediante el sistema de tratamiento de textos. El subsistema de adquisición de conocimiento lee esta información y realiza la actualización de la base de conocimientos, de la misma forma que un compilador da a un texto el formato apropiado.

6. Conclusión

Hoy en día los principales desarrollos apuntan hacia la Inteligencia artificial como una revolución en varios campos. El desarrollo del lenguaje natural, la conducción automática, el reconocimiento facial y otros avances significativos de la informática vienen de la mano del desarrollo de nuevos chips especializados y de nuevos motores de inteligencia.

Este es el caso del motor Tensor Flow de Google o el GPT-3 de Elon Musk (OpenAI, Tesla).

Tensor Flow es una biblioteca de código abierto para aprendizaje automático a través de un rango de tareas, y desarrollado por Google para satisfacer sus necesidades de sistemas capaces de

construir y entrenar redes neuronales para detectar y descifrar patrones y correlaciones, análogos al aprendizaje y razonamiento usados por los humanos.

GPT-3 de OpenAI es, por otro lado, un modelo de generación de lenguaje, esto significa que su objetivo es generar conversaciones, artículos, discursos, etc, en función de datos previos dados en casos de ejemplo. Puedes por ejemplo escribir dos o tres frases de un artículo y GPT-3 se encargará de escribir el resto del artículo. También puedes generar conversaciones y las respuestas estarán basadas en el contexto de las preguntas y respuestas anteriores.

Otra vertiente de la inteligencia artificial se plasma en los sistemas expertos. Son programas de cómputo inteligentes que se encargan de usar el conocimiento y los procedimientos para poder resolver cualquier inconveniente que requiera de la experiencia humana para solucionarlo. Su característica principal es que carecen de sistema de aprendizaje o es muy simple.

6.1. Relación con el currículo

Este tema puede ser desarrollado en los siguientes módulos formativos (para atribución docente de PES)

- Bachillerato – Tecnologías de la Información y la Comunicación II (PES)
- Grado Sup. DAW/ DAM –Programación (PES)

7. Bibliografía

- Miquel Barceló. **La Inteligencia Artificial**. Edt UOC (2005)
- Serrano, Alberto García. **IA: fundamentos, práctica y aplicaciones**. Edt. RC Libros (2012)
- Nils j. Nilsson. **Inteligencia artificial: una nueva síntesis**. Edt McGraw-Hill (2000)