

Aplicaciones de Argumentación Rebatible: Retrospectiva Anual y Expectativas

Sergio Alejandro Gómez

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA)
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur
Av. Alem 1253, (8000) Bahía Blanca, Argentina
E-mail: sag@cs.uns.edu.ar

Resumen

Este trabajo reporta los esfuerzos de investigación realizados por el autor, durante el año previo, en las áreas del razonamiento con ontologías posiblemente inconsistentes y en el aseguramiento de la seguridad en sistemas técnicos complejos. Además, se discuten las expectativas de investigación para este año.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Razonamiento de sentido común, Razonamiento no-monótono, Argumentación rebatible, Programación en Lógica Rebatible, Ontologías, Lógicas Descriptivas, Lógicas Híbridas.

Contexto

Esta línea de investigación está enmarcada en el Proyecto Bilateral Argentina-Rumania MINCYT-MECTS Código RO/12/05 “Usando Argumentación para Garantizar Seguridad en Sistemas Técnicos Complejos” (Programa de Cooperación Científico-Tecnológica entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (MINCYT) y el Ministerio de Educación, Investigación y Deportes de Rumania (MECTS)). También, esta línea de investigación se encuentra enmarcada en un Proyecto de Grupos de Investigación (PGI) de la Secretaría de Ciencia y Tecnología en la Universidad Nacional del Sur.

Introducción

En este trabajo, reportamos los avances en investigación realizados durante el año 2014 y las perspectivas para este año 2015. Los tópicos de investigación

abordados se basan principalmente en el campo de la representación de conocimiento, el razonamiento experto (o también conocido como de sentido común), la implementación de lógica no monótona en términos de la argumentación rebatible. En nuestras investigaciones, argumentación rebatible es modelada con la Programación en Lógica Rebatible (DeLP, por Defeasible Logic Programming). Por otra parte, en nuestro acercamiento, cuando es conveniente, la representación de conocimiento es modelada con ontologías expresadas en Lógicas Descriptivas (o Description Logics) y con bases de conocimiento expresadas con Lógicas Híbridas (Hybrid Logics).

En las investigaciones realizadas durante el año pasado, hemos aplicado en forma teórica estos formalismos a los problemas de aseguramiento de la seguridad en dispositivos médicos, recomendaciones para la seguridad en aterrizaje de aviones, seguridad en vehículos de vuelo no tripulados, razonamiento con ontologías potencialmente inconsistentes y extensiones a la Programación en Lógica Rebatible.

Daremos un resumen de estos temas de investigación en la sección “Temas de Investigación”; en la sección “Resultados Obtenidos Durante 2014”, nos referiremos brevemente a los resultados publicados durante el año calendario 2014; en la sección “Trabajo en Curso y Perspectivas”, expondremos el trabajo en progreso y las expectativas de investigación para este año; en la sección “Formación de Recursos Humanos”, comentaremos sobre la formación de becarios; finalmente, en la sección “Conclusión”, expondremos las conclusiones.

Temas de Investigación

Argumentación rebatible: Uno de los objetivos de la Inteligencia Artificial es lograr que un agente inteli-

gente tenga la capacidad de extraer conclusiones plausibles basadas en información incompleta y manejar de manera adecuada información potencialmente inconsistente. Las limitaciones de la lógica de primer orden para lograr este objetivo han llevado a diferentes enfoques alternativos, siendo la argumentación rebatible [2, 4] es uno de los acercamientos que ha ganado mayor aceptación en los últimos años. El estudio de la argumentación involucra analizar cómo las aserciones son propuestas, discutidas y resueltas en el contexto de cuestiones en las cuales se pueden mantener varias opiniones divergentes. Tales opiniones divergentes son llamadas argumentos. Dado un argumento, todos los contraargumentos del mismo son considerados, los contraargumentos de estos últimos y así sucesivamente para formar un árbol de dialéctica. Cuando un contraargumento es derrotado por otro contraargumento, se dice que el argumento inicialmente atacado es reinstaurado. Los argumentos que son raíz de algún árbol de dialéctica en el cual todos sus derrotadores (si los hubiera) se hallan derrotados se dicen argumentos garantizados y los mismos son considerados las conclusiones válidas del sistema argumentativo.

