

Dinámica de Conocimiento: Implementación Computacional de Operaciones de Contracción Múltiples 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) 154591186
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, algoritmos para la obtención de contracciones múltiples con cláusulas Horn, considerando las operaciones de contracción bajo lógica Horn como lenguaje de representación de conocimiento. Para ello, estudiamos los resultados generales realizados en la adaptación al marco AGM a lógicas no clásicas, como *Orderly Maxichoice Horn Contraction*, *Partial Meet Horn Contraction*, e *Infra Horn Contraction*. Se analizan, algoritmos conocidos en el campo de base de creencias para el cálculo de sus conjuntos de restos y kernels en sus diversas variantes con una sola sentencia como entrada, para así poder realizar sus extensiones para múltiples sentencias como entrada. La contribución de esta investigación consiste en: definir los algoritmos y sus heurísticas para encontrar los elementos del kernel, definir sus cortes minimales mediante funciones de incisión, y finalmente definir contracciones múltiples. De manera análoga, se procederá a definir proce-

dimientos para los conjuntos de restos y sus cortes maximales.

Palabras Claves Conjuntos de Restos, Conjuntos Kernel, Algoritmos de Contracción Múltiple Horn.

Contexto

Esta investigación forma parte de las contribuciones de la tesis para la obtención del título de Magister en Ciencias de la Computación de la Universidad Nacional del Sur por parte del co-autor del presente trabajo, Lic. Néstor Jorge Valdez. Esta línea de investigación forma parte de los tópicos de estudio para el posterior desarrollo del trabajo de tesis de Doctorado en Ciencias – Mención Computación – por parte del mencionado co-autor de este trabajo. Estas carreras de posgrado se están cursando en los ámbitos de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCa).

1. Introducción

1.1. Operaciones de Cambio de Creencias

La teoría de cambio de creencias modela la dinámica del conocimiento, es decir, actualizando las creencias a partir de la llegada de nueva información. Entre los modelos existentes para formalizar la dinámica de las creencias, el más considerado es el modelo AGM [1]. Este modelo caracteriza las operaciones básicas de cambio (expansiones, contracciones y revisiones) que cubren gran parte de los cambios que puede realizar un agente en su conocimiento. Cada una de estas operaciones está caracterizada por un conjunto de postulados de racionalidad que determinan el comportamiento de las operaciones, independientemente de la manera en que se implementen. En el modelo AGM, los postulados caracterizan los cambios sobre conjuntos clausurados, aunque pueden definirse postulados genéricos que se apliquen tanto sobre bases de creencias (conjuntos de sentencias no necesariamente clausurados) como sobre conjuntos de creencias (conjuntos de sentencias clausurados bajo consecuencia lógica).

Para implementar las operaciones de cambio, normalmente es necesario representar el conocimiento mediante 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 declarativamente más ricas que la lógica proposicional (e.g., los sistemas de Inteligencia Artificial). Como muchos sistemas operan bajo lógicas no clásicas, el marco AGM no puede ser directamente aplicado a los mismo y, por ello, se impone la necesidad de estudiar la adaptación del marco AGM a estas lógicas no clásicas. Diversas investigaciones estudiaron las operaciones de cambio introducidas en AGM, pero

no necesariamente bajo lógica proposicional, y entre ellas se destacan las lógicas Horn.

1.2. Extensión de Contracción de Creencias Horn de Una Sentencia a Múltiples Sentencias

Los primeros resultados en cambio de creencias Horn fueron obtenidos por James Delgrande [4]. Trasladarse a la lógica Horn permite la posibilidad de más de un tipo de contracción, generando dos tipos de cambio: *entailment-based contraction* (o *e-contraction*) y la *inconsistency-based contraction* (o *i-contraction*). Para una *e-contraction*, el objetivo de contraer con un conjunto de sentencias Φ es la eliminación de al menos una sentencia en Φ . Delgrande investigó la analogía Horn de la OMC (*orderly maxichoice Horn contraction*). La contracción está basada en la noción de *conjunto de restos* de AGM. Así como ocurre en el marco AGM, la maximalidad es también central para los conjuntos de restos Horn usados para la construcción de la *orderly maxichoice horn contraction*. Lo denominaremos como *conjunto de resto maximal*, para distinguirlo de otras notaciones de conjunto de creencias Horn.

Otra operación es la *infra horn contraction* propupuesta por Booth, Meyer y Varzinzak en [2, 3] en donde sugieren que, mientras OMHCs es una forma apropiada para contracción Horn, no constituye la única manera para obtener una contracción Horn. La IHC de Booth et al. es una variante Horn de *partial meet contraction* que satisface la llamada *propiedad de convexidad* (*convexity property*) como también lo hace en *partial meet contraction*. El concepto de *infra remainder sets* forma la base para la construcción de *infra contraction*. La *infra contraction* se presenta como equivalente a ciertos tipos de *partial meet contraction* y ciertos tipos de *kernel contraction*.

