

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE COMPUTACIÓN
SISTEMAS EXPERTOS**



**"AREAS DE APLICACIÓN PARA INTELIGENCIA ARTIFICIAL, SISTEMAS EXPERTOS,
REDES NEURONALES Y ALGORITMOS GENETICOS"**

PRESENTADO POR:

*ROBERTO HERNAN LOPEZ SIGUENZA
NELSON ULISES ORELLANA PEREZ*

CATEDRÁTICO:

ING. CRUZ GALDAMEZ

CIUDADELA DON BOSCO, 30 DE JUNIO DE 2004

INTRODUCCION

En el presente documento se desarrolla el contenido referente al tema áreas de aplicación de inteligencia artificial, sistemas expertos, redes neuronales y algoritmos genéticos que corresponde a la primer tarea de la asignatura Sistemas Expertos.

Se inicia con inteligencia artificial donde se da una introducción a la información y luego se profundiza en cada uno de los aspectos y usos específicos que se dan para cada subdivisión.

A continuación se hace énfasis en los sistemas expertos presentando una definición, ventajas y desventajas que posee este tipo de aplicación así como sus principales usos.

Para las redes neuronales se da la clasificación de problemas a los que pueden referirse, se comenta brevemente sobre las redes neuronales artificiales para terminar con los ejemplos.

Luego con los algoritmos genéticos se identifican las dos áreas básicas a las que pueden aplicarse, se dan a conocer y explican cada uno de sus componentes para terminar señalando sus características.

Finalmente se presentan las conclusiones luego de haber finalizado la investigación.

Áreas de aplicación de la Inteligencia Artificial

Existe una diversa cantidad de campos donde se implementa la inteligencia artificial siendo los más relevantes los siguientes:

- a) Procesamiento del lenguaje natural
- b) Percepción y reconocimiento de patrones
- c) Programación lógica y demostración de teoremas
- d) Otras aplicaciones

A continuación se explicarán de forma detallada cada rama de aplicación.

PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) constituye una parte esencial de la inteligencia artificial. Los sistemas PLN intentan simular el comportamiento lingüístico humano. Para ello, deben tomar conciencia tanto de las estructuras propias del lenguaje, como del conocimiento general acerca del universo del discurso.

Entre los objetivos de PLN se encuentran la formulación de mecanismos computacionalmente efectivos para facilitar la interrelación persona – ordenador y propiciar una comunicación más fluida y menos rígida que la permitida por los lenguajes formales.

El tratamiento por el computador de un lenguaje humano es una tarea atractiva. Su origen se remonta a los años 50 donde se empezaron a desarrollar programas de traducción automática. No obstante esos primeros desarrollos tuvieron un éxito muy limitado porque estaban basados en considerar que el proceso de interpretación lingüística consistía sencillamente en disponer de una gramática para cada idioma y un diccionario bilingüe, sin considerar otros aspectos como palabras cuyo significado dependía del contexto en que se utilizaban.

La mayor dificultad para interpretar el lenguaje humano radica precisamente en representar el conocimiento contextual.

Existen dos campos para el estudio del lenguaje natural:

- ▣ Entendimiento del lenguaje escrito, que utiliza el conocimiento léxico, semántico y sintáctico del lenguaje, además del conocimiento del dominio donde se aplica el lenguaje.
- ▣ Entendimiento del lenguaje oral, que incluye además de los elementos indicados anteriormente, la interpretación fonológica de las frases.

Problemas en la comprensión

El lenguaje natural es informal, y a veces puede ser ambiguo, impreciso e incompleto, aunque este correctamente escrito. El computador tiene, por ello, dificultades para interpretar correctamente el lenguaje natural.

Las principales razones son:

Ambigüedad: ya que el lenguaje humano puede ser interpretado a veces de diversa forma debido a múltiples significados de una palabra, ambigüedad sintáctica, antecedentes confusos. Para resolver la ambigüedad se necesita conocer el contexto en el que esta inmersa la frase.

Imprecisión: a veces las personas expresan los conceptos en una terminología inexacta, que exige estar familiarizados con la interpretación de los conceptos imprecisos incluidos en la frase.

Formas incompletas: debido a que se comparten experiencias comunes, en la comunicación entre personas se omiten muchas veces detalles, sin que ello signifique que se comprendan incorrectamente.

Inexactitud: la correcta comprensión del lenguaje natural también se ve afectada por faltas tales como errores de ortografía, construcciones no gramaticales, sintaxis incorrectas, transposición de palabras, puntuación inapropiada.

Si el número de faltas no es muy elevado, el humano puede sustraer los errores e interpretar correctamente el significado.

Técnicas de comprensión del lenguaje natural

Para la comprensión de un texto de lenguaje natural es insuficiente el análisis de la gramática y de la sintaxis. Sin embargo, es necesario un análisis previo para comprender el texto. Existen diversos métodos de análisis empleados por la inteligencia artificial de forma combina para entender el lenguaje natural.

- **Análisis del léxico.** En el análisis del léxico se busca el significado de las palabras en un diccionario que contenga las definiciones simbólicas y las frases más comunes donde suelen aparecer.
- **Análisis de las palabras clave.** Consiste en la búsqueda de determinados elementos esenciales de una frase mediante una técnica de reconocimiento de patrones o formas. Cuando encuentra una de estas palabras clave, manipula el texto de manera predeterminada. Aunque este método no es muy riguroso ya que puede pasar por alto detalles importantes, ha sido empleado en sistemas de generación de preguntas, tales como en el programa ELIZA.
- **Análisis sintáctico.** Desglosa una frase en sus componentes para analizar su forma. Esta técnica de descomposición se basa en las regularidades inherentes del lenguaje natural, y permite asegurar que la maquina entiende cada palabra en la frase y la relación entre ellas.
- **Análisis semántico.** Interpreta una frase basándose en su significado. Se usan diferentes tipos de gramáticas que son sistemas formales de reglas que describen como se construyen las frases.
- **Análisis pragmático.** Intenta determinar el significado real de una frase. Esta tarea es difícil de realizar ya que para ello se requiere información no solo del dominio del discurso, sino también sobre las percepciones y las relaciones establecidas entre las personas y el mundo.

