

Docencia e Investigación en Inteligencia Artificial en la Universidad Politécnica de Valencia

Eva Onaindía, Luis Hernández
Departamento de Sistemas Informáticos y Computación
Universidad Politécnica de Valencia
{onaindia,lhernand}@dsic.upv.es

Resumen

Los planteamientos clásicos de la Inteligencia Artificial (IA) se ocupan principalmente de los aspectos más cognitivos, con claras relaciones con la lógica, el conocimiento y su procesamiento. Los aspectos más perceptivos, relacionados con la visión, el habla, etc., son el objeto de otra disciplina conocida como Reconocimiento de Formas (RF).

Aunque en sus orígenes tanto la IA como el RF, tuvieron que conformarse con ser áreas básicamente conceptuales y especulativas, el grado de desarrollo alcanzado en la actualidad permite presentarlas propiamente como disciplinas eminentemente pragmáticas. La creciente demanda de aplicaciones de interés para la industria y la sociedad que (sólo) pueden ser desarrolladas mediante técnicas propias de la IA/RF, ha impulsado la consolidación definitiva, tanto teórica como práctica, de estas materias.

En esta comunicación se pretende poner de manifiesto la estrecha relación que existe entre la docencia de la materia de IA y su aplicación a la resolución de problemas reales. Para ello exponemos la experiencia docente e investigadora del Grupo de Tecnología Informática- Inteligencia Artificial (GTI-IA) del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

1 Introducción

La enseñanza de la Inteligencia Artificial (IA) en la titulación de Ingeniería Informática (II) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) corre a cargo del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC). El grupo de personas que imparte la asignatura de Inteligen-

cia Artificial, así como las optativas de 5º curso de la titulación de II, conforman, entre otras, el grupo de investigación GTI-IA. De este modo existe una estrecha relación entre la enseñanza, la investigación y el desarrollo de aplicaciones informáticas dentro del área de la IA.

En el siguiente punto presentaremos como está estructurada la docencia de la IA dentro de la titulación reseñada anteriormente, después comentaremos los proyectos de investigación realizados por el grupo GTI-IA y su relación con los contenidos de las asignaturas que constituyen la docencia general de Inteligencia Artificial.

El punto 4 tratará de los proyectos de desarrollo tecnológico del grupo de investigación, de nuevo junto a su relación con las asignaturas impartidas.

2 Docencia de IA en los estudios de Ingeniería Informática de la UPV

La intensificación en IA de los estudios de Ingeniería Informática de la UPV consta de 9 créditos troncales organizados en dos asignaturas, "Aprendizaje y Percepción" (APP) e "Inteligencia Artificial" (IAT), correspondientes a cada una de las dos vertientes RF/IA mencionadas, más un total de 54 créditos optativos, estructurados en otras 10 asignaturas.

El módulo de IA propiamente dicho se compone básicamente de 4 asignaturas cuyos descriptores son:

1. **Inteligencia Artificial (IA):** troncal de 4º curso, 4.5 créditos (3 CT + 1.5 CP)

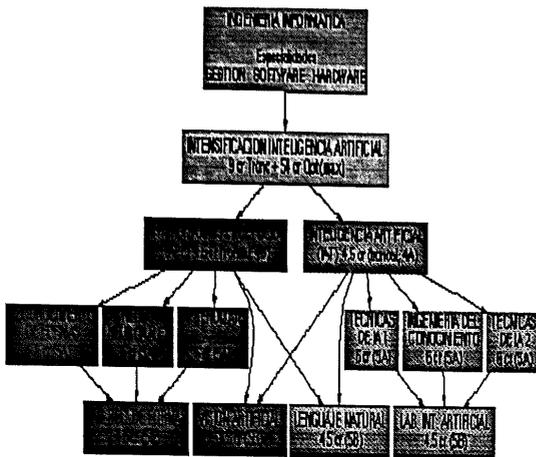


Figura 1: Asignaturas de la intensificación en IA

Objetivo: El objetivo de esta asignatura es ofrecer una introducción a las técnicas básicas de la inteligencia artificial, bajo una orientación práctica orientada a la resolución de problemas en esta área. Con este fin se tratan con un mayor detalle la resolución general de problemas y las técnicas de representación del conocimiento, las cuales subyacen, de una u otra forma, en las diversas aplicaciones de la IA. Estas técnicas se aplicarán y evaluarán en problemas concretos.

