

¿Qué relación hay entre la asignatura de IA, la investigación y la aplicación de sus tecnologías?

Elisabet Golobardes i Ribé
Josep Maria Garrell i Guiu

Departamento de Informática
Enginyeria i Arquitectura La Salle
Universitat Ramon Llull
Passeig Bonanova, 8 - 08022 Barcelona
{elisabet,josepmg}@salleURL.edu

Resumen

En esta comunicación se presenta la relación existente entre la docencia, la investigación y la aplicación de la Inteligencia Artificial en “Enginyeria i Arquitectura La Salle” de la Universitat Ramon Llull. La relación entre estos tres aspectos no es fácil. Son muchas las personas que opinan que la relación no tiene porqué existir debido a que cumplen propósitos distintos y diferentes. Otras personas, son de la opinión que vale la pena hacer el esfuerzo de relacionarlas. En primer lugar, la calidad de la docencia se debería ver aumentada a través de un conjunto de vínculos con las áreas tratadas desde los diferentes grupos de investigación. Por otro lado, la aplicabilidad de las técnicas estudiadas es quizás el objetivo final por el que los alumnos asisten a las clases. Establecer unos vínculos claros entre los temarios impartidos y su aplicabilidad práctica en el inmediato entorno industrial/empresarial/universitario, no solamente puede hacer incrementar el interés por la asignatura, sino que además, puede incidir notablemente en la calidad de la docencia.

En esta ponencia solamente esbozamos nuestra experiencia más reciente.

1 Introducción

En la actualidad, en la Ingeniería de Informática de *Enginyeria i Arquitectura La Salle* de la *Universitat Ramon Llull*, se imparte una asignatura

anual¹ relacionada con la Inteligencia Artificial (IA). Concretamente, esta asignatura pretende ofrecer una introducción a la IA que sirva a los alumnos, tanto en su trabajo profesional (al terminar la carrera) como en sus estudios de tercer ciclo. Como se explicará más adelante, aparte de la asignatura el alumno puede realizar unos créditos de intensificación y/o especialización en inteligencia artificial.

En las jornadas anteriores (JENU'97) se puso énfasis en ¿qué se debe enseñar en un curso de introducción a la Inteligencia Artificial?, y en ¿cómo se debe enseñar? De esta manera, nuestra ponencia intentaba responder a la pregunta: *¿Dónde están los límites de una introducción a la inteligencia artificial?* [8], según el contexto en que se imparte nuestra asignatura.

Dados los objetivos de las jornadas de este año (JENU'98), nos planteamos: *¿qué relación hay entre la asignatura de Inteligencia Artificial, la investigación y la aplicación de sus tecnologías?* Intentaremos responder a esta pregunta tratando los temas siguientes: 1) el temario que se imparte en la asignatura; 2) los temas de investigación del grupo de I+D en Sistemas Inteligentes; y 3) la aplicación de las tecnologías que se tratan en la asignatura. Finalmente, expondremos nuestras conclusiones, y esbozaremos el camino que creemos que queda por recorrer.

¹La asignatura de *Inteligencia Artificial* se imparte de forma anual, en cuatro horas de clase a la semana. Esta asignatura es troncal para los alumnos de segundo ciclo de Informática.

2 Temario que se imparte en la asignatura

Dado el contexto de la asignatura, el temario pretende dar al estudiante una introducción a la IA. Quizás, el objetivo principal de la asignatura consistiría en que al finalizarla, los estudiantes dispusieran de un "mapa" de la inteligencia artificial, de tal manera que cuando tengan que resolver un problema sepan donde buscar. Con el propósito de diseñar este "mapa" (ver [8]), se imparten los temas siguientes:

1. Introducción

Al iniciar el curso empezamos con una introducción al temario anual de la asignatura. Esta introducción se realiza siguiendo los puntos siguientes: 1) Evolución histórica; 2) Desmitificar y situar los conceptos de Inteligencia y Artificial; 3) Temas de estudio dentro de la Inteligencia Artificial; Y 4) un *overview* de los temas que comprenden el curso.