Aplicaciones de la comprensión del lenguaje natural

Interfaces del lenguaje natural (ILN)

Permite comunicarse con un computador en lenguaje ordinario. Tienen posibilidades de realizar el entendimiento y la generación de lenguaje natural que posibilita entender el texto introducido por teclado y visualizar en pantalla un texto de fácil comprensión por el usuario. Una de las principales aplicaciones de ILN es la recuperación de información de una base de datos.

Un producto comercial es el NaturalLink de Texas Instruments que permite la introducción de instrucciones en ordenadores personales mediante menús de pantallas y ventanas.

Traducción automática de textos con computador

Es un área de investigación emergente. Los primeros intentos de traducción automática fallaron estrepitosamente porque se suponía que se podía traducir directamente sin haber entendido antes el significado. Se suponía que si se disponía de información sintáctica y de léxico de los dos idiomas, no debería ser difícil la traducción de un idioma a otro.

Actualmente se están llevando a cabo investigaciones de traducción automática, sobre todo en la Unión Europea, ya que la presencia de muchos idiomas incrementa la demanda de estos sistemas.

Entendimiento de textos

Consiste en la comprensión de un texto impreso en un determinado dominio, resumiéndolo o respondiendo preguntas sobre el mismo. Es un área de investigación de enorme trascendencia.

PERCEPCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Existen otras dos aptitudes humanas que tratan de acercarnos al mundo real: el habla y la visión.

Reconocimiento del habla

El reconocimiento del habla es el proceso que permite comunicarnos con un computador por medio del lenguaje hablado. El objetivo del reconocimiento del habla es permitir que el computador entienda el habla de un interlocutor humano. El procesamiento del habla consta de los siguientes campos:

- *Reconocimiento del habla y entendimiento por computador del lenguaje hablado.
- *Síntesis del habla por computador.

El reconocimiento del habla es un proceso mucho más difícil que la síntesis del habla. El reconocimiento del habla consta de dos procesos: reconocimiento de las palabras y entendimiento del habla. La mayor dificultad de la síntesis del habla es determinar lo que el computador tiene que decir.

La síntesis de las palabras y frases no tiene ningún problema en especial y tampoco requiere de alguna inteligencia por parte de la maquina.

Ventajas del reconocimiento del habla

- *Facilidad de acceso.
- *Velocidad de comunicación.
- *Libertad manual.
- *Acceso remoto a información mediante órdenes verbales por teléfono.

Aplicaciones del reconocimiento del habla

- *Comunicación interactiva con el computador.
- *Entretenimiento y educación: juguetes controlados por la voz y video-juegos interactivos.
- *Automatización de oficinas: introducción de datos, dictado automático.
- *Seguridad: identificación de personas por voz para el control de acceso.
- *Proceso de control de fabricación: operación de voz para máquinas.

La visión por computador

Es considerada una de las áreas fundamentales de la inteligencia artificial. Consiste en el proceso de extracción de información del mundo físico a partir de imágenes utilizando para ello un computador.

El objetivo del procesado de imagen es la obtención de una representación más condensada que sustituya la gran cantidad de datos de entrada que no son manipulables directamente. Esta representación dependerá de los objetivos de la aplicación.

El procesado de las imágenes consta de las siguientes etapas:

- ✓ Adquisición de la imagen. Esto se logra mediante una cámara y el equipo de digitalización correspondiente. La imagen se puede almacenar como una matriz de valores que posee una intensidad luminosa.

- ✓ Análisis de la imagen. Se procesa y explora la imagen para obtener componentes individuales, ya sean elementos simples o compuestos. En algunas aplicaciones es necesario obtener una representación tridimensional del objeto, en términos de superficies y formas.
- ✓ Interpretación de la imagen. Empleando diferentes técnicas. Entre estas se incluye la detección de bordes y la visión basada en modelos. En la detección de bordes el computador necesita determinar donde están los bordes de cada objeto para ubicarlos. En los sistemas de visión basados en modelos se puede usar plantillas o descripciones de las características para identificar a un objeto.

Equipo básico de adquisición

- *Cámara.
- *Tarjeta digitalizadora.
- *Computador.
- *Sistema de iluminación.

Aspectos relevantes a considerar

- *Iluminación del entorno.
- *Óptica.
- *Sensores visuales.
- *Transmisión de la señal.
- *Digitalizadores.
- *Digitalización y muestreo.
- *Modelado.

Otros aspectos relevantes de visión

El análisis de imágenes en movimiento esta relacionado con aplicaciones en tiempo real, como la navegación y seguimiento y con la obtención de información sobre los objetos estáticos y en movimiento en una escena. Es fundamental en problemas como la restauración de secuencias de imágenes, así como su comprensión y la obtención de imágenes y secuencias de imágenes de alta resolución a partir de secuencias de baja resolución.

Problemas del análisis del movimiento entre los cuales se da la detección de movimiento cuyo objetivo es detectar si hay movimiento en la escena y tiene aplicaciones a seguridad. La detección y localización de objetos en movimiento que incluye la detección de trayectorias y la predicción de futuras trayectorias y por ultimo la obtención de propiedades 3-d de objetos a partir del movimiento.

Aplicaciones de la visión artificial

- *Procesos industriales.
- *Apoyo al diagnostico médico.
- *Percepción remota.
- *Guiado de vehículos móviles.
- *Gestión de la información visual.
- *Control de calidad de productos y procesos.

