

## Inteligencia Artificial

Pilar Rodríguez Marín, e-mail: Pilar.Rodriguez@ii.uam.es  
Javier Contreras Torres, e-mail: Javier.Contreras@ii.uam.es

Tfno.: (34 1) 397 55 44 - 42 82  
Fax. (34 1) 397 52 77

Escuela de Ingeniería Informática  
Universidad Autónoma de Madrid  
Carretera de Colmenar, Km. 15,500  
28049 Madrid

### *Resumen*

*En esta ponencia se examinan las características de la asignatura de Inteligencia Artificial, tal y como se imparte en la Escuela Superior de Ingeniería Informática de la UAM. Después de examinar los principales rasgos de la docencia tanto teórica como práctica, se realiza una reflexión sobre algunos aspectos de la asignatura que resultan de especial interés, tales como la coordinación con otras asignaturas relacionadas del currículo.*

### Ingeniería Informática en la UAM

Título: Titulación Superior  
Duración: Cuatro cursos (8 cuatrimestres)  
Créditos: 300

### Datos Generales de la Asignatura

Nombre: Inteligencia Artificial  
Créditos: 7  
Curso: Tercero (la carrera es de cuatro años)  
Duración: Cuatrimestral  
Horas Semanales: Un total de 5 horas, 3 de teoría y 2 de prácticas  
Lenguaje de Programación: LISP  
Método de Evaluación, Teoría: Examen final escrito al terminar el semestre  
Método de Evaluación, Prácticas: Evaluación de las prácticas obligatorias. Valoración de las optativas.  
Nota final: 80% Teoría + 20% Prácticas

## Objetivos

El objetivo de esta asignatura, de carácter troncal en España para todos los estudios superiores de informática, es proporcionar a los estudiantes una visión general de lo que se conoce por el término genérico de Inteligencia Artificial. Obviamente, este campo es muy amplio, e incluye áreas de muy diversa índole.

En nuestro caso, al comienzo del curso se proporciona a los alumnos una breve descripción de los diversos campos que comúnmente se asume forman parte de la Inteligencia Artificial. A continuación se dedican algunas semanas a la iniciación de los alumnos en el lenguaje LISP, lenguaje que será utilizado durante todo el curso para la realización de los trabajos prácticos que se les plantea.

En el resto del curso se proporcionan los conceptos básicos de los sistemas de producción y las estrategias y algoritmos fundamentales de búsqueda ( $A^*$ ,  $Y/O^*$ ). También se revisan algunos conceptos de lógica de proposiciones y predicados, así como ejemplos de sistemas basados en reglas y generación automática de planes.

## Programa de la Asignatura

1. Introducción
2. Sistemas de Producción
  - Ejemplos.
  - Procedimientos.
  - Control.
  - Elección de la representación.
  - Tipos.
3. Estrategias de Búsqueda
  - Estrategias retroactivas.
  - Ejemplos.
  - Exploración en grafos.
  - Exploración heurística.
  - Grafos  $A$  y  $A^*$ .
  - monotonía.
  - Ejemplos.
4. Estrategias para Sistemas de Producción Descomponibles
  - Exploración de grafos  $Y/O$ .
  - Juegos.
  - Ejemplos.
  - Procedimientos minimax y alfa-beta.
5. Lógica Proposicional y de Predicados de Primer Orden
  - Introducción
  - Método de Davis-Putnam
  - Resolución

## Resolución con Literal de Respuesta

6. Deducción Basada en Reglas
  - Deducción hacia adelante.
  - Deducción hacia detrás.
  - Grafos Y/O.
  - Ejemplos.
  - Control.
  - Problemas.

## 7. Generación de Planes

### Teoría y Prácticas

La proporción entre horas de teoría y de prácticas es la misma que en el resto de las asignaturas de la titulación que incluyen algún tipo de trabajo práctico, que son la gran mayoría: *3 horas semanales de teoría y dos de prácticas*.

En general, esta proporción se ha comprobado que es muy adecuada, permitiendo que los alumnos tengan la oportunidad de verificar de manera empírica los conocimientos teóricos que adquieren en la asignatura.

Por otra parte, parece evidente que para la realización de trabajos prácticos es necesaria una dedicación más individualizada por parte del profesor. Por esta razón, para un grupo de teoría de unos 120 alumnos se forman en la actualidad dos grupos de prácticas, cada uno con, aproximadamente, 60 alumnos.

### La Teoría

Durante las clases de teoría, que cubren los contenidos expuestos anteriormente, además de la pizarra como elemento fundamental de apoyo, se hace uso muy frecuentemente de la retroproyección de transparencias.

Esta herramienta resulta especialmente útil para la exposición de las estrategias de búsqueda sobre grafos, ya que permite presentar directamente los algoritmos y, de forma superpuesta (con otros colores) la evolución de un algoritmo básico hasta un procedimiento específico. Este es el caso, por ejemplo de la exposición del algoritmo habitual de exploración de grafos, su consideración como A\*, y su particularización a un procedimiento de búsqueda en anchura.