Descriptores: Fundamentos, historia y estado del arte en IA. Resolución de problemas mediante búsqueda: búsqueda no informada, búsqueda heurística. Representación del conocimiento: lógica, sistemas de producción, representación estructurada (frames).[9] [10] [7] [11]

2. Técnicas de Inteligencia Artificial I (TIA1): optativa de 5º curso. 6 créditos (4 CT + 2 CP)

Objetivo: profundizar en las técnicas de IA vistas en la asignatura Inteligencia Artificial, en concreto en la resolución de problemas mediante técnicas heurísticas. Presentar nuevas técnicas como son el backtracking dirigido por la dependencia, modelos de razonamiento no monótono y cualitati-

vo, técnicas de IA distribuida y paralela, y en tiempo real.

Descriptores: Resolución de problemas mediante búsqueda: búsqueda heurística, estructuras de datos para árboles de búsqueda, búsqueda IDA*, SMA*. Algoritmos de mejora iterativa: escalada de colinas, enfriamiento simulado, búsqueda A* en tiempo real. [10][9]

Definición de agentes de resolución de problemas: elección de estados y acciones. Razonamiento no monótono. Razonamiento Cualitativo. Backtracking Dirigido por la Dependencia. Sistemas de Mantenimiento de la Razón (SMR).[10]

Inteligencia Artificial Distribuida: modelo psicológico, resolución distribuida de problemas, cooperación, coordinación y competencia, modelo blackboard, modelo de actores, algoritmos de razonamiento distribuido.

Introducción a la Inteligencia Artificial en Tiempo Real: sistemas de tiempo real, problemática y aproximaciones de la IA en tiempo real, métodos múltiples, algoritmos anytime, arquitecturas.

3. Técnicas de Inteligencia Artificial II (TIA2): optativa de 5º curso. 6 créditos (4 CT + 2 CP)

Objetivo: Esta asignatura pretende ofrecer una visión teórico/práctica sobre algunas técnicas y aplicaciones específicas de Inteligencia Artificial, de gran interés en aplicaciones reales. Los temas centrales serán la planificación y scheduling en Inteligencia Artificial, para los que se verán las técnicas correspondientes, de aplicación también en otros campos de la IA, así como tipos y métodos específicos a estos temas.

Descriptores: Introducción a los problemas de Planificación y Scheduling. Aplicación, Especificación y Problemáticas de los Sistemas de Planificación / Scheduling. Técnicas generales de Planificación y Scheduling. Técnicas de satisfacción de restricciones (CSP). Razonamiento temporal: aplicaciones, modelos y técnicas.

Planificación: conceptos generales, tipos y técnicas de planificación (lineal, no-lineal,

jerárquica, temporal, reactiva), técnicas avanzadas y entornos de planificación.[9] [10] [12]

Scheduling: conceptos generales, restricciones, patrones de flujo. Técnicas de scheduling en IA: scheduling como un problema de razonamiento temporal, mediante técnicas de satisfacción de restricciones, técnicas de scheduling basadas en el conocimiento.[2]

Integración de Planificación y Scheduling.

4. **Ingeniería del conocimiento (ICO):** operativa de 5º curso. 6 créditos (4 CT + 2 CP)

Objetivo: Aprender los conceptos básicos de la Metodología de Sistemas Basados en el Conocimiento y la utilización de esta técnica en la resolución de problemas. Conocer un entorno específico de desarrollo de SBC. Aprender una metodología concreta de Desarrollo de SBC. Aplicar la metodología estudiada previamente a la resolución de un problema concreto e implementar la solución al mismo con el entorno estudiado. Son de especial interés en esta metodología las técnicas para la representación de la incertidumbre, imprecisión y vaguedad, por lo que tales técnicas serán también objetivo de la asignatura.

Descriptores: Sistemas basados en el Conocimiento: Sistemas Expertos. Definición estructural y funcional de SBC. Inferencia y control. Caracterización de los dominios de aplicación de los SBC. Metodologías y Entornos de Desarrollo.[1]

Incertidumbre y vaguedad. La probabilidad y teorema de Bayes. Factores de Certeza y Sistemas Basados en Reglas. Redes Bayesianas. Teoría de Dempster-Shafer. Lógica Difusa.[7]

Entorno de desarrollo de SBC. Lenguaje de Representación del Conocimiento. Inferencia y Control. Editor de Bases de Conocimiento. Editor de Interfaces de Desarrollo y Usuario. Herramientas de Depuración y Traza. Funcionalidades avanzadas.[4]

Una metodología de desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento. Metodología KADS. Un Modelo de análisis del Conocimiento. La Estructura KADS de análisis.

