

# Argumentación rebatible en agentes adaptativos de escenarios dinámicos

Juan Manuel Torres, Diego C. Martínez, y Guillermo R. Simari

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA)  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación (DCIC)  
Universidad Nacional del Sur (UNS)  
Av. Alem 1253, (B8000CBP), Bahía Blanca, Argentina  
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136  
{juan.torres, dcm, grs}@cs.uns.edu.ar

## Resumen

Un agente inteligente es una entidad computacional que se desenvuelve en un entorno mediante sensores y efectores, capaz de actuar sin intervención de otros agentes o humanos. Un agente adaptativo es aquel que tiene especial preparación para reaccionar a variaciones inesperadas en su entorno. En este contexto, el área de Juegos Generales se enfoca en la creación de agentes capaces de aceptar las reglas formales de un juego estratégico y utilizarlas para aprender a jugar. Esto potencia el avance en conceptos como aprendizaje automatizado, representación de conocimiento, razonamiento y reconocimiento de patrones.

La argumentación rebatible es un mecanismo de razonamiento no monótono que permite capturar aspectos del razonamiento del sentido común y la representación de información incompleta y potencialmente inconsistente. Los procesos argumentativos son inherentemente dialécticos y permiten modelar adecuadamente interacciones sociales entre agentes inteligentes.

El objetivo general de esta investigación es la integración de formalismos de argumentación rebatible en agentes adaptativos en entornos dinámicos. Particularmente, el diseño y desarrollo de técnicas y tecnologías argumentativas para asistir a agentes capaces de enfrentar juegos generales como modelo de problema de razonamiento.

**Palabras clave:** *Agentes adaptativos, Argumentación, Juegos Generales.*

## 1. Contexto

Esta línea de investigación se encuadra dentro de los lineamientos de los Proyectos de Investigación “*Agentes Inteligentes y Creibles en Ambientes Interactivos Digitales (24/ZN22)*” y “*Representación de Conocimiento y Razonamiento Argumentativo: herramientas inteligentes para la web y las bases de datos federadas (24/N030)*”, desarrollados en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA) del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la Universidad Nacional del Sur.

## 2. Introducción

A partir del surgimiento del concepto de agente inteligente en las Ciencias de la Computación, su estudio ha tomado diferentes perspectivas, dependiendo del rol que cumple un agente en diversos escenarios o dominios de aplicación [1,2]. Actualmente los agentes tienen un campo de aplicación muy amplio y existen muchos tipos de agentes diferentes (por ejemplo: agentes reactivos, deliberativos, inteligentes, de interface, colaborativos, etc.), los cuales a su vez están orientados a distintos entornos de aplicación.

El consenso general es que un agente inteligente es una entidad autónoma que es capaz de percibir su entorno y de actuar en él acordemente, posiblemente alterándolo en

diversos grados. Decir que es autónoma significa que tiene control sobre su propio comportamiento y que puede actuar sin la intervención de otros agentes o humanos. En particular, los agentes adaptativos [3–5] son una clase especial de agentes que tiene especial preparación para reaccionar a variaciones inesperadas en su entorno. Un buen ejemplo de condiciones cambiantes que requieren adaptación son los juegos estratégicos, desde el ajedrez hasta los juegos interactivos de estrategia en tiempo real.

En agentes adaptativos, el énfasis es puesto en mecanismos de detección, comprensión y asimilación de variaciones o cambios en el entorno en el que el agente se desenvuelve. Estos cambios requieren una revisión del comportamiento del agente para adaptarse al nuevo escenario. Puede implicar cambios en sus prioridades, en la toma de decisiones, en las heurísticas de comportamiento e incluso en sus objetivos intrínsecos. Actualmente el desarrollo científico y tecnológico en agentes adaptativos suele ser presentado y testeado en contextos de juegos o simulaciones dinámicas [3–5]. Este tipo de agentes resultan de especial interés en el desarrollo de dispositivos autónomos (como los UAV - Unmanned Aerial Vehicles), en simulaciones, en economía y en las aplicaciones de entretenimiento interactivas, entre otras disciplinas.

La Inteligencia Artificial ha tenido una estrecha relación con los juegos, pues son un desafío natural para las expresiones de vida inteligente. Históricamente, los agentes capaces de jugar competitivamente fueron diseñados para algún juego en particular [1]. Este es el caso de la computadora Deep Blue de IBM, aunque con algoritmos no sofisticados técnicamente, fue capaz de vencer a un maestro de ajedrez. El programa Chinook [6] fue diseñado para jugar a las damas, siendo el primero en ganar torneos contra humanos. Sin embargo, aun cuando estos programas eran capaces de vencer oponentes expertos, no eran capaces de jugar cualquier otro juego.