En las clases de teoría también se ha realizado un importante esfuerzo para presentar ejemplos completos de los temas estudiados. En ocasiones, si los ejemplos son demasiado extensos o complicados, el material se ha repartido previamente a los estudiantes, con el objeto de que puedan seguir las explicaciones con mayor facilidad.

Por último, podemos mencionar que los exámenes teóricos de la asignatura se plantean normalmente como problemas que los alumnos deben resolver aplicando los conceptos aprendidos. En algunos casos se solicita a los alumnos la resolución de los ejercicios mediante código LISP, por ejemplo si se trata de plantear la resolución de un problema como sistema de producción. Ésta es una aproximación que han debido ejercitar en profundidad durante la realización de las prácticas en el laboratorio.

## Las Prácticas

En esta asignatura entendemos por "prácticas" únicamente aquellos trabajos que realizan los alumnos en las horas dedicadas a las prácticas en el laboratorio, y no incluimos en este apartado los ejemplos o problemas que se realizan en las horas de teoría.

Las prácticas son fundamentales en esta asignatura, como queda reflejado por el hecho de que los alumnos emplean un 40% del tiempo total de la asignatura en el laboratorio. En dicho laboratorio, específico para los alumnos de tercer curso, cada alumno tiene acceso a un PC 484 conectado en red, aunque para las prácticas de Inteligencia Artificial la mayoría de los alumnos trabaja en grupos de dos.

Las prácticas están estructuradas del siguiente modo. A medida que se va desarrollando el programa de teoría a lo largo del curso, el profesor de prácticas entrega hojas de problemas, totalizando cinco en todo el cuatrimestre. Cada una de esas hojas contiene en media veinte problemas. La entrega de dichos problemas a final de curso por parte de los alumnos es optativa, a excepción de cinco prácticas, cuya entrega es obligatoria. La elección de estas prácticas de obligada resolución se debe a que ejemplifican algunos de los aspectos o técnicas más importantes de IA, que ya han sido expuestos en la docencia teórica, y cuya resolución requiere una cantidad no despreciable de programación. Al final de ésta sección se incluyen los enunciados de los problemas que han sido obligatorios en el curso 96/97.

Del conjunto total de prácticas se podrían hacer, básicamente, tres grandes grupos:

### *Grupo 1: Prácticas de LISP*

Uno de los principales problemas encontrados en la realización de las prácticas de esta asignatura consiste en que los alumnos llegan a ella con fuertes condicionantes mentales a la hora de programar, debido a largas horas dedicadas a hacerlo en C o C++. Los primeros ejercicios que hacen en esta asignatura tienen pues como objetivo familiarizar a los alumnos con el lenguaje LISP, así como con técnicas de programación funcional. Evidentemente la solución de estos ejercicios consiste en escribir funciones y macros de LISP.

### *Grupo 2. Prácticas de técnicas fundamentales en IA*

Aunque éstos ejercicios también se resuelven escribiendo código LISP, los alumnos deben añadir otro tipo de información, como puedan ser explicaciones de qué están haciendo, qué representación del problema se ha elegido, consideraciones acerca de heurísticas utilizadas etc. Los alumnos suelen incluir este tipo de información como comentarios en los mismos ficheros donde se encuentra el código LISP que finalmente resuelve el problema.

### *Grupo 3. Prácticas de Lógica*

En este grupo se realiza un menor número de prácticas que en el grupo anterior, realizándose, a cambio, un mayor número de ejercicios escritos. De todos modos, también se incluyen prácticas de programación, como por ejemplo escribir un programa LISP que obtenga, a partir de cualquier fórmula bien formada, una forma normal conjuntiva de dicha fórmula.

## Prácticas Obligatorias

1. Especificar una forma de representar un estado del problema de las N Reinas, y definir una función, AMENAZADA-P, a la que se le pueda pasar un estado de los especificados en el apartado anterior, y una referencia a una de las reinas, y nos devuelva si dicha reina está amenazada o no en ese estado.

Utilizando la función anterior, definir la función SOLVE, que toma como parámetro el tamaño del tablero N y devuelve un estado solución del problema, es decir, un estado que representa una posición de las reinas en la cual ninguna reina amenaza a ninguna otra. Para ello, partir de una configuración inicial con N reinas colocadas al azar en el tablero, y desplazar convenientemente cada reina hacia posiciones no amenazadas por ninguna otra reina.

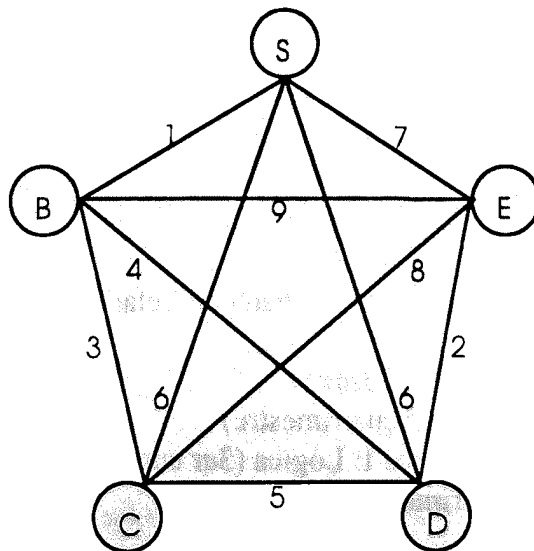
2. Construir predicados que reconozcan la estructura algebraica de un conjunto finito con respecto a una relación matemática. Así por ejemplo, verificar si una relación es reflexiva, simétrica, antisimétrica, transitiva, etc.

