

Operadores de Cambio Múltiples en Bases de Creencias Bajo Lógica Horn

Néstor Jorge Valdez[†]

Marcelo A. Falappa[‡]

[†] Departamento de Ciencias de la Computación, Fac. de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Catamarca (UNCa)
Av. Belgrano 300 - San Fernando del Valle de Catamarca
Tel.: (03834)420900 / Cel: (03834) 154066788
e-mail: njvaldez@c.exactas.unca.edu.ar

[‡] Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur,
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina
Tel: (0291)4595135 / Fax: (0291)4595136
e-mail: mfalappa@cs.uns.edu.ar

Resumen

Esta línea de investigación tiene como objetivo estudiar en el marco de la teoría de cambio de creencias los operadores de cambio múltiple, es decir, operadores en que la entrada epistémica es un conjunto de sentencias en lugar de una única sentencia. Para ello, se analizan los resultados generales presentados sobre operadores de *revisión múltiples priorizadas y no-priorizadas* en bases de creencias y otros referidos a modelos de contracción simultánea para conjunto de sentencias denominada *package contraction*. Estudiaremos y definiremos a estos operadores de cambios múltiple bajo una lógica más restringida que la lógica proposicional clásica como es la *lógica Horn*. Así también, investigar diferentes operadores de cambio y las interrelaciones entre ellos. Esto permitirá desarrollar nuevos algoritmos de cambio múltiple y sus respectivas caracterizaciones axiomáticas.

Palabras Claves Revisión de Creencias,

Cambio Múltiples Horn, Bases de Creencias.

1. Contexto

Esta línea de investigación se realizará dentro del ámbito del Laboratorio de Investigación del Departamento de Ciencias de la Computación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca. Esta investigación forma parte de las contribuciones de la tesis para la obtención del título de Doctor en Ciencias de la Computación de la Universidad Nacional del Sur por parte de uno de los autores del presente trabajo: Néstor Jorge Valdez. Así también, esta temática de estudio está asociado con el proyecto de investigación Bianual: “*Cambio de Creencias Múltiples en Sistemas Argumentativos Aplicado para Programación Lógica Rebatible*”, financiado por el programa de desarrollo científico y tecnológico de la Secretaría de Ciencia

y Tecnología: Consejo de Investigación, de la Universidad Nacional de Catamarca. Periodo: 01/01/2016 al 31/12/2017.

2. Introducción

Uno de los desafíos que enfrenta la lógica de la teoría de cambio consiste en el problema de modelar la dinámica de conocimiento. Un sistema de revisión de creencias constituye un marco lógico para modelar la dinámica de conocimiento, esto es, cómo modificamos nuestro estado epistémico cuando recibimos información nueva. Generalmente, la nueva información es asumida mediante una sentencia simple, como en la teoría AGM clásica [1, 2], pero la entrada epistémica también podría presentarse a través de un conjunto de sentencias en lo que se conoce como cambio múltiple.

En este contexto, existen diversos tipos de operadores de cambio, como los operadores de *cambio priorizado*, los operadores *no priorizados*, los operadores *merging* o *cambio simétrico*, los operadores de *cambios selectivos*, y los operadores de *semi-revisión*, entre otros [6].

Debido a que las operaciones de cambio se llevan a cabo sobre el estado epistémico del agente, existen diferentes posibles construcciones para los distintos operadores de cambio. Dos de los modelos más comúnmente usados son sobre *conjuntos de creencias* y sobre *bases de creencias*. En general, nuestras propuestas están centradas en el uso de bases de creencias puesto que si contamos con un lenguaje (al menos proposicional) lo suficientemente declarativo, no es posible tratar con conjuntos clausurados. Sabemos que el modelo AGM asume una lógica subyacente que es al menos tan expresiva como la lógica proposicional. Debido a este supuesto, esta teoría no puede ser aplicada a los sistemas con lógicas subyacentes decla-

rativamente más ricas que la lógica proposicional como por ejemplo aquellos sistemas de Inteligencia Artificial que utilizan lenguajes de primer orden o algún subconjunto de ellos. Entre estos lenguajes, por cualidades computacionales ampliamente conocidas, es que utilizaremos *lógicas Horn*.

Con respecto esto último, los primeros resultados en cambio de creencias Horn fueron obtenidos por James Delgrande [3]. Diversas investigaciones demuestran utilizar la lógica Horn como lenguaje subyacente permite la posibilidad de más de un tipo de contracción. En cuanto a una representación de resultados para el tipo de contracción múltiple denominada *package contraction* bajo lógicas Horn, existen diversas maneras en que la contracción Horn (*simple* y *múltiple*) se diferencia de la contracción AGM. Una de ellas es la ausencia del postulado de *recovery*. Esto se debe a que, al menos para cláusulas Horn, el postulado *recovery* resulta inapropiado. Otra manera es que en la contracción Horn el resultado de la misma puede expresarse en función de un conjunto de restos. En cambio en la contracción AGM, un único conjunto de restos lleva a las funciones a realizar cambios, pero con propiedades no deseables por tratar con conjuntos clausurados.

