

Un enfoque basado en competencias de sistemas multiagentes para la enseñanza de Inteligencia Artificial

Laura Cecchi, Claudio Vaucheret, Mario Moya, Pablo Kogan Rodolfo del Castillo, Guillermo Torres

Grupo de Investigación en Robótica Inteligente Departamento de Ciencias de la Computación Facultad de Economía y Administración Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, ARGENTINA

Resumen

En este trabajo se presenta un enfoque basado en competencias de sistemas multiagentes como fundamento de la enseñanza de tópicos avanzados en Inteligencia Artificial. La metodología fue implementada en la materia optativa Robótica Cognitiva con alumnos del 5to. año de la carrera Licenciatura en Ciencias de la Computación, de la Universidad Nacional del Comahue, en un dominio que es conocido y divertido: el fútbol. Los campeonatos que se realizan entre los diferentes equipos permiten que los estudiantes evalúen y comparen los resultados. La motivación que se logra es fundamental para despertar interés en el estudio de técnicas la Inteligencia Artificial y en la investigación en general. Se presentan la experiencia desarrollada, un análisis de la metodología y el impacto en el dominio académico y de investigación.

Palabras clave: Educación - Inteligencia Artificial - Robótica Cognitiva - Fútbol de Robot.

1. Introducción

Los planes de estudio de las carreras de grado en Ciencias de la Computación incluyen temas de Inteligencia Artificial (de ahora en más IA) simbólica y no simbólica, según las recomendaciones de ACM/IEEE, que en Argentina, se refleja en el Núcleo Curricular Básico desarrollado por la RedUNCI [1].

La enseñanza de tales temas representa un gran desafío para los docentes, por la dificultad en dar una definición precisa de IA y porque muchos de esos temas están aún en proceso de desarrollo. En la mayoría de los cursos actuales se dedica mucho esfuerzo a la comprensión de los diferentes temas y poco esfuerzo a la integración y comparación de las diversas técnicas. En las prácticas, los alumnos enfrentan un problema a resolver con alguna de las técnicas específicas. Así el alumno desarrolla poca

aptitud para evaluar qué técnica es la adecuada y cómo complementarla con otras para resolver un problema dado.

Existen pocas áreas de la Ciencias de la Computación en donde la teoría puede ser analizada e implementada no solamente sobre simuladores de la realidad, sino también a través de demostraciones físicas. El área de IA es una de ellas, ya que puede proveer experiencias interactivas reales mediante robots, involucrando a los alumnos en forma más directa. Una aplicación de un sistema multiagente que permite la combinación de varias técnicas, que se puede implementar tanto sobre simuladores como sobre un ambiente real y que además se desarrolla sobre un dominio que resulta interesante y divertido a la vez, es el fútbol.

Teniendo como marco a un juego de equipo se proyectó una metodología de enseñanza cuya peculiaridad reside en que los estudiantes desarrollan un sistema multiagente con técnicas de IA, con el objeto de participar y ganar competencias de fútbol. La importancia de las competencias se ve reflejada en la dedicación puesta por los estudiantes en la elección e implementación de técnicas de IA al desarrollar sus equipos, en el contacto inicial de los estudiantes de grado con temas de investigación y finalmente, en la diversión que se logra en un ambiente de estudio.

En este contexto, se diseñó la materia optativa Robótica Cognitiva para la carrera Licenciatura en Ciencias de la Computación, en la que se pretende que los alumnos estudien e investiguen tópicos de IA, elijan la técnica adecuada, desarrollen un sistema multiagentes que juegue al fútbol y evalúen y comparen sus resultados tanto sobre un simulador como sobre un ambiente real.