En [3] se investigan las conexiones entre la *infra horn contraction* y su equivalente Horn *kernel contraction*, donde lo denominan como

kernel horn contraction. La construcción de *kernel Horn contraction* resulta similar a una *kernel contraction* pero para una lógica Horn. Otra contracción Horn que resulta ser una variante de PMC, es a la introducida por Delgrande y Wasserman [5] y a la que denominó como *partial meet Horn contraction*. Aquí, las contracciones PMHC corresponden exactamente a las contracciones PMC y también están basadas en conjunto de restos Horn denominados *weak remainder sets*.

En cuanto a una representación de resultados para el tipo de contracción múltiple denominada *package contraction* bajo lógicas Horn, debemos decir que 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 podría deberse 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 ser dado semánticamente por 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. Una tercera diferencia es que con cláusulas Horn uno tiene dos clases de operadores de contracción: *entailment-based contraction* (*e-contraction*) e *inconsistency-based contraction* (*i-contraction*).

2. Línea de Investigación: Perspectiva Computacional para Contracciones Múltiples de Creencias

En la teoría de cambio de creencias, el cálculo de los conjuntos de restos (*remainder sets*) y los conjuntos kernel (*kernel sets*) para las operaciones de contracción (con respecto a una o múltiples sentencias como entrada) resulta ser un problema clave. En esta investigación, tra-

tamos este problema mediante el estudio de algoritmos que calculan las contracciones para cláusulas Horn de una base de creencias. Estos algoritmos son adaptaciones de algoritmos bien conocidos en el campo de la Inteligencia Artificial.

Los algoritmos para encontrar los conjuntos de restos y kernel están muy relacionados. Es posible demostrar que dado uno de ellos, es posible derivar el otro algoritmo sin más debido a su inferencia teórica. Esta relación entre conjuntos de restos y kernel fue ampliamente estudiada por Falappa [6]. Además de esta estrecha relación, el conjunto de restos normalmente depende exponencialmente de la cantidad de elementos de la base de creencias, mientras que el conjunto de kernels depende polinomialmente de la cantidad de elementos de la base de creencias.

Nuestra línea de investigación está compuesta por dos ejes principales: el primer eje se basa en proponer algoritmos y sus heurísticas para *operaciones de contracción múltiples kernel*; y el segundo eje de investigación también tiene el interés en proponer algoritmos y sus heurísticas pero con respecto a *operaciones de contracción múltiples partial meet* y sus variantes: *orderly maxichoice*, *full meet* y *para con conjuntos de restos infra*.

2.1. Primer Eje: Mediante Conjuntos Kernel

En los trabajos que anteceden a esta investigación [7], [8], se consideró el cambio de creencias bajo una lógica más restringida que la lógica proposicional clásica del marco AGM como es la lógica Horn. Tuvimos que examinar diversos resultados existente en el área, todos ellos referente al estudio de cambio de creencias bajo lógica Horn de las operaciones de contracción con respecto de una sola sentencia. De esta manera, pudimos generalizar algunos modelos para los casos de contracción múltiple bajo lógica Horn. Partiendo de esta base, nuestro primer paso consistirá en plantear metódicamente el procedimiento computacional pa-

ra una operación múltiple de tipo *kernel*. Los algoritmos propuestos para el cálculo computacional, serán planteados a través de conjuntos de cláusulas Horn. Estos algoritmos serán aplicados en un lenguaje lógico de programación como PROLOG. En este caso, partiremos con un simple y corto algoritmo para encontrar un Φ -kernel. Sea K una base de creencias y Φ un conjunto de sentencias de entrada: Consiste de dos etapas, la primera agregamos sentencias de K en un conjunto A hasta que A implique Φ , luego una segunda etapa en donde removemos cada elemento de A y verificamos si A todavía implica Φ . Si este no es el caso el elemento es reintroducido en A . El resultado de este proceso es un conjunto $A \subseteq K$ que implica a Φ y que es minimal (un Φ -kernel).

Algoritmo Obtener-Kernel

Datos de Entrada: K, Φ

Datos de Salida: A , un Φ -kernel de K

1. Hallar un subconj. A de K tal que $A \vdash \Phi$.
2. **for** $\alpha \in A$
3. **do if** $\Phi \in Cn(A \setminus \{\alpha\})$
4. **then** $A \leftarrow A \setminus \{\alpha\}$

El paso 1 se puede hallar de manera eficiente con un metaintérprete de PROLOG. Probar que $A \vdash \Phi$ es equivalente a demostrar que $A \cup \{\neg\Phi\} \vdash \perp$, siempre que la derivación no genere ramas infinitas.