3. Línea de Investigación y Desarrollo

Esta línea de investigación toma como punto de partida publicaciones en donde se presentan los aportes realizados en la temática de los operadores de contracción múltiple de la teoría de cambio de creencias bajo cláusulas Horn que han sido investigado en trabajos previos por los autores de este artículo [9, 10, 11, 12]. Uno de los principales intereses es estudiar las operaciones de cambio, en particular aquellos cambios de

creencias que son inducidos a través de un conjunto (múltiple) de sentencias. Para ello, consideramos principalmente dos tipos diferentes de cambio múltiple. El primero abarcará operadores de cambio múltiple priorizado en donde todas las nuevas creencias se supone que deben ser aceptadas, y el segundo se referirá a operadores de mezcla (merging) que permite que creencias antiguas y nuevas jueguen roles simétricos dentro de un proceso de cambio. Para cada tipo de cambio, analizamos dos construcciones conocidas: uno basada en kernels y otra basada en conjuntos de restos.

El término 'revisión múltiple' se utiliza para referirse a las operaciones de revisión que permite la revisión simultánea por más de una sentencia. Distinguimos este tipo de operaciones de las operaciones *repetidas* o *iteradas*, en los cuales se aplica una secuencia de dos o más cambios-. Al considerar la revisión múltiple priorizada, podríamos pensar en hacer uso de la revisión AGM clásica (es decir, la revisión por una sola sentencia) a través de la aplicación de la negación sentencial.

Sea \div un operador de contracción AGM para K . Una forma de definir una revisión múltiple es mediante el uso de la *Identidad de Levi Generalizado*:

$$K * A = (K \div n(A)) \cup A$$

donde A es un conjunto, \div es un operador de contracción AGM clásico y $n(A)$ es la negación sentencial de A , la cual se define como sigue [8, 7]:

1. $n(\emptyset) = \perp$.
2. Si A es un conjunto unitario ($A = \{\alpha\}$), entonces $n(A) = \neg\alpha$.
3. Si $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$ para algún $m > 1$, entonces $n(A) = \neg\alpha_1 \vee \dots \vee \neg\alpha_m$.

La caracterización axiomática podría obtenerse a partir de una adaptación de las caracterizaciones correspondientes de los modelos tradicionales. Como uno de los objetivos que proponemos para esta investigación es estudiar las interrelaciones entre los operadores de revisión múltiple y las distintas clases de operadores de contracción múltiples de las denominadas *package contraction*, es que resulta importante considerar las versiones generalizadas de la Identidad de Levi.

Sin embargo, no partiremos esencialmente de la negación sentencial al revisar un conjunto arbitrario K con respecto a otro conjunto arbitrario A , si no que consideraremos dos tipos de operadores directamente sin definirlos a partir de sendas operaciones de contracción. En particular, definiremos dos tipos de revisiones priorizadas, adaptadas de [6]:

- Revisión Kernel Múltiple.
- Revisión Partial Meet Múltiple.

La primera construcción de revisión múltiple por un conjunto de sentencias está basado en el concepto de un *A-inconsistent-kernels*. Aquí, hay que definir una función de incisión que realiza un corte en cada *inconsistent-kernel*. Más precisamente, dicha función debe ser una *función de incisión consolidada*, en el sentido de que todas las sentencias de A están protegidas y no pueden ser removidas por esta función. Esto es, una función de incisión consolidada selecciona entre las sentencias de $K \setminus A$ que hace $K \cup A$ inconsistente.

La segunda construcción de revisión múltiple por un conjunto de sentencias está basado en el concepto de un *A-consistent-remainders*. En este caso, se define una función de selección que selecciona los 'mejores' *consistent-remainders*. La función debe ser una *función de selección consolidada*, en el

sentido de que todas las sentencias de $K \cap A$ están protegidas, y ellas están incluidas en la intersección de algún conjunto de restos. Luego, una función de selección consolidada selecciona un subconjunto del conjunto de $K \perp_{\top} A$ cuyos elementos (todos) contienen el conjunto $K \cap A$.

A diferencia de la preferencia absoluta para con la nueva información implícita en el modelo AGM, podemos cambiar nuestras creencias de una manera *no priorizada*. Entre los operadores más conocidos sobre cambio no priorizado en conjuntos de creencias están: *credibility limited revision*, *selective revision* y *screened revision*; en lo que respecta a bases de creencias los operadores sobre cambio no priorizado podemos citar los operadores de cambio basados en *explicaciones* [4, 5]. Nuestra investigación también estará centrada en un tipo especial de cambio no priorizado en bases de creencias llamadas *merging* [6].