En los últimos años, en la materia curricular IA al estudiar búsqueda y planning, habíamos utilizado al simulador de fútbol SimuroSot de FIRA [2]. Sin embargo, para resolver las prácticas el ambiente fue redefinido, restringiéndolo con las características de estático y discreto [3]. Por otra parte, los ejercicios propuestos involucraban a un solo agente que debía encontrar un camino desde un punto inicial de la cancha hasta un punto final de ella, eludiendo los obstáculos que se presentaran en su camino. A

diferencia de esta primer experiencia con IA, en la materia Robótica Cognitiva los alumnos implementaron un sistema multiagente, el ambiente no fue restringido (es dinámico y continuo), los tópicos abordados son temas de investigación en IA y finalmente, no solo tuvieron como motivación lograr la acreditación de la materia, sino que la competencia futbolística incentivó el estudio. Gracias al enfoque dado a la materia, los alumnos se interesaron en la IA de tal manera que solicitaron participar de nuestro grupo de investigación para hacer su proyecto final de carrera.

En este trabajo presentamos una propuesta de diseño para la enseñanza de los temas de IA con un enfoque basado en competencias de sistemas multiagentes. En la siguiente sección presentamos la metodología de enseñanza que llevamos a cabo. Luego, se describe nuestra experiencia en la materia Robótica Cognitiva explicando las actividades realizadas. En la sección 4, se discuten algunos puntos importantes del diseño de instrucción y los resultados de nuestra experiencia argumentando sobre las decisiones tomadas. Finalmente, en la sección 5 se describe el impacto de la metodología implementada y se presentan las conclusiones y las líneas futuras.

2. Metodología

La metodología basada en competencias fue pensada para ser implementada en una materia optativa que cursan alumnos avanzados de la carrera Licenciatura en Ciencias de la Computación. Los docentes estamos interesados en que nuestros estudiantes no solo logren los conocimientos curriculares y que puedan aplicarlos correctamente a problemas concretos, sino que también deseamos desarrollar habilidades y comportamientos de trabajo en equipo y de desarrollo de investigación.

La característica principal de este enfoque en la enseñanza de la IA es que las prácticas son organizadas con un marco de trabajo común, el fútbol, en el que los alumnos pueden utilizar diversas técnicas de IA para solucionar el mismo problema. Los estudiantes tienen que diseñar, desarrollar e implementar un equipo de fútbol de robots a través de diferentes proyectos, en los que en forma incremental partiendo de agentes reflexos simples, van incorporando diferentes técnicas de IA.

Es importante remarcar que si bien se utiliza como recurso elemental a los robots, esto no significa que nuestro objetivo sea enseñar robótica. La diferencia radica en que deseamos que nuestros alumnos desarrollen agentes basados en el conocimiento, en vez de agentes reactivos que luego son aplicados al contexto del fútbol, sin centrar nuestra atención a la parte física de los robots. Así el propósito es crear agentes “inteligentes”, cuyos tiempos de respuesta sean adecuados para poder desenvolverse en un ambiente dinámico y continuo.

En el diseño de la materia con este enfoque se sugieren tres hitos fundamentales. El primer proyecto tiene

como objetivo el estudio de un equipo base, proporcionado por la cátedra, sobre el que los estudiantes diseñan, desarrollan e implementan jugadores reflexos.

El segundo proyecto tiene como objetivo investigar uno o más tema de IA, elegido/s sobre un listado propuesto por la cátedra o bien sugerido/s por los alumnos, realizar un reporte en donde se desarrolle el tema y finalmente, realizar una exposición-defensa del trabajo. Durante la presentación del tema por parte de los estudiantes, los docentes incentivan el debate y el análisis, comparando estas ideas con los contenidos que deban desarrollar los otros alumnos. De este modo, los alumnos cooperan y colaboran entre ellos para construir mejores soluciones al problema propuesto, compartiendo experiencias y soluciones parciales.

El tercer proyecto tiene como objetivo implementar las técnicas estudiadas en el segundo proyecto en los agentes jugadores de fútbol conformando un sistema multiagentes: el equipo. En este proyecto, los alumnos deben presentar el software del equipo de fútbol, mostrar las habilidades adquiridas al implementar la técnica, compararlo con su equipo inicial, estudiar la complejidad computacional y redactar un informe final, con formato de artículo de divulgación, en donde se explique el desarrollo realizado, se detalle el análisis efectuado y se presenten las conclusiones del proyecto.

Los proyectos deberían ser desarrollados en forma grupal, con grupos conformados con un máximo de tres integrantes.

