

Utilización de un Simulador de Fútbol para Enseñar Inteligencia Artificial a Ingenieros

B. López, M. Montaner, J.L. de la Rosa

Dept. d'Electrònica, Informàtica i Automàtica

Universitat de Girona

Av. Lluís Santaló s/n 17071 Girona

{[blopez](mailto:blopez@eia.udg.es), [mmontane](mailto:mmontane@eia.udg.es), [pepluis](mailto:pepluis@eia.udg.es)}@eia.udg.es

Resumen

Observando las ventajas y los inconvenientes de los sistemas actuales de enseñanza de inteligencia artificial (IA) a ingenieros informáticos, proponemos una metodología que consiste en la utilización de un simulador de fútbol (JavaSoccer) paralelamente a las clases teóricas. Concretamente en las prácticas, los alumnos deben desarrollar un equipo de jugadores de fútbol que decidan las acciones a realizar basándose en varias de las técnicas de IA. Al final del curso, se realiza una competición entre los diferentes equipos, donde los estudiantes pueden evaluar y comparar objetivamente los resultados. La motivación que adquieren al competir entre ellos en partidos reales es clave para despertar su interés hacia la IA. Esta metodología se está probando desde hace tres años en la Universidad de Girona (UdG) y los resultados nos avalan.

1. Introducción

La mayoría de los planes de estudios de informática incluyen temas de inteligencia artificial (AI), tal y como recomiendan los planes de estudios en informática de ACM/IEEE-CS [1].

Los cursos actuales se basan en la enseñanza de una colección de técnicas de manera aislada. Por ejemplo, una clase teórica basada en la heurística es seguida de una de prácticas donde un ejercicio de juego es utilizado para consolidar los conocimientos. No se dedica ningún esfuerzo a integrar o comparar diversas técnicas, tema clave en una formación en ingeniería.

La práctica proporciona el camino para colocar a los alumnos ante un problema de ingeniería. Pero, las prácticas suelen estar

dirigidas hacia técnicas específicas, de tal manera que los alumnos suelen terminar aprendiendo sólo el problema/técnica específico discutido. Así pues, el alumno no adquiere aptitudes para evaluar qué técnica ha de elegir en un problema, cuáles son las limitaciones de un método dado, cómo un método se puede complementar por otro, etc.

Esta debilidad en la enseñanza está siendo afrontada por algunos profesores mediante el uso de aplicaciones apropiadas que permiten la combinación de varias técnicas de IA para solucionar un problema. Las más populares son las subastas [3] y el fútbol [4]. Este último ha recibido una especial atención desde la fundación de la RoboCup, puesto que ha fijado varios desafíos en la comunidad de la IA. Recientemente, el fútbol se ha aplicado al campo educativo, obteniendo resultados exitosos en la educación de ingeniería informática [4][5][6].

En esta ponencia mostramos la experiencia de tres años en el uso de la simulación del fútbol en los cursos de IA de la Universidad de Girona (UdG). Pensamos que el fútbol engloba las tendencias actuales en el desarrollo inteligente de sistemas [7]. La construcción de un equipo de fútbol requiere de un gran número de habilidades que integren diversas capacidades para alcanzar un software inteligente y adaptativo, que interactúe continuamente con un mundo cambiante y no determinista [8].

Gracias a esta metodología, los alumnos se interesan en la IA de tal manera que piden participar en nuestros proyectos de investigación para hacer su proyecto final de carrera o proyecto tesis doctoral.

En esta ponencia primero describimos la metodología de enseñanza de IA llevada a cabo en la UdG. A continuación, proporcionamos las diversas prácticas desarrolladas y continuamos discutiendo las diversas consecuencias de esta

metodología después de tres años de su aplicación. Finalmente, concluimos con varias observaciones.

2. IA: la propuesta de la UdG

Los planes de estudios de IA para la informática en la UdG se basan en dos cursos: el primero es obligatorio y se llama "Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos" (IATM) y el segundo es opcional y se llama "Diseño de Sistemas de Supervisión" (DSS). Cada curso consiste en dos horas de clases teóricas y dos de prácticas. Esta organización nos permite combinar la enseñanza teórica, que enfatiza en el contenido que debe ser enseñado, con enseñanza práctica, que proporciona las aptitudes que deben ser adquiridas y los problemas a los que debe hacer frente un ingeniero. Ambas estrategias de docencia forman una metodología de enseñanza que encontramos conveniente para los ingenieros, coincidiendo con [9] y [6].