2. Introducción al Lisp

Dado que el lenguaje de programación que se puede utilizar para realizar las distintas prácticas de la asignatura es de libre elección, y dado que los alumnos de quinto curso han visto los lenguajes imperativos (como Pascal, C y C++) y los lenguajes lógicos (como Prolog), pero no han visto los lenguajes funcionales (como Lisp); así, sin quererle dar una importancia especial en la asignatura, y más bien como un complemento en sus estudios, al iniciar la asignatura se da una breve introducción al lenguaje Lisp, más unos ejercicios obligatorios [23, 26, 10]. De este modo, al realizar las prácticas podrán escoger el lenguaje de programación que consideren -y justifiquen- más apropiado.

3. Resolución de problemas y búsqueda

Toda resolución de problemas, a grandes rasgos, consiste en una búsqueda dentro de un espacio de soluciones. Así, la *búsqueda* es uno de los temas pilares de la IA. El temario trata, en primer lugar, la búsqueda no informada (o búsqueda a ciegas). En segundo lugar, la búsqueda heurística. Y,

en tercer lugar, la búsqueda con adversario (es decir, algoritmos para resolver juegos), tanto desde la perspectiva de la búsqueda a ciegas, como desde la perspectiva de la búsqueda heurística. [19, 18, 7, 21]

4. Representación del conocimiento

El otro tema pilar de la IA es la *representación del conocimiento*, ya que toda resolución de un problema conlleva representar el conocimiento. Evidentemente, esta representación puede ser desde muy simple, hasta muy compleja en función de las necesidades del dominio del problema. De todas maneras, a lo largo del curso la idea de resolver un problema se relaciona muy directamente con lo que podríamos llamar un sistema basado en el conocimiento, por lo tanto su representación pasa a ser clave para obtener una buena resolución. El temario que se imparte se basa en los puntos siguientes: 1) Representación basada en la lógica²; 2) Representación basada en reglas; 3) Razonamiento simbólico bajo incertidumbre, donde se ve tanto el razonamiento no monótono, como el razonamiento estadístico. Podemos observar que es difícil dar representación del conocimiento sin mezclarlo con el *razonamiento*, ya que a medida que las representaciones anteriores no permiten tratar ciertas características del mundo real, es necesaria su ampliación, o bien, son necesarios mecanismos alternativos para razonar sobre este conocimiento; 4) Finalmente, se tratan las representaciones estructuradas, a las cuales se les da más énfasis a través de las prácticas correspondientes. [20, 22, 7, 16, 5]

5. Sistemas basados en el conocimiento

El tema de *sistemas basados en el conocimiento* (en concreto *sistemas expertos*), es una buena manera de ver cómo se integran y/o son necesarias las distintas disciplinas que configuran la Inteligencia Artificial. Con este objetivo, se da un repaso histórico a los sistemas expertos, con el propósito de ilustrar de qué manera han

²Los alumnos de Inteligencia Artificial tienen como prerequisite la asignatura de Lógica Matemática, donde se ha visto tanto CP0 como CP1.

surgido distintas generaciones de los sistemas expertos, y como consecuencia de qué necesidades. [4]

6. *Aprendizaje artificial*

El tema de *aprendizaje artificial* (o *aprendizaje automático*) es para nosotros otro tema fundamental dentro de la IA. ¿Por qué? Consideramos que una de las características que pueden llevar a resolver un problema “de manera inteligente”, es precisamente la capacidad de aprender a medida que se resuelven nuevos problemas de un dominio concreto. De esta manera, consideramos muy importante el tema del aprendizaje artificial. Además, este tema es el que relacionará la docencia que impartimos con los objetivos de nuestro grupo de investigación, tal y como se verá en la sección siguiente. En el temario nos centramos en cinco familias del aprendizaje artificial: 1) El aprendizaje inductivo; 2) El aprendizaje analógico; 3) El aprendizaje basado en explicaciones; 4) El aprendizaje evolutivo (algoritmos genéticos); 5) Y el aprendizaje conexionista (redes neuronales). Existen muchas posibles referencias bibliográficas, pero podríamos citar [25] y [17] como las más generales.