PROGRAMACIÓN LÓGICA Y DEMOSTRACIÓN DE TEOREMAS

Una de las principales aplicaciones de la lógica ha sido demostrar la validez de un teorema aplicando los principios de la lógica. Los lenguajes de programación lógica generalmente restringen el proceso de inferencia lógica.

La demostración de los teoremas ha sido una de las primeras aplicaciones de la inteligencia artificial, y ha tenido mucha importancia en el estudio y desarrollo de los métodos de IA.








La demostración de teoremas consiste en lograr una demostración o una refutación de un teorema, a partir de hipótesis y de determinados lemas que pueden ser utilizados en la demostración. Es una técnica empleada a menudo tareas de razonamiento científico y matemático. Existen otras aplicaciones que pueden ser formalizadas como problemas de demostración de teoremas.

La lógica involucra a un lenguaje que es una notación que especifica como escribir expresiones correctas; un conjunto de reglas de inferencia que permiten manipular sentencias del lenguaje para crear nuevas expresiones; y una semántica para asociar los elementos del lenguaje a los de un determinado dominio.

Existen dos lenguajes de lógica: el calculo proposicional y el calculo de predicados de primer orden, y entre las reglas de inferencia se tienen a el modus ponens, el modus tolens y la resolución.

El calculo de predicados es un lenguaje formal que permite expresar sentencias descriptivas que son de difícil representación mediante otras estructuras como por ejemplo matrices o conjunto de números.

OTRAS APLICACIONES

-  Juegos.
-  Programación inteligente y programación automática.
-  Sistemas expertos.
-  Sistemas de planificación.
-  Redes Neuronales.
-  Algoritmos genéticos.
-  Robótica.

Áreas de aplicación de sistemas expertos

Un sistema experto puede decirse que es un programa cuyo objetivo fundamental es actuar como un experto humano en un área de conocimiento particular para resolver problemas específicos o exclusivos a dicha área.

El sistema experto usará el conocimiento que tenga almacenado y algunos métodos de inferencia. Una gran ventaja que proporciona es que permite que el usuario con limitado conocimiento pueda aprender observando el comportamiento del sistema.

Ventajas

- ☑ Permanencia.
- ☑ Duplicación.
- ☑ Fiabilidad.
- ☑ Bajo costo.
- ☑ Facilidad para el aprendizaje de sus usuarios.

Desventajas

- & Limitación en el uso de lenguaje natural.
- & No poseen experiencia sensorial.
- & Falta de sentido común.
- & La escasez de recurso humano para creación de aplicaciones de este tipo.

Según la clase de problemas hacia los que estén orientados, pueden clasificarse los sistemas expertos en diversos tipos entre los que cabe destacar:

Diagnóstico

- ✓ Medicina.
- ✓ Exploración (minera, petrolera, etc.).
- ✓ Interpretación (voz, imágenes, datos).
- ✓ Diagnóstico de fallas (sistemas eléctricos, plantas nucleares, etc.).

Diseño de ingeniería

- ✓ CAD (electrónica, mecánica, etc.).
- ✓ Programación automática.
- ✓ Configuración de sistemas de computo.

Planeación

- ✓ Sistemas de manufactura.
- ✓ Transportación.
- ✓ Economía y finanzas.

Control

- ✓ Robótica.
- ✓ Aeronáutica.
- ✓ Trenes.
- ✓ Sistemas de potencia.

Otros

- ✓ Enseñanza.
- ✓ Administración.
- ✓ Solución de problemas (física, química, etc.).
- ✓ Manejo de otros programas.

Ejemplos de aplicaciones

- 1) DELTA. Utilizado en el área de mecánica para ayudar en la reparación y otorgamiento de diagnósticos de locomotoras diesel y eléctricas.
- 2) PROSPECTOR. Ayuda en la evaluación de emplazamientos geológicos para determinar la existencia de minerales en base a las condiciones que posea el terreno.
- 3) MYCYN. Es un sistema de diagnóstico y prescripción en medicina, diseñado para ayudar a los médicos a tratar infecciones de meningitis y bacteriemia.
- 4) Palladian Operations Advisor. Ayuda a la planificación y programación asesorando en aspectos referentes a programas que reducen el trabajo no deseable en niveles de proceso, ajustan el volumen de producción a la demanda de clientes y evalúan los cambios en las operaciones desde los puntos de vista económico y de producción.
- 5) Proyecto Eolo CN-235. Ofrece un curso específico para pilotos y técnicos de mantenimiento a todos los compradores el avión CN-235. Es un sistema de enseñanza interactivo que integra gráficos, texto y video.

Áreas de aplicación de redes neuronales

Las redes neuronales tratan de resolver de forma eficiente problemas que pueden encuadrarse dentro de tres amplios grupos: optimización, reconocimiento y generalización. Estos tres tipos engloban un elevado número de situaciones, lo que hace que el campo de aplicación de las redes neuronales en la gestión empresarial sea muy amplio.

En los *problemas de optimización*, se trata de determinar una solución que sea óptima. Generalmente se aplican redes neuronales realimentadas, como el modelo de Hopfield. En la gestión empresarial, son decisiones de optimización encontrar los niveles de tesorería, de existencias, de producción, construcción de carteras óptimas, etc.

En los *problemas de reconocimiento*, se entrena una red neuronal con inputs como sonidos, números, letras y se procede a la fase de test presentando esos mismos patrones con ruido. Este es uno de los campos más fructíferos en el desarrollo de redes neuronales y casi todos los modelos: perceptrón, redes de Hopfield, mapas de Kohonen, etc, han sido aplicados con mayor o menor éxito.

En los *problemas de generalización*, la red neuronal se entrena con unos inputs y el test se realiza con otros casos diferentes. Problemas típicos de generalización son los de clasificación y predicción.