Los juegos generales (originalmente en inglés, General Game Playing o GGP) [7, 8] son un área novedosa dentro de la Inteligencia Artificial. Aquí el objetivo es el diseño y desarrollo de agentes autónomos capaces de jugar juegos cuyas reglas no son conocidas con anticipación. En los juegos generales, las reglas son formalizadas declarativamente y los agentes deben comprender el juego y aprender estrategias para jugar exitosamente sin intervención humana. Las propiedades de los juegos generales no son conocidas por el desarrollador del agente, sino que deben ser des-

cubiertas por el agente en tiempo de ejecución. Luego, el agente no es una entidad construida para jugar algún juego en particular, sino cualquier juego general apropiadamente formalizado. En General Game Playing, los agentes no son provistos con conocimiento específico del dominio del juego, sino que deben ser capaces de aprender estrategias y razonar en forma abstracta. Esta demanda de máxima flexibilidad requiere el uso e integración de varias técnicas de Inteligencia Artificial. Si bien los juegos generales son un tópico de interés creciente en sí mismos, la motivación superior es que los avances científicos y tecnológicos en el área pueden ser utilizados en una gran variedad de dominios, tales como la administración de empresas, el comercio electrónico, la simulación de emergencias civiles y operaciones militares, y la toma de decisiones en escenarios con grados de incertidumbre.

Uno de los precursores de este tópico dentro de la Inteligencia Artificial es la Universidad de Stanford, que desde el año 2005 organiza y dirige la General Game Playing Annual Competition para incentivar los avances en el área. Los participantes compiten unos contra otros en una gran variedad de juegos. Se trata de juegos de  $n$  jugadores, finitos, determinísticos y de información perfecta, descriptos utilizando un lenguaje formal denominado Game Description Language [9]. Este lenguaje es una variante de la lógica de primer orden que incluye símbolos para la conceptualización de juegos. En esta descripción se explican, entre otras características, las movidas válidas y las condiciones de éxito. Muchos investigadores en Inteligencia Artificial han volcado recientemente parte de sus desarrollos científicos y tecnológicos en este tipo de juegos [8, 10–15], pues es un campo válido y concreto para evaluar y comparar avances. Sin embargo, todavía no se ha explorado el uso de técnicas de argumentación rebatible en agentes adaptativos de este tipo, aun cuando ésta es un área de aplicación razonable para la argumentación.

La argumentación es una forma de razonamiento en la cual, para una afirmación dada, se presta atención explícita a las justificaciones presentadas y a la resolución de los posibles conflictos entre ellas. En este tipo de razonamiento, una afirmación es aceptada o no según el análisis de los argumentos a su favor y en su contra. La forma en que los argumentos y las justificaciones para una afirmación son considerados, permite definir un tipo de razonamiento automático, en el cual puede haber información contradictoria, incompleta, e incierta. El estudio de la argumenta-

ción ha sido abordado desde diferentes enfoques en años recientes. A nivel lógico puede considerarse como una forma de modelar inferencia rebatible, y a nivel dialógico como una forma de interacción entre agentes. Actualmente es un atractivo paradigma para conceptualizar el razonamiento de sentido común (ver por ejemplo los surveys [16, 17]). Esto produjo como resultado la formalización de diferentes frameworks de argumentación abstracta como [18–20], entre otros; y de Sistemas de Argumentación Basados en Reglas (SABR) como [21–23]; lo que permitió el desarrollo de diversas aplicaciones del mundo real basadas en argumentación. En el último tiempo, el campo de aplicación de la argumentación se ha expandido velozmente, en gran parte debido a los avances teóricos, pero también gracias a la demostración exitosa de su uso práctico en un gran número de dominios de aplicación, tales como el razonamiento legal [23], el razonamiento temporal [24], los sistemas multiagentes [2, 25] y la representación de conocimiento [26, 27] entre muchos otros. En particular, la argumentación rebatible es adecuada para la implementación del razonamiento y representación de conocimiento en agentes inteligentes y, tal cual la hipótesis de esta línea de investigación, adecuada para modelar agentes que exhiban un alto grado de adaptabilidad en escenarios dinámicos.

### 3. Líneas de investigación y desarrollo

Esta línea de investigación está centrada en la integración de formalismos de argumentación rebatible en agentes inteligentes adaptativos en entornos dinámicos. En particular, resulta de especial interés el estudio de los Juegos Generales. El diseño de agentes capaces de jugar juegos generales de manera exitosa comprende la incorporación de conceptos como el aprendizaje automatizado, la representación de conocimiento y el razonamiento, entre otros. En este contexto, es posible identificar sub-líneas de trabajo.

