

Complejidad Computacional y Descriptiva de la Programación en Lógica Rebatible*

Laura A. Cecchi[‡]
lcecchi@uncoma.edu.ar

Pablo Fillottrani[†]
prf@cs.uns.edu.ar

Guillermo Simari[†]
grs@cs.uns.edu.ar

[‡]Depto. de Ciencias de la Computación - Fa.E.A.
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Buenos Aires 1400
(8300) Neuquén - Argentina

[†]Depto. de Ciencias e Ing. de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SUR
Av. Alem 1253
(8000) Bahía Blanca - Argentina

Resumen

En el marco del Proyecto de Investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes”, de la Universidad Nacional del Comahue, se ha abierto una línea de investigación que da continuidad al desarrollo de la semántica \mathcal{GS} , y que tiene como objetivo estudiar la Complejidad Computacional y Descriptiva de la Programación en Lógica Rebatible a través de la semántica declarativa definida.

El propósito de este trabajo es presentar los resultados alcanzados en esta línea de investigación, los desarrollos en progreso y los trabajos a futuro.

PALABRAS CLAVES: Sistemas Argumentativos, Razonamiento Rebatible, Programación en Lógica, Semántica basada en juegos, Complejidad Computacional, Complejidad Descriptiva

1 Introducción

El área Complejidad Computacional estudia las medidas de espacio y tiempo, que cuantifican la cantidad de recursos físicos que se usan para resolver un problema computacional. Sin embargo, al momento de estudiar un sistema existen otros modos de compararlo con los formalismos ya existentes. Una medida de mucho interés, particularmente en el área de Bases de Datos, es aquella que mide la dificultad de describir consultas. La Complejidad Descriptiva[11] da una caracterización precisa de cuáles conceptos son definibles como consultas en un sistema. Este área permite determinar cuan difícil es *formular* una pregunta, a diferencia de la Complejidad Computacional que permite determinar cuan difícil es *responder* a la pregunta.

*Este trabajo está parcialmente financiado por la Universidad Nacional del Comahue (Proyecto de Investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes” (04/E062)) y por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur.

El campo de la Complejidad Descriptiva comenzó en 1974 cuando Ron Fagin[9] mostró que existe una conexión entre la clase de complejidad **NP**, aquellos problemas computables en tiempo polinomial no determinístico, y la lógica:

Un problema está en **NP** si y sólo si puede ser expresado como una sentencia existencial de segundo orden.[9]

Este resultado permite relacionar a la Complejidad Computacional de un problema con la riqueza necesaria en un lenguaje para especificar dicho problema.

La escalabilidad y la robustez de los sistemas dependen fuertemente de las propiedades computacionales de los algoritmos subyacentes. En los últimos años, numerosas implementaciones basadas en sistemas argumentativos han sido desarrolladas, como por ejemplo, aplicaciones en sistemas multiagentes y búsquedas en la web [5, 6, 1, 7]. Por esta razón es crucial estudiar la Complejidad Computacional y Descriptiva de los sistemas argumentativos con el objeto de expandir el campo de sus aplicaciones.

La Programación en Lógica Rebatible (P.L.R.) [10] es una extensión de la Programación en Lógica cuya teoría de prueba está basada en el análisis dialéctico de argumentos a favor y en contra de un argumento inicial y para la cual se definió una semántica declarativa sensata y completa \mathcal{GS} [4].

En el marco del Proyecto de Investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes”, de la Universidad Nacional del Comahue, se ha abierto una línea de investigación que da continuidad al desarrollo de la semántica \mathcal{GS} y que tiene como objetivo estudiar la Complejidad Computacional y Descriptiva de la P.L.R. a través de la semántica declarativa definida. El propósito de este trabajo es presentar la línea de investigación, los resultados alcanzados y los trabajos a futuro.

2 Resultados Alcanzados

Dada la importancia del estudio de la Complejidad Computacional y Descriptiva de la P.L.R. se estudió la semántica desarrollada \mathcal{GS} y se definieron problemas de decisión que se consideraron relevantes [2].

Con el objeto de determinar la complejidad computacional de los problemas de decisión introducidos, se estudió a la P.L.R. desde tres enfoques: la complejidad de los datos (Data Complexity), la de los programas (Program Complexity) y la combinada (Combined Complexity). *Data complexity* es la complejidad que evalúa a una consulta específica en un lenguaje. En este punto estudiamos la complejidad de aplicar esa consulta a una base de datos arbitraria, siendo la consulta fija. La complejidad es dada en función del tamaño de la base de datos. Actualmente, las bases de datos son la principal herramienta para almacenar y recuperar grandes conjuntos de datos. *Data complexity* es una medida clave para determinar la eficiencia de las implementaciones de sistemas argumentativos basados en tecnologías de bases de datos. De este modo, nos permite estudiar a P.L.R. como un lenguaje de consulta midiendo su complejidad enfocada en el tamaño de la base de datos. *Program or Expression complexity* es aquella donde la base de datos específica queda fija y se estudia la complejidad de aplicar consultas representadas por expresiones arbitrarias en el lenguaje. La complejidad está dada en función de la longitud de la expresión. Finalmente, *Combined complexity* considera tanto a la consulta como a la base de datos como variables de entrada.