Las redes neuronales son modelos matemáticos especializados que pueden aplicarse en dominios muy concretos. Las redes neuronales están mostrando su utilidad en muchos problemas reales. Los estudios empíricos muestran la eficiencia de las redes neuronales con datos basados en lógica difusa, patrones o rasgos ocultos para la mayoría de las técnicas incluida la capacidad humana, datos que exhiben no linealidad e información en la que se ha detectado caos.

La elección entre los diferentes sistemas de ayuda a la toma de decisiones depende del tipo de tarea a realizar. También el nivel al que se toman las decisiones afecta la elección del tipo de sistema más apropiado. Simon clasificó las decisiones en estructuradas y no estructuradas: las decisiones estructuradas son repetitivas, rutinarias y existe un procedimiento definido para abordarlas, por el contrario, en las decisiones no estructuradas la persona que decide debe proporcionar juicios y aportar su propia evaluación.

Más recientemente Gorry y Scott-Morton propusieron un esquema que relaciona el tipo de decisión (estructurada, semiestructurada y no estructurada) y el nivel organizacional (control operativo, de gestión y estratégico) con la herramienta a utilizar.

Lógicamente en el nivel operativo dominan las decisiones estructuradas, en el nivel de gestión las semiestructuradas y en el estratégico las no estructuradas, formando una diagonal. En la figura siguiente hemos actualizado este esquema incorporando las últimas tecnologías de la información, e incluso anticipando lo que puede ser un futuro próximo.

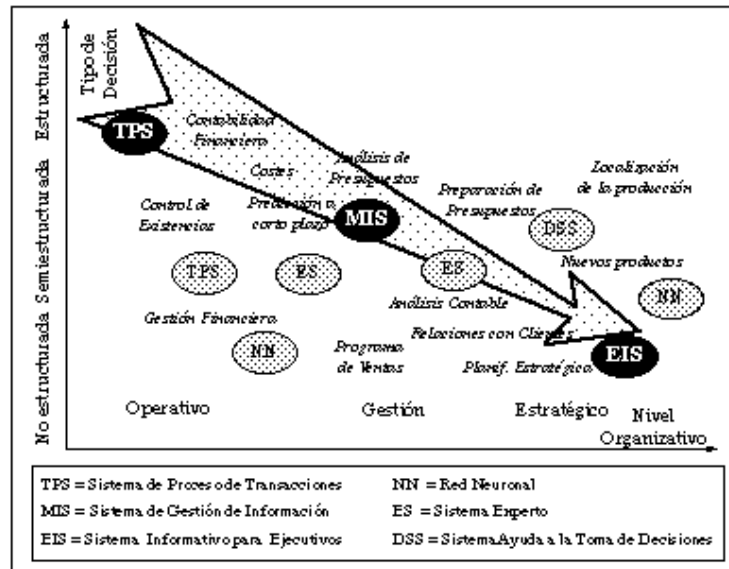


Fig 2. Las herramientas a utilizar según el tipo de decisión y el nivel organizativo.

Se puede apreciar sobre la figura 2 que en el nivel operativo y toma de decisiones estructurada dominan los sistemas informatizados convencionales, como los programas de contabilidad financiera y de costes, los de elaboración de nóminas, y en general aquellas tareas mecánicas. Son los llamados Sistemas de Proceso de Transacciones (TPS) basados en programación algorítmica convencional.

El nivel operativo con decisiones semiestructuradas todavía está dominado por los programas convencionales, en lo que habría que incluir programas de control de tesorería, control de existencias y también las hojas de cálculo y sistemas gestores de bases de datos. Conforme las decisiones son menos estructuradas, empiezan a ser aplicables sistemas expertos y sistemas de ayuda a la toma de decisiones.

Así, para la gestión financiera más básica, en la que además de realizar cálculos mecánicos: tipos de interés efectivo, cuotas de amortización de préstamos, etc, también hay que tomar decisiones que manejan información incompleta o precisan incorporar el conocimiento de un especialista humano. Finalmente, para el nivel de toma de decisiones menos estructuradas pueden incorporarse modelos neuronales, por ejemplo, asesorando en la concesión de las tarjetas de crédito de unos grandes almacenes o a qué clientes se les envía catálogos por correo.

Conforme el nivel organizativo avanza en el eje de las abscisas, las decisiones se hacen más complejas. Si las decisiones son estructuradas, como en el análisis de presupuestos y control, contabilidad analítica, análisis contable, etc, dominan los programas convencionales, quizá incorporando algún módulo experto. Este tipo de programas se denominan Sistemas de Gestión de Información o Management Information Systems (MIS). A medida que las decisiones son menos estructuradas se hacen más necesarios los sistemas expertos. En temas puntuales como la elaboración de presupuestos, la predicción de variables financieras como el beneficio, el cash-flow, podrían incorporarse modelos neuronales.

En el nivel estratégico son barridos los programas convencionales manteniéndose únicamente las hojas de cálculo, por su capacidad de simulación. Los llamados Executive Information Systems (EIS), o Sistemas Informativos para Ejecutivos dominan las decisiones menos estructuradas, con tareas como la planificación estratégica y de contabilidad directiva.

Westland ha propuesto un modelo de red neuronal autoorganizada en estos sistemas informativos, que filtra la información relevante para cada ejecutivo ya que la sobrecarga informativa es uno de los principales problemas de estos sistemas al estar basados en correo electrónico. Finalmente, determinados modelos de redes neuronales podrían aplicarse en problemas de optimización.

En este esquema descrito, hemos situado el análisis de la información financiera en las decisiones semiestructuradas, en las que no hay una teoría general que pueda ser aplicada paso a paso, pero tampoco el análisis contable encaja en las decisiones completamente intuitivas o no estructuradas.