Programación en Lógica Rebatible: La Programación en Lógica Rebatible (Defeasible Logic Programming o DeLP) [14, 5] brinda un lenguaje de representación de conocimiento basado en la programación en lógica extendida con negación clásica y negación default usando la argumentación rebatible para decidir entre conclusiones contradictorias a través de un análisis dialéctico. Un programa DeLP está compuesto por un conjunto de reglas estrictas (que representan conocimiento cierto y que debe ser consistente) y por un conjunto de reglas rebatibles (que representan conocimiento tentativo, i.e. es cierto en general pero puede tener excepciones, del estilo “Todas las aves usualmente vuelan”, pero, por ejemplo, las avestruces no lo hacen, o “Los mamíferos normalmente no vuelan”, pero ocurre que los murciélagos sí). Un argumento es un conjunto minimal de cláusulas fijas (i.e., sin variables) que permiten derivar un literal usando reglas estrictas y rebatibles usando derivación SLD. Como los argumentos pueden estar en conflicto (concepto capturado en términos de una contradicción lógica), se utiliza la especificidad generalizada para decidir entre argumentos en conflicto aunque otros criterios ad-hoc como prioridad entre reglas también son aceptables. Cuando un argumento es mejor que otro, el primero se dice “derrotador” y el segundo se entiende como el “derrotado”. Para determinar si un argumento está “garantizado” un proceso dialéctico se lleva a cabo en forma re-

cursiva de tal manera que todos los derrotadores para el argumento son tenidos en cuenta, los derrotadores de éstos y así sucesivamente. La definición de DeLP para dar forma al árbol dialéctico garantiza que no existan árboles infinitos y por lo tanto este proceso termine eventualmente.

Lógicas Descriptivas: La Web Semántica es una visión de la Web donde el significado de los recursos web se define en forma precisa para permitir su procesamiento por agentes [3]. La Web actual está formada por documentos HTML textuales formateados para su presentación a usuarios humanos, lo que hace que no sean adecuados para su entendimiento por agentes o programas inteligentes, quienes deben recurrir a la presencia o ausencia de palabras claves para determinar la relevancia de un determinado documento web. En la Web Semántica el significado de los términos presentes en un recursoweb se halla definido precisamente por medio de una o varias ontologías. Una ontología es una formalización de una parte de un dominio de aplicación. Existen varios lenguajes de representación de ontologías en la Web Semántica. El lenguaje RDF es el más simple a nivel conceptual, pero al brindar demasiada flexibilidad hace que el tratamiento de su caso general sea indecible computacionalmente. Otro lenguaje de representación de ontologías es RDFSchema, que permite definir una jerarquía de clases o conceptos junto con atributos y relaciones con dominio y codominio en tales clases. Sin embargo, la necesidad de expresar restricciones más adecuadas (como por ejemplo, expresar que dos clases son disjuntas) llevó a la necesidad del desarrollo de un nuevo lenguaje llamado OWL (y su versión más reciente OWL2, que define el estándar actual. OWL contiene tres sublenguajes: OWL-Lite (el cual es simple y debería ser suficiente para muchos usuarios finales), OWL-DL (el cual se halla basado en las Lógicas Descriptivas) y OWL-Full (que provee los mismos constructores que OWL-DL pero permite representar situaciones más ricas que lo hacen computacionalmente indecible).

La semántica del lenguaje OWL-DL se halla basada en las Lógicas Descriptivas. Las Lógicas Descriptivas (Description Logics) [1] son una familia de formalismos de representación de conocimiento basados en las nociones de conceptos (predicados unarios, clases) y roles (relaciones binarias), y están principalmente caracterizados por constructores que permiten describir conceptos complejos y roles a partir de otros atómicos usando conjunción, disyunción, negación, restricciones (cuantificaciones) existencial y de valor, entre otros. En este contexto, una ontología consiste de dos

