Propiedades del operador de revisión mediante argumentos

Marcelo A. Falappa Guillermo R. Simari

Grupo de Investigación en
Inteligencia Artificial (G.I.I.A.)

Instituto de Ciencias e Ingeniería
de la Computación
Universidad Nacional del Sur

Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad Nacional del Sur

Alem 1253, (8000) Bahía Blanca, ARGENTINA
Tel: (54) (91) 20776 (int. 354)
FAX: (54) (91) 553933
e-mail: ccfalapp@criba.edu.ar

Propiedades del operador de revisión mediante argumentos

Palabras Claves: Inteligencia Artificial, Razonamiento No Monotónico, Cambio de Teorías, Argumentos, Sistemas Argumentativos, Revisión mediante Argumentos.

Resumen

En el siguiente trabajo se definen ciertas propiedades que satisface el operador de revisión mediante argumentos [2, 3]. Tal operador, a diferencia de los operadores de revisión generales [1, 4, 6, 5], está definido sobre bases de conocimiento finitas no clausuradas, no satisface la propiedad de éxito ($A \in K^{*A}$) y determina la actitud epistémica frente a una nueva creencia basándose en el método de comparación de argumentos o justificaciones utilizados en el paradigma argumentativo [7, 8].

1 Introducción

Dentro del campo de la Inteligencia Artificial, existen diferentes areas que pretenden modelar el razonamiento humano. Para ello es necesario determinar un lenguaje en el cual se representará el conocimiento de un agente, y definir reglas o axiomas, que en base a tal conocimiento, puedan derivar nuevas conclusiones.

La mayoría de estos sistemas parten de un lenguaje de primer orden (o un subconjunto del mismo) y realizan una extensión de forma tal que pueda tratar con información potencialmente inconsistente. Entre estos sistemas, podemos mencionar las lógicas default (Reiter, 1980), lógicas no monotónicas (McDermott & Doyle, 1980), lógicas autoepistémicas (Moore, 1984, 1985), circumscripción (McCarthy, 1980,1986), lógicas condicionales (Lewis, 1973; Stalneker, 1968), etc. El objeto de estos sistemas es poder obtener nuevas conclusiones a partir de una base de conocimiento fija, imperturbable en el tiempo. Esto significa que tales sistemas se basan en la hipótesis de que el conocimiento básico de un agente no puede ser modificado.

Sin embargo, existen otras áreas cuyo objetivo es caracterizar la dinámica del conocimiento [1, 4, 5, 6], esto es, como debería ser la actitud epistémica de un agente frente a ciertas creencias después de incorporar nuevas creencias a su conocimiento básico. Una de estas áreas se conoce como teoría de cambio de creencias, la cual mediante ciertas operaciones de cambio, permite caracterizar la actitud epistémica de un agente después de incorporar nuevas creencias.

2 Teoría de Cambio de Creencias

La teoría de cambio de creencias propone tres operadores de cambio básicos: expansión, contracción y revisión. Estos tres operadores difieren tanto en su significado como en su aplicación. Para explicarlos, consideraremos solamente tres actitudes epistémicas frente a las creencias de un agente. Sea A una creencia de un lenguaje $\mathcal{L}$, K un conjunto de creencias del lenguaje $\mathcal{L}$ y Cn un operador de consecuencia que satisface las propiedades de clausura, compacidad y monotonicidad [4]. Entonces tenemos que:

- A es *aceptada* en K si $A \in Cn(K)$.
- A es *rechazada* en K si $\neg A \in Cn(K)$.
- A es *indeterminada* en K si $A \notin Cn(K)$ y $\neg A \notin Cn(K)$.

Si la base de conocimiento K es consistente, entonces las expansiones transforman creencias que eran indeterminadas en aceptadas o rechazadas, las contracciones transforman creencias que eran aceptadas o rechazadas en indeterminadas, mientras que las revisiones transforman creencias aceptadas en rechazadas y viceverza.

Gran parte del desarrollo sobre teoría de cambio de creencias, se basa en la hipótesis de que el conocimiento K está clausurado[2], *i.e.*, $K = Cn(K)$, por lo que su implementación no es posible ya que la clausura de bases de conocimiento es una operación muy costosa. Asumiremos que el conocimiento de un agente se representa mediante un conjunto de creencias finito, si es posible minimal.

3 Tipos de creencias de una base de conocimiento

En el sistema que estudiaremos a continuación, se realiza una clara distinción entre las creencias de un agente. En primer término, se asume que el conocimiento de un agente se divide en dos conjuntos mutuamente excluyentes: un conjunto de hechos K_P que representa el conocimiento particular, y un conjunto de reglas K_G que representa el conocimiento general. El conjunto K_P contiene hechos, los cuales son sentencias básicas (*i.e.*, sin variables libres) de un lenguaje determinado. El conjunto K_G contiene reglas, las cuales son sentencias no básicas de la forma $P \rightarrow Q$. Cada creencia del conjunto K_P se refiere a uno o a unos pocos elementos del universo de discurso. En cambio, cada creencia del conjunto K_G se refiere a una colección de objetos del universo de discurso.

[2]En general, cuando se hace referencia a un conjunto de creencias clausuradas bajo un operador de consecuencia lógica, se habla de teorías lógicas o conjuntos de creencias [6]. Cuando el conjunto de creencias no está clausurado, se habla de bases de creencias o bases de conocimiento.

Sin embargo, el conocimiento de un agente no está compuesto solamente por creencias de $K = K_P \cup K_G$, sino también por aquellas creencias que pueden deducirse a partir de K. Cuando se realiza una operación de cambio sobre el conocimiento de un agente, debe distinguirse entre las creencias que se encuentran explícitamente en la base de conocimiento y las que se encuentran en forma implícita. Cada creencia implícita contiene al menos una justificación o explicación en K, por lo que, antes de ser eliminada del conocimiento, deberá analizarse que partes de esa explicación no son válidas. Como el conocimiento de un agente es consistente, y por ende, todas sus creencias son válidas (en un momento del tiempo), será necesario recurrir a un conjunto mayor de creencias para determinar que subconjunto del conocimiento de un agente será dejado de lado.

4 Argumentos lógicos y derrota entre argumentos

Dentro de las operaciones de cambio, distinguimos tres operaciones. Las expansiones permiten agregar creencias que eran indeterminadas en una base de conocimiento, mientras que las contracciones permiten eliminar ciertas creencias de una base de conocimiento para que pasen a ser indeterminadas. En cambio, las revisiones son operaciones de cambio más generales que involucran el agregado de ciