

Inteligencia Artificial en los planes de estudio de informática e industriales. Una perspectiva desde el área de ISA.

Beatriz López
Universitat de Girona, Campus Montilivi, edificio P4, 17071 Girona,
blopez@eia.udg.es

Joaquín Meléndez
Universitat de Girona, Campus Montilivi, edificio P4, 17071 Girona,
quimmel@eia.udg.es

Resumen

En esta ponencia se presenta el enfoque que se ha proporcionado a las asignaturas de Inteligencia Artificial en la Universidad de Girona que están a cargo del área de Ingeniería de Sistemas y Automática. Se describen las asignaturas de Ingeniería Industrial, así como las de las ingenierías informáticas (primer y segundo ciclo).

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Ingeniería de Sistemas y Automática, Supervisión experta, Gestión y Planificación, CIM.

1. MARCO INSTITUCIONAL

El Departamento de Electrónica Informática y Automática de la Universitat de Girona está integrado por personal académico (35 tiempo completo y 30 tiempo parcial) de dos áreas: Ingeniería de Sistemas y Automática (ISA) y Arquitectura y Tecnología de Computadores (ATC). De forma general podemos decir que la primera imparte la docencia relacionada con el control, electrónica analógica, automatización e inteligencia artificial; mientras que la segunda imparte las materias afines a computadoras, sistemas operativos, comunicaciones, electrónica digital e informática industrial. La distribución de carga de ambas áreas es similar, con un volumen total de 1000 Cr. (10h \approx 1Cr), con una inclinación clara de ATC hacia las titulaciones de Informática (Ingeniería Informática (2º ciclo) –IInf.-, Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas –ITIS- e Ingeniería Técnica en Informática de Gestión –ITIG-) y de ISA sobre las de perfil industrial (centrado en Ingeniería Industrial –IInd.- e Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial ITIEI).

2. APUESTA DE ISA POR LA DOCENCIA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA UDG

El área de ISA enfoca la docencia de técnicas de la inteligencia artificial (IA) como herramientas que permiten resolver problemas de control y supervisión difícilmente abordables mediante las técnicas clásicas. De una forma general, las técnicas de IA se han venido aplicando en las diferentes tareas que componen un sistema de producción integrado (Computer Integrated Manufacturing, CIM) en sus diferentes eslabones (ver Fig. 1) y desde esta perspectiva se han preparado y desarrollado los diferentes programas de las asignaturas de IA que ha tenido a su cargo.

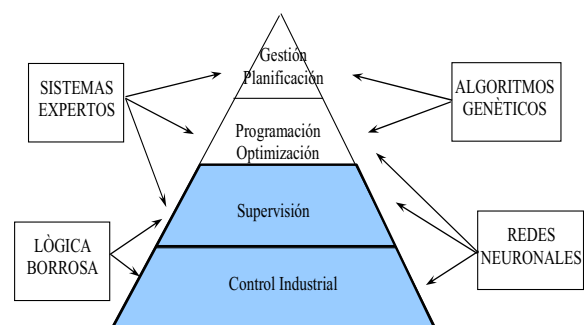


Fig. 1 Técnicas de IA aplicables en las tareas que componen la pirámide CIM.

3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS ESTUDIOS DE INFORMÁTICA

La Universitat de Girona ofrece a sus estudiantes estudios relacionados directamente con la informática en sus tres ciclos posibles: estudios técnicos, estudios superiores y estudios de tercer ciclo:

1. Primer ciclo:
 - Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas (ITIS).
 - Ingeniería Técnica en Informática de Gestión (ITIG).
2. Segundo ciclo: Ingeniería Informática (IInf).
3. Tercer ciclo: Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información.

El área de ISA tiene a su cargo la docencia de las asignaturas de Ingeniería Informática (segundo ciclo) siguientes:

- Diseño de sistemas de supervisión
- Inteligencia Artificial, Técnicas y Métodos.

Asimismo, está presente en la docencia de diferentes asignaturas de los estudios de IITIS:

- Electrónica y Instrumentación
- Ingeniería de Sistemas y Automática
- Inteligencia Artificial Aplicada
- Tratamiento digital de señales.

El objetivo de este trabajo es remarcar la contribución del área en las asignaturas relacionadas de Inteligencia Artificial que se muestran en la **Fig. 2**.

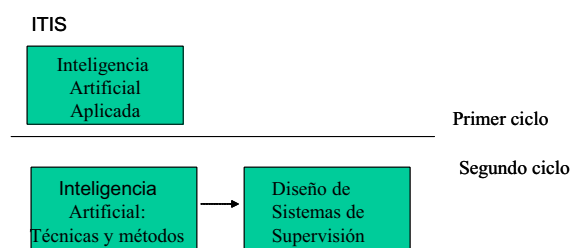


Fig. 2 Asignaturas de IA en estudios de informática impartidas por ISA

En la coyuntura del primer ciclo, la apuesta del área de ISA se encamina a tratar temas de "Soft Computing". En referencia al segundo ciclo, se orienta hacia los temas fundamentales y básicos de la Inteligencia Artificial, como los métodos de Representación del Conocimiento y la Búsqueda Heurística. En este sentido, el enfoque del primer

ciclo es hacia el uso de herramientas de IA, mientras que en el segundo ciclo la aproximación se centra en técnicas que soportan el desarrollo de dichas herramientas. Finalmente, el tercer ciclo se aborda desde una perspectiva multidisciplinar para dar respuestas a las oportunidades y desafíos que la tecnología de la información ofrece hoy en día en una sociedad rica en información. De este programa se comentará más extensamente en la sección 5.

3.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA

Esta asignatura es de primer ciclo y corresponde al tercer curso de la titulación en Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas según el plan de estudios de la Universitat de Girona iniciado el año 2001. Inteligencia Artificial Aplicada es optativa y consta de 6 créditos, 3 teóricos y 3 prácticos. Todos ellos se imparten en el segundo semestre del curso; esto es, el último semestre de un estudiante de primer ciclo.