El procedimiento puede generalizarse utilizando el mecanismo de negación por falla de PROLOG, obteniendo TODOS los Φ -kernels. Luego, se buscará obtener un algoritmo general que permita el cálculo de una *contracción múltiple kernel*.

2.2. Segundo Eje: Mediante Conjuntos de Restos

Para este Segundo Eje, partimos de la siguiente manera: para encontrar el conjunto de restos, necesitamos invertir el segundo algoritmo presentado en el Primer Eje. Para encontrar un elemento de resto (*remainder*) sumamos elementos de K a un conjunto A verificamos si Φ no es todavía consecuencia. La si-

guiente definición será útil en nuestro algoritmo.

Definición 1 *Un conjunto Φ es una tautología si y solo si para $\forall \psi \in \Psi$ decimos que, para cada valuación ψ hay un $\varphi \in \Phi$ tal que $\psi \vdash \varphi$.*

Se puede verificar que $K \perp \Phi = \emptyset$ si y solo si Φ es una tautología.

Algoritmo Obtener-Resto

Datos de Entrada: K, Φ

Datos de Salida: A (un resto de K)

1. **if** Φ no es una tautología
 then $A = \{\}$,
 for $\alpha \in K$
 do if $\Phi \notin Cn(A \cup \{\alpha\})$
 then $A \leftarrow A \cup \{\alpha\}$
2. **end**

Aquí también, el paso 1 se puede hallar mediante un metaintérprete de PROLOG. Probar que $A \neq \Phi$ es equivalente a demostrar que $A \cup \{\Phi\} \vdash \top$, siempre que la derivación no genere ramas infinitas. Por último, el procedimiento también puede generalizarse mediante un mecanismo de negación por falla de PROLOG, obteniendo TODOS los restos. Luego, se buscará obtener un algoritmo general que permita el cálculo de una *contracción múltiple partial meet* (en sus variantes).

3. Resultados y Objetivos Esperados

A través de esta línea de investigación se propone el desarrollo de algoritmos para el cálculo computacional de las operaciones de contracción con múltiples sentencias como entrada, con un lenguaje basado en lógicas Horn. Esto posibilitará que nuestros algoritmos se puedan integrar con PROLOG y así proporcionar la capacidad para mantener consistente una base de conocimiento. Según análisis previos, es posible que en ciertas situaciones, algunos algoritmos tengan sus limitaciones. Es decir, debido a las indecisiones de consistencia, es posible que necesitemos la intervención de un usuario

o ingeniero de conocimiento en caso de que las cláusulas de Horn contengan variables.

Mediante esta investigación se busca establecer una perspectiva computacional que demuestre ser conveniente en cuanto a tiempo de proceso, buscando maximizar prestaciones y minimizar costos. Así también, dar un marco de referencia para el desarrollo de otras operaciones en el campo de actualización en bases de creencias. Por último, se buscará sistematizar los procedimientos computacionales de los operadores de contracción para cambio de creencias bajo lógicas Horn.

4. 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 y cursa las carreras de Maestría en Ciencias de la Computación (UNS) y el Doctorado en Ciencias Mención Computación (UNCa). Actualmente, se encuentran en desarrollo:

- Completar la tesis de Maestría en Ciencias de la Computación (en convenio con la Universidad Nacional del Sur) titulada **Estudio y Formulación de Operadores de Cambio sobre Bases de Creencias Horn**.
- Luego se extenderá la investigación para alcanzar el grado de Doctor en Ciencias con Mención Computación, dependiente de la Universidad Nacional de Catamarca.

Referencias

- [1] Alchourrón, Gärdenfors, and Makinson. On the logic of theory change: Partial meet contraction and revision functions. *The Journal of Symbolic Logic*, 50, 1985.
- [2] Booth, Meyer, and Varzinczak. Next steps in propositional horn contraction. In *Boutilier, C. (Ed.), Proceedings of the 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pages 702–707, 2009.
- [3] Booth, Meyer, Varzinczak, and Wassermann. On the link between partial meet, kernel, and infra contraction and its application to horn logic. *Journal of Artificial Intelligence Research*, pages 31–53, 2011.
- [4] 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.
- [5] Delgrande and Wassermann. Horn clause contraction functions: Belief set and belief base approaches. 2010.
- [6] Falappa, Fermé, and Kern-Isberner. On the logic of theory change: Relations between incision and selection functions. In *Gerhard Brewka, Silvia Coradeschi, Anna Perini, and Paolo Traverso, editors, Proceedings of the 17th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI 2006*, pages 402–406, 2006.
- [7] 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), CA-CiC'2013*, pages–, 2013.
- [8] 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.