Tanto al principio como al final del cuatrimestre hay una clase especial donde los equipos compiten en un campeonato. El desafío de ser el mejor equipo estimula más de lo esperado a los alumnos, particularmente en la preparación de los equipos para el segundo campeonato.

La acreditación de la materia se realiza a través de los tres proyectos. En el primer caso, los alumnos presentan el software y muestran el comportamiento, generalmente reactivo, de sus jugadores. Los simuladores de las federaciones internacionales son la plataforma elegida para esta exposición. El segundo proyecto se evalúa a través de la exposición-defensa y del reporte escrito. Finalmente, el tercer proyecto se evalúa en el laboratorio a través de los simuladores o bien a través de robots físicos, según corresponda, y con el informe final.

3. Experiencia en la materia Robótica Cognitiva

La metodología propuesta basada en competencias fue implementada en la materia optativa Robótica Cognitiva, en la que se desarrollaron tópicos avanzados de IA. En función de los objetivos de la materia y de la metodología diseñada se planificaron las siguientes actividades.

Act.1: Presentación del equipo de fútbol simulado RAKIDUAM como patrón para sus desarrollos. RAKIDUAM ha venido compitiendo en la categoría FIRA SimuroSot [2], durante los años 2006, 2007 y 2008 en el Campeonato Argentino de Fútbol de Robots. Los agentes jugadores están implementados en Ciao Prolog [4], lenguaje que ofrece todas las ventajas de la Programación en Lógica y diversos mecanismos de interacción con otros lenguajes de programación.

Asimismo, se les proporcionó a los alumnos la interfaz con el simulador. En el desarrollo de la interfaz con el simulador se ha priorizado la abstracción en el diseño de los agentes en Prolog. Esto permite que dichos agentes puedan actuar tanto sobre la plataforma simulada como sobre la plataforma de robots físicos. Dicha interfaz ofrece una flexibilidad adicional: la independencia del lenguaje de programación. Las estrategias pueden ser implementadas en cualquier lenguaje que soporte comunicación mediante sockets. La comunicación con el simulador SimuroSot de FIRA [2] se implementó mediante una dll desarrollada en la versión 6.0 del ambiente Visual Studio C++ [5]. Una descripción más detallada de la interfaz puede encontrarse en [6] y [7]. Tanto el equipo como la interfaz tienen licencia GNU General Public License [8], por lo que a los alumnos se les entregó los códigos fuentes de cada uno de estos software.

Con el objeto de que cada jugada de los partidos pudiera ser analizada en forma reiterada para estudiar el comportamiento de cada jugador y del equipo como sistema, se les sugirió a los alumnos el uso del software LogViewer [9].

Act2.: Presentación del Enunciado del Primer Proyecto: se explicó el objetivo del proyecto y cómo se esperaba que se cumpliera. Los docentes proveyeron a los alumnos con un framework general basado en RAKIDUAM y con un módulo con una estrategia muy sencilla que sirviera de ejemplo. Su trabajo en esta actividad se concentraría entonces en reescribir el módulo estrategia.pl que implementaría un sistema de agentes reactivos.

El sistema RAKIDUAM está organizado en módulos de compilación separada. Su descripción es la siguiente:

- Dos módulos: navegación.pl y primitivas.pl implementan los predicados que realizan las acciones básicas de los robots.
- Otros dos módulos command_server.pl y video_server.pl implementan respectivamente las interfaces con el servidor de comandos y el servidor de video.
- Los módulos principal.pl y ambiente.pl implementan respectivamente los controladores y los predicados que representan el estado interno de los agentes.

- Por último el módulo estrategia.pl contiene las reglas PROLOG que implementan la estrategia de juego de los agentes robots.

Act.3: Primer Campeonato de Fútbol: Este es el primer proyecto de la materia. Los alumnos debieron diseñar e implementar su primer equipo de fútbol de robots para poder competir sobre el simulador SimuroSot de FIRA. La competición fue implementada como un sistema de liga, en donde cada equipo debió enfrentar a sus adversarios dos veces. La evaluación de este proyecto se realizó a través de la competición, en donde se observó el comportamiento de cada jugador y del equipo y de la presentación de un primer reporte en donde se explicaban las estrategias adoptadas, la representación del conocimiento elegida y todas las decisiones de diseño entre otras características.