En el antiguo plan de estudios existían dos asignaturas relacionadas con la IA:

- Introducción a la Inteligencia Artificial, que coincidía con los contenidos de la asignatura Inteligencia Artificial ofertada a los estudiantes de ITIG
- Aplicación de los sistemas Expertos a la Automática, de similares características a la presentada para los Ingenieros Industriales (ver sección 4).

De alguna manera, Inteligencia Artificial Aplicada hereda trabajos preliminares y enfoques de éstas asignaturas previas.

3.1.1 El perfil del alumno.

Los estudiantes que acceden a la asignatura no han visto con anterioridad ningún concepto relacionado con Inteligencia Artificial. Esto es, en IA el estudiante se enfrenta a problemas no convencionales, mal estructurados, que tienen una difícil especificación.

Para un seguimiento correcto de la asignatura son necesarios conocimientos de programación, estructuras de datos y algoritmos, y lógica. Todos estos requisitos están satisfecho en el actual plan de estudios, si el estudiante ha superado los cursos anteriores con éxito. Éstos son:

- Metodología y tecnología de la programación (troncal, primer curso)
- Introducción a las estructuras de datos (troncal, segundo curso)
- Introducción a la lógica (obligatoria, primer curso)

3.1.2 Planteamiento de la asignatura

El objetivo principal de la asignatura es conseguir que los estudiantes del último curso de ITIS adquieran conocimientos teóricos y prácticos de la Inteligencia Artificial, particularizando en el paradigma de Soft Computing. La IA proporciona una serie de herramientas que permiten resolver problemas complejos, a los que actualmente se afronta la industria y la producción, y que no son atacables con otros métodos convencionales. En particular, el paradigma de Soft Computing se centra en el desarrollo de sistemas robustos, tolerantes a la información imprecisa, incompleta e incierta.

Se trata por tanto de un temario basado en el paradigma de Soft Computing, donde los ejemplos prácticos de aplicaciones son un eje fundamental. El programa comienza con un bloque temático de introducción, y continúa con cuatro bloques correspondientes a las cuatro grandes áreas de Soft Computing: sistemas expertos, lógica borrosa, redes neuronales y algoritmos evolutivos. Se finaliza el programa con un bloque de temas avanzados que permite al estudiante conocer otros ámbitos de la IA a la vez que conectar esta asignatura con los contenidos de la asignatura Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos, en caso de que el estudiante desee continuar los estudios de segundo ciclo.

No se trata de profundizar en los últimos avances en la tecnología de Soft Computing, sino en asentar los fundamentos. Un estudiante avisado podrá continuar a través de lecturas complementarias, asistencia a seminarios, formación continuada, e incluso el proyecto final de carrera, los conocimientos en esta materia.

En todos los capítulos se revisan las principales aplicaciones de la tecnología expuesta, proporcionando como mínimo un caso de estudio. En este sentido, y desde la perspectiva del área de Ingeniería de Sistemas y Automática, y sabiendo que los estudiantes han cursado la asignatura con el mismo nombre (Ingeniería de Sistemas y Automática, obligatoria en segundo curso), se intensifica en los ejemplos propios del área.

A continuación se hace una breve descripción del contenido de cada uno de los bloques y la motivación que lleva a incluirlo en el temario de la asignatura:

Bloque 1: Introducción. Este tema es una aproximación general a la IA. Comienza con una definición de IA y áreas de aplicación, y se expone a continuación el paradigma de Soft Computing donde tiene lugar la mayor parte del desarrollo del curso.

Bloque 2: Sistemas expertos. En este bloque se presenta la definición de sistema experto como alternativa a la resolución de problemas complejos, "mal estructurados" que no tienen solución con las técnicas tradicionales conocidas hasta el momento por los estudiantes. Se hace especial énfasis en la diferencia entre programar y construir un sistema experto, esto es, entre el desarrollo de programas que permiten manipular información del desarrollo de herramientas que permiten el uso del conocimiento. Se presentan los principales componentes de los sistemas expertos, a saber: base de conocimientos, motor de inferencia, módulo de adquisición, módulo de explicación. Asimismo, las interfaces y el rol del ingeniero del conocimiento, el experto humano y el usuario involucrado.

Se hace un análisis de las situaciones en las que un sistema experto es necesario; esto es, dando los propios límites a los sistemas expertos.

Bloque 3: Lógica borrosa. Una vez conocidos los conceptos básicos de sistemas expertos, se introducen las propiedades de certeza del conocimiento que se manipula. Se muestra cómo con este tipo de conocimiento un sistema experto con las características vistas hasta el momento no puede producir decisiones correctas y cómo es necesario introducir el razonamiento borroso. A través del conocimiento de éste tipo de razonamiento se introduce al estudiante los primeros mecanismos de control bajo incertidumbre.

Bloque 4: Redes neuronales. Se introduce la noción de red neuronal artificial como un paradigma alternativo a la computación simbólica. Se presentan los componentes y funcionamiento básico de las neuronas y su equivalencia artificial. Se destaca las propiedades de tolerancia al ruido, así como la posibilidad del procesado en paralelo, el aprendizaje y la adaptación, y la capacidad para procesar múltiples inputs y generar múltiples outputs. Finalmente, se describen las principales topologías de redes.

Bloque 5: Algoritmos genéticos. En este tema se presentan los algoritmos evolutivos como otra área más dentro de Soft Computing, basada en procesos evolutivos biológicos. En particular, se introducen los algoritmos genéticos que se utilizan como algoritmos adaptativos para resolver problemas prácticos, y como modelos de comportamiento de sistemas evolutivos naturales.

Bloque 6: Temas avanzados. La IA considera una amplia variedad de temas que es imposible de cubrir en una asignatura introductoria de carácter general. El programa de la asignatura Inteligencia Artificial Aplicada se han cubierto unos aspectos fundamentales, y particulares de Soft Computing. En

los temas que se presentan en este bloque, se consideran otras áreas que mejoran o complementan los temas anteriores, con el objetivo que el alumno interesado, dotado de la formación básica, pueda extender su conocimiento a través de la bibliografía o de otras asignaturas de ciclos superiores (segundo y tercer ciclo). Los temas tratados son: Razonamiento basado en Casos, Razonamiento basado en Modelos, Minería de Datos, Agentes Inteligentes. Estos mismos temas son objeto de estudio de los diferentes grupos de investigación del área de ISA, por lo que facilitan la realización de los trabajos finales de carrera de los estudiantes en el marco de la investigación de dichos grupos.