Construir a partir de los predicados del caso anterior, nuevos predicados que identifiquen si una relación es de equivalencia, y en tal caso, obtener el conjunto cociente generado por la misma. Construir un ejemplo y compruébese.

3. Representar como sistema de producción el problema de las N Reinas. Se deben dar: la representación de un estado genérico, el estado inicial, las reglas de producción y los estados objetivo.

Describir razonadamente métodos para optimizar el funcionamiento de algoritmos de backtracking y de exploración de grafos, para la resolución del problema del apartado anterior. Es decir, buscar criterios de selección de estados a expandir en ambos casos, durante la ejecución del algoritmo.

4. Escribir un programa que utilice el algoritmo A de exploración de grafos para resolver el problema del viajante de comercio. Mostrar los resultados que se obtendrían para el siguiente caso particular:



Utilícense las siguientes funciones heurísticas:

a)  $h=0$  (exploración en anchura)

b) Función heurística que obtiene en cada momento la menor de las distancias hasta las ciudades que quedan por recorrer.

c) Se obtienen algoritmos A\* con las dos heurísticas anteriores?. Construir nuevas funciones heurísticas y compararlas con las dos anteriores.

5. Decir si son unificables mediante alguna sustitución los siguientes pares de átomos y, en tal caso, dar una sustitución mínima y la fórmula que se obtiene al aplicarla a ambos átomos (se supone que a es una constante):

a)  $q(x, g(x))$  y  $q(g(y), x)$

b)  $p(f(x), y)$  y  $q(f(a), f(x))$

c)  $q(g(x), y)$  y  $q(z, g(y))$

d)  $p(f(x), y)$  y  $p(z, a)$

e)  $p(h(x), y)$  y  $p(h(h(x)), z)$

f)  $q(g(x), y)$  y  $q(g(z), z)$

g)  $p(f(x), y)$  y  $p(a, a)$

h)  $p(g(x, x), a)$  y  $p(g(y, g(y, a)), a)$

i)  $p(f(a), x)$  y  $p(x, a)$

### Algunas consideraciones sobre la asignatura

En cuanto a la *coordinación* entre la docencia teórica y la práctica, no se ha detectado ningún tipo de problema, y pensamos que la proporción es adecuada para esta materia. Por otra parte, resulta evidente que muchos de los alumnos tienen dificultades respecto a la *programación en LISP*, probablemente debida a que en el resto de las asignaturas utilizan habitualmente C. Este hecho obligada a dedicar varias semanas al lenguaje al comienzo del curso, reduciendo el tiempo disponible para el resto del temario.

Otro aspecto de reflexión sobre el programa esta relacionado con la enseñanza de lógica dentro de esta asignatura y, en general, sobre la coordinación de asignaturas "cercanas" en el conjunto de la titulación. Pensamos que, en principio, es conveniente que los alumnos adquieran algunos conceptos de lógica durante los estudios de la titulación, pero ¿cuantos?. En el tiempo que se ha dedicado a esta materia se han cubierto aspectos importantes, a costa, obviamente, de no tratar otros temas que también son de interés.

Las asignaturas que, en nuestro caso, están más estrechamente relacionadas en la titulación son:

a) Inteligencia Artificial (3er curso, 1er cuatrimestre)

b) Ingeniería del Conocimiento (3er curso, 2º cuatrimestre)

c) Temas Avanzados en Ingeniería Informática I: Lógica (3er curso, 2º cuatrimestre)

d) Neurocomputación (4º curso, 1er cuatrimestre)

Las dos primeras son obligatorias y las dos últimas optativas, por lo que creemos las primeras deben ofrecer un mínimo de los conocimientos que se estudiarán en profundidad en las otras dos. De hecho, todos los profesores involucrados en estas asignaturas están implicados en el proceso de mejorar y ajustar los planes de estudio en los aspectos que resultan comunes y/o relacionados.

## Referencias

- [1] Winston, Patrick H. & Horn, Berthold K.P. *LISP*, 3rd Edition, Adison-Wesley, 1989
- [2] Nilsson, Nils J., *Principios de Inteligencia Artificial*, Ediciones Diaz de Santos, S.A., 1987.
- [3] Norvig, Peter: *Paradigms of Artificial Intelligence Programming: Case Studies in Common Lisp*, Morgan Kaufman Publishers, 1991.
- [4] Davis, Martin T. & Elaine J. Weyuker, *Computability, Complexity and Languages: Fundamentals of Thoretical Computer Science*, Academic Press 1983.