Act.4: Clases introductorias a los temas a estudiar: Como paso previo al proyecto de investigación el docente introdujo cada uno de los temas propuestos para su desarrollo. Se analizaron las diferentes técnicas desde el punto de vista de las aplicaciones y se las comparó con otras similares. Finalmente, se orientó a los estudiantes con la bibliografía básica.

Act.5: Proyecto de Investigación: Los alumnos seleccionaron un tema de los propuestos por la cátedra sobre el que investigaron. Como resultado de este estudio, los alumnos dictaron una clase en la que utilizaron diferentes recursos multimediales, con el objeto de explicar el tema a sus compañeros y docentes. Asimismo, debieron presentar un reporte completo sobre el tema. En este sentido, los docentes dictaron una clase en donde se detallaron algunas pautas sobre la metodología de investigación y sobre la redacción del informe correspondiente. Los temas propuestos por la cátedra fueron:

- Control Difuso
- Aprendizaje por Refuerzo
- Elusión de Obstáculos - Navegación
- Planning Continuo
- Fluent Calculus

De ellos los alumnos seleccionaron y estudiaron los últimos tres. Si bien cada grupo se especializó en el tema particular elegido, durante las clases dictadas se incentivó el debate, de modo que todos los alumnos tuvieran un rol activo y no sólo aquellos que realizaban la presentación.

El hecho de que los grupos de investigación hubieran ya realizado en una actividad anterior una primera implementación de un equipo de fútbol de robots fue productivo, ya que el estudio de estos temas fue llevado a cabo con un objetivo de implementación en mente. El conocimiento previo del contexto donde se pudieran implementar estas técnicas favoreció la

comprensión de los temas estudiados y la búsqueda de alternativas de uso en el problema elegido.

Act. 6: Segundo Campeonato de Fútbol: Este es el último proyecto de la materia. Los alumnos que se especializaron en el tema estudiado, debieron aplicarlo al dominio de fútbol de robots. Cada grupo mejoró su primer equipo de fútbol, que en su mayoría era reactivo, con la técnica estudiada.

El grupo que analizó el Fluent Calculus [10] implementó una base de conocimiento que permitía al equipo cambiar de estrategia de juego basado en fluents que describían la situación favorable o no del juego para el equipo y en el éxito relativo de cada estrategia [11].

El grupo que estudió las técnicas de elusión de obstáculos [12], [13], [14] implementaron una variante adecuada para el fútbol de robots, extendiendo el framework disponible con la capacidad de utilizar esta característica muy necesaria en el ambiente no simulado [15].

Por último, el grupo que eligió el estudio de planning continuo [16], implementó un planificador integrado con el controlador de los agentes que produjo una mejora en el comportamiento de los agentes muy difícil de lograr con reglas reactivas [17].

La competición se implementó como sistema de liga en donde cada grupo se enfrentó una vez con todos los equipos adversarios, de modo que cada grupo pudiera comparar el comportamiento de su equipo con todos los otros, evaluando las ventajas y desventajas de las diferentes técnicas aplicadas. Asimismo, los alumnos presentaron un informe final con formato de artículo de divulgación, donde se explicaba el comportamiento de su equipo. Esta liga finalizó con una premiación con trofeos para todos los equipos.

En todas las actividades, los informes se hicieron públicos a todos los participantes de la materia, de modo que los otros grupos pudieran mejorar sus propias implementaciones en función de las experiencias de los otros grupos.

Si bien no fue enmarcado como una actividad más dentro de la materia, los alumnos tuvieron como objetivo final la participación en el Campeonato Argentino de Fútbol de Robots [18].