La bibliografía básica recomendada es [3], [10] y [8].

3.1.3 Realizaciones prácticas

Atendiendo el perfil informático de los estudiantes, las prácticas presentan cierta versatilidad en cuanto al uso del software y otras herramientas. Sin embargo, dado el carácter optativo de la asignatura y de la dificultad de implementar métodos con un lenguaje de programación propio de la IA, se ha optado por la utilización de herramientas siempre que es posible. El objetivo de la asignatura no es la programación pero el conocer el uso de las técnicas de Soft Computing.

A continuación se anotan las prácticas que actualmente se realizan:

-
- P1: Demostraciones de IA
 - P2: Sistemas Expertos. Introducción al JESS.
 - P3: Sistemas Expertos para la diagnosis (coche averiado)
 - P4. Sistemas difusos. Control de temperatura.
 - P5. Sistemas difusos. Control de las luces de tránsito (semáforos)
 - P6. Redes neuronales: $A \wedge \neg B$, $A \text{ XOR } B$, clasificación ($-2 + x_1 + 2x_2 > 0$), identificación
 - P7. Algoritmos genéticos. Aplicación a un problema de scheduling (cadena de montaje de coches).
-

El software utilizado es:

- JESS [7]: para las dos primeras prácticas
- FuzzyJess [4]: para las prácticas 3 a 5
- Las herramientas de la Inteligencia Computacional de la Universidad de British Columbia [2] para la práctica 6. Esta herramienta se substituirá el próximo curso por la nntool de Matlab. Ésta última es más versátil y los alumnos ya están familiarizados con Matlab.
- C++ o Java para la última práctica.

Mas información sobre la asignatura:

<http://eia.udg.es/~blopez/iaa/>

3.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL: TÉCNICAS Y MÉTODOS

La asignatura Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos es obligatoria para los alumnos de Ingeniería Informática (segundo ciclo) y corresponde al primer curso de la titulación, según el plan de estudio de la Universitat de Girona iniciado en el año 1997. Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos consta de 9 créditos, 4,5 teóricos y 4,5 prácticos, que se imparten en el primer semestre del curso.

3.2.1 El perfil del alumno

Los estudiantes que acceden a la asignatura pueden haber cursado materias de Inteligencia Artificial, dependiendo de su procedencia:

- ITIG: en el plan de estudios de ITIG existe una asignatura optativa, Inteligencia Artificial
- ITIS: en el plan de estudios de ITIS existe la asignatura optativa, Inteligencia Artificial Aplicada, introducida en la sección anterior.

Se trata de asignaturas optativas, por lo que no se puede dar por sentado que todos los estudiantes tienen conocimientos previos sobre la materia.

Se asume que los estudiantes han adquirido los conocimientos necesarios de programación, a través del primer ciclo. También sería deseable que los alumnos tuvieran conocimientos elementales sobre lenguajes de programación lógicos y funcionales. Sin embargo, estos contenidos se estudian en una asignatura optativa de ITIG (Lenguajes de programación), o bien en una obligatoria de IInf (Paradigmas de programación) pero que el estudiante recibe en el segundo semestre, una vez ya cursada Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos. Por ello es necesario presentar a los alumnos los conceptos relacionados con lenguajes de programación específicos de inteligencia artificial de una forma básica y suficiente para poder utilizarlos en esta asignatura.

3.2.2 Planteamiento de la asignatura

Los objetivos generales de la asignatura Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos se pueden resumir en los puntos siguientes:

- Identificar el tipo de problemas considerados por la IA; centrar la IA en relación con otras áreas de la Informática
- Conocer los métodos genéricos de resolución de problemas en IA
- Comprender el papel del conocimiento en la resolución de problemas de IA; conocer las técnicas básicas de su representación y utilización

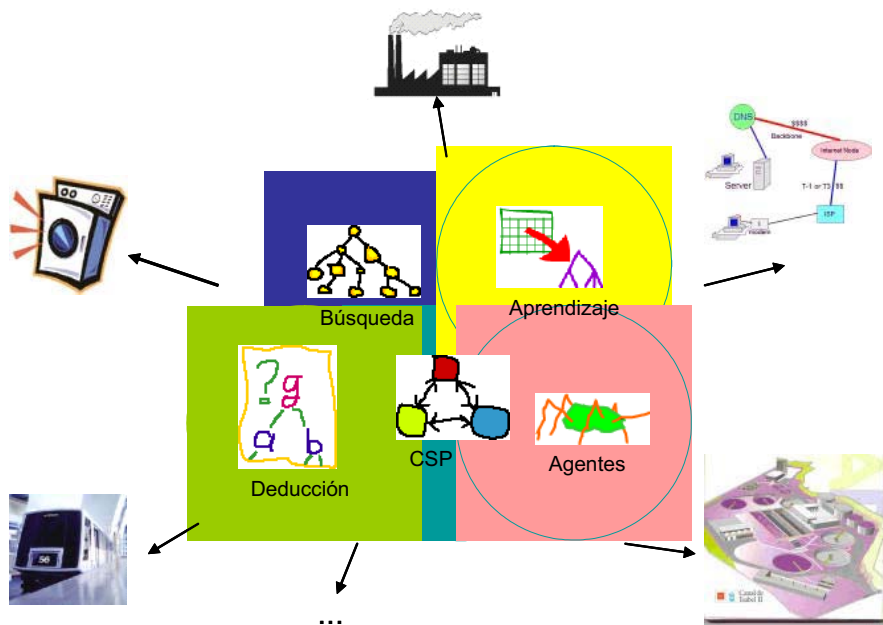


Fig. 3 Utilización de la IA en todos los ámbitos.