7. *Planificación*

Podemos decir que la *planificación* es una disciplina que surge como derivación y, posteriormente, como una especialización de la búsqueda. Actualmente, dado que parece que pronto dejaremos de hablar de la Inteligencia Artificial (IA), y pasaremos a hablar de la Inteligencia Artificial Distribuida (DAI), se pone aun más de manifiesto el razonamiento de las acciones [24], contexto en el que se sitúa la planificación. Así, desde esta perspectiva, también damos cierta importancia a esta disciplina dentro de una introducción a la IA. El temario consiste, básicamente, en introducir STRIPS [18] como punto de partida, para centrarnos en la planificación generativa y por refinamiento a través de los algoritmos POP y UCPOP [24].

8. *Introducción al procesamiento del lenguaje natural*

El *procesamiento del lenguaje natural* ha tomado rumbo propio y, desde esta perspectiva, podríamos decir que la inteligencia artificial puede “ofrecer sus disciplinas” para ayudar en ciertos puntos del tratamiento del lenguaje natural. Así, en una introducción al lenguaje natural, nuestro objetivo es mostrar al estudiante: 1) la dureza del procesamiento del lenguaje natural, a través de la traducción automática; 2) la utilidad de este procesamiento, como por ejemplo, el hecho de que un diálogo entre diferentes agentes necesita este tratamiento; y 3) cómo puede ayudar la “Inteligencia Artificial” (es decir los temas que se han visto a lo largo del curso) a este procesamiento. En definitiva, se ofrece una *introducción* al tratamiento del lenguaje natural. [1, 13]

9. *Introducción a los sistemas multi-agentes*

Actualmente está tomando fuerza un nuevo paradigma: la *Inteligencia Artificial Distribuida* (DAI) (y/o *Sistemas Multi-Agentes* (SMA)), como una nueva manera de plantear todas las disciplinas que cabrían dentro de la Inteligencia Artificial [21]. Dentro de una introducción a la Inteligencia Artificial hemos preferido introducir a los estudiantes las distintas disciplinas individualmente (o desde la perspectiva “clásica”), y al final del curso dar una introducción a los SMA tratando los temas siguientes: agente, sistemas multi-agentes, y distintas arquitecturas de sistemas multi-agentes (a través de ejemplos de aplicaciones). [12]

Con este temario se pretende dar una introducción a la Inteligencia Artificial a los estudiantes. Concretamente, consideramos como pilares los temas de búsqueda y de representación del conocimiento. En segundo lugar, damos mucha importancia al tema de aprendizaje artificial. En tercer lugar, a la planificación. Finalmente, en cuanto a importancia y dedicación de horas de clase, los otros temas. Por este motivo, las tres grandes prácticas de la asignatura van relacionadas con los temas de búsqueda, de representación del conocimiento y de aprendizaje artificial.

3 Investigación en Inteligencia Artificial

El grupo de investigación en Sistemas Inteligentes desarrolla su actividad en el Departamento de Informática de *Enginyeria i Arquitectura La Salle* (Universidad Ramon Llull). Las áreas de trabajo se centran en IA y especialmente en sistemas de aprendizaje automático. En los últimos años se ha aplicado principalmente el aprendizaje automático a sistemas destinados a la predicción, la clasificación y el diagnóstico.

Las tecnologías de aprendizaje utilizadas son: algoritmos genéticos, razonamiento basado en casos, redes neuronales e inducción. La mayoría de los esfuerzos se han centrado en el área de los algoritmos genéticos³ y del razonamiento basado en casos.

Para una mejor comprensión del trabajo que se está realizando describiremos brevemente los proyectos más significativos que se han realizado, y en los que se está trabajando⁴.