4. Análisis de la Metodología

Existen una serie de cuestiones que fueron discutidas y evaluadas al implementar la metodología basada en competencias y que se enumeraran a continuación:

- *Asegurarnos el aprendizaje de los temas:* Este punto es crucial, ya que la motivación por ganar la competencia puede desvirtuar el objetivo final que es el aprendizaje de los contenidos curriculares. Así los docentes deben encontrar un equilibrio entre teoría y práctica. En este sentido, en la implementación de este enfoque de enseñanza se planificaron tres proyectos con énfasis en la parte teórica de los contenidos,

particularmente el segundo y tercer proyecto. Asimismo, los docentes verificaron el uso de bibliografía adecuada para una mejor comprensión de los temas. Finalmente, la explicación por parte de los alumnos y su rol de autor en todos los informes permitieron reforzar los conocimientos adquiridos.

- *Lenguaje de Programación:* El lenguaje elegido depende de los objetivos de la materia. En nuestro caso, se optó por el lenguaje declarativo PROLOG y en particular Ciao Prolog [4], que permite la comunicación con el lenguaje C++. La elección estuvo basada en que en la materia se siguió un enfoque lógico para la representación del conocimiento (Programación en Lógica) y en que el equipo RAKIDUAM está implementado en este lenguaje.
- *¿Debería el curso estar basado en campeonatos?:* En este sentido cierta bibliografía [19], [20] propone a las competencias como medio para motivar a los alumnos a que realicen un trabajo más riguroso y exigente, y otra literatura [21] presenta algunos problemas detectados en el progreso del aprendizaje de los alumnos. Cabe destacar que durante el cursado de Robótica Cognitiva se tuvo como objetivo dos niveles diferentes de competencia. Por un lado, la competencia local con sus pares dentro de la materia y por el otro, el campeonato a nivel nacional con equipos que tienen mayor experiencia en el torneo. Nuestra experiencia con la competencia fue positiva. Los alumnos realizaron mejores trabajos tratando de superarse no solamente con sus equipos de fútbol, con el objetivo de ganar el campeonato local, sino que también se esforzaron en sus presentaciones e informes. En particular, los informes reflejaron una investigación exhaustiva del tema, que luego plasmaron en el diseño e implementación de sus equipos.
- *Acreditación de la materia:* Si bien la competición fue el punto motivador de los grupos, la nota final de la materia no se basó en los resultados de la liga de fútbol. La calificación fue obtenida ponderando diferentes factores como los reportes e informes que presentaron, la clase dictada, las explicaciones dadas en cada presentación de un equipo y las decisiones de diseño y el código del equipo de fútbol modificado en los diferentes proyectos, entre otros.

- *Plataforma de robots a utilizar:* La elección de la plataforma está ligada a los objetivos de la materia. Nuestro objetivo no es construir robots sino utilizarlos para proveer experiencias interactivas del uso de técnicas de IA. En la materia hemos utilizado la categoría simulada SimuroSot de FIRA, en la que el énfasis está puesto sobre el sistema multiagente y el comportamiento de cada uno de los agentes. Sin embargo, está entre nuestros objetivos que los alumnos prueben sus equipos sobre una plataforma física que los independice de la construcción del hardware, como lo es la implementada para usar LEGO Mindstorms [22], [23].

5. Impacto de la Metodología basada en Competencias

La aplicación del enfoque basado en competencias a la enseñanza de IA trajo consigo resultados en el dominio académico y de investigación.

5.1 Académico

En cuanto a lo académico debemos resaltar en primer lugar el grado de participación y dedicación a los proyectos de parte de los estudiantes. Ganar los partidos de la competencia motiva a los estudiantes, quienes invierten más tiempo en el estudio de diferentes técnicas para el desarrollo de su equipo.

Por otra parte, si bien todos los estudiantes desean ganar se notó un cambio de actitud: de la competencia a la colaboración. Es remarcable la diferencia en el ánimo reinante entre el primer torneo realizado al comienzo de la materia y el segundo campeonato realizado después del trabajo de investigación e implementación de las nuevas técnicas. Mientras que en el primero había una actitud extremadamente competitiva, en el segundo ya no importaba quien ganara y la competencia pasó a un segundo plano. El interés principal radicaba en las preguntas de un equipo a otro sobre cómo lograban determinado comportamiento, cómo poder combinar las mejoras de los distintos equipos y en compartir el trabajo realizado.