- Proporcionar una formación sólida en los aspectos básicos de la IA, para que sirva como soporte para la comprensión y asimilación de nuevos métodos y técnicas
- Dotar de las herramientas para poder integrar las técnicas y métodos de IA en entornos informáticos modernos, mediante los agentes inteligentes y métodos de adquisición de conocimientos automáticos a partir de datos
- Conocer los lenguajes de programación más frecuentemente utilizados en IA
- Motivar y capacitar al estudiante para que utilice y comprenda la bibliografía básica de IA.

Al finalizar el curso, un estudiante ha de ser capaz de determinar si un planteamiento con técnicas de IA es adecuado para un problema dado, y seleccionar e implementar el método adecuado.

Finalmente, y no menos importante, es el carácter práctico que la asignatura lleva impregnado. Es decir, se intenta desmitificar la Inteligencia Artificial como disciplina que intenta reproducir al ser humano con todas sus capacidades intelectivas, para presentarla como un conjunto de técnicas que son utilizadas día a día en las empresas, fábricas, y en la maquinaria que los ciudadanos utilizan diariamente (ver Fig. 3).

En relación al área de ISA, es importante destacar la utilización de ejemplos y aplicaciones de este

ámbito, de acuerdo a la pirámide CIM que se ha mostrado en la Fig. 1. Asimismo, se pone en perspectiva el concepto de Técnica de IA, respecto al de Tarea y Aplicación, de acuerdo al esquema que se proporciona en la Fig. 4.

El temario propuesto está constituido en 5 bloques, a saber:

Bloque 1: Introducción. Este tema es una aproximación general a la IA. Comienza con una revisión a la historia de la IA. A continuación se exponen cuestiones filosóficas, que permiten llevar a las definiciones fundamentales. En el contexto de la asignatura, se asume la aproximación ingenieril de desarrollar máquinas que muestren un comportamiento inteligente.

Bloque 2: Búsqueda heurística y satisfacción de restricciones. Este bloque desarrolla la resolución de problemas mediante técnicas de búsqueda, uno de los campos más antiguos de la IA. La búsqueda originó grandes expectativas en la etapa inicial de la IA, pensando que se podría desarrollar un resolutor general de problemas (GPS de Newell y Simon). Sin embargo, la explosión combinatoria generada en los procesos de búsqueda, junto con la inadecuación de estas técnicas para formular muchos de los problemas reales, arruinaron dichas expectativas. En cualquier caso, las técnicas de búsqueda se han consolidado como uno de los métodos básicos para la resolución de problemas, y se emplean en combinación con otros métodos.

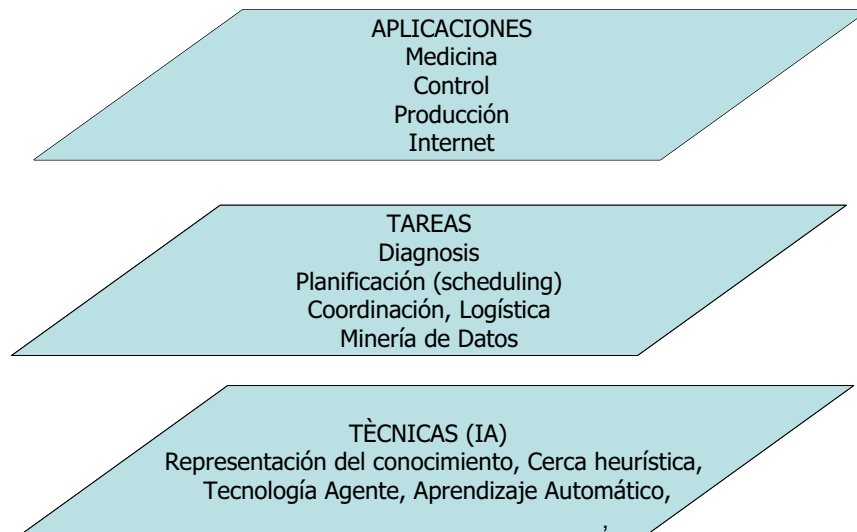


Fig. 4 Distinción entre técnicas, tareas y aplicaciones de la IA.

Bloque 3: Representación del conocimiento y razonamiento. Las técnicas de búsqueda permiten resolver cierto tipo de problemas, bien definidos, con un pequeño conjunto de operaciones posibles, con información precisa. Sin embargo, la búsqueda no resuelve satisfactoriamente otros problemas que no encajan en esta descripción. La historia de la IA ha demostrado que para resolver problemas complejos es necesario disponer y manipular conocimiento específico sobre ellos. Pero el conocimiento es difícil de caracterizar y representar, es voluminoso y cambiante, ofrece muchas variantes en su uso. En este tema de representación del conocimiento se pretenden revisar los formalismos básicos de representación.

Bloque 4. Agentes inteligentes. Las técnicas analizadas hasta el momento permiten atacar problemas desde una perspectiva de sistema individual, único. En este tema, se extiende la capacidad de resolución de problemas a entornos distribuidos donde diferentes sistemas computacionales o agentes interactúan para conseguir resolver un problema complejo común. Este bloque merece especial atención ya que el paradigma Agente está resultando clave para el desarrollo de aplicaciones distribuidas. Como defienden algunos autores, el concepto de Agente permite describir los sistemas complejos con un mayor grado de abstracción [12], por lo que se vislumbra como una herramienta de amplias posibilidades en todas las disciplinas.

Bloque 5: Descubrimiento del conocimiento. Tanto los sistemas basados en el conocimiento de

forma aislada, como los agentes inteligentes en entornos distribuidos, necesitan e grandes cantidades de conocimiento. Este conocimiento se puede adquirir de forma manual gracias a de técnicas de ingeniería de conocimiento, o bien de forma automática haciendo uso de las técnicas de aprendizaje automático. En este tema se presentan diferentes técnicas de aprendizaje automático con el objetivo de obtener el conocimiento necesario para realizar una tarea a partir de datos conocidos por una organización y recogidos por sistemas de información. Una observación que cabe resaltar es el hecho que la materia de Aprendizaje está cubierta en este bloque. El término “descubrimiento del conocimiento” se ha acuñado recientemente para agrupar todos los temas de aprendizaje automático, razonamiento basado en casos, y minería de datos. Se trata, por tanto, de un término más amplio.