conjuntos finitos y mutuamente disjuntos: una Tbox que introduce la terminología y una Abox que contiene aserciones acerca de objetos particulares en el dominio de aplicación. Una de las tareas de razonamiento que se pueden realizar con ontologías es el chequeo de instancia, el cual consiste en determinar si un individuo determinado es o no instancia de un concepto dado. Las anomalías que pueden surgir a la hora de computar el chequeo de instancia son dos: la incoherencia y la inconsistencia. Una ontología es incoherente cuando contiene definiciones de conceptos vacíos. En cambio, una ontología es inconsistente cuando no tiene modelo (i.e., la ontología es incoherente pero además se han declarado explícita o implícitamente individuos en las clases incoherentes). Desde un punto de vista lógico, el problema con las ontologías inconsistentes estriba en que no es posible decidir si un individuo pertenece o no a una determinada clase. Sin embargo, si bien los razonadores tradicionales (como Fact, Pellet o Racer) son capaces de reconocer ontologías incoherentes e inconsistentes, el ingeniero de conocimiento solamente es notificado de tal situación, debiendo el mismo decidir cómo reparar la ontología.

Chequeo de modelos (model checking) con Lógicas Híbridas: El chequeo de modelos (model checking) [13] se refiere al problema de verificar, dado un cierto modelo, si diferentes propiedades se cumplen para dicho modelo. Las propiedades son representadas usando fórmulas usualmente dadas en diferentes tipos de lenguajes lógicos como Linear Temporal Logics, Description Logics o Hybrid Logics, mientras el modelo es dado como un grafo etiquetado conocido como estructura de Kripke.

Resultados Obtenidos Durante 2014

En relación a las investigaciones asociadas al desarrollo del proyecto bilateral Argentina-Rumania RO/12/05, ambos grupos trabajan en temáticas de Inteligencia Artificial. En particular, el grupo argentino desarrolla argumentación rebatible en sus distintas variantes mientras que el grupo rumano trabaja en seguridad industrial y model checking. De la unión de los esfuerzos de ambos grupos surgieron resultados aplicables en seguridad de software desplegado en dispositivos médicos y seguridad en aviación comercial y no tripulada. A continuación, detallamos los mismos en el contexto de las publicaciones conjuntas realizadas. Luego, más abajo, presentamos los resultados de investigación asociados exclusivamente al PGI de la Universidad Nacional del Sur.

Presentación de la línea de investigación: En [10], se presentaron a la comunidad argentina de ciencias de la computación, y en particular de Inteligencia Artificial, la problemática asociada al proyecto bilateral argentino-rumano RO/12/05, el cual ha tenido como objetivo estudiar cómo utilizar la argumentación rebatible para garantizar la seguridad en sistemas técnicos complejos. De acuerdo a lo discutido en la presentación del mismo en Ushuaia, Tierra del Fuego, los resultados de la investigación se esperaban que fueran aplicables a dominios tales como manejo de automóviles autónomos, aviación, ciencias médicas y redes de computadoras.

*Aplicaciones de la teoría de argumentación al aseguramiento de la seguridad en dispositivos médicos:*¹ La tecnología moderna de cuidado de la salud depende en gran medida de software desplegado en dispositivos médicos, lo cual brinda varios beneficios conocidos pero también plantea nuevos riesgos para la seguridad del paciente. Como consecuencia de esto, asegurar la seguridad y confiabilidad en el software de dispositivos médicos se convierte en un asunto crítico. En [9], Gómez et al. delinearon un método para asegurar la seguridad de dispositivos médicos basado en Programación en Lógica Rebatible (DeLP, por sus iniciales en inglés, Defeasible Logic Programming), la cual brinda un marco argumentativo para razonar con conocimiento incierto e incompleto. Sostienen que la teoría de argumentación como se define en DeLP puede ser usada para integrar y contrastar diferentes evidencias para asegurar la aprobación y comercialización de dispositivos médicos, con el fin de incrementar la transparencia a todas las partes involucradas en su certificación. El marco delineado es validado modelando el infame accidente del Therac-25 (un dispositivo de aplicación de rayos en pacientes con cáncer que debido a una falla de programación produjo la muerte de varios pacientes). Luego de estudiar la bibliografía detallando las investigaciones del caso, se planteó un modelo de las mismas en términos de un programa lógico rebatible. A partir de dicho programa, se estudiaron las respuestas que produce el motor de inferencia de DeLP y se determinó cómo el mismo puede usarse para evaluar la seguridad del software de tal aparato.