Merging representa un problema que ocurre en diversas situaciones, por ejemplo, en el campo de las ciencias informáticas en las que es necesario sintetizar adecuadamente varias fuentes de información. Esta operación para fuentes múltiples de información se puede aplicar en bases de datos distribuidas, sistemas multi-agente, sistemas expertos, etc. En estas situaciones, es importante integrar múltiples bases de datos en una base de datos única y preferiblemente consistente. Una de las aplicaciones más importantes de merging está en la integración de sistemas expertos, donde cada uno tiene una base de creencias que representa su estado de conocimiento. Así también, los estados de creencias se pueden representar con un lenguaje proposicional; en otros casos, puede ser necesario un subconjunto de una lógica de primer orden como por ejemplo, programas lógicos o Horn. En cada caso, consideraremos también dos clases de operadores: basados en conjuntos kernels y en conjuntos

de restos.

4. Resultados y Objetivos Esperados

A través de esta línea de investigación se propone estudiar y definir nuevas construcciones de operadores de revisión múltiples priorizados y no priorizados. Para cada nueva construcción se pretende establecer un conjunto de postulados que caractericen axiomáticamente a la operación de cambio y determinar relaciones entre las construcciones y los postulados. Se busca, además, permitir una eficiente implementación de estos nuevos algoritmos. Analizar a estos operadores de cambios múltiples bajo una lógica más restringida que la lógica proposicional clásica como es la *lógica Horn*. Esto, permitirá desarrollar nuevos procedimientos algorítmicos de cambios múltiples buscando alcanzar caracterizaciones axiomáticas e implementaciones eficientes.

5. Formación de Recursos Humanos

El Docente-Investigador Néstor Jorge Valdez es dependiente del Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico (adherido al Programa Nacional de Incentivos a los Docentes-Investigadores) de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Catamarca, es Magister en Ciencias de la Computación egresado de la Universidad Nacional del Sur, y aspira a alcanzar el título de Doctor en Ciencias de la Computación en esta última casa de estudios.

Referencias

- [1] Alchourrón, Gärdenfors, and Makinson. On the logic of theory change: Partial meet contraction and revision functions. *The Journal of Symbolic Logic*, 50:510–530, 1985.
- [2] Alchourrón and Makinson. On the logic of theory change: Contraction functions and their associated revision functions. *The Journal of Symbolic Logic*, 48:14–37, 1982.
- [3] Delgrande. Horn clause belief change: Contraction functions. In *Gerhard Brewka and Jérôme Lang, editors, Proceedings of the Eleventh International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Sydney, Australia, 2008*. AAAI Press, pages 156–165, 2008.
- [4] Falappa, Kern-Isberner, and Simari. Belief revision, explanations and defeasible reasoning. *Artificial Intelligence Journal*, 141:1–28, 2002.
- [5] Falappa, Kern-Isberner, and Simari. Argumentation in artificial intelligence. In *I. Rahwan, G. R. Simari (Eds.), Belief revision and Argumentation Theory*, pages 341–360, 2009.
- [6] Falappa, Kern-Isberner, and Simari. Prioritized and non-prioritized multiple change on belief bases. *Journal of Philosophical Logic, ISSN 0022-3611, New York: Springer*, 41:77–113, 2012.
- [7] Peter Gärdenfors. *Belief Revision*. Cambridge University Press, 1992.
- [8] Sven Ove Hansson. A dyadic representation of belief. In Gardenfors [7], pages 89–121.
- [9] Valdez and Falappa. Dinámica de conocimiento: Contracción múltiple en lenguajes horn. *XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, XIV Workshop Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI), CACiC'2013*, pages–, 2013.
- [10] Valdez and Falappa. Dinámica de conocimiento: Contracciones horn a partir de ordenamientos epistémicos. *42JAIIO Jornadas Argentinas de Informáticas, ASAI 2013, 42 JAIIO'2013*, pages 206–209, 2013.
- [11] Valdez and Falappa. Implementación para bases de creencias horn de operadores de contracción múltiple. *XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, XV Workshop Agentes y Sistemas Inteligentes (WASI), CACiC'2014*, 2014.
- [12] Valdez, Lara, Pedraza, and Teseira. Dinámica de conocimiento: Cambio de creencias múltiples. temática de investigación de inteligencia artificial en las ciencias de la computación. *JUCEN'15, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCa. Catamarca 9 y 10 de diciembre de 2015 - Argentina*, pages 30–36, 2015.