Los sistemas neuronales presentan ciertos inconvenientes. Uno importante es que habitualmente realizan un complejo procesamiento que supone millones de operaciones, por lo que no es posible seguir paso a paso el razonamiento que les ha llevado a extraer sus conclusiones.

Sin embargo, en redes pequeñas, mediante simulación o por el estudio de los pesos sinápticos sí es posible saber, al menos, qué variables de las introducidas han sido relevantes para tomar la decisión. Falta todavía mucho por estudiar en el modo de operación de las redes neuronales.

Otro problema es que al ser una herramienta novedosa y en pleno desarrollo, no se trata de una disciplina con un cuerpo formal, coherente y establecido, por lo que el investigador se encuentra con muchos problemas a los que todavía no se ha encontrado solución.

Aplicaciones de las Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Los problemas donde las Redes Neuronales Artificiales se aplican tienen algo en común: son difíciles de describir cuantitativamente y usualmente sólo se dispone de información parcial sobre ellos. Algunas de sus principales áreas de aplicación son las siguientes:

- a) *Clasificación.* El objetivo es encontrar la clase a la que pertenece cada elemento de un conjunto de patrones.
- b) *Aglomeramiento.* En este caso el objetivo es agrupar objetos o patrones que son similares entre sí. Mediante un parámetro de similitud la red neuronal crea los grupos. El número de grupos identificados es variable dependiendo del grado de sensibilidad del parámetro de similitud. El caso más interesante es la compresión de datos.
- c) *Aproximación de funciones.* El objetivo es que la red neuronal aprenda o construya una función que genere razonablemente bien los mismos datos de salida que con los datos de entrada produce el proceso siendo modelado.
- d) *Predicción y pronóstico.* Dada una serie de valores en el tiempo, el objetivo es predecir el conjunto de valores subsecuentes, es decir, predecir valores futuros con base en su historia.
- e) *Sistemas de control.* Un control se utiliza para modificar a discreción la relación entrada-salida de un proceso. Cuando esta relación es difícil de identificar, una red neuronal puede aprender a controlar un proceso a partir del conjunto de datos entrada-salida.

Aplicaciones

Desde el punto de vista de las aplicaciones, la ventaja de la RNA reside en el procesamiento paralelo, adaptativo y no lineal. Las RNA han encontrado muchas aplicaciones con éxito en la visión artificial, en el procesamiento de señales e imágenes, reconocimiento del habla y de caracteres, sistemas expertos, análisis de imágenes médicas, control remoto, control de robots, inspección industrial y exploración científica.

El dominio de aplicación de las RNA se puede clasificar de la siguiente forma: asociación y clasificación, regeneración de patrones, regresión y generalización, y optimización.

Asociación y clasificación

En esta aplicación, los patrones de entrada estáticos o señales temporales deben ser clasificados o reconocidos. Idealmente, un clasificador debería ser entrenado para que cuando se le presente una versión distorsionada ligeramente del patrón, pueda ser reconocida correctamente sin problemas.

De la misma forma, la red debería presentar cierta inmunidad contra el ruido, esto es, debería ser capaz de recuperar una señal "limpia" de ambientes o canales ruidosos. Esto es fundamental en las aplicaciones holográficas, asociativas o regenerativas.

Asociación: de especial interés son las dos clases de asociación: autoasociación y heteroasociación. El problema de la autoasociación es recuperar un patrón enteramente, dada una información parcial del patrón deseado. La heteroasociación es recuperar un conjunto de patrones B, dado un patrón de ese conjunto. Los pesos en las redes asociativas son a menudo predeterminados basados en la regla de Hebb. Normalmente, la auto correlación del conjunto de patrones almacenado determina los pesos en las redes auto asociativas. Por otro lado, la correlación cruzada de muchas parejas de patrones se usa para determinar los pesos de la red de Heteroasociación.

Clasificación no Supervisada: para esta aplicación, los pesos sinápticos de la red son entrenados por la regla de aprendizaje no supervisado, esto es, la red adapta los pesos y verifica el resultado basándose únicamente en los patrones de entrada.

Clasificación Supervisada: esta clasificación adopta algunas formas del criterio de interpolación o aproximación. En muchas aplicaciones de clasificación, por ejemplo, reconocimiento de voz, los datos de entrenamiento consisten de pares de patrones de entrada y salida. En este caso, es conveniente adoptar las redes supervisadas, como las bien conocidas y estudiadas redes de retropropagación. Este tipo de redes son apropiadas para las aplicaciones que tienen una gran cantidad de clases con límites de separación complejos.

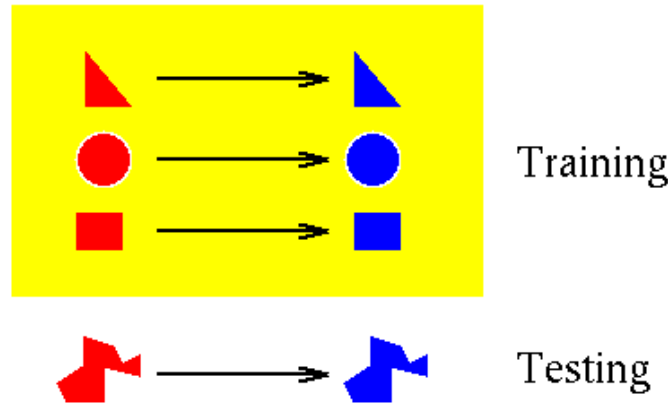
Completar los patrones: en muchos problemas de clasificación, una cuestión a solucionar es la recuperación de la información, esto es, recuperar el patrón original dada sola una información parcial. Hay dos clases de problemas: temporales y estáticos. El uso apropiado de la información con textual es la llave para tener éxito en el reconocimiento.

Generalización

La generalización se puede extender a un problema de interpolación. El sistema es entrenado por un gran conjunto de muestras de entrenamiento basados en un procedimiento de aprendizaje supervisado. Una red se considera que está entrenada con éxito si puede aproximar los valores de los patrones de entrenamiento y puede dar interpolaciones "suaves" para el espacio de datos no entrenado.