Asimismo, el estímulo permanente de la competición hizo que los alumnos aplicaran todo el conocimiento adquirido en su formación para mejorar las técnicas analizadas. Por ejemplo, estudiaron la complejidad temporal de sus algoritmos y sugirieron algunas variantes.

El trabajo en equipo es una de las capacidades que deseamos adquieran todos nuestros egresados. La metodología seguida incentivó el trabajo en equipo, como así también la interacción entre los equipos cooperando entre ellos.

5.2 En la Investigación

Los estudiantes tuvieron un primer acercamiento a la investigación y en particular a la desarrollada en el área de IA. Bajo la metodología implementada, los estudiantes analizaron la bibliografía básica del tema elegido y realizaron una búsqueda de bibliografía avanzada guiada por los docentes. Estudiaron una técnica de IA que luego implementaron en un sistema multiagente y elaboraron su primer artículo de divulgación. En este sentido, se realizaron actividades tendientes a mejorar sus técnicas de escritura científica, se les explicó la estructura de un artículo y finalmente, los docentes hicieron de revisores de sus trabajos.

Por otra parte, la presentación del tema elegido y su explicación en una clase permitió a los alumnos practicar y mejorar sus habilidades en la comunicación oral: se utilizó vocabulario adecuado, se mantuvo el hilo conductor y se remarcaron los puntos más importantes del tema.

Los estudiantes presentaron sus equipos de fútbol y el artículo correspondiente en el VI Campeonato Argentino de Fútbol de Robots, con el objeto de competir en la liga simulada. En este evento uno de los grupos fue premiado con la primer mención a los Equipos con Técnicas de IA [18].

Asimismo, una vez finalizada la materia, alumnos de diferentes grupos se integraron con el objetivo de desarrollar un equipo de fútbol de robots sobre plataforma real, que aunara los conocimientos y la experiencia logrados en los temas de estudio, durante el cursado de la materia. Este equipo compitió en la liga Senior de robots físicos [24].

Finalmente, cabe destacar que como consecuencia de la metodología muchos de los alumnos que cursaron la materia, están actualmente participando en el Grupo de Investigación en Robótica Inteligente, desarrollando sus tesis de fin de carrera y colaborando en charlas formativas e informativas que se dictan a cursos de la Escuela Media.

Conclusiones

Las competencias de sistemas multiagentes proporcionan un ambiente de enseñanza-aprendizaje que motiva a los estudiantes a superar lo solicitado en las cátedras, estimulando la identificación de problemas, la búsqueda de técnicas de IA, la generación y evaluación de soluciones y la aplicación de los conocimientos adquiridos en el cursado de la materia y de aquellos de su formación anterior.

Este enfoque fue implementado en la materia optativa Robótica Cognitiva integrando dos niveles de competición en el dominio del fútbol: torneos locales y el campeonato argentino CAFR 2008.

De las actividades llevadas a cabo en la materia, se remarca la transferencia de los conceptos teóricos a la

práctica a través de los proyectos. La valoración general de la metodología es positiva, ya que los alumnos mostraron interés singular en los temas de la materia, se esforzaron en la investigación realizada y elaboraron reportes técnicos y artículos de divulgación de calidad. Para la mayoría de los alumnos esta materia constituyó la primera aproximación a un trabajo de investigación científica; sin embargo concluyeron con éxito todos los pasos, desde el estudio de campo de un tema, el trabajo de implementación y el de la escritura de un artículo en un congreso de divulgación.

Del impacto en la investigación, rescatamos principalmente el hecho de que muchos de nuestros estudiantes actualmente forman parte del Grupo de Investigación en Robótica Inteligente, desarrollando sus tesis de fin de carrera.

La elección del torneo en el que se competirá depende de los objetivos de la materia. Nuestro interés está centrado en el desarrollo de sistemas multiagentes y en el estudio de tópicos avanzados en IA, por lo que se seleccionó la categoría Simurosot de FIRA. Sin embargo, entre nuestro trabajo futuro se encuentra mejorar el diseño de instrucción de la materia, con proyectos que involucren la evaluación de las técnicas estudiadas sobre robots reales.

