

Utilización de un Simulador de Fútbol como Plataforma de Prácticas de Inteligencia Artificial

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,mmontane,peplluis}@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) para fomentar la comparación e integración de las técnicas de IA. 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 cinco 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 [7]. Y a nuestro parecer, en las nuevas titulaciones que surjan como consecuencia de las reformas causadas por el nuevo espacio europeo de enseñanza, la IA, en cualquiera de sus diferentes formas (sistemas de soporte a la decisión, minería de datos, etc.), seguirá siendo una pieza clave en la formación de ingenieros informáticos.

Los cursos actuales de IA 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 hacia la integración o comparación de diferentes técnicas, un elemento crucial en la formación de un ingeniero.

La reciente incorporación de técnicas distribuidas, como los sistemas multiagente, en los temarios de IA, como consecuencia de su adaptación a los avances en la disciplina, han favorecido el desarrollo de prácticas de integración de técnicas. Sin embargo, esta integración aunque pueda resolver el problema de la complementariedad, no trata en la mayoría de las ocasiones la comparación de diferentes técnicas.

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 a la vez que comparar los sistemas resultantes. Las más populares son las subastas [17] 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. El fútbol, así como otras competiciones de ámbito internacional (ver por ejemplo [19]), se están estableciendo como un marco de referencia para la comparación

de sistemas inteligentes complejos que difícilmente pueden ser evaluados de otra manera.

En esta ponencia mostramos la experiencia de cinco cursos en el uso de la simulación del fútbol en los cursos de IA de la Universidad de Girona (UdG). 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 [11]. Además, la simulación de fútbol presenta un marco competitivo en la que diferentes sistemas construidos por los alumnos pueden ser comparados a través de los resultados experimentales: ganar o perder un partido.

Desde el punto de vista docente, los resultados obtenidos mediante el uso de un entorno competitivo como es el fútbol, han sido muy satisfactorios. 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 de tesis doctoral.

Esta ponencia está organizada de la siguiente manera. Primero describimos en la sección 2 la metodología de enseñanza de IA llevada a cabo en la UdG. A continuación, en la sección 3, proporcionamos las diversas prácticas desarrolladas y continuamos en la sección 4 discutiendo las diversas consecuencias de esta metodología después de cinco años de su aplicación. Finalmente, concluimos en la sección 5 con varias observaciones.

2. Enseñanza de la IA en la UdG

La Ingeniería Informática en la Universidad de Girona (UdG) es una titulación de segundo ciclo. Por ello, la mayor parte de los estudiantes que cursan estos estudios han obtenido con anterioridad la titulación de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas (ITIS) o de Gestión (ITIG). En estas titulaciones de primer ciclo, los estudiantes tienen acceso a una asignatura optativa sobre Inteligencia Artificial Aplicada (ITIS) o Introducción a la Inteligencia Artificial (ITIG). Atendiendo que existe una materia troncal en Ingeniería Informática sobre Inteligencia Artificial, se ha realizado un gran esfuerzo por parte del profesorado para evitar duplicar contenidos entre las asignaturas de las titulaciones

técnicas y las superiores. En este sentido, las titulaciones técnicas se basan en el aprendizaje de herramientas de IA, mientras que en la titulación superior el énfasis se realiza en el desarrollo e implementación de técnicas. En este trabajo nos centraremos en la titulación superior.

El perfil de la formación de ingenieros informáticos en la UdG se orienta hacia informáticos industriales. Bajo esta perspectiva, los planes de estudios de IA se basan en dos cursos: el primero es troncal y se llama "Inteligencia Artificial: Técnicas y Métodos" (IATM) y el segundo es opcional y se llama "Diseño de Sistemas de Supervisión" (DSS). La primera asignatura hace más énfasis en los fundamentos de la IA, mientras que la segunda en las técnicas y métodos útiles para el desarrollo de sistemas inteligentes en entornos industriales. Consecuentemente, la primera asignatura cuenta con dos horas semanales de clases teóricas por una de prácticas, mientras que la segunda está más equilibrada y cuenta con una clase teórica semanal y una de prácticas.