- *Diagnóstico automático de cáncer de mama.* A partir de imágenes microscópicas de tejido de glándula mamaria se procede a la extracción de un conjunto de características⁵, a partir de las cuales y de una base de datos histórica, se procede al aprendizaje artificial. Las técnicas utilizadas han sido los algoritmos genéticos, el razonamiento basado en casos y las redes neuronales.
- *Generación automática de modelos de predicción acústica.* El problema consiste en la elaboración, a partir de un conjunto de observaciones, de un modelo analítico de predicción. Se trata pues de un problema de regresión simbólica. La aplicación se ha centrado en un dominio acústico. Concretamente, el modelo predice el nivel sonoro (octava a octava) de las calles de una ciudad.

³Computación evolutiva en general: algoritmos genéticos, programación genética, *Artificial Life*, etc.

⁴Algunos de los trabajos publicados relacionados con proyectos ya finalizados o en finalización, son: [11], [6], [14], [9], [15] y [3].

⁵Esta parte del proyecto la realiza el grupo de investigación en Procesado de Imágenes de nuestra universidad, utilizando técnicas de morfología matemática.

- *Aprendizaje para la verificación formal automática de sistemas.* Las demostraciones de correctitud de sistemas utilizando métodos formales siempre han sido costosas. En este proyecto se aborda la construcción automática de estrategias de demostración de sistemas sobre el entorno PADD/RALE [2].
- *Plataformas de propósito general de aprendizaje para la clasificación automática.* Se aborda la construcción de plataformas de propósito general destinadas al aprendizaje en problemas de clasificación. Concretamente, se está trabajando en dos plataformas: CaB-CS (Case-Based Classifier System) y GeB-CS (Genetic-Based Classifier System).
- *Predicción del riesgo en incendios forestales.* Se aplica el aprendizaje a la detección del riesgo en incendios forestales. Los datos que describen el problema (y el conjunto de casos sobre los que se realiza el aprendizaje) provienen de dos dominios diferentes: datos meteorológicos y datos geográficos.
- *Aprendizaje artificial en entornos de redes ATM.* Las redes ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) representan entornos muy complejos en los que se plantean numerosos problemas, en los que las técnicas de IA son aplicables. Los problemas que estamos abordando abarcan tanto los sistemas de predicción de la congestión, como los sistemas de reconfiguración dinámica, distribuida y adaptativa de las redes.
- *Sistemas de aprendizaje en entornos de tele-enseñanza abierta a distancia.* Finalmente, y como ocurría en entornos ATM, los sistemas de tele-enseñanza ofrecen numerosos problemas en los que se pueden aplicar técnicas de IA. En la actualidad se está preparando un proyecto cuyo objetivo básico es identificar dónde y cómo se puede aplicar la IA en este ámbito.

Podemos observar que todos los proyectos mencionados tienen un claro hilo conductor: los sistemas de aprendizaje automático. Así pues, el tema de aprendizaje artificial de la asignatura queda muy ligado a los temas de investigación

del grupo de Sistemas Inteligentes. Tal y como veremos en la siguiente sección, la inmensa mayoría de los proyectos aceptan alumnos de los cursos de IA como colaboradores.

4 Aplicabilidad de las tecnologías de la Inteligencia Artificial

El objetivo principal de la asignatura consiste en que los alumnos encuentren una directa aplicación de las tecnologías relacionadas con la Inteligencia Artificial en el mundo laborable, tanto a nivel industrial/empresarial, como en el seno de un grupo de investigación.

Para analizar en qué medida este objetivo puede ser una realidad, plantearemos la aplicabilidad de los temas tratados desde tres perspectivas distintas: 1) desde las prácticas de la asignatura; 2) desde nuestro grupo de investigación; y 3) desde un entorno industrial/empresarial.

4.1 Desde las prácticas de la asignatura

Las prácticas de la asignatura deberían ser el puente directo entre las clases “teóricas” y la aplicación de los conceptos allí expuestos. Aquí puede surgir un primer dilema: *¿Hasta qué punto pueden combinarse los objetivos pedagógicos con el “mundo real”?* Está claro que las prácticas sirven -desde la perspectiva pedagógica- para asimilar, y saber utilizar los conceptos adquiridos a lo largo de la asignatura. Pero, lo ideal sería que estas prácticas también sirvieran para resolver problemas prácticos reales, sin caer en los “clásicos” -y a veces “aburridos” para la mayoría de los alumnos- problemas de juguete (*toy problems*). *¿Qué compromiso asumimos en nuestra asignatura?*