El objetivo de la generalización es dar una respuesta correcta a la salida para un estímulo de entrada que no ha sido entrenado con anterioridad. El sistema debe inducir la característica saliente del estímulo a la entrada y detectar la regularidad. Tal habilidad para el descubrimiento de esa regularidad es crítica en muchas aplicaciones. Esto hace que el sistema funcione eficazmente en todo el espacio, incluso ha sido entrenado por un conjunto limitado de ejemplos.

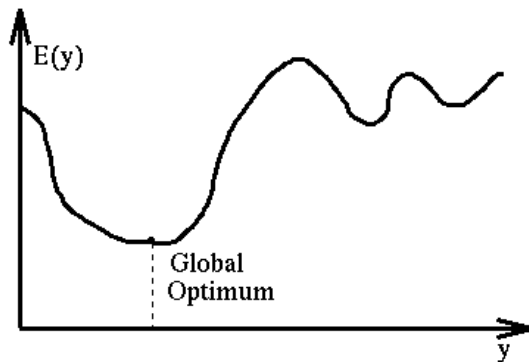
Observe la siguiente figura:



Puede decirse que la generalización ha brindado resultados adecuados ya que durante la prueba ha logrado dar una respuesta correcta para una forma en la cual no ha sido entrenado.

Optimización

Las ANNs son una herramientas interesantes para la optimización de aplicaciones, que normalmente implican la búsqueda del mínimo absoluto de una función de energía basándose en una gráfica como la siguiente:



Una vez que se define la función de energía, entonces la determinación de los pesos sinápticos se hace rápidamente. Para algunas aplicaciones, la función de energía es fácilmente deducible.

En otras, sin embargo, esta función de energía se obtiene de ciertos criterios de coste y limitaciones especiales. El mayor problema asociado al problema de optimización es la alta posibilidad de converger hacia un mínimo local, en vez de hacia el mínimo absoluto. Para combatir este problema se utilizan algunas propuestas estadísticas, como por ejemplo procedimientos estocásticos.

Algoritmos genéticos: principios y aplicaciones

Los Algoritmos Genéticos están inspirados en el principio Darwiniano de la evolución de las especies y en la genética. Son algoritmos probabilísticos que ofrecen un mecanismo de búsqueda paralela y adaptativa basada en el principio de supervivencia de los más aptos y en la reproducción.

1. Sistemas inteligentes

La inteligencia computacional es un área de la ciencia que busca, a través de técnicas inspiradas en la naturaleza, el desarrollo de sistemas inteligentes que imiten los aspectos del comportamiento humano, tales como: aprendizaje, percepción, raciocinio, evolución y adaptación.

<i>Técnica</i>	<i>Inspiración</i>
<i>Redes Neuronales</i>	Neuronas biológicas
<i>Algoritmos Genéticos</i>	Evolución biológica
<i>Lógica Fuzzy</i>	Procedimiento lingüístico
<i>Sistemas Especialistas</i>	Inferencia

Las redes neuronales son modelos computacionales no lineales, inspirados en la estructura y modo de operación del cerebro humano, con el objetivo de reproducir características humanas, tales como: aprendizaje, asociación, generalización y abstracción. Las redes neuronales son muy útiles en el aprendizaje de patrones a partir de datos no lineales, incompletos, con ruido o compuestos de ejemplos contradictorios.

Los algoritmos genéticos son algoritmos matemáticos inspirados en los mecanismos de evolución natural y recombinación genética. La técnica de los algoritmos genéticos ofrece un mecanismo de búsqueda adaptativa basada en el principio Darwiniano de reproducción y supervivencia de los más aptos.

La lógica nebulosa (Fuzzy Logic) tiene como objetivo modelar el modo aproximado de raciocinio humano, pretendiéndose desarrollar sistemas computacionales capaces de tomar decisiones racionales en un ambiente de incertidumbre e imprecisión. La lógica nebulosa ofrece un mecanismo para manipular informaciones imprecisas, tales como los conceptos de mucho, poco, pequeño, alto, bueno, caliente, frío, etc., suministrando una respuesta aproximada para una cuestión basada en un conocimiento que es inexacto, incompleto o no es totalmente confiable.

Los sistemas especialistas son programas de computador destinados a solucionar problemas en un campo especializado del conocimiento humano. Usa técnicas de IA, base del conocimiento y raciocinio inferencial. Las técnicas de la inteligencia computacional han sido empleadas con éxito en el desarrollo de sistemas inteligentes de previsión, soporte a decisión, control, optimización, modelado, clasificación y reconocimiento de patrones en general, aplicados en diversos sectores:

Energía, industrial, económico, financiero, comercial y otros, síntesis de circuitos, medio ambiente, entre otros.

2. Algoritmos genéticos: principios y aplicaciones

Los algoritmos genéticos constituyen una técnica de búsqueda y optimización, altamente paralela, inspirada en el principio Darwiniano de selección natural y reproducción genética. Los principios de la naturaleza en los cuales están inspirados los GA son muy simples. De acuerdo con la teoría de C. Darwin, el principio de selección privilegia los individuos más aptos con mayor longevidad y, por lo tanto, con mayor probabilidad de reproducción.

Los individuos con más descendientes tienen más oportunidad de transmitir sus códigos genéticos en las próximas generaciones. Tales códigos genéticos constituyen la identidad de cada individuo y están representados en los cromosomas.

Estos principios son imitados en la construcción de algoritmos computacionales que buscan la mejor solución para un determinado problema, a través de evolución de poblaciones de soluciones codificadas a través de cromosomas artificiales. En los GA, cada cromosoma es una estructura de datos que representa una de las posibles soluciones del espacio de búsqueda del problema.