En [3] se definieron estos conceptos en el contexto de la P.L.R. extendiendo las ideas introducidas en [8, 12].

Los resultados obtenidos en cuanto a complejidad computacional bajo los enfoques *Data complexity* y *Combined complexity* pueden encontrarse en [2, 3].

Como consecuencia de la investigación realizada sobre Data Complexity se determinaron límites inferiores de la Complejidad Descriptiva de la P.L.R.. Ya que nuestros resultados están parametrizados, hemos establecido una cota inferior en $\mathbf{NP} = \Sigma_1^1$, que coincide con la clase de propiedades de las estructuras expresables en lógica de segundo orden existencial [9].

3 Trabajo Futuro

En este trabajo se han presentado los lineamientos de la investigación que se está llevando a cabo sobre el sistema de la P.L.R. y que tienen como objetivo estudiar la Complejidad Computacional y Descriptiva del formalismo, a través de la semántica declarativa \mathcal{GS} . Se detallaron los resultados alcanzados especificando en cada caso el trabajo donde ha sido publicado.

Actualmente nos encontramos analizando la *Combined Complexity* de los problemas de decisión introducidos. Asimismo estamos estudiando la Complejidad Descriptiva, teniendo en cuenta la cota inferior hallada. De este modo, podremos precisar el poder expresivo de la P.L.R., con el fin de comparar la P.L.R. con otros formalismos no monotónicos.

Entre nuestros trabajos futuros se encuentran estudiar si los resultados obtenidos sobre Data Complexity pueden ser extendido a otros sistemas argumentativos cuya representación sea similar a la de la Programación en Lógica y cuya teoría de prueba sea análoga.

Referencias

- [1] N. Bassiliades, G. Antoniou, and I. Vlahavas. A defeasible logic reasoner for the semantic web. In *Proc. of the Workshop on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web*, pages 49–64, 2004.
- [2] Laura A. Cecchi, Pablo R. Fillottrani, and Guillermo R. Simari. An Analysis of the Computational Complexity of DeLP through Game Semantics. In *XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, pages 1170–1181, Argentina, Octubre 2005. Universidad Nacional de Entre Ríos.
- [3] Laura A. Cecchi, Pablo R. Fillottrani, and Guillermo R. Simari. On the complexity of DeLP through game semantics. In *XI International Workshops on Nonmonotonic Reasoning*, 2006.
- [4] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Sobre la relación entre la Semántica GS y el Razonamiento Rebatible. In *X CACiC - Universidad Nacional de La Matanza*, pages 1883–1894, San Justo - Pcia. de Buenos Aires, 2004.
- [5] C. Chesñevar and A. Maguitman. An Argumentative Approach to Assessing Natural Language Usage based on the Web Corpus. In *Proc. of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI) 2004*, pages 581–585, Valencia, Spain, August 2004.
- [6] C. Chesñevar and A. Maguitman. ARGUNET: An Argument-Based Recommender System for Solving Web Search Queries. In *Proc. of the 2nd IEEE Intl. IS-2004 Conference*, pages 282–287, Varna, Bulgaria, June 2004.
- [7] Carlos I. Chesñevar and Ana G. Maguitman. Combining argumentation and web search technology: Towards a qualitative approach for ranking results. *Intl. Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics*, 9(1):53–60, 2005.

- [8] Evgeny Dantsin, Thomas Eiter, Georg Gottlob, and Andrei Voronkov. Complexity and expressive power of logic programming. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 33(3):374 – 425, September 2001.
- [9] Ron Fagin. Generalized first-order spectra and polynomial-time recognizable sets. In R. Karp, editor, *Complexity of Computation. SIAM-AMS Proceedings*, volume 7, pages 43–73, 1974.
- [10] Alejandro J. García and Guillermo R. Simari. Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach. *Theory and Practice of Logic Programming*, 4(1):95–138, 2004.
- [11] Neil Immerman. *Descriptive Complexity*. Springer-Verlag, New York, 1999.
- [12] Moshe Y. Vardi. The complexity of relational query languages. In *Proceedings of the Fourteenth Annual ACM Symposium on Theory of Computing, STOC82*, pages 137–146, New York, NY, USA, May 1982. ACM Press.