Otros bloques de interés, como pueden ser la Planificación inteligente, y Robótica, queda fuera del alcance de esta asignatura y son tratados en las asignaturas de Diseño de Sistemas de Supervisión (a cargo de ISA, se verá después) y Robótica (a cargo del área de ATC) respectivamente.

La bibliografía básica utilizada es [3], [9] y [11].

3.2.3. Realizaciones prácticas

Se ha previsto un programa de cinco prácticas que cubren un por una todos los bloques temáticos:

-
- P1: Demostraciones de IA
 - P2. El algoritmo mínimax: aplicación al juego del Othello.
 - P3: Desarrollo de un sistema experto en Prolog
 - P4. Desarrollo de un jugador de futbol con razonamiento fuzzy.
 - P5. Desarrollo de un equipo de futbol con comunicación.
 - P6. Implementación del algoritmo ID3.
-

Las prácticas se basan en lenguajes de programación propios de la Inteligencia Artificial: Prolog [1] y LISP (desde su utilización a través de JESS [7]). La primera práctica está pensada para que los estudiantes se familiaricen con las aplicaciones típicas de IA. La segunda práctica, refuerza los conocimientos de búsqueda heurística haciendo hincapié en las estrategias de juegos. La tercera práctica hace énfasis a los sistemas basados en reglas. La cuarta práctica consolida los conocimientos sobre razonamiento aproximado, en particular, técnicas de lógica borrosa. En este caso se trata de modelar los conceptos de “próximo a la pelota”, “cerca de un compañero”, y actuar en consecuencia. En la quinta práctica se trabajan los conceptos de coordinación de agentes. Ambas, la cuarta y la quinta práctica se desarrollan sobre el simulador de futbol robótica Javafoccer [6]. Finalmente, la última práctica permite afianzar los conocimientos sobre métodos de aprendizaje inductivo para la clasificación. Para ello se utilizan datos de fallos en un proceso de supervisión en el suministro de energía.

Cabe destacar que las prácticas P5 y P2 se testean en el marco de una competición organizada a puertas abiertas a todos los estudiantes. Los equipos de prácticas compiten entre sí. Y por el afán de ganar la competición, muchos estudiantes dedican un gran esfuerzo en la realización de dichas prácticas, superando en muchas ocasiones las expectativas.

Más información sobre la asignatura:
<http://eia.udg.es/~blopez/iatm/>

3.3. DISEÑO DE SISTEMAS DE SUPERVISION

La asignatura es optativa para los alumnos de Ingeniería Informática (segundo ciclo) y no tiene asignado a priori ningún curso específico, aunque se recomienda para el segundo curso (quinto). Pertenece al plan de estudio de la Universitat de Girona iniciado en el año 1997, y consta de 6 créditos, 3 teóricos y 3 prácticos, que se imparten en el primer semestre del curso.

3.3.1 El perfil del alumno

Los estudiantes que acceden a la asignatura han cursado Inteligencia Artificial Técnicas y Métodos, y excepcionalmente, algún estudiante está cursando en concurrencia ambas asignaturas. Por ello, se supone que el estudiante dispone de un background sobre conceptos básicos de IA, según lo explicado en la sección anterior. Asimismo, y de acuerdo a su formación en primer ciclo, el estudiante ha recibido estudios sobre Ingeniería de Sistemas y Automática. Por todo ello, en esta asignatura se encuentra capacitado para unir los aprendizajes en ambas disciplinas.

3.3.2 Planteamiento de la asignatura

El objetivo principal de la asignatura es conseguir que los estudiantes de últimos cursos de Ingeniería Informática adquieran conocimientos teóricos y prácticos en la supervisión experta de procesos mediante el uso de sistemas basados en el conocimiento. En particular, se focaliza en los métodos y herramientas que la Inteligencia artificial proporciona para dar soporte a las diferentes personas que intervienen en una industria u organización (ver Fig. 5): operadores, gestores, ejecutivos, financieros. La IA proporciona las herramientas para analizar el conjunto de datos que son recogidos por ordenadores o terminales de control en las industrias y organizaciones, y asistir a todas estas personas en sus procesos de decisión para controlar y mejorar la eficacia del proceso o organización.

En esta asignatura, el estudiante aprende a utilizar algunos de los métodos alternativos que ofrece la IA y adquiere una perspectiva global, científica, metodológica y práctica de la resolución de problemas de esta área de conocimiento. En concreto, se estudian técnicas de Planificación de la secuenciación, de la Planificación del tiempo y los recursos, de aprendizaje de conocimiento a partir de datos. En todas las metodologías se focaliza el estudio de soluciones distribuidas en el marco más vanguardista de los sistemas informáticos actuales.

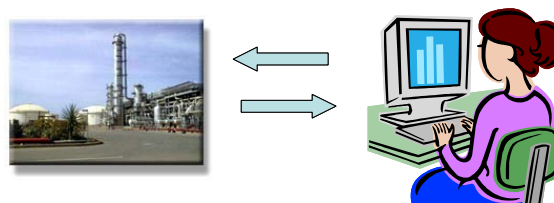


Fig. 5 Industria y Inteligencia Artificial

Los bloques de estudio son los siguientes.

Bloque 1. Introducción. Se presenta la pirámide CIM. Se hace énfasis en los sistemas SCADA y se plantea la necesidad de avanzar en el soporte a la decisión. Se presentan las tendencias actuales y la relación entre la supervisión y la IA.

Bloque 2. Técnicas de IA para la Planificación. Se presenta el problema de la planificación y las diferentes aproximaciones. Se focaliza en la representación del conocimiento requerida para planificar, y se ahonda en las técnicas de búsqueda en el espacio de estados, en el espacio de planes y en la planificación basada en grafos. Se analizan diferentes casos de estudio: el desensamblaje de piezas, los robots de Internet (softbots) y las aplicaciones IMACS (Interactive Manufacturability Analysis and Critiquing Systems).