La peculiaridad de nuestra metodología es la organización de las prácticas. En lugar de consistir en ejercicios aislados, un problema para cada técnica, el fútbol proporciona un marco de trabajo común donde las diversas técnicas de IA se utilizan para solucionar el mismo problema. Además, tiene la ventaja de ser conocido y atractivo para los alumnos. De hecho, les fascina poder implementar un equipo de jugadores que actúan sin la interacción humana y los entrenan como si fueran entrenadores profesionales.

2.1. Clases teóricas

Aunque algunos alumnos comienzan la IATM con un cierto conocimiento en técnicas de IA, para la mayoría este curso es su primer contacto con esta disciplina. Por lo que la enseñanza teórica, donde se expone el contenido, es imprescindible. Debido a esto, la primera asignatura da más énfasis a las clases teóricas (dos semanales por una de prácticas), mientras que el segundo curso es más equilibrado (una semanal y una de prácticas).

Las clases teóricas tienen una organización secuencial del contenido y una estructura lógica del tema. El profesor posee el conocimiento y lo enseña mientras los alumnos permanecen pasivos.

El feedback en las clases se proporciona en el examen al final de los semestres [9].

Respecto al contenido, el primer curso, IATM está pensado para proporcionar la base de IA, mientras que DSS, está concebido para poner en práctica los temas aprendidos en IATM al mismo tiempo que varias técnicas son repasadas con profundidad. La tabla 1 muestra el programa de cada curso. Las referencias de ambos cursos se pueden encontrar en [10] (seleccione "docencia").

IATM	DSS
Parte I:	• Lógica
• Agentes racionales	• difusa
• Heurística	• Redes
• Algoritmos genéticos	• neuronales
• Juegos	• Algoritmos
• Sistemas Expertos	• genéticos
• Sistemas difusos	• Sistemas
Parte II:	• expertos
• Planificación	• Sistemas
• Razonamiento basado	• multiagente
en casos	• Planificación
• Sistemas multiagente	• basada en
• Integración de sistemas	• casos

Tabla 1. Programa de IATM y DSS.

Obsérvese que IATM está dividida en dos partes. En la primera parte se muestran los principios de la inteligencia artificial, mientras que en la segunda se enfocan las técnicas. El último tema es el más interesante desde el punto de vista de un ingeniero, con varios ejemplos de combinación e interacción de métodos de IA con sistemas de información.

2.2. Clases prácticas

La idea básica de las clases prácticas es enseñar a los alumnos a concretar problemas de la ingeniería que requieren el conocimiento de la disciplina, poniéndolos en la situación de los ingenieros [9]. El punto clave reside en la selección del problema. En nuestra tentativa de buscar un problema lo suficientemente rico, donde varias técnicas de la IA fueran aplicadas, hemos seleccionado el diseño de un equipo de fútbol. La idea de usar el fútbol como base del problema nace de la RoboCup. La RoboCup es un proyecto común internacional para promover la IA, la robótica y los campos

relacionados. La idea básica es proporcionar un problema estándar donde varias tecnologías puedan ser integradas y examinadas [11],[12].

La RoboCup está pensada para ser utilizada con robots físicos, pero no es posible usarlos en la enseñanza ya que la infraestructura requerida resultaría demasiado costosa. Así pues, reservamos el uso de los robots físicos para cursos de graduados y otros cursos especiales. Para la simulación de partidos de fútbol utilizamos el Javasoccer [13]. Javasoccer es un programa que simula el dinamismo y las dimensiones de la liga de robots pequeños de la RoboCup. Dos equipos de jugadores compiten en un campo empujando y chutando la pelota hacia la portería del equipo rival (véase la fig. 1).



Fig. 1: Ventana principal del Javasoccer dónde se muestran las posiciones iniciales de los jugadores.

El JavaSoccer proporciona el entorno y los alumnos sólo deben diseñar los jugadores del equipo a partir de un conjunto de bibliotecas predefinidas. Estas bibliotecas contienen las funciones básicas de los jugadores (sus movimientos en el campo,...) permitiendo así que los alumnos concentren sus esfuerzos de programación en el proceso de decisión de cada jugador. Las estrategias del equipo se pueden implementar con cualquier software, y con técnicas de IA que facilitan la manipulación de situaciones dinámicas como las que surgen en el fútbol.