En cuanto a los juegos generales, resulta esencial el estudio del lenguaje formal de descripción de dichos juegos, denominado Lenguaje de Descripción de Juegos (Game Description Language) [9]. Este lenguaje es una variante de la lógica de primer orden que permite describir formalmente los juegos detallando una serie de aspectos fundamentales. El análisis del lenguaje hace posible avanzar en tareas

importantes como la representación de la información conocida y la generación de conocimiento nuevo a partir de las descripciones mencionadas.

Otro de los ejes de esta línea de investigación consiste en el estudio de diferentes arquitecturas de agentes inteligentes. En particular, se consideran los formalismos de agentes adaptativos y de entornos dinámicos. La línea de investigación está enmarcada en el uso de formalismos argumentativos como medio para alcanzar grados aceptables de adaptabilidad en el comportamiento inteligente. En este sentido, se estudian comparativamente distintos sistemas de argumentación abstracta ([18–20, 28], entre otros) y los basados en reglas (principalmente Defeasible Logic Programming [21]).

### 4. Resultados y Objetivos

Siguiendo la línea de investigación propuesta, se analizaron en detalle las características del Lenguaje de Descripción de Juegos [9]. Se trata de un lenguaje puramente axiomático, en el cual ningún conocimiento previo es asumido. Está basado en un conjunto de palabras clave con significado predefinido que establecen elementos como los jugadores, las jugadas válidas y las condiciones de terminación y éxito, entre otros. En este contexto, el agente es el encargado de razonar sobre las acciones que le son permitidas, el próximo estado del juego teniendo en cuenta las movidas posibles, y si ha o no resultado ganador.

Se estudiaron formas alternativas de representación de las descripciones formales derivadas del lenguaje. Esto persigue el objetivo de lograr la mejor integración posible con los formalismos empleados para representar el conocimiento de los agentes y modelar su comportamiento. De la misma forma, se observaron las facilidades que provee el lenguaje para realizar nuevas inferencias sobre los juegos. Se evaluaron distintos mecanismos existentes [11, 28], y se diseñaron nuevos métodos que permiten alcanzar un mayor grado de conocimiento de los juegos a partir de sus formalizaciones. La generación de información a grados de abstracción más elevados, más allá de los aspectos básicos del juego explicitados por el lenguaje, resulta fundamental para el desarrollo de estrategias. Entre los resultados de esta línea de investigación, se encuentra el diseño de un mecanismo de razonamiento que dota al agente con la capacidad de discernir si un juego está basado en turnos o permite ac-

ciones simultaneas de distintos jugadores. Esto admite, en el primer caso, el empleo de algoritmos específicos para la resolución del juego.

Como objetivo general se tiene el diseño y desarrollo de técnicas y tecnologías argumentativas que permitan proveer a agentes la capacidad de enfrentar juegos generales como modelo de problema de razonamiento. Entre las metas particulares relacionadas se encuentra enfocar los estudios en dos tipos de formalismos particulares de argumentación: los sistemas argumentativos abstractos (SAA) y los sistemas argumentativos basados en reglas (SABR). Los primeros permitirán enfocarse en el significado general (es decir, la semántica) de la argumentación en el proceso de comprensión del entorno dinámico y en la deliberación de pasos hacia la meta, abstrayendo algunas características particulares. Los segundos son formalismos concretos de sistemas argumentativos que utilizan reglas de inferencia. Los SAA y los SABR son dos formalismos que difieren principalmente en el nivel de abstracción y en ambos casos no han sido explorados como mecanismo de razonamiento en entornos cambiantes y en especial en juegos formalmente especificados como ejemplo de problema de razonamiento. El uso de argumentación en agentes adaptativos para la asimilación de nuevas reglas, la elaboración y análisis de heurísticas y la planificación de movidas en el juego, representará un avance significativo dentro del área de sistemas argumentativos en Inteligencia Artificial y Ciencias de la Computación.

## 5. Formación de Recursos Humanos

Actualmente se encuentran trabajando dos becarios doctorales Tipo I de CONICET vinculados a esta línea de investigación. Participan además profesores y alumnos avanzados en el desarrollo de tesis de grado sobre juegos interactivos y entornos virtuales dinámicos. Existe además un Proyecto de Investigación y Desarrollo PIDDEF 2012-2014 en actividad, financiado por el Ministerio de Defensa, que guarda relación con la investigación en entornos dinámicos y agentes adaptativos y que contempla la participación de un becario para Maestría.