Bloque 3. Técnicas de IA para Scheduling. Se presenta el scheduling como proceso a continuación de la planificación. Se proporciona una tipología de problemas, y se focaliza en la técnica de razonamiento basada en restricciones para su solución. Los casos de estudios que se trabajan son: líneas de producción de automóviles, logística, y el scheduling del telescopio Hubble.

Bloque 4. Técnicas de IA distribuida. Se analizan los bloques anteriores desde una perspectiva distribuida y las técnicas alternativas o complementarias para llevarlos a cabo en estos nuevos entornos.

Bloque 5. Minería de datos. Se presenta la minería de datos como un conjunto de técnicas necesarias para gestionar el gran volumen de datos que cualquier industria u organismo está registrando diariamente. Las técnicas estudiadas son: clasificación y clustering. Los casos de estudio se realizan sobre los bloques de planificación y scheduling.

Bloque 6. Razonamiento basado en casos. Se hace énfasis en esta técnica de razonamiento y aprendizaje por su especial utilización en diversos procesos de supervisión. En particular, se utilizan como casos de estudios la diagnosis de fallos en distribución de energía y la planificación basada en casos.

3.3.3 Realizaciones prácticas

La asignatura cuenta con las siguientes prácticas:

-
- P1: A*: aplicación al 8-puzzle
 - P2. Estudio de los dominios típicos de planificación.
 - P3: Desarrollo de un planificador para el ensamblaje.
-

P4. Desarrollo de un scheduler para la planificación de actividades escolares.

P5. Implementación de agentes cooperantes recogedores de desperdicios.

P6. Implementación del algoritmo ID3.

El software utilizado es diverso. Para la primera práctica, se utiliza un software con una interfaz amigable proporcionado por la universidad de Murcia. En la segunda práctica, se utiliza el planificador Graphplan y el conjunto de benchmarks codificados en PDDL. Para la tercera y cuarta práctica, se utilizan librerías en C++, así también como para la última práctica. Sin embargo, en esta última práctica el lenguaje de programación es libre. Finalmente, la práctica 5 se lleva a cabo sobre la plataforma distribuida de agentes JADE [5].

Más información sobre la asignatura:

<http://eia.udg.es/~blopez/dss/>

4. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

El plan de estudios de la titulación de Ingeniería Industrial en la Universitat de Girona se remodeló en el año 2002 combinando en su estructura asignaturas anuales y semestrales en todos los cursos. De esta forma, la troncalidad propia del área se ha estructurado entorno a dos asignaturas anuales en el primer ciclo (“Circuitos y Sistemas Electrónicos” de 12 Cr. en 2º curso y “Regulación Automática” de 10.5 Cr en 3r curso) y otra en el segundo ciclo (“Sistemas Electrónicos y Automáticos” de 12 Cr en 4º curso). Esta configuración permite mantener un hilo conductor en materias del área desde el segundo curso hasta cuarto curso; curso en el que se inicia la oferta de optatividad organizada entorno a intensificaciones. Actualmente se ofrecen 5 posibles intensificaciones estructuradas en paquetes de cuatro asignaturas optativas, todas ellas con una carga individual de 6 Cr. Dichas intensificaciones son: Organización Industrial, tecnología del plástico, Estructuras e Instalaciones Industriales, Mecánica de máquinas y Automática. Esta última, liderada por el área de ISA, ofrece las asignaturas que se muestran en la Figura 6.

Dentro de la intensificación de Automática, está previsto ofertar en 5º la asignatura de Técnica de Inteligencia Artificial en Control y Supervisión. Esta oferta no será efectiva en el plan de estudio actual hasta el curso 2006-07 debido a que se inició su implantación en el curso 2002-03. No obstante existen en el plan antiguo, en el mismo curso (y por

tanto activa actualmente) una asignatura con la misma orientación y contenido similar ('Aplicación de Sistemas Expertos en Automatización', Optativa-5 Cr, 5º curso de Ingeniería Industrial, Plan 96). A continuación se hace un extracto de esta asignatura y su funcionamiento actual y se discute sobre las variaciones a introducir de caras a su puesta en funcionamiento en el nuevo plan de estudios.

Curso	INTENSIFICACIÓN EN AUTOMÁTICA
4	Sistemas Digitales Control digital Control avanzado
5	Técnicas de inteligencia artificial en control i supervisión Robótica Industrial

Fig. 6 Asignaturas optativas en la Intensificación de Automática

4.1. APLICACIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS EN AUTOMATIZACIÓN

Esta asignatura se ha ofrecido desde la implantación del plan de estudios de ingeniería Industrial en 1996 dentro de la intensificación de Automática, en 5º curso y con una carga de 3 Cr de contenidos teóricos y 2 Cr prácticos (total 5Cr). Por su situación en la intensificación y elevado curso (5º, 2º semestre), se asume en su planteamiento que el alumno esta familiarizado con los conceptos relativos a los sistemas de control y automatización de procesos y se presenta la asignatura como un conjunto de técnicas útiles para abordar problemas de control y supervisión a partir de la perspectiva de la inteligencia artificial.

4.1.1 El perfil del alumno

Los alumnos de la asignatura, cursan en su mayoría la totalidad de la intensificación de automática, y en menor proporción la de organización industrial. Por su ubicación en el último semestre de la carrera, aunque no existan prerequisites de matriculación, la mayoría de estudiantes han cursado la asignatura troncal del área de cuarto y por tanto su formación en automática es bastante sólida.

Por lo que se refiere a la formación informática del estudiante de Ingeniería Industrial, ésta es por lo general bastante deficiente. Así en el plan de estudios de la Universidad de Girona, la troncalidad se limita a la asignatura "Fundamentos de Informática" de 6 Cr impartida en primer curso donde se introducen conceptos de algorítmica, tipos de datos y objetos y programación de algoritmos

iterativos y operadores de tablas. Esta asignatura sigue a la de "Introducción a los ordenadores" de 4'5 Cr donde el alumno se familiariza con la arquitectura y los sistemas operativos. Se ofrece como optativa de primer ciclo la asignatura de "Organización de la Información" de 6 Cr como introducción a las bases de datos y donde se utiliza Visual Basic como lenguaje de programación y acceso SQL a bases de datos Acces. No obstante el alumno ha cursado temas de programación lineal, grafos, árboles y optimización en asignaturas de matemáticas en tercero y cuarto. Dentro de la intensificación de automática el alumno tiene la posibilidad de profundizar en los aspectos hardware de las computadoras en la asignatura de 'Sistemas Digitales' y su aplicación al diseño de diseño de controladores en 'Control Digital.