- *Práctica de búsqueda.* Se plantea un problema de búsqueda, y el estudiante tiene que decidir y justificar qué técnica (o técnicas) de las vistas en clase es la más adecuada y porqué. La clave de que esta práctica sea más o menos “real”, depende únicamente del problema planteado. Ya hace unos años que se establecieron contactos con ciertas empresas dedicadas a la aplicación de técnicas de IA a problemas cotidia-

nos. Como fruto de estos contactos surgió una colaboración que, entre otras cosas, ha permitido basarse en problemas reales ya resueltos como *fuentes de inspiración* para plantear los enunciados de esta práctica. Quizá se debe destacar el ejemplo más característico: el diseño de una cartera de valores para una entidad bancaria. Evidentemente, los problemas se acotan a los conceptos explicados en clase y al tiempo disponible para la realización de la práctica.

- *Práctica de representación del conocimiento.* Esta práctica se centra en la representación estructurada, en concreto utilizando *frames*. De las tres grandes prácticas del curso, es la que queda más desligada de una aplicación “real”. Se ha planteado como una manera pedagógica de entender -únicamente- la problemática de la representación estructurada del conocimiento, la herencia múltiple, la coherencia de los datos, la posibilidad de ampliar la base de conocimiento de forma incremental, etc⁶.
 - *Práctica de aprendizaje artificial.* La práctica sobre aprendizaje artificial, la cual no se implementa por razones de calendario académico, plantea un problema que se debe resolver utilizando aprendizaje. Cada grupo de prácticas se especializa en alguna familia del aprendizaje automático. En esta práctica, de un lado, se pretende resolver un problema bastante complejo y “real”. Y, por otro lado, se da mucha importancia a que se definan bien los datos, a partir de los cuales se va a proponer un método u otro, el cual al final va a decidir si la propuesta es adecuada o no.
- Como se podrá observar, esta práctica actúa claramente de puente entre la asignatura y la actividad desarrollada en nuestro grupo de investigación. Aparte de todos los objetivos pedagógicos planteados, la práctica también pretende ser un *escaparate* en el que los alumnos pueden tener un

⁶Cabe destacar que el tema de representación del conocimiento es uno de los temas que menos gustan a los alumnos. A la vez, muchas de las aplicaciones reales de IA no necesitan tanta potencia expresiva como la que se explica en estos temas y se requiere en la práctica planteada.

primer contacto con las técnicas a las que se enfrentarían en el caso de colaborar con nuestro grupo de investigación.

Si entendemos que las prácticas de la asignatura pueden ser una manera de aplicar la teoría vista en clase, no sólo desde una perspectiva pedagógica, sino desde una perspectiva "real", convendría hacer la siguiente reflexión: *todavía queda mucho camino por recorrer*. Aunque se haya hecho un primer paso en este sentido, tanto en la práctica de búsqueda como en la práctica de aprendizaje artificial, el esfuerzo debe continuar curso a curso.

4.2 Desde el grupo de investigación

En su entorno más inmediato, y más allá de las prácticas de la asignatura, los alumnos pueden descubrir la aplicabilidad de las técnicas de IA en nuestro grupo de investigación en Sistemas Inteligentes. Tal y como se ha visto anteriormente, la actividad principal del grupo gira alrededor de técnicas de aprendizaje artificial.

Nuestro grupo puede mantener un conjunto de colaboradores a distintos niveles. A continuación se describen estos niveles.

- En las distintas carreras que se imparten en *Enginyeria i Arquitectura La Salle*, los alumnos tienen la oportunidad de realizar unos créditos de intensificación y/o especialización a través de una colaboración con algún grupo de trabajo de la Escuela. La colaboración tiene una duración inicial anual que es ampliable. En nuestro caso se organizan subgrupos de trabajo en función de las distintas familias de aprendizaje tratadas. Aparte de la formación de los alumnos, uno de los resultados más palpables es la construcción gradual de un entorno educativo bajo entorno *Windows* para el estudio de las técnicas de aprendizaje artificial.
- Trabajos y proyectos final de carrera. El perfil más característico del proyectista que realiza su trabajo en nuestro grupo es el antiguo colaborador que se ha animado con los temas tratados. Debido a su formación, el proyectista puede participar en proyectos concretos a distintos niveles.