Esta organización nos permite combinar la enseñanza teórica, que pone énfasis 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 consideramos conveniente para los ingenieros, coincidiendo con [2] y [12].

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, el juego de fútbol tiene la ventaja de ser conocido y atractivo para los alumnos. De hecho, a los estudiantes les fascina poder implementar un equipo de jugadores que actúan sin la interacción humana y preparan a los jugadores virtuales como si fueran auténticos entrenadores profesionales.

2.1. Contenidos teóricos

Aunque algunos de los estudiantes llegan a los cursos de IA con algunos conocimientos adquiridos en las titulaciones técnicas, para la

mayoría de ellos la asignatura IATM significa su primer contacto con la disciplina. Por ello, las clases teóricas, donde el contenido de los temas es proporcionado a los estudiantes, resultan indispensables. 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 cuatrimestres.

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. Durante los cinco cursos que han servido de experiencia para este trabajo, los temarios han sido modificados susceptiblemente de acuerdo a la experiencia. La tabla 1 muestra el programa desarrollado para el curso actual, 2004-05.

Tabla 1. Materias de IATM y DSS

IATM	DSS
<ul style="list-style-type: none"> • Agentes racionales • Resolución de problemas • Juegos • Redes neuronales • Algoritmos genéticos • Sistemas Expertos • Sistemas difusos • Técnicas de aprendizaje automático • Sistemas multiagente 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de Planificación • Técnicas de Scheduling • Minería de datos • Sistemas multiagente • Planificación basada en casos

Obsérvese que IATM hace énfasis en los aspectos fundamentales de la asignatura mientras que DSS en la aplicación de técnicas de IA dentro de la pirámide CIM (*Computer Information Manufacturing*, ver figura 1), de acuerdo con el perfil requerido en el plan de estudios. Asimismo es interesante observar que ambas asignaturas abordan el desarrollo de sistemas como agentes

inteligentes que colaboran entre ellos para resolver problemas y/o están integrados con otras aplicaciones convencionales de IA en entornos abiertos. Precisamente la utilización del concepto de agente inteligente nos permite desarrollar nuestra estrategia docente sobre la integración y comparación de técnicas, como se verá en la sección siguiente.

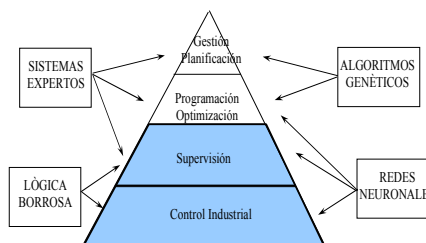


Figura 1. Técnicas de IA aplicables en las tareas que componen la pirámide CIM

2.2. Contenidos prácticos

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 [2]. 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. El objetivo básico es proporcionar un problema estándar donde varias tecnologías puedan ser integradas y examinadas [15],[6]. De acuerdo a [6], la construcción de un equipo de fútbol robótico necesita de los siguientes conocimientos y habilidades:

- Desarrollo de jugadores: agentes autónomos, robótica, visión, fusión de información de diferentes sensores en tiempo real.
- Trabajo en equipo: colaboración multiagente, reconocimiento de contextos
- Comprensión de la competición: modelización cognitiva
- Habilidad para desarrollar y ejecutar estrategias y juegos en tiempo real:

adquisición de estrategias, razonamiento en tiempo real, planificación y comportamiento reactivo

- Entrenamiento pre y post-juego: aprendizaje automático.

La RoboCup tiene diferentes ligas de competición:

- Simulación, donde se realizan partidos de fútbol simulado
- De robots de tamaño pequeño, también llamada liga F-180, donde compiten dos equipos de 5 jugadores robots cuyas dimensiones no sobrepasan 180 mm de diámetro por 15 cm de altura.
- De robots de tamaño mediano, donde compiten dos equipos de 6 jugadores, cada uno de ellos midiendo un máximo en superficie de 50x50 cm y 80 kg. de peso, incluyendo todos los sensores *on-board*.
- De robots con 4 patas, donde dos equipos de 4 robots tipo AIBO rivalizan.
- Humanoide, donde robots de diferentes tamaños (entre 18 cm y 2 m) compiten en el campo de fútbol. Ésta última liga está todavía en fase experimental.