Adquisición del Conocimiento y construcción del modelo. Caso de Estudio 1: Construcción de un modelo de interpretación utilizando modelos genéricos. Caso de Estudio 2: Construcción de un modelo de interpretación a partir de primitivas.[5]

Finalmente conviene resaltar la importancia de la realización de Proyectos Final de Carrera (PFC), por los conocimientos y aprendizaje que aporta al alumno. En las siguientes secciones se comentan las principales actividades desarrolladas a través de la realización de PFC.

3 Investigación en Inteligencia Artificial

En este apartado podemos citar varios proyectos en los cuales ha intervenido el grupo GTI-IA y en los cuales se utilizan técnicas y conceptos estudiados en las diferentes asignaturas de la intensificación de IA.

- En primer lugar cabe destacar REAKT ("Environment and Methodology for Real-Time Knowledge-Based Systems")[6], proyecto ESPRIT-II de la Unión Europea, cuyo principal objetivo era el desarrollo de una arquitectura para la implementación de Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC) de tiempo real. Esta arquitectura fue aplicada a una refinería de petróleo para su control en tiempo real.

La arquitectura REAKT fue desarrollada como un sistema multiagente sobre una pizarra o blackboard temporal. Los conceptos de SBC, agentes inteligentes, sistemas multiagente e IA en tiempo real son vistos dentro de las diferentes asignaturas de la intensificación como se ha comentado en el punto anterior.

Además REAKT estaba compuesto por diversos módulos, entre los más relacionados con los contenidos de las asignaturas de Inteligencia Artificial podemos destacar:

El KDM ("Knowledge Data Manager") o pizarra, el cual para mantener las relaciones temporales entre los datos que contiene, emplea un módulo denominado TMM ("Time Map Manager"), donde se utilizaban

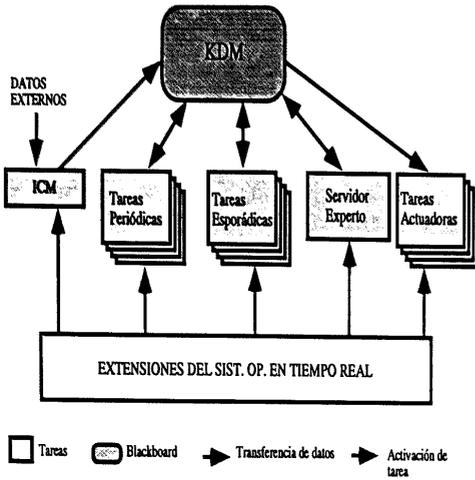


Figura 2: Arquitectura REAKT

técnicas de razonamiento temporal. Con ello se pretende tener establecido en todo momento cuál es el estado de cada dato: pasado, presente o futuro (predicción). Para mantener la coherencia lógica entre los datos se emplea otro módulo denominado RMS ("Reason Maintenance System"), un sistema de mantenimiento de la verdad, el cual mantiene la validez de un dato en función de la de los datos que han sido utilizados para obtenerlo.

Servidor Experto. La función de este módulo es la de crear y planificar que elementos deben ejecutarse en cada momento, lo cual entraría dentro de los conceptos de planificación y scheduling vistos en la asignatura TIA2.

Además, cada agente puede utilizar técnicas como sistemas basados en reglas o búsquedas con heurísticas para resolver el subproblema que le ha sido asignado. Estos conceptos junto con pattern-matching son puntos básicos en las asignaturas de inteligencia artificial.

- El siguiente proyecto de investigación es el desarrollo de la arquitectura ARTIS [3]. Esta arquitectura es un sistema multiagente construido a partir de la evolución del modelo de pizarra de la arquitectura REAKT.

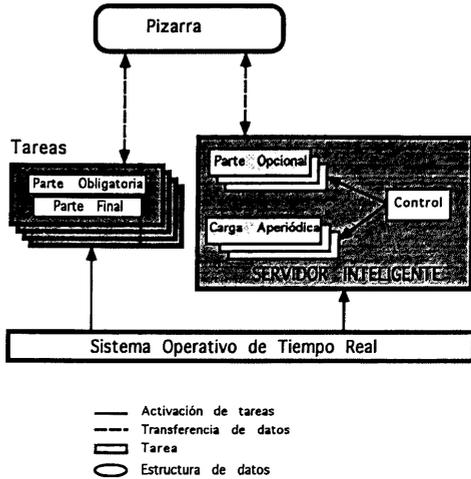


Figura 3: Arquitectura ARTIS

Sobre dicho modelo se han realizado diversas extensiones para adecuarlo todavía más a las características que requiere un sistema de tiempo real. Se está desarrollando una aplicación basada en esta arquitectura, para el control de robótica móvil dentro de entornos fabriles como fabricas, etc.