El problema que los alumnos deben resolver es el de construir un equipo de Javasoccer que derrote a los otros equipos en un partido de fútbol usando diferentes técnicas de IA. Los alumnos organizados en parejas, trabajan el problema y seleccionan los métodos de IA que consideran más convenientes. El profesor supervisa su trabajo

y se asegura que los alumnos aprendan diversas técnicas con profundidad. Finalmente, la competición permite a los alumnos comparar las diferentes técnicas aplicadas.

3. Prácticas con la simulación del fútbol

Hemos desarrollado dos conjuntos de prácticas que corresponden a las dos asignaturas. El primero está pensado para poner en contacto a los alumnos con las técnicas de IA, mientras que el segundo sirve para consolidar su uso ya que los alumnos tienen adquirida la base.

3.1. Toma de contacto (Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos)

En el primer período del curso, las prácticas se relacionan con los problemas típicos de IA. Siendo este el primer curso en IA, es importante que los alumnos conozcan los problemas canónicos de esta disciplina. Hay un total de cinco trabajos a hacer para pasar el curso:

- Introducción al Prolog (I): desarrollo un árbol genealógico y una calculadora de expresiones booleanas.
- Introducción a Prolog (II): Listas y listas ordenadas.
- Búsqueda y búsqueda heurística: el mundo de los bloques y el problema del azulejo.
- Sistemas basados en las reglas: construcción de un motor de inferencia hacia delante.
- Uso del Java Expert System Shell (JESS) [15] para solucionar problemas difusos.

En el segundo período del curso, se introduce el fútbol. Hay dos trabajos:

- El diseño de un sistema de decisión planificado para un jugador del fútbol en donde el alumno debe definir el problema de la planificación, describir el conjunto de acciones posibles, el lazo de la precedencia entre diversas acciones, los cambios de estado causados por las acciones, las condiciones y los efectos de las acciones, etc.
- Diseño e implementación de un equipo de fútbol donde la estrategia del equipo se

implementa en JESS y se simula el partido con el JavaSoccer.

Este último trabajo es un primer ejemplo de la integración de la tecnología, dado que los alumnos integran planificación, sistema experto, heurística y lógica difusa en las estrategias de los equipos para ganar. El profesor no necesita hacer nada especial para motivar a los alumnos, dado que el desafío de ser el mejor equipo los estimula más de lo esperado.

Al final del semestre, hay una sesión especial de prácticas donde los equipos compiten en un campeonato. Ya que todo alumno debe implementar el mismo conjunto técnicas, la competición de fútbol muestra la capacidad de cada equipo para combinar las técnicas, la exactitud de su implementación y su capacidad de proporcionar al sistema el conocimiento apropiado.

3.2. Consolidación de conocimientos (Diseño de Sistemas de Supervisión)

En el curso de DSS, todas las prácticas tienen dos partes: en la primera se aplica la técnica a un ejercicio de supervisión y en la segunda se aplica al fútbol. Las prácticas son las siguientes:

- Repaso de sistemas difusos: el problema de la viga-bola.
- Redes neuronales: reconociendo caracteres.
- Algoritmos genéticos: función de optimización.
- Sistemas expertos: controlador de temperaturas.
- Sistemas multiagente: el mundo de la basura.
- Planificación basada en casos: consejos para viajar.

El final del curso se dedica a la construcción del equipo. Cada trabajo se especializa en un conjunto de técnicas de IA. Durante estos tres años las técnicas sugeridas e implementadas por los alumnos han sido las siguientes:

- Lógica difusa: implementación normal
- Lógica difusa: implementación neuronal
- Sistemas expertos: implementación normal
- Sistemas expertos: implementación difusa
- Redes neuronales: aprendizaje off-line
- Redes neuronales: aprendizaje on-line

- Algoritmos genéticos: aprendizaje off-line
- Algoritmos genéticos: aprendizaje on-line
- Razonamiento basado en casos
- Planificación basada en casos
- Agentes que se comunican
- Agentes con consenso
- Agentes que se comunican con comportamiento adaptativo

Hemos generado una documentación de cada trabajo para que los alumnos tengan una guía al realizar el trabajo [10] (en "docencia").

La última sesión se dedica a los partidos de fútbol, como en el curso anterior. La importancia de la competición en este curso permanece ya que los equipos se construyen con diversas técnicas, con más grado de complejidad y con más dedicación. La motivación añadida de competir contra los compañeros de clase hace que los resultados sean realmente fabulosos.