Las dos primeras competiciones se realizan en entornos reales, con robots de diferentes tamaños. Para poder realizar prácticas sobre estas plataformas se requeriría de una infraestructura docente que, por ahora, resulta prohibitiva desde el punto de vista económico de nuestra universidad. Además, la utilización de plataformas de robots requiere de conocimientos de control de sistemas. Por ello, si se han realizado algunas prácticas con robots en asignaturas especializadas y con pocos alumnos en las ingenierías industriales (véase [13]), pero no se ha considerado conveniente en las asignaturas de IA de los ingenieros informáticos.

En cuanto al entorno de simulación de Robocup, éste requiere de un servidor y terminales bastante complejos. Por ello, se ha optado por utilizar Javasoccer [8]. 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. 2).



Figura 2. Interfaz gráfica de Javasoccer

El entorno es parametrizable en cuanto al número de jugadores por cada equipo, el tiempo de ejecución, las faltas permitidas, etc. 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 faciliten 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 basadas en la simulación de fútbol

Hemos desarrollado dos conjuntos de prácticas que corresponden a las dos asignaturas comentadas, IATM y DSS. 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.

Todas las prácticas están pensadas para realizarse en grupo de, como máximo dos estudiantes. De esta manera se favorece el trabajo en grupo, una de las características transversales que forman parte de la formación universitaria.

3.1. Toma de contacto

La toma de contacto de los estudiantes con la práctica de las técnicas de IA se organiza en dos partes. En la primera parte, las prácticas se relacionan con los problemas típicos de IA. Siendo éste el primer curso en IA, es importante que los alumnos conozcan los problemas canónicos de esta disciplina. Hay un total de cinco trabajos a realizar para superar el curso. Durante los cinco últimos cursos se han ido variando los enunciados. Un resumen de ellos se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Prácticas de IATM

1. Introducción al Prolog Desarrollo de un árbol genealógico Desarrollo de una calculadora de expresiones booleanas Implementación de un juego de aventuras de tipo laberinto.
2. Resolución de problemas y búsqueda heurística El mundo de los bloques El problema de las tilas.
3. Juegos Nine-men Morris Othello
4. Sistemas basados en las reglas Diagnóstico de una avería Control de temperatura
5. Aprendizaje automático Implementación de ID3.

Los lenguajes utilizados son, además de Prolog, C++ o Java. En cuanto a los entornos de desarrollo de sistemas expertos y difusos, se viene utilizando durante muchos cursos JESS [9] y FuzzyJess [5].

Es en la segunda parte de este conjunto de prácticas cuando se introduce la plataforma de fútbol simulado. Se distinguen dos prácticas:

1. Diseño de un jugador de fútbol. El alumno debe definir el problema de tomar una decisión sobre cómo debe actuar el jugador de acuerdo a la información conocida. El método de toma de decisiones se debe basar en lógica borrosa, esto es, con la utilización de FuzzyJess [5]. Esto conlleva que el estudiante deba practicar con la integración de Javassoccer y FuzzyJess. Por un lado, Javassoccer proporciona un entorno multiagente, en que cada jugador toma una decisión individual. Por otro lado, FuzzyJess proporciona los mecanismos de decisión difusos. La información proporcionada por Javassoccer es: posición de la pelota, posición del jugador, posición de los compañeros, posición de los contrarios, etc. Ésta información es numérica y debe de ser interpretada por los estudiantes para definir los correspondientes conjuntos difusos (pelota cerca, compañero lejos, etc.) sobre los cuales desarrollar las reglas de toma de decisión. Las acciones posibles a realizar por cada jugador son libres.