Aseguramiento de la seguridad para control aéreo: En [8], Gómez et al. presentaron un marco preliminar basado en argumentación para asistir a controladores de vuelo en la toma de decisiones relacionada a res-

¹A pesar de lo cacofónica que suena la expresión castellana “aseguramiento de la seguridad”, la misma corresponde a la frase inglesa “safety assurance”.

tricciones de seguridad en un ambiente dinámico en el cual información de sensores es recopilada en tiempo real. En este caso, modelaron un sistema de recomendación para asistir a controladores aéreos a tomar una decisión sobre la seguridad de hacer aterrizar un avión dependiendo de las condiciones meteorológicas locales y actuales de la pista de aterrizaje. Las condiciones de aterrizaje están modeladas como un programa lógico rebatible y las condiciones de la pista y la aeronave como hechos de un programa rebatible. El sistema utiliza entonces un proceso dialéctico pesando pros y cons para arribar a una recomendación para el controlador aéreo. Además, como parte de las contribuciones del trabajo se da una caracterización para modelar la adquisición de datos respecto de las condiciones de la pista y la aeronave en tiempo real y cómo lograr una interfaz adecuada con DeLP.

Combinación de argumentación y model checking para asegurar seguridad en aviones no tripulados: En [12], Goron et al. proponen un acercamiento argumentativo para la actualización de modelos en lógicas híbridas. La teoría de argumentación es usada para asistir el proceso de actualización del modelo. Vemos un modelo Híbrido de Kripke como una descripción del mundo en el que estamos interesados. La actualización de este modelo de Kripke ocurre cuando el sistema tiene que acomodar nuevas propiedades deseadas restricciones normativas. Cuando el modelo falla en verificar una propiedad, un programa lógico rebatible es usado para analizar el estado corriente. Dependiendo del estado de los argumentos, el sistema puede garantizar dos operaciones primitivas en el modelo: actualizar las variables de estado, agregar una nueva transición, remover una transición, o agregar un nuevo estado. Un escenario es presentado mostrando la verificación de un vehículo aéreo no tripulado, al entrelazar el razonamiento en Programación en Lógica Rebati-ble y el Chequeador de Modelos para Lógicas Híbridas.

Respecto del trabajo de investigación asociado exclusivamente al Proyecto de Grupo de Investigación de la Universidad Nacional del Sur podemos citar los siguientes resultados:

Extensiones a la Programación en Lógica Rebati-ble: En [11], Gómez & Simari presentaron un trabajo preliminar para lograr una extensión a la Programación en Lógica Rebati-ble para que sea capaz de garantizar fórmulas lógicas complejas. Mostraron como la negación, conjunción, disyunción e implicación de literales fijos (es decir, sin variables) puede ser testeada para la garantía. Además, también mostraron un escenario de

trabajo para evaluar la viabilidad del acercamiento.

Razonamiento con ontologías inconsistentes: El razonamiento con ontologías posiblemente inconsistentes es un tópico de investigación importante para la implementación de la Web Semántica ya que el mismo presenta un problema para realizar el chequeo de instancia. Afirmamos que la Programación en Lógica Rebati-ble es una herramienta apropiada para realizar razonamiento ontológico cuando las ontologías en Lógicas Descriptivas pueden ser interpretadas como programas DeLP (ver [7] para más detalles). En [6], Gómez presentó ciertos problemas clásicos del campo de las redes de herencia y mostró cómo pueden ser modelados como ontologías inconsistentes y así cómo el problema del chequeo de instancia es resuelto. También mostró como ciertos problemas en el razonamiento con marcos de argumentación basadas en la semántica “grounded” de Dung son también resueltos cuando los mismos son aplicados al razonamiento con ontologías. Revisó el algoritmo principal para el chequeo de instancia cuando se usa DeLP para razonar con ontologías inconsistentes.

Trabajo en Curso y Perspectivas

En relación a la consolidación de la combinación de los enfoques presentados anteriormente, actualmente hemos enviado un artículo de revista el cual consolida y extiende los resultados presentados en los trabajos anteriores. Además, como parte de nuestros esfuerzos de investigación estamos trabajando en extensiones a la Programación en Lógica Rebati-ble y estudiando propiedades de los acercamientos y factibilidad para su implementación computacional.