Como elementos relacionados con los conceptos vistos en las diversas asignaturas de la intensificación, de nuevo podemos volver a citar los agentes, el razonamiento temporal, la utilización de métodos que utilizan búsqueda heurística, sistemas basados en el conocimiento, planificación y scheduling.

Dos de estos conceptos, el razonamiento temporal y la planificación y scheduling de tareas inteligentes, se podrían destacar en cuanto a su relación con la docencia, ya que no sólo son vistos en la asignatura, sino que también se han llevado a cabo PFC, que bajo estas temáticas, desarrollaban elementos usados en ARTIS, o utilizaban un prototipo de la arquitectura como banco de prueba de lo desarrollado en cada proyecto.

En primer lugar, se ha realizado varios PFC sobre planificación temporal, utilizando como base la estructura de datos de la arquitectura y las relaciones existentes entre dichos datos.

Otro grupo de PFC se ha llevado a cabo bajo el concepto de planificación y scheduling de tareas inteligentes. La arquitectura dispone de un módulo de control, que se encarga de la planificación de todas las tareas que utilizan métodos de IA no predecibles, con el propósito de aprovechar al máximo los recursos del sistema y obtener la mayor calidad global en los resultados. Dicho control acepta diferentes métodos de planificación, como pueden ser planificación deliberativa o planificación design-to-time. Los PFC han consistido en la implementación de diversos métodos que eran después evaluados en un prototipo de ARTIS, para conocer su rendimiento y realizar comparaciones entre ellos.

4 La IA y el desarrollo tecnológico

La creciente demanda de aplicaciones de interés para la industria, en las que se hace patente la necesidad de emplear técnicas de IA, abre un interesante y amplio campo de aplicación. A este respecto, el grupo GTI-IA ha participado en distintos proyectos y colaboraciones con empresas. Este tipo de trabajos se centran principalmente en la optimización de procesos de producción industriales donde se hace necesario el desarrollo de procesos heurísticos para obtener la planificación óptima del proceso productivo. Destacamos dos de los proyectos realizados.

- El primero de ellos, desarrollado para una empresa cartonera, tenía como objetivo minimizar las pérdidas o mermas laterales de una bobina de cartón en el proceso de corte de planchas de este material [8]. La empresa tenía pérdidas que se estimaban en un 12% y estaba interesada en el desarrollo de una aplicación que permitiera realizar la planificación diaria de los pedidos en stock, obteniendo la menor merma posible, es decir, garantizando la obtención de la solución óptima.

El diseño inicial del problema se planteó mediante el desarrollo de un algoritmo A*. Para este diseño, se utilizaron heurísticos propios del dominio de aplicación, los cuales permitían aprovechar al máximo el an-

cho de la bobina y consecuentemente minimizar las pérdidas laterales de cartón.

Sin embargo, las numerosas combinaciones que podían generarse con el conjunto de pedidos diarios a procesar, suponían un elevadísimo tiempo de cómputo que hacía imprevisible estimar el instante de tiempo en el que podría obtenerse la solución óptima.

El interés de la empresa no radicaba tanto en encontrar la mejor solución posible, como en conseguir una "buena solución" en un tiempo aceptable (la aplicación se ejecuta diariamente para obtener la planificación del día y poder así programar las máquinas cortadoras), por lo que se adaptó el comportamiento del algoritmo A* como un proceso de resolución incremental (refinamiento progresivo -iterative deepening-). Este nuevo diseño permite obtener mejores soluciones a medida que se concede más tiempo de procesamiento al algoritmo, disponiendo de una respuesta en cualquier momento del proceso. Se calcula una solución aproximada inicialmente que se utiliza como cota pesimista en el árbol de expansión y se aplica una búsqueda heurística por niveles de profundidad para favorecer el llegar antes a un nodo meta. Cada vez que se alcanza un nodo objetivo se obtiene a una nueva solución que puede refinar la anterior, y se actualiza la cota superior del problema si ésta nueva solución supone una mejora respecto a la anterior.

El inconveniente es que no es posible determinar en qué momento se encontrará la solución óptima, pero la experiencia de la aplicación del programa en la empresa demuestra que las pérdidas se han reducido notablemente (en torno a un 7%, lo que redundaba en un importante ahorro monetario). Además, el operario tiene la posibilidad de interrumpir el algoritmo cuando considera que la planificación encontrada responde a los intereses y expectativas de la empresa, es decir, cuando la merma de la mejor solución encontrada hasta el momento está por debajo de un cierto umbral.