3.3. Resultados

Según la organización del curso, podemos hablar sobre resultados en las clases teóricas y en las prácticas. Con respecto a las clases teóricas, debemos observar que todos los alumnos que han realizado los trabajos suelen pasar los exámenes. Esto es una indicación de que consolidaron el contenido de los cursos. Después, los alumnos adquieren las aptitudes para evaluar y seleccionar técnicas a través de las prácticas. Las prácticas sirven como base para entender los recursos y la complejidad para implementar las técnicas de IA. La asimilación de estos conocimientos permite a los alumnos poseer una mayor objetividad para enfrentarse a las aplicaciones del mundo real.

Otra lección que los alumnos aprenden es que una buena técnica no funciona necesariamente bien si no se la implementa apropiadamente. Por ejemplo, un alumno puede construir un sistema que razona basado en casos para cada jugador, y después descubrir que el sistema no es suficientemente bueno, si la accesibilidad a la base de casos no es rápida.

Uno de los resultados más interesantes se obtiene en la última clase dedicada a los partidos de fútbol. Primero porque el día de la competición es una fecha límite para los alumnos, como cualquier plazo de un proyecto de ingeniería en el mundo real. Y segundo, porque el equipo debe

funcionar en un entorno real, es decir, no entregan una demo. Además, el equipo debe jugar el partido contra otro que no ha visto previamente. Esto conduce a un cierto grado de imprevisión que los alumnos deben tener en cuenta para solucionar.

Es importante mencionar que juntamos a ambos cursos en los partidos. El emparejamiento entre los equipos de cada curso es separado pero al final el ganador del primer curso juega con el ganador de segundo. En esta sesión es posible ver cómo los equipos desarrollados por los alumnos del primer nivel son más dinámicos que los desarrollados por el segundo debido a la cantidad de proceso de razonamiento que usan unos y otros. Después, tienen la capacidad de evaluar objetivamente el sistema construido.

4. Impacto de la metodología

En esta sección discutimos algunos de los impactos de la metodología aplicada en los cursos de IA de ingeniería en el dominio académico, de la investigación e industrial.

4.1. Impacto académico

Primero debemos hablar sobre la reacción de los alumnos. Su grado de participación ha ido más allá de nuestras expectativas. El fútbol es una aplicación clave para su motivación, puesto que convierte la rivalidad deportiva en interés científico-técnico. El ser el ganador de los partidos hace que los alumnos inviertan más horas en el desarrollo de su equipo que el tiempo planeado por los profesores, provocando un mayor aprendizaje. Además, los alumnos valoran positivamente el conocimiento aprendido; concretamente, aprecian el esfuerzo realizado en la integración de varias técnicas en un solo sistema. Estos resultados han sido experimentados ya por otras universidades, como por ejemplo [16].

También podemos mencionar que 29 alumnos han realizado su proyecto fin de carrera (10 técnicos, 11 ingenieros y 8 erasmus) en esta disciplina.

Finalmente, hay que considerar que los programas de IA desarrollados a partir de la

simulación del fútbol, tienen unos buenos resultados como método de la enseñanza. Es importante observar que, para tratar el problema de proporcionar habilidades a los alumnos de informática, algunas metodologías educativas caen en enseñanzas obsoletas como el a veces llamado aprender por hacer. Esta propuesta puede provocar que el alumno acabe su enseñanza con un buen conocimiento sobre una técnica específica pero también con varias lagunas en su conocimiento general. Sin embargo, nuestra metodología a combinar la enseñanza teórica con las prácticas, siguiendo los resultados acreditados por [9] y [6], previene tales desventajas. El uso de la simulación del fútbol, un problema suficientemente complejo para integrar varias técnicas de IA [5], refuerza una metodología para aprender de forma integrada. Que los resultados actuales en la investigación del fútbol se estén aplicando a otros problemas complejos del mundo real, a la organización del trabajo en equipo [17] y al rescate [18], prueba la validez de la aplicación como plataforma para la enseñanza a ingenieros informáticos.

4.2. Impacto en la investigación

El fútbol ha sido el marco de trabajo en la investigación del grupo eXiT dentro del departamento de EIA desde 1995 (véase [10]). Podemos constatar que el número de investigadores se ha incrementado debido a la metodología de la enseñanza explicada, puesto que la mayoría de las 13 personas que hacen su proyecto de tesis en asuntos relacionados con el fútbol vienen de los cursos de IA de la UdG. Queremos continuar esta línea de investigación ya que proporciona muchos desafíos para nuestro grupo de investigación así como para la comunidad de la IA en general [7].

