

Complejidad 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. ^{**}Depto. de Ciencias e Ing. de la Computación

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Buenos Aires 1400

(8300)Neuquén - Argentina

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SUR

Av. Alem 1253

(8000) Bahía Blanca - Argentina

Contexto

La línea de investigación presentada se enmarca en el Proyecto de Investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes” del Grupo de Investigación en Robótica Cognitiva de la Universidad Nacional del Comahue, y en los desarrollos del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial y del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software y Sistemas de Información, ambos de la Universidad Nacional del Sur.

Resumen

Dando continuidad al desarrollo de la semántica \mathcal{GS} , se ha planteado estudiar la Complejidad Computacional y Descriptiva de la Programación en Lógica Rebatible a través de la semántica declarativa definida. En este sentido se estudiaron diferentes problemas de decisión y se calculó su complejidad computacional. Asimismo se avanzó en el estudio de la Complejidad de Datos, de los Programas y la Combinada. Este análisis es el punto de partida para el estudio en marcha de la expresividad de la teoría.

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

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

1. Introducción

La Complejidad Descriptiva [14] estudia la relación entre los lenguajes formales y los recursos computacionales (espacio y tiempo) requeridos para resolver los problemas formulados en esos lenguajes. Por un lado deseamos comprender cómo el poder expresivo de un sistema lógico, tal como lógicas de primer o de segundo orden o lenguajes de consultas de bases de datos basados en lógica como Datalog, está relacionado con sus propiedades algorítmicas. Y por otro, queremos relacionar los niveles de complejidad computacional con el poder expresivo de los lenguajes formales.

Los resultados en este campo muestran que diferentes clases de complejidad tienen caracterización lógica independiente. Por ejemplo, **P** y **NP**, se corresponden con la lógica de primer orden con la definición de un operador de menor punto fijo[17, 13] y la lógica de segundo

orden existencial[11], respectivamente. Así vinculamos a la Complejidad Computacional de un problema con la riqueza necesaria en un lenguaje para especificar dicho problema.

Una de las aplicaciones más interesantes de las técnicas y resultados alcanzados por la Teoría de la Complejidad Descriptiva es el área de Bases de Datos. La Complejidad Descriptiva da una caracterización precisa de cuáles conceptos son definibles como consultas en un sistema, permitiendo evaluar la dificultad de describir consultas.

La Programación en Lógica Rebatible (P.L.R.) [12] es una extensión de la Programación en Lógica (de ahora en más P.L.), cuya teoría de prueba está basada en el análisis dialéctico de argumentos a favor y en contra de un argumento inicial. La semántica declarativa \mathcal{GS} [6] definida a partir de las semánticas de interacción basadas en juegos[1, 18] caracteriza a dicha teoría de prueba.

Algunos cómputos sobre bases de datos necesitan ir más allá del poder expresivo del lenguaje SQL. Así aparecen lenguajes como Datalog. Del mismo modo, puede la P.L.R. ser analizada como una base de datos, calcular su poder expresivo y caracterizar la clase de consultas que podremos realizar. La motivación principal de este estudio es el interés despertado en los últimos años por los sistemas argumentativos como herramienta para el desarrollo de diversas aplicaciones [7, 8, 2, 9] y su posible expansión a otros campos de aplicación.

En este sentido, se ha abierto una línea de investigación en el Proyecto “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes” de la Universidad Nacional del Comahue, que corresponde al tema de tesis doctoral del primer autor de este trabajo y en el que se estudia a la P.L.R. como una estructura lógica finita, con el objeto de determinar su poder expresivo y compararlo con otros sistemas. El propósito de este trabajo es presentar los resultados alcanzados y los trabajos a futuro.

2. Resultados Alcanzados

En una primer etapa de la investigación se estudió la Complejidad Computacional de la P.L.R.. Algunos de los problemas de decisión evaluados fueron:

- Determinar si un literal L pertenece a las consecuencias rigurosas[6] de un conjunto de reglas rebatibles es **P**-completo.[4]
- El problema de decisión “dado un conjunto de reglas rebatibles R , es R un argumento para un literal bajo un programa lógico rebatible” es **P**-completo.[5]
- Sean AP el tiempo polinomial requerido para decidir el problema del item anterior, $|Lit|$ la cantidad de literales en el programa y $|\Delta|$ a cantidad de reglas rebatibles. Entonces la cota superior del tiempo para computar todos los argumentos es $|Lit| * 2^{|\Delta|} * AP$.
- (*Existencia de un Argumento*) El problema de decisión “existe un argumento para un literal L bajo un programa lógico rebatible” está en **NP**. [5]
- El problema de decisión “no existe ningún contraargumento para un argumento bajo un programa lógico rebatible” está en **coNP**.