- Una vez finalizada la carrera el alumno tiene la oportunidad de realizar su doctorado en nuestro departamento, integrado en el grupo de investigación.

- También existe la oportunidad, con un volumen pequeño, de integrarse en el grupo a través de una beca doctoral o de algún contrato vinculado a algún proyecto de investigación.

4.3 Desde un entorno industrial/empresarial

La pregunta más habitual entre la mayoría de los alumnos que cursan una asignatura es: *¿Para qué sirve esto?* Normalmente esta pregunta, y más especialmente en los alumnos de quinto curso, se refiere a *¿para qué me servirá en el mundo laboral?* La respuesta a estas preguntas, la tendría que encontrar el propio estudiante a partir de las clases teóricas y de las prácticas realizadas.

La pregunta anterior se puede generalizar y convertirla en: *¿dónde se aplican, mayoritariamente, las técnicas de la Inteligencia Artificial en el mundo laboral?* Probablemente, estamos teniendo la oportunidad de vivir un *boom* en la utilización de estas tecnologías en problemas reales. Quizás propiciado por dos factores claves. De un lado, el aumento progresivo de la potencia de cálculo disponible y su gradual abaratamiento. Por otro, se puede observar que los problemas planteados son cada vez más complejos. Aquello que hacía unos años era pura ciencia ficción, en la actualidad se plantea sin más.

Es completamente imposible listar los problemas en los que se pueden aplicar las técnicas de IA. Destacaremos solamente algunas disciplinas que han experimentado un crecimiento notable: bases de datos, *data mining*, sistemas de ayuda al diagnóstico, predicción, construcción de modelos, planificación, sistemas telemáticos, Internet, traducción automática, interfaces ergonómicas, etc.

También cabe la posibilidad de preguntarse *¿qué técnicas de IA se utilizan principalmente?* La respuesta no está clara, pero sí hay ciertas técnicas muy utilizadas, como son: métodos de búsqueda, ingeniería del conocimiento, aprendizaje artificial, planificación, sistemas multi-agentes (o inteligencia artificial dis-

tribuida), procesamiento del lenguaje natural, etc.

Ante lo expuesto, es evidente que las técnicas de IA tienen una aplicabilidad práctica directa. Un tema de reflexión consiste en analizar las capacidades de nuestra industria para aplicar estas técnicas. Capacidades que deberían ser analizadas desde puntos de vista generales, considerando tanto el volumen de proyectos en los que se necesitan, como la *voluntad* de destinar ciertos fondos para su aplicación. No hay que olvidar que, hoy en día, un proyecto que implique la utilización de IA, no deja de ser un proyecto de investigación con cierto riesgo. ¿Cuáles son los fondos que nuestra industria (o incluso nuestras administraciones) dedican a la investigación? Ante este panorama, y a pesar de su alto potencial de aplicabilidad, hay que reconocer que nos encontramos ante un interesante *handicap* a resolver.

5 Conclusiones y líneas de debate

Las conclusiones a las que se puede llegar sobre la relación que existe entre las asignaturas relacionadas con la IA, la investigación en IA, y la aplicabilidad de las técnicas de IA en el mundo industrial/empresarial son esperanzadoras a pesar del *handicap* empresarial antes expuesto.

Claramente, las distintas disciplinas que integran la IA son de una gran utilidad en los problemas reales. Desde el punto de vista docente, nuestra meta tendría que ser la de continuar adecuando las clases teóricas, así como los trabajos prácticos (sin perder rigurosidad) para darles un enfoque tan real como sus posibilidades inherentes.