4.3. Impacto en la industria

El fútbol también ha proporcionado un prestigio a la universidad para el público en general, gracias a la publicidad hecha al participar en las competiciones y eventos científicos importantes. Como consecuencia, las industrias más cercanas a nuestro entorno se han acercado para proponer proyectos de colaboración y para contratar

alumnos. Todo este proceso ha sido consolidado gracias a la fundación de una spin-off llamada Agents-Inside (véase [19]).

5. Conclusiones

Para abordar la necesidad de dotar con la capacidad de evaluar diferentes técnicas de IA dentro de los estudios de Ingeniería Informática, hemos desarrollado dos asignaturas basadas en la simulación del fútbol. El fútbol nos proporciona el marco de trabajo ideal para la integración y comparación de varias técnicas de IA, que es clave para los ingenieros a fin de facilitarles la selección de la técnica apropiada en un problema real.

La metodología expuesta se ha utilizado durante tres años en la universidad de Girona, experiencia con la que hemos obtenido resultados académicos exitosos, así como impactos positivos en los dominios de la investigación e industriales. En otros entornos, como subastas, hemos obtenido resultados similares, como los que están mostrados en [20] (véanse los "Tournaments"). Esto nos permite creer que el uso de esta metodología de enseñanza es la dirección correcta hacia el aprendizaje de la IA para ingenieros.

Referencias

- [1] Tucker A.B.: "ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force". Computing Curricula, Ed. ACM/IEEE-CS Press, 1991.
- [2] R. Kurzweil: "The Age of Intelligent Machines". MIT Press, Cambridge, Massachussets, 1990.
- [3] J.A. Rodríguez-Aguilar, F. J. Martin, P. Noriega, P. Garcia, C. Sierra, "Towards a Test-bed for Trading Agents in Electronic Auction Markets", April, 1998, 15 pages. To appear in IA Communications Journal.
- [4] J.L. de la Rosa, M. Montaner, "Docència de tècniques d'IA mitjançant Javasoccer", 2n Congrés Català d'Intel·ligència Artificial, Girona, Spain, 1999.
- [5] H. Kitano, S. Suzuki, J. Akita, "RoboCup Jr.: RoboCup for Edutainment", Proc. of Int. Conf. On Robotics and Automation 2000, IEEE Press, NY, 2000.
- [6] H.H. Lund, "Robot Soccer in Education", Advanced Robotics Journal, 1999.
- [7] H. Kitano, M. Tambe, P. Stone, M. Veloso, S. Coradeschi, E. Osawa, H. Matsubara, I. Noda, M. Asada, "The RoboCup Synthetic Agent Challenge 97".
- [8] RoboCup Junior, <http://www.artificialia.com/RoboCupJr/>.
- [9] M. Azevedo da Silveira, L.C. Scavarda-do-Carmo, "Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hands-On Methodology", IEEE Transactions on Education, vol. 42, no. 2, pp. 103-108, 1999.
- [10] Rogi Team, <http://rogiteam.udg.es/>.
- [11] RoboCup, <http://www.RoboCup.org/>.
- [12] S. Hedberg, "Robots playing soccer? RoboCup poses a new set of IA research challenges", IEEE Expert, September/October, 1997, pp. 5-9.
- [13] Javasoccer, <http://www.cc.gatech.edu/grads/b/Tucker.Balch/JavaBots/JavaSoccer/docs/index.html>
- [14] J. Ll. de la Rosa, J.A. Ramón, A. Figueras, "Laboratorio docente de robots móviles, cooperantes y autónomos", TAAE'00, Barcelona, Spain, September, 2000.
- [15] JESS, Java Expert System Shell, <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>.
- [16] S. Coradeschi, J. Malec, "The use of RoboCup (soccer simulation) for an IA programming course", Journal of Robotic Society of Japan, Special issue on Robotics & Education, 1998.
- [17] T. Raines, M. Tambe, S. Marsella, "Automated Assistants to Aid Humans in Understanding Team Behaviours", Proc. Autonomous Agents, Barcelona, Spain, 2000.
- [18] RoboCup-Rescue, <http://robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue/>.
- [19] Agents Inside, <http://www.agentsinside.com/>.
- [20] The fish market project. <http://www.iiia.csic.es/Projects/fishmarket/newindex.html>.