Ya que la P.L.R. no asume como entrada al conjunto de argumentos, los primeros resultados que han sido establecidos están relacionados con los argumentos, los movimientos del juego. Los resultados obtenidos contrastan fuertemente con muchos de los sistemas argumentativos existentes, ya que estos tienen como lógica subyacente a la Lógica Proposicional (por ejemplo, [16]).

En función de los problemas definidos anteriormente se delinearón dos problemas de decisión que se consideraron relevantes [4]:

- GAMESAT: Decidir si existe un juego para un literal α ganado por el proponente en el contexto de un programa lógico rebatible.

- **NOWINGAME:** Decidir si no existe ningún juego para el literal α ni para el complemento de dicho literal que sea ganado por el proponente en el contexto de un programa lógico rebatible.

Asimismo, se comenzó el análisis de la P.L.R. como una base de datos [10, 17], estudiando [5] la Complejidad de los Datos (Data Complexity), la de los Programas (Program Complexity) y la Combinada (Combined Complexity). Estos conceptos evalúan la complejidad de aplicar una consulta a una base de datos considerando como variables de entrada a alguno de los dos parámetros o a ambos. Los resultados obtenidos en cuanto a complejidad computacional bajo los enfoques *Data complexity* y *Combined complexity* pueden encontrarse en [4, 5].

El poder expresivo de la P.L.R. fue acotado inferiormente por la Complejidad de Datos en $\mathbf{NP} = \Sigma_1^1$, que coincide con la clase de propiedades de las estructuras expresables en lógica existencial de segundo orden [11].

3. Conclusiones y Trabajo Futuro

En este trabajo se ha presentado la línea de investigación en la que se estudia la Complejidad Computacional y Descriptiva de la P.L.R. junto con los resultados alcanzados.

La Complejidad Computacional mide la cantidad de recursos computacionales (tiempo y espacio) que son necesarios para computar una consulta, como una función del tamaño de la entrada. La Complejidad Descriptiva analiza la sintaxis de las consultas y determina el poder expresivo de la teoría. Con el objeto de determinar el poder expresivo de la P.L.R., actualmente nos encontramos estudiando a la teoría como un lenguaje de consulta de bases de datos y analizando el conjunto de relaciones que pueden ser computadas a través de una consulta.

Entre nuestros trabajos futuros se encuentra estudiar si los resultados obtenidos sobre Data Complexity pueden ser extendido a otros sistemas argumentativos [3, 15] cuya representación

sea similar a la de la Programación en Lógica y cuya teoría de prueba sea análoga.

Referencias

- [1] Samson Abramsky. Semantics of Interaction: an Introduction to Games Semantics. In A.Pitts and P. Dibyer, editors, *Semantics and Logic Computation*. Cambridge, 1997.
- [2] 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.
- [3] Martin Caminada and Leila Amgoud. On the evaluation of argumentation formalisms. *Artif. Intell.*, 171(5-6):286–310, 2007.
- [4] 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.
- [5] Laura A. Cecchi, Pablo R. Fillottrani, and Guillermo R. Simari. On the complexity of DeLP through game semantics. In J. Dix and A. Hunter, editors, *XI International Workshops on Nonmonotonic Reasoning*, pages 386–394, Clausthal University, 2006.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] C. Chesñevar and A. Maguitman. ARGUENET: 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Alejandro J. García and Guillermo R. Simari. Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach. *Theory and Practice of Logic Programming*, 4(1):95–138, 2004.
- [13] Neil Immerman. Relational queries computable in polynomial time. In *Proceedings of the Fourteenth Annual ACM Symposium on Theory of Computing, STOC82*, pages 147–152, New York, NY, USA, May 1982. ACM Press.
- [14] Neil Immerman. *Descriptive Complexity*. Springer-Verlag, New York, 1999.
- [15] Henry Prakken. Relating protocols for dynamic dispute with logics for defeasible argumentation. *Synthese. Special issue on New Perspectives in Dialogical Logics*, 127:187–219, 2001.
- [16] Iyad Rahwan and Leila Amgoud. An argumentation based approach for practical reasoning. In *AAMAS '06: Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 347–354, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [17] 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.
- [18] Peter Wegner. Interactive Foundations of Computing. *Theoretical Computer Science*, Feb 1998.