2. Diseño e implementación de mecanismo de coordinación para un equipo de fútbol. En esta práctica se trata de utilizar la cooperación entre los jugadores, mediante la comunicación de las jugadas a realizar de manera que se puedan coordinar los equipos. Por ejemplo, si un jugador decide pasar la pelota a un compañero, éste último tiene que coordinarse para que la recepción de la pelota se lleve a cabo satisfactoriamente.

Al final del cuatrimestre, hay una sesión especial de prácticas donde los equipos compiten en un campeonato. Ya que todo alumno debe implementar el mismo conjunto de 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.

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.

3.2. Consolidación de conocimientos

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 realizadas durante el último curso se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Prácticas de DSS

1. Revisión de los conceptos básicos de resolución de problemas mediante heurísticas 1.1 Exploración en dominios clásicos 1.2 Utilización en el proceso de decisión de un jugador
2. Planificación 2.1 Planificación basada en casos para resolver un problema de ensamblaje de piezas 2.2 Planificación de la actividad de un jugador
3. Scheduling 3.1 Scheduling de las prácticas de un estudiante durante un curso escolar 3.2 Scheduling de la actividad de un jugador
4. Sistemas multiagente 4.1 Coordinación de un conjunto de robots en el mundo de la basura. 4.2 Coordinación de un conjunto de jugadores para ganar un partido de fútbol.
5. Minería de datos 5.1 Aprendizaje de árboles de decisión para el diagnóstico de fallos eléctricos 5.2 Aprendizaje <i>off-line</i> (fuera de partido) de las jugadas coordinadas de un equipo de jugadores de fútbol.

Cada una de las prácticas, en su aplicación al fútbol, se amplía respecto a la versión anterior. Por tanto es un proceso de mejora continuado:

- La planificación proporciona una estrategia de juego a largo término
- La coordinación multiagente procura una estructura de cooperación para la toma de decisiones en equipo
- Las técnicas de aprendizaje automático permiten el entrenamiento del equipo antes (*off-line*) y durante (*on-line*) un partido.

Cada grupo de estudiantes 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 y neuronal
- Redes neuronales off-line y on-line
- Algoritmos genéticos: off-line y on-line
- Razonamiento basado en casos
- Planificación basada en casos
- Agentes que se comunican con comportamiento adaptativo

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 superar 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.

Uno de los resultados más interesantes se obtiene en la última clase dedicada a la competición. 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 en el proceso de desarrollo de su equipo de jugadores.

Sin embargo, no se puede confundir el hecho de ganar un partido con el de que la técnica utilizada sea la mejor. Esta es otra lección que los

alumnos aprenden: 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. La técnica depende de la implementación concreta i la ocasión particular en que se usa.

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 y de la transferencia tecnológica.

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 [3].

También podemos mencionar que ha habido un interés creciente de los estudiantes en la realización del proyecto fin de carrera en IA.

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 [2] y [12], previene tales desventajas. El uso de la simulación del fútbol, un problema suficientemente complejo para integrar varias técnicas de IA [10], 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 [14] y al rescate [16], 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 *Agents Research Lab* dentro del Instituto de Informática y Aplicaciones de la UdG desde 1995 (véase [18]). Podemos constatar que la metodología de la enseñanza explicada, ha acercado a muchos estudiantes a nuestro laboratorio de investigación para conocer cuáles son los proyectos que se están llevando a cabo relacionados con la IA. Por ello, la utilización del simulador de fútbol nos proporciona una muy buena presentación para poder incorporar a nuestro grupo de investigación estudiantes cualificados en la disciplina objeto de nuestro estudio.

4.3. Impacto en la transferencia de conocimiento

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 [1]).

5. Conclusiones

La metodología de prácticas basada en la simulación del fútbol proporciona una formación *holística* en la disciplina de la IA. 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 cinco cursos consecutivos en la universidad de Girona, experiencia con la que hemos obtenido resultados académicos exitosos, así como impactos positivos en los dominios de la investigación y de transferencia de tecnología.