Los Cromosomas son sometidos a un proceso de evolución que envuelve evaluación, selección, recombinación sexual (crossover) y mutación. Después de varios ciclos de evolución la población deberá contener individuos más aptos.

La analogía entre los Algoritmos Genéticos y el sistema natural se muestra a través de la siguiente tabla:

<i>Naturaleza</i>	<i>Algoritmos Genéticos</i>
<i>Cromosoma</i>	Palabra binaria, vector, etc
<i>Gen</i>	Característica del problema
<i>Alelo</i>	Valor da característica
<i>Loco</i>	Posición en la palabra
<i>Genotipo</i>	Estructura
<i>Fenotipo</i>	Estructura sometida al problema
<i>Individuo</i>	Solución
<i>Generación</i>	Ciclo

Podemos caracterizar los Algoritmos Genéticos a través de los siguientes componentes:

- a. Problema a ser optimizado
- b. Representación de Soluciones del Problema
- c. Decodificación del Cromosoma
- d. Evaluación
- e. Selección
- f. Operadores Genéticos
- g. Inicialización de la Población

A continuación se describen brevemente cada uno de los componentes anteriormente expuestos, incluyéndose ejemplos en algunos casos:

Problema

Los GA son particularmente aplicados en problemas complejos de optimización: problemas con diversos parámetros o características que precisan ser combinadas en busca de la mejor solución; problemas con muchas restricciones o condiciones que no pueden ser representadas matemáticamente y problemas con grandes espacios de búsqueda.

Los GA han sido aplicados en diversos problemas de optimización, tales como:

Optimización de funciones matemáticas, optimización combinatoria, optimización de planeamiento, problema del cajero viajante, problema de optimización de rutas de vehículos, optimización de layout de circuitos, optimización de distribución, optimización en negocios, síntesis de circuitos electrónicos, etc.

Representación

La representación de las posibles soluciones dentro del espacio de búsqueda de un problema define la estructura del cromosoma que va ser manipulado por el algoritmo. Normalmente, la representación binaria es la más empleada por ser más simple, fácil de manipular a través de los operadores genéticos, fácil de ser transformada en entero o real y además, por facilitar la demostración de los teoremas.

Por ejemplo, sea el problema de encontrar el valor máximo de la función $f(x) = x^2$, siendo x entero $[0,63]$. Se pueden representar las soluciones del problema a través de un cromosoma de 6 bits.

C1 0 0 1 0 0 1 representa $x=9$
 C2 0 0 0 1 0 0 representa $x=4$

Un número binario también puede representar un número real $XR \in [X_{\min}, X_{\max}]$, con precisión de p cifras decimales. Para eso son necesarios K bits, calculados por la siguiente relación:

Ecuación 1

$$2^k \leq (X_{\max} - X_{\min}) \times 10^p$$

La representación binaria, sin embargo, no puede ser empleada siempre; muchas veces el problema exige un alfabeto de representaciones con más símbolos. Cualquiera que sea la representación escogida, debe ser capaz de representar todo el espacio de búsqueda que se desea investigar.

Decodificación

La decodificación del cromosoma consiste básicamente en la construcción de la solución real del problema. El proceso de decodificación construye la solución para que esta sea evaluada por el problema. La ventaja de la representación binaria es la gran facilidad para ser transformada en entero o en real.

En la transformación en un número real, se considera el intervalo de valores o longitud del dominio (C) de los reales de tal forma que

Ecuación 2

$$X_r = X_b \times \frac{C}{2^n - 1} - X_{\min}$$

Donde $XR \in [X_{\min}, X_{\max}]$; X_b es el entero correspondiente al binario; n es el número de bits del cromosoma; y C es la amplitud del dominio de la variable X , dado por $C = |X_{\max} - X_{\min}|$.

Evaluación

La evaluación es la unión entre el GA y el mundo externo. La evaluación se realiza a través de una función que representa de forma adecuada el problema y tiene como objetivo suministrar una medida de aptitud de cada individuo en la población actual. La función de evaluación es para un GA lo que el medio ambiente es para los seres humanos. Las funciones de evaluación son específicas de cada problema. En el ejemplo, la función matemática $f(x)=x^2$ mide la aptitud de cada individuo. C1 es un individuo más apto que C2.

	Cromosoma	X	F(x)
C1	0 0 0 1 0 0 1	9	81
C2	0 0 0 0 1 0 0	4	16

Selección

El proceso de selección en los algoritmos genéticos selecciona individuos para la reproducción. La selección esta basada en la aptitud de los individuos: individuos más aptos tienen mayor probabilidad de ser escogidos para la reproducción. Así, si f_i fuera la evaluación del individuo i en la población actual, la probabilidad p_i de ser seleccionado el individuo i seria proporcional a

Ecuación 3

$$P_i = \frac{F_i}{\sum F_i}$$

desde $i = 1$ hasta n

Donde n es el número de individuos en la población. La selección en los GA se implementa normalmente por una ruleta donde cada individuo es representado por una porción proporcional a su evaluación relativa.

Operadores Genéticos

Los individuos seleccionados (y reproducidos en la siguiente población) son recombinados sexualmente a través del operador de crossover. El operador de crossover es considerado la característica fundamental de los GA. Los pares de progenitores son escogidos aleatoriamente y nuevos individuos son criados a partir del intercambio del material genético. Los descendientes serán diferentes de sus padres, pero con características genéticas de ambos progenitores.