Así pues, parece que se va por buen camino, pero aún queda mucho por recorrer, tanto para realizar una buena interrelación e integración entre la docencia, la investigación y la aplicación de las técnicas de IA en los problemas reales, como en la propia investigación para mejorar y evolucionar las distintas disciplinas adaptándose a las nuevas necesidades de nuestro cambiante entorno.

Referencias

- [1] J.F. Allen. *Natural Language Understanding*. The Benjamin Cummings Publishing Company, Second edition, 1995.
- [2] M. Bertran. Padd/rale. Available at <http://ourworld.compuserve.com/homepages/gsystems/RALEPAD>.
- [3] G. Calzada, J.M. Garrell, and R. Barti. Una plataforma de programació genètica (ModelGP) per a la construcció de models de predicció quantitativa. In *preparation*.
- [4] U. Cortés et al. *Inteligència Artificial*. Edicions UPC, tercera edició, 1995.
- [5] R. Frikes and T. Kehler. The role of frame-based representation in reasoning. *Communications of the ACM*, 28(9):904–920, 1985.
- [6] J.M. Garrell, E. Golobardes, E. Bernadó, and X. Llorà. Automatic classification of mammary biopsy images with machine learning techniques. In *Engineering of Intelligent Systems (EIS'98), Volume 3: Artificial Intelligence*, pages 411–418, February 11-13 1998.
- [7] M. Ginsberg. *Essentials of Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993.
- [8] E. Golobardes. ¿Dónde están los límites de una introducción a la inteligencia artificial? In *III Jornadas de ENseñanza Universitaria de Informática*, pages 293–300, June 16-17 1997.
- [9] E. Golobardes. *Aportacions al raonament basat en casos per resoldre problemes de classificació*. PhD thesis, Departament d'Informàtica, Enginyeria i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, June 1998.
- [10] E. Golobardes, C. Comas, and J. Menal. *Lisp. Intel·ligència Artificial*. Technical Report DI-96/002. Segunda versió, Departament de Informàtica, Enginyeria i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, 1996.

- [11] E. Golobardes and J.M. Garrell. Avaluació d'un sistema classificador basat en casos per a la diagnosi de biòpsies de teixit de glàndules mamàries. In *Jornades d'Intel·ligència Artificial: Noves tendències (JIA '97)*, pages 41-49, October 23-25 1997.
- [12] E. Golobardes, J. Pérez, and J.M. Porta. Sistemes multi-agent. Technical Report LSI-97-10-T, Departament de Llençatges i Sistemes Informàtics, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996.
- [13] M. Kay, J.M. Gawron, and P. Norvig. *VERBMOBIL. A Translation System for Face-to-Face Dialog*. CSLI Lectures Notes No. 33, 1994.
- [14] F.X. Llorà. Classificació automàtica emprant algorismes genètics sota un enfocament de pittsburgh. Master's thesis, Enginyeria i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, Maig 1998.
- [15] X. Llorà, J.M. Garrell, and E. Bernadó. Sistemes classificadors basats en algorismes genètics amb enfocament de pittsburgh per problemes amb atributs de valors reals. In *preparation*.
- [16] P. Lucas and L. Van der Gaag. *Principles of Expert Systems*. Addison-Wesley, 1991.
- [17] A. Moreno et al. *Aprendizaje automático*. Edicions UPC, 1994.
- [18] N.J. Nilsson. *Principles of Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1980.
- [19] J. Pearl. *Heuristics: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*. Addison-Wesley, 1984.
- [20] E. Rich and K. Knight. *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill, Second edition, 1994.
- [21] S. Russell and P. Norvig. *Artificial Intelligence: A modern approach*. Prentice-Hall, 1995.
- [22] R.J. Schalkoff. *Artificial Intelligence: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Publishing Company, 1990.
- [23] G.L. Steele. *Common Lisp - The Language*. Digital Press, Second Edition, 1990.
- [24] D.S. Weld. An introduction to least commitment planning. *AI Magazine*, 15(4):27-61, 1994.
- [25] P.H. Winston. *Artificial Intelligence (Third Edition)*. Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [26] P.H. Winston and B.K.P. Horn. *Lisp, 3rd Edition*. Addison-Wesley Publishing Company, 1993.