Los resultados obtenidos nos han animado a iniciar otros métodos de prácticas en entornos competitivos como los juegos. En particular, en los dos últimos cursos hemos realizado competiciones con Othello y Nine-Men Morris. Sin embargo, los problemas de juegos no nos proporcionan tantas facilidades para la integración de diferentes técnicas, como el caso de la simulación de fútbol. Otra posibilidad que estamos estudiando es establecer un campeonato inter-universitario de fútbol simulado.

Finalmente, pensamos que la simulación de fútbol nos puede permitir profundizar en las habilidades de trabajo de equipo de los estudiantes, constituyendo grupos de prácticas multi-disciplinares, en los que estudiantes de ingeniería industrial colaboren con estudiantes de ingeniería informática. Esperamos implementar esta estrategia docente en el próximo curso.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todos los profesores que nos han ayudado en los laboratorios de las prácticas de fútbol, especialmente Bianca Innocenti, Silvana Aciar, Eduard Muntaner, Josefina López-Herrera, Josep Antoni Ramon, Israel Muñoz y todos los miembros del Rogiteam.

Referencias

- [1] Agents Inside, <http://www.agentsinside.com/>.
- [2] Azevedo da Silveira, M., Scavarda-do-Carmo, L.C. "Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hands-On Methodology", IEEE Transactions on Education, vol. 42, no. 2, pp. 103-108, 1999.
- [3] Coradeschi, S. Malec, J. "The use of RoboCup (soccer simulation) for an IA programming course", Journal of Robotic Society of Japan, Special issue on Robotics & Education, 1998.
- [4] de la Rosa, J.L., Montaner, M. "Docència de tècniques d'IA mitjançant Javasooccer", 2n Congrés Català d'Intel·ligència Artificial, Girona, Spain, 1999.
- [5] FuzzyJess, http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyJToolkit.html.
- [6] Hedberg, S. "Robots playing soccer? RoboCup poses a new set of IA research challenges", IEEE Expert, September/October, 1997, pp. 5-9.
- [7] IEEE-ACM. Computing Curricula. Volume II: Computer Science. The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE computer Society, Association for Computing Machinery, 2001.
- [8] Javasooccer, <http://www.cc.gatech.edu/grads/b/Tucker.Balch/JavaBots/JavaSoccer/docs/index.html>
- [9] JESS, Java Expert System Shell, <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>.
- [10] Kitano, H., Suzuki, S., Akita, J. "RoboCup Jr.: RoboCup for Edutainment", Proc. of Int. Conf. On Robotics and Automation 2000, IEEE Press, NY, 2000.
- [11] Kitano, H., Tambe, M., Stone, P., Veloso, M., Coradeschi, S., Osawa, E., Matsubara, H., Noda, I., Asada, M.. "The RoboCup Synthetic Agent Challenge 97".
- [12] Lund, H.H. "Robot Soccer in Education", Advanced Robotics Journal, 1999.
- [13] Luo, N., de la Rosa, J.L., Muñoz, I. "Micro mobile robots for advanced control course teaching". WFEO/ASEE e-Conference on Engineering Education, 2003.
- [14] Raines, T., Tambe, M., Marsella, S. "Automated Assistants to Aid Humans in Understanding Team Behaviours", Proc. Autonomous Agents, Barcelona, Spain, 2000.
- [15] RoboCup, <http://www.RoboCup.org/>.
- [16] RoboCup-Rescue, <http://robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue/>.
- [17] Rodriguez-Aguilar, J.A. Martin, F.J., Noriega, P., Garcia, P., Sierra, C. "Towards a Test-bed for Trading Agents in Electronic Auction Markets", April, 1998, IA Communications Journal. CO;PROVAR
- [18] RogiTeam experimental platform, Agents Research lab, <http://eia.udg.es/ar1/research.html>.
- [19] Trade Agents competition, IJCAI 2005, <http://www.sics.se/tac/>.