Por ejemplo:

```
G1 1 1 1 | 0 0 0 0
G2 0 0 0 | 0 1 0 0
```

punto de corte aleatorio

```
D1 1 1 0 1 0 0
D2 0 0 0 0 0 0
```

En la forma más simple el crossover de un punto de corte (one-point crossover) corta los dos progenitores en una posición escogida aleatoriamente, creando dos posibles descendientes:

D1 es un cromosoma más apto que sus progenitores, todavía D2 es un individuo mediocre (baja evaluación con $f(x) = x^2$). Los cromosomas criados a partir del operador de crossover son posteriormente sometidos a la operación de mutación. La mutación es un operador exploratorio que tiene como objetivo aumentar la diversidad en la población.

El operador de mutación altera el contenido de una posición del cromosoma, según una determinada probabilidad, en general baja (<1%).

```
C1 1 1 1 1 1 0 0 antes
C1 1 1 1 1 1 0 1 después de la mutación
```

Todavía hay un tercer operador genético denominado inversión, que cambia de posición dos genes escogidos aleatoriamente. La importancia de este operador esta, sin embargo, restringida a problemas con epistasia (fuerte interacción entre genes de un cromosoma).

Inicialización de la Población

La inicialización de la población determina el proceso de creación de los individuos para el primer ciclo del algoritmo. Normalmente, la población inicial se forma a partir de individuos creados aleatoriamente. Las poblaciones iniciales creadas aleatoriamente pueden ser sembradas con cromosomas buenos para conseguir una evolución más rápida, si se conocen a priori, el valor de estas "semillas" buenas.

Características de los algoritmos genéticos

- 🏰 Son algoritmos estocásticos. Dos ejecuciones distintas pueden dar dos soluciones distintas.
- 🏰 Son algoritmos de búsqueda múltiple, luego dan varias soluciones. Aunque habitualmente las energías de los individuos de la población final es similar, los individuos suelen ser distintos entre si. Con el modelo de paralelización empleado la probabilidad de obtener muchas soluciones distintas es más alta todavía. Por ello, debe quedarse con la solución que más convenga según la naturaleza del problema.
- 🏰 A diferencia de los otros algoritmos comentados, cuya convergencia y resultado final son fuertemente dependientes de la posición inicial, en los algoritmos genéticos -salvo poblaciones iniciales realmente degeneradas, en los que el operador de mutación va a tener mucho trabajo- la convergencia del algoritmo es poco sensible a la población inicial si esta se escoge de forma aleatoria y es lo suficientemente grande.
- 🏰 Por su grado de penetración casi nulo, la curva de convergencia asociada al algoritmo presenta una convergencia excepcionalmente rápida al principio, que casi enseguida se bloquea. Esto se debe a que el algoritmo genético es excelente descartando subespacios realmente malos. Cada cierto tiempo, la población vuelve dar el salto evolutivo, y se produce un incremento en la velocidad de convergencia excepcional. La razón de esto es que algunas veces aparece una mutación altamente beneficiosa, o un individuo excepcional, que propaga algún conjunto de cromosomas excepcional al resto de la población. La pobre penetración es el agujero más importante en los algoritmos genéticos, y la razón fundamental de la aparición de los algoritmos híbridos y miméticos.
- 🏰 La optimización es función de la representación de los datos. Este es el concepto clave dentro de los algoritmos genéticos, ya que una buena codificación puede hacer la programación y la resolución muy sencillas, mientras que una codificación errada nos va a obligar a estudiar que el nuevo genoma cumple las restricciones del problema, y en muchos problemas tendremos que abortar los que no cumplan las restricciones, por ser estas demasiado complejas. Además, la velocidad de convergencia va a estar fuertemente influenciada por la representación.
- 🏰 Es una búsqueda paraméricamente robusta. Eso quiere decir que hemos de escoger realmente mal los parámetros del algoritmo para que no converja. Con tasas razonables, va a converger -mejor o peor- en una solución razonablemente buena si la representación es la adecuada.
- 🏰 Los algoritmos genéticos son intrínsecamente paralelos. Esto significa que, independientemente de que lo hayamos implementado de forma paralela o no, buscan en distintos puntos del espacio de soluciones de forma paralela. Ese paralelismo intrínseco permite que sean fácilmente paralelizables, es decir, que sea fácil modificar el código para que se ejecute simultáneamente en varios procesadores.

CONCLUSIONES

- 👉 La inteligencia artificial es una ciencia que comprende el estudio para llevar a cabo la implementación de aplicaciones que trabajen de manera similar a un ser humano.
- 👉 La IA se deriva en una extensa variedad de áreas debido a que los beneficios que aporta son muy amplios, siendo las más relevantes el procesamiento de lenguaje natural, la percepción y reconocimiento de patrones, la programación lógica, la robótica, los sistemas expertos, etc.
- 👉 La meta que se desea alcanzar al utilizar el procesamiento del lenguaje natural es permitir una comunicación flexible y tradicional de una persona con una computadora.
- 👉 La rama destinada al reconocimiento de patrones estudia principalmente a la visión y el reconocimiento de la voz, ya que son dos aspectos muy importantes con los que al automatizarse ayudan en el desempeño de diversas actividades y minimizan el tiempo para su realización.
- 👉 Un sistema experto es una herramienta que ayuda a solucionar dificultades relacionadas a un área de conocimiento específica, puede aprender nuevos hechos que utilizará en el futuro y facilita el aprendizaje a sus usuarios por medio de interacción y simulaciones evitando inclusive riesgos que pudieran darse en la realidad.
- 👉 Una red neuronal es una representación computacional idealizada del modelo de comportamiento de una neurona biológica.
- 👉 El estudio de las redes neuronales se aplicó a la resolución de diferentes problemas actuales entre los que pueden mencionarse a el control, planificación, visión artificial, etc.
- 👉 Los algoritmos genéticos son una técnica de programación cuyo objetivo es simular la evolución de los organismos vivos.
- 👉 Básicamente un algoritmo genético está compuesto por tres operaciones: la selección, la reproducción y en caso de ser necesario la mutación, y al igual que las redes neuronales, son aplicados para la resolución de múltiples problemas.