Una mejora adicional, en estudio para implementar las actividades, podría lograrse realizando las prácticas de laboratorio en forma remota a través de Internet[25][26].

Por otra parte está entre nuestro trabajo futuro la implementación de este enfoque basado en competencias sobre otros temas como el Procesamiento de Lenguaje Natural.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer los aportes del Lic. Jorge Rodríguez, que contribuyeron a la presentación de este trabajo.

Este trabajo está parcialmente financiado por el proyecto 04/E062 “Técnicas de Inteligencia Computacional para el Diseño e Implementación de Sistemas Multiagentes” y el proyecto 04-E073 “Técnicas Avanzadas y Análisis para el Desarrollo Multiparadigma”, ambos de la Universidad Nacional del Comahue.

Referencias

- [1] NCB-RedUNCI. Sitio oficial de la Red de Universidades Nacionales con Carreras en Informática. <http://reduinci.info.unlp.edu.ar/docs/Corebasico-23-6-2006-Agosto.pdf>, 2008.
- [2] FIRA Sitio oficial. <http://www.fira.net>, 2008.

- [3] S. Russell y P. Norvig, P. Artificial Intelligence: A modern approach. Pearson Education, Inc., New Jersey, segunda edición, 2003.
- [4] Ciao Prolog. Sitio oficial CLIP Lab. <http://clip.dia.fi.upm.es/Software/Ciao/>, 2008.
- [5] Visual Studio C++, . Sitio oficial. <http://msdn.microsoft.com/vstudio/>, 2008
- [6] P. Kogan, G. A. Parra y R. Del Castillo. Diseño de agentes experimentando con robots que juegan al fútbol en ambientes reales y simulados. En Anales del VIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, editor Universidad de Morón, 2006.
- [7] P. Kogan, J. Yañez, C. Campagnon, L. Cecchi, G. Parra, C. Vaucheret y R. Del Castillo. Aspectos de diseño y de implementación del equipo de fútbol con robots RAKIDUAM. En Anales del Campeonato Argentino de Fútbol con Robots. Editor Universidad Abierta Interamericana, 2006.
- [8] P. Kogan, M. Moya, G. Torres, J. Yañez, L. Cecchi, G. Parra, R. Del Castillo y C. Vaucheret RAKIDUAM: Un equipo de fútbol con licencia gnu general public license. En Anales del V Campeonato Argentino de Fútbol con Robots. Editor Universidad Abierta Interamericana, 2007.
- [9] J. Silveira y G. Zabala. Logviewer: Una herramienta para el estudio del simulador simurosot de la FIRA. En Anales del Campeonato Argentino de Fútbol de Robots, 2005.
- [10] M. Thielscher. Reasoning Robots- The Art and Science of Programming Robotic Agents, volume 33. Springer, 2005.
- [11] F. Uribe, C. Celeste, K. Rozas y M. Klemen. Una arquitectura para el diseño de un equipo de fútbol con robots basado en FLUX. En Anales del VI Campeonato Argentino de Fútbol de Robots - V Workshop en IA aplicada a la Robótica Móvil. Editor Grupo de Investigación en Robótica Cognitiva – Universidad Nacional del Comahue, 2008.
- [12] Y. Koren y J. Borenstein. Potential field methods and their inherent limitations for mobile robot navigation. En Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation Sacramento, páginas 1398– 1404, Sacramento, California, 1991.
- [13] D.Fox, W. Burgard y S. Thrun. The dynamic window approach to collision avoidance. IEEE Robotics and Automation, 4(1):23–33, 1997.
- [14] N. D. Rotstein y A. J. García. Evasión de obstáculos con bajo costo computacional para un equipo de fútbol de robots. En Actas del X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACiC 2004). Editor Universidad Nacional de la Matanza, Argentina, 2004.