Por su parte en las asignaturas del área de ISA se introduce al alumno el entorno Matlab/Simulink y a entornos de monitorización (LabWindows / LabView) para el acceso a proceso donde el alumno debe, de una u otra forma, utilizar lenguajes de programación (estructurados) par la realización de controladores.

4.1.2 Planteamiento de la asignatura

La asignatura, por su carácter optativo y de intensificación en automática, se presenta como conjunto de técnicas de la inteligencia artificial (IA) que permiten resolver problemas de control y supervisión difícilmente abordables mediante las técnicas clásicas vistas en asignaturas anteriores. De una forma general, las técnicas de IA que se han venido aplicado en las diferentes tareas que componen un sistema de producción integrado (Computer Integrated Manufacturing, CIM) son los algoritmos genéticos, la lógica difusa, redes neuronales y sistemas expertos (Fig. 1), tomando las últimas tres técnicas como base para estructurar la asignatura entorno bloques temáticos (control borroso, redes neuronales y sistemas expertos) junto con un apartado de introducción a la IA y un bloque final en el que se incluyen otras técnicas y métodos (ver Fig. 7).

A continuación se hace una breve descripción del contenido de cada uno de los bloques y la motivación que lleva a incluirlo en el temario de la asignatura:

Bloque 1: Introducción a la Inteligencia Artificial: Se motiva al alumno con la necesidad de técnicas y métodos para un uso sistematizado del conocimiento y las dificultades que conlleva el razonamiento y la necesidad de independizar entre representación de conocimiento y mecanismos de

razonamiento. Se introducen conceptos como imprecisión e incertidumbre, motor de inferencia y

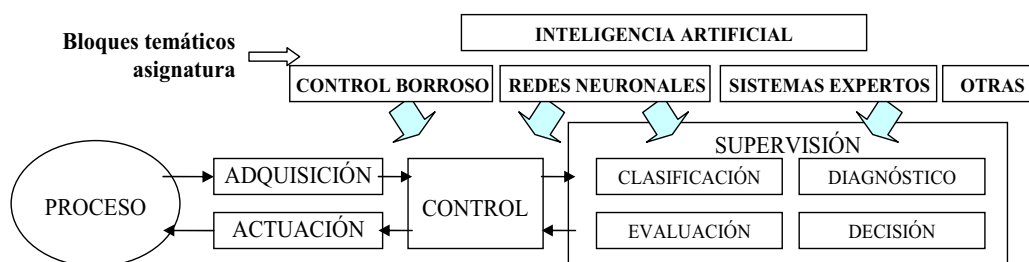


Fig. 7 Bloques temáticos de la asignatura en base al flujo de información que proviene del proceso.

base de conocimiento, etc. Se presentan las principales técnicas de representación de conocimiento (frames, redes semánticas, reglas de producción, lógica de predicados) y los diferentes tipos de razonamiento (deductivo, abductivo, inductivo, por analogía).

Bloque 2: Control borroso: Dado que el alumno es conocedor de las técnicas de control se le motiva con el diseño de un controlador basado en reglas simples y la necesidad de tratar la imprecisión lingüística y disponer de interfaces numérico-cualitativo. Seguidamente se introduce la lógica borrosa de una forma intuitiva (conjuntos borrosos, funciones de pertinencia, operadores lógicos para conjuntos borrosos, reglas, mecanismos de inferencia, inferencia con múltiples reglas y múltiples premisas, sistemas funcionales, etc.). Esto permite abordar el control borroso de forma cómoda a partir de los conceptos de borrosificación y desborrosificación para poder inferir a partir de valores numéricos de entrada y salida. Se presenta el control borroso como generalización al control Proporcional, derivativo e integral en sus diferentes configuraciones (incremental y absoluto) así como la comodidad de realizar controladores simples de doble entrada y doble salida. Se introduce la posibilidad de utilizar la lógica difusa en sistemas de control basados en modelo de la planta y los mecanismos de identificación ANFIS. El bloque se completa con múltiples ejemplos de aplicación y la realización de ejercicios prácticos en el laboratorio.

Bloque 3: Sistemas Expertos: Dado que estos en su mayoría se realizan mediante sistemas basados en reglas es cómodo presentar estos contenidos a continuación del control borroso ante la necesidad de encadenar reglas para establecer razonamientos más profundos útiles para la supervisión de procesos industriales. Se presentan los métodos de encadenamiento de reglas hacia delante y hacia atrás como forma de obtener un razonamiento deductivo y abductivo, a partir de reglas, que permita satisfacer las necesidades de diagnóstico o

de evaluación de situaciones (mantenimiento predictivo). Se introduce el concepto de razonamiento en tiempo real y las particularidades de un sistema experto tiempo real basado en el entorno G2. Se muestran algunos ejemplos de grandes aplicaciones industriales y la complejidad de su desarrollo y mantenimiento. Se proponen ejemplos simples para la realización en el laboratorio.

Bloque 4: Redes Neuronales: La motivación de introducir ésta técnica es la gran diversidad de algoritmos y campos de aplicación en la ingeniería dada su naturaleza puramente numérica. Se presentan las redes neuronales básicamente como algoritmos de clasificación y aproximación de funciones y por tanto útiles en múltiples tareas de control y supervisión (identificación de sistemas, control, procesado de señales, mapeado, diagnóstico, evaluación de situaciones, etc.). Después de introducir la terminología básica, la revisión de elementos (M)ADALINE y PERCEPTRON permiten enfocar el aprendizaje para la clasificación y realización de funciones. Se presenta la regla delta generalizada y los criterios de minimización del error cuadrático por disminución del gradiente. Se introducen las diferentes topologías de redes en cuanto a número de capas, conexiones y neuronas. Para las redes feedforward se incide en el aprendizaje por propagación del error hacia atrás (backpropagation). Para las aplicaciones de control y procesado de señal se muestra como tratar con secuencias numéricas.