Formación de Recursos Humanos

Parte de esta investigación se halla aplicada a la co-dirección de una tesis de doctorado inscripta en la Universidad Nacional del Sur. El Proyecto RO/12/05 involucró la dirección de un pasante alumno de doctorado de la Technical University of Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Rumania y la visita de dos investigadores de la misma universidad.

Conclusión

Hemos presentado un resumen de las investigaciones realizadas durante el año 2014, consistentes en

aplicaciones de la argumentación rebatible, implementada en términos de la Programación en Lógica Rebatible, aplicadas a los problemas del aseguramiento de la seguridad en dispositivos médicos, recomendaciones en aterrizajes de aviones, y vehículos no tripulados. Por otro lado, exploramos extensiones a la Programación en Lógica Rebatible y al razonamiento con ontologías Description Logics posiblemente inconsistentes. Nuestras expectativas para este año 2015 consisten en proseguir con los avances logrados tendiendo a sus posibilidades de implementación y caracterización de sus propiedades formales.

Agradecimientos

Parte de esta investigación está apoyada por el Proyecto Bilateral Argentina-Rumania MINCYT-MECTS RO/12/05 y por un Proyecto de Grupos de Investigación de la Universidad Nacional del Sur.

Referencias

- [1] Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah McGuinness, Daniele Nardi, and Peter Patel-Schneider, editors. *The Description Logic Handbook – Theory, Implementation and Applications*. Cambridge University Press, 2003.
- [2] T. J. M. Bench-Capon and Paul E. Dunne. Argumentation in artificial intelligence. *Artif. Intell.*, 171(10-15):619–641, 2007.
- [3] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. The Semantic Web. *Scient. American*, 2001.
- [4] Carlos Iván Chesñevar, Ana Maguitman, and Ronald Loui. Logical Models of Argument. *ACM Computing Surveys*, 32(4):337–383, December 2000.
- [5] A. García and G. Simari. Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach. *Theory and Prac. of Logic Program.*, 4(1):95–138, 2004.
- [6] Sergio Alejandro Gómez. Some classical problems of inheritance networks in the light of defeasible ontology reasoning. In *XV Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI), XX Congreso Argentino en Ciencias de la Computación (CACIC 2014)*, pages 1228–1237, 2014.
- [7] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Reasoning with inconsistent ontologies through argumentation. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 24(1):102–148, 2010.
- [8] Sergio Alejandro Gómez, Anca Goron, and Adrian Groza. Assuring Safety in an Air Traffic Control System with Defeasible Logic Programming. In *15th Argentinian Symposium of Artificial Intelligence (ASAI 2014)*, pages 18–25, 2014.
- [9] Sergio Alejandro Gómez, Adrian Groza, and Carlos Iván Chesñevar. An argumentative approach to assessing safety in medical device software using defeasible logic programming. In Simona Vlad and Radu V. Ciupa, editors, *Proceedings of the Fourth International Conference in on Advancements of Medicine and Health Care through Technology (Meditech 2014)*, volume 44, pages 167–172. Springer International Publishing, Switzerland, 2014, Cluj-Napoca, Romania, 2014.
- [10] Sergio Alejandro Gómez, Adrian Groza, Carlos Iván Chesñevar, Ioan Letia, Anca Goron, and Mauro Gómez Lucero. ARGSAFE: Usando Argumentación para Garantizar Seguridad en Sistemas Técnicos Complejos. In *XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2014)*, pages 86–90, 2014.
- [11] Sergio Alejandro Gómez and Guillermo Ricardo Simari. A preliminary approach towards a logic for warrant. In *XV Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI), XX Congreso Argentino en Ciencias de la Computación (CACIC 2014)*, pages 1297–1306, 2014.
- [12] Anca Goron, Adrian Groza, Sergio Alejandro Gómez, and Ioan Alfred Letia. Towards an argumentative approach for repair of hybrid logics models. In *Eleventh International Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems (ArgMAS 2014)*, page (Accepted), 2014.
- [13] Martin Lange. Model checking for hybrid logic. *Journal of Logic, Language and Information*, 18(4):465–491, 2009.
- [14] G. Simari and R. Loui. A Mathematical Treatment of Defeasible Reasoning and its Implementation. *Artificial Intelligence*, 53:125–157, 1992.