- [15] P. Biondelli, G. Braun, S. Cotal, y D. Trevisani. Estrategia de un equipo de fútbol con robots utilizando una técnica de evasión de obstáculos. En Anales del VI Campeonato Argentino de Fútbol de Robots - V Workshop en IA aplicada a la Robótica Móvil. Editor, Grupo de Investigación en Robótica Cognitiva - Universidad Nacional del Comahue, 2008.
- [16] R. Fikes y N. Nilsson. Strips, a retrospective. 1994.
- [17] L. Bravo, V. Heine y A. Muñoz. RobotoSaurus del Sur: Un equipo de Fútbol con Robots. En Anales del VI Campeonato Argentino de Fútbol de Robots - V Workshop en IA aplicada a la Robótica Móvil. Editor, Grupo de Investigación en Robótica Cognitiva - Universidad Nacional del Comahue, 2008.
- [18] CAFR 2008. Sitio oficial del VI Campeonato Argentino de Fútbol de Robots. Grupo de Investigación en Robótica Inteligente, Depto. de Cs. de la Comp. - Universidad Nacional del Comahue. <http://www.uncoma.edu.ar/cafr2008>.
- [19] R. Murphy. Using robot competitions to promote intellectual development. AI Magazine - AAI, 21(1), 2000.
- [20] R. Beer, H. Chier y R. Drushel. Using autonomous robotics to teach science and engineering. Communications of ACM, 42(6), 1999.
- [21] J. Kummeneje. RoboCup as a Means to Research, Education and Dissemination - Licentiate thesis. Technical report, Stockholm University and the Royal Institute of Technology, Sweden, 2003.
- [22] Sitio oficial Lego Mindstorms, 2008. <http://www.legomindstorms.com>.
- [23] J. Baltés, E. Sklar y J. Anderson. Teaching with RoboCup. En Proceedings del RoboCup 2004. Editor American Association for Artificial Intelligence, 2004.
- [24] P. Biondelli, G. Braun S. Cotal, M. Klemen, D. Trevisani y F. Uribe. "Arrancá Millonarios" Integrando Estrategias en un Equipo de Fútbol de Robots. En Anales del VI Campeonato Argentino de Fútbol de Robots - V Workshop en IA aplicada a la Robótica Móvil. Editor Grupo de Investigación en Robótica Cognitiva - Universidad Nacional del Comahue, 2008.
- [25] C. Buiu. Hybrid Educational Strategy for a Laboratory Course on Cognitive Robotics. IEEE Transactions on Education. Vol.51- Nro. 1, páginas 100-107. Febrero 2008.
- [26] K. Tan, T. Lee y F. Leu. Development of a distant laboratory using LabView. Int. J. Eng. Educ. Vol 16, páginas 273-282, 2000.

Dirección de Contacto del Autor/es:

Laura A. Cecchi

e-mail: lcecchi@uncoma.edu.ar

Claudio A. Vaucheret

e-mail: cvaucher@uncoma.edu.ar

Mario Moya

e-mail: moya.mario@gmail.com

Pablo Kogan

e-mail: pkogan@uncoma.edu.ar

Rodolfo del Castillo

e-mail: rdc541@gmail.com

Guillermo Torres

e-mail: guille.torres@gmail.com

Laura Cecchi. Licenciada en Ciencias de la Computación. Profesora Adjunta Interina de la UNCo y de la UNPA en cátedras del área de Teoría de la Computación. Investigadora en el área de IA.

Claudio Vaucheret Mg. en Ciencias de la Computación. Profesor Adjunto de la UNCo en cátedras del área de Teoría de la Computación. Investigador en las áreas de IA y de Lenguajes. Director del GIRI

Mario Moya Analista en Computación. Docente de la UNCo en cátedras del área de Teoría de la Computación.

Pablo Kogan Licenciado en Ciencias de la Computación. Docente de la UNCo en cátedras del área de Teoría de la Computación, Programación e Ingeniería de Software.

Rodolfo del Castillo Ingeniero Electricista. Profesor Adjunto de la UNCo y de la UNPA en las cátedras de Organización de Computadoras, Arquitectura, Redes y Sistemas de Tiempo Real. Codirector del GIRI.

Guillermo Torres Analista en Computación. Docente de la UNCo en las cátedras de Organización de Computadoras, Arquitectura, Redes y Sistemas Operativos.