Bloque 5: Otras técnicas: se reserva este bloque para introducir otras técnicas de IA con aplicabilidad práctica en el control o supervisión de procesos. Los últimos años se ha dedicado este espacio a presentar el razonamiento basado en casos por su proximidad a trabajos realizados en el Dept. de Electrónica Informática y Automática y con ello motivar algún estudiante a la colaboración o realización de proyecto fin de carrera.

4.1.3 Realizaciones prácticas

Las prácticas se organizan entorno a la ToolBoxes de Matlab (Fuzzy Control y Neural Networks) para los bloques 2 y 4, mientras que para los bloques 1 y 3 se utiliza el entorno de desarrollo de sistemas expertos JESS.

A continuación se anotan las prácticas que actualmente se realizan:

P1_JESS: Introducción a JESS. El entorno y ejemplos

P2_JESS: Aplicación con JESS (diagnóstico de coches averiados)

P3_FUZZY: Control de Nivel de un tanque simulado.

P4_FUZZY: Control del sistema Viga-Bola (Ball and Beam).

P5_JESS: Diagnóstico de fallos en un sistema de monitorización.

P6_RN: Redes Neuronales: Regresión y clasificación de patrones.

P7_RN: Redes Neuronales : Reconocimiento de situaciones.

Actualmente todas las prácticas se realizan en simulación pero de caras al nuevo plan de estudios y con motivo de la adquisición de unas maquetas de procesos complejos (péndulo invertido, levitador magnético, sistema doble rotor - Helicóptero-) se ha empezado a desarrollar alguna de las prácticas de control difuso sobre dichas maquetas. El problema reside en la disponibilidad de dichos procesos (uno de cada tipo) para grupos de 20 alumnos. Igualmente para los demás bloques se pretende pasar a ejemplos sobre datos y entornos reales con el fin de aproximar dichas técnicas a los sistemas físicos reales.

Mas información sobre la asignatura:

http://eia.udg.es/~quimmel/docencia/ap_se/ap_se.html

5. CAPACIDADES EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL DEL GRADUADO

Como se mencionado a lo largo de la ponencia, el principal objetivo desde la perspectiva de ISA sobre la formación de los estudiantes en la disciplina de la IA es el de proporcionar conocimientos básicos al estudiante sobre herramientas para resolver problemas que no podría de otra manera con herramientas clásicas. Esta formación le proporciona capacidades en dos direcciones

diferenciadas: el ejercicio de su profesión y en su formación como investigador.

5.1. COMPETENCIAS PROFESIONALES

Como se mencionado a lo largo de la ponencia, el principal objetivo desde la perspectiva de ISA sobre la formación de los estudiantes en la disciplina de la IA es la de proporcionarles conocimientos básicos que proporcionen al estudiante herramientas para resolver problemas que no podría de otra manera con herramientas clásicas. El área de ISA proporciona a ambos, el Ingeniero Industrial y el Ingeniero Informático, de las herramientas de IA para desarrollar las diferentes etapas de la pirámide CIM.

Atendiendo los diferentes proyectos de investigación que se llevan a cabo en el área, así como los convenios que se firman con empresas, estos conocimientos adquiridos por el estudiante pueden llevarse a cabo en un proyecto final de carrera que le proporcione un enfoque holístico de la aplicación de la IA a un problema real.

5.2. COMPETENCIAS INVESTIGADORAS

La formación en Inteligencia Artificial capacita especialmente a los estudiantes para incorporarse en el programa de doctorado en Tecnologías de la Información. Se trata de un programa interdisciplinar en donde conviven tres itinerarios:

1. Sistemas de información en red basados en agentes
2. Robótica y visión por computadora
3. Supervisión experta y control

Es especialmente en esta última línea de investigación donde el estudiante que ha recibido la formación de manos de profesores del área de ISA puede sentirse más motivado a continuar trabajando.

6. DISCUSIÓN

En esta ponencia se ha descrito las diferentes asignaturas que el área de ISA de la Universidad de Girona está llevando a cabo dentro de la disciplina de la Inteligencia Artificial. Se han planteado las motivaciones de las asignaturas, así como los diferentes bloques temáticos que se estudian y las prácticas que se llevan a cabo. En este sentido, desde el área de ISA tenemos el convencimiento que la propuesta que se realiza es consistente tanto con la formación de ingenieros en el área como con la formación de futuros investigadores. En un trabajo futuro, queda reforzar las líneas de

coordinación con otras asignaturas a cargo de otras áreas.

REFERENCIAS

- [1] Clocksin, W.F, Mellish, C.S. Programación en Prolog .Gustavo Gili editores. Colección Ciencia Informática.
- [2] Computacional Intelligence on-line tools. <http://www.cs.ubc.ca/spider/poole/ci/online.html>
- [3] Escolano, F., Cazorla, M.A., Alfonso, M.I., Colomina, O., Lozano, M.A. (2003). Inteligencia Artificial: Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación. Thomson.
- [4] FuzzyJess Toolkit: http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyJToolkit2.html
- [5] JADE: Java Agent Development Framework: <http://jade.tilab.com/>
- [6] Javasoccer: <http://rogiteam.udg.es/docencia/iatm/javasoccer.html>
- [7] JESS: Java Expert System Shell. <http://rogiteam.udg.es/docencia/iatm/jess.html>
- [8] King, R. (1992). Computational Engineering in Control Engineering. Control Engineering Series, vol. 2. Marcel Dekker, Inc.
- [9] Nilsson, N. J. (2000). Inteligencia Artificial. Una nueva síntesis. McGraw-Hill Interamericana de España.
- [10] Rich, E., Knight, K. (1994) Inteligencia Artificial. Segunda Edición. McGraw-Hill.
- [11] Russell, Norvig (1996). Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno. Ed. Prentice Hall Iberoamericana.
- [12] Wooldridge M (2002): "[An Introduction to Multiagents Systems](#)". John Wiley & Sons, 2002.