Las técnicas y metodología empleadas en este proyecto tienen su antecedente directo en los contenidos de la asignatura IAT y

TIA1. Este proyecto ha permitido además la realización de trabajos final de carrera de varios alumnos.

- El otro proyecto que se está desarrollando actualmente está relacionado con la optimización de una ruta de transportes de carga fraccionada. El objetivo consiste en transportar un conjunto de mercancías (expediciones) de una ciudad a otra (delegaciones). Es posible hacer paradas intermedias en una delegación para descargar la mercancía y volver a cargarla en otro camión más grande procedente de otra expedición (carga fraccionada). Existen 49 delegaciones distribuidas por la geografía española y el objetivo final es obtener la planificación óptima mensual de todas las expediciones de la empresa.

Este es un problema complejo por los numerosos factores que entran en juego (expediciones, tramos de las expediciones, fechas de entrega, costes de carga y descarga, costes de almacenamiento, turnos de trabajo de cada delegación etc.) y por la posibilidad de poder realizar tantas paradas intermedias como se consideren oportunas, con el fin de obtener la solución que optimice el proceso. Por ejemplo, para una expedición de Madrid a Valencia habría que considerar todas las posibilidades de paradas en ciudades intermedias (Cuenca, Teruel, etc.) a las que también pueden llegar otras expediciones, con objeto de aprovechar el mismo camión para el trayecto restante (Cuenca-Valencia, Teruel-Valencia, etc.).

Para la realización de este proyecto se han aplicado técnicas similares a las del anterior proyecto. Se trata en definitiva de realizar un proceso de búsqueda heurística en un árbol de expansión que permita encontrar la solución más económica para llevar a cabo todas las expediciones del mes. En una segunda versión de este problema, donde se limita el número de recursos disponibles (camiones), y no se prioriza la obtención de la solución óptima, se están aplicando técnicas de scheduling basadas en el conocimiento para conseguir el máximo rendimiento de los vehículos de transportes.

5 Conclusiones

Como se ha podido comprobar a través de los diferentes puntos, los contenidos de las diferentes asignaturas que componen la intensificación en Inteligencia Artificial guardan una estrecha relación con la investigación y desarrollo tecnológico llevado a cabo por el grupo GTI-IA, ya que en todos estos proyectos se utilizan conceptos y técnicas vistos en clase.

En definitiva, nuestro grupo pretende mostrar a los alumnos que la Inteligencia Artificial no es algo que se quede en un plano teórico sino que es aplicable a muchos problemas reales y en bastantes casos está siendo imprescindible su uso. Esto se hace aún más evidente por la falta de viabilidad de los métodos tradicionales a la aplicación de problemas reales como computación en tiempo real, sistemas inteligentes distribuidos, etc.

Esta visión queda reforzada por los PFC que realizan los alumnos, donde pueden percibir aún más la adecuación de técnicas de Inteligencia Artificial a dominios reales de aplicación.

Referencias

- [1] Waterman D.A. *A guide to Expert Systems*. Addison-Wesley, 1986.
- [2] J. Dorn and K. Froeschil. *Scheduling of Production Processes*. Ellis Horwood, 1993.
- [3] A. García-Fornés and Botti V. ARTIS: Una arquitectura para Sistemas de Tiempo Real Inteligente. In *VI Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial*, pages 161–174, 1995.
- [4] G. Guida and Tasso C. *Design and Development of Knowledge-Based Systems*. John Wiley&Sons, 1994.
- [5] F.R. Hickman, J.L. Killin, L. Land, T. Mulhall, D. Porter, and Taylor R.M. *Analysis for Knowledge-Based Systems, a practical guide to the KADS methodology*. Ellis Horwood, 1989.
- [6] D. Kersual and Mensch A. REAKT: A Real-Time Architecture for Knowledge Based Systems. In *IFAC Artificial Intelligence in Real-Time Control*, pages 513–518, 1994.

- [7] P. Lucas and L. Van Der Gaag. *Principles of Expert Systems*. Addison-Wesley, 1991.
- [8] E. Onaindia, F. Barber, V. Botti, C. Carrascosa, M.A. Hernández, and M. Rebollo. A Progressive Heuristic Search Algorithm for the Cutting Stock Problem. In *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer Verlag, volume 1416, pages 25–35, 1998.
- [9] E. Rich and K. Knight. *Inteligencia Artificial*. McGraw Hill, 1994.
- [10] S.J. Russell and P. Norvig. *Artificial Intelligence. A modern approach*. Prentice Hall, 1995.
- [11] P.H. Winston. *Inteligencia Artificial*. Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
- [12] Q. Yang. *Intelligent Planning. A Decomposition and Abstraction Based Approach*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, 1997.