## Referencias

- [1] Mike Van Lent, John Laird, et al. Intelligent agents in computer games. In *In Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, pages 929–930, 1999.
- [2] Anand S. Rao and Michael P. Georgeff. Bdi agents: From theory to practice. In *Proceedings of the First International Conference on Multi-agent Systems (ICMA-95)*, pages 312–319, 1995.
- [3] Liang Xiao and Des Greer. Adaptive agent model: Software adaptivity using an agent-oriented model-driven architecture. *Inf. Softw. Technol.*, 51(1):109–137, January 2009.
- [4] Candelaria Sansores and Juan Pavón. An adaptive agent model for self-organizing mas. In *Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems - Volume 3, AAMAS '08*, pages 1639–1642, 2008.
- [5] Shawn Singh, Mubbasir Kapadia, et al. A modular framework for adaptive agent-based steering. In *Symposium on Interactive 3D Graphics and Games, I3D '11*, pages 141–150 PAGE@9, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [6] Jonathan Schaeffer, Yngvi Björnsson, et al. Solving checkers. In *Proceedings of the Nineteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pages 292–297, 2005.
- [7] Michael R. Genesereth, Nathaniel Love, and Barney Pell. General game playing: Overview of the aaii competition. *AI Magazine*, 26(2):62–72, 2005.
- [8] J. Reisinger, E. Bahceci, et al. Coevolving Strategies for General Game Playing. In *Computational Intelligence and Games, 2007. CIG 2007. IEEE Symposium on*, pages 320–327, 2007.
- [9] Nathaniel Love, Timothy Hinrichs, et al. General game playing: Game description language specification. Technical report, Stanford Logic Group, March 2008.
- [10] Martin Günther, Stephan Schiffel, and Michael Thielscher. Factoring General Games. 2009.
- [11] James Clune. Heuristic evaluation functions for general game playing. In *AAAI'07: Proceedings of the 22nd national conference on Artificial Intelligence*, pages 1134–1139. AAAI Press, 2007.
- [12] Stephan Schiffel and Michael Thielscher. Fluxplayer: A successful general game player. In *Proceedings of the Twenty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pages 1191–1196, 2007.

- [13] Bikramjit Banerjee and Peter Stone. General game learning using knowledge transfer. In *The 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 672–677, 2007.
- [14] Hilmar Finnsson and Yngvi Björnsson. Simulation-based approach to general game playing. In *Proceedings of the 23rd national conference on Artificial intelligence - Volume 1*, AAAI'08, pages 259–264. AAAI Press, 2008.
- [15] Ziad Kobti and Shiven Sharma. A multi-agent architecture for game playing. In *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, pages 276–281, 2007.
- [16] Carlos I. Chesñevar, Ana G. Maguitman, and Ronald P. Loui. Logical models of argument. 32:337–383, 2000.
- [17] Iyad Rahwan and Guillermo R. Simari. *Argumentation in Artificial Intelligence*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1st edition, 2009.
- [18] Phan Minh Dung. On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games. *Artificial Intelligence*, 77:321–357, 1995.
- [19] Diego C. Martínez, Ro J. García, and Guillermo R. Simari. G.: Modelling well-structured argumentation lines. In *In: Proc. of XX IJCAI-2007*, pages 465–470, 2007.
- [20] Diego C. Martínez, Alejandro García, and Guillermo R. Simari. Strong and weak forms of abstract argument defense. In *Proceedings of the 2008 conference on Computational Models of Argument: Proceedings of COMMA 2008*, pages 216–227. IOS Press, 2008.
- [21] A. Garcia and G. Simari. Defeasible logic programming: An argumentative approach. *Theory and Practice of Logic Programming (TPLP)*, 4:95–138, 2004.
- [22] Sebastian Gottifredi, Alejandro Garcia, and Guillermo Simari. Argumentation systems and agent programming languages, 2009.
- [23] Henry Prakken and Giovanni Sartor. The role of logic in computational models of legal argument - a critical survey, 2001.
- [24] Maria Laura Cobo, Diego C. Martínez, and Guillermo Ricardo Simari. On admissibility in timed abstract argumentation frameworks. In Helder Coelho, Rudi Studer, and Michael Wooldridge, editors, *ECAI*, volume 215 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, pages 1007–1008. IOS Press, 2010.
- [25] Leila Amgoud, Nicolas Maudet, and Simon Parsons. An argumentation-based semantics for agent communication languages. In Frank van Harmelen, editor, *ECAI*, pages 38–42. IOS Press, 2002.
- [26] Edgardo Ferretti, Marcelo L. Errecalde, et al. Decision rules and arguments in defeasible decision making. In *Proceedings of the 2008 conference on Computational Models of Argument: Proceedings of COMMA 2008*, pages 171–182. IOS Press, 2008.
- [27] Leila Amgoud and Souhila Kaci. An argumentation framework for merging conflicting knowledge bases. *Int. J. Approx. Reasoning*, 45(2):321–340, July 2007.
- [28] David M. Kaiser. Automatic feature extraction for autonomous general game playing agents. In *Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, AAMAS '07, pages 93:1–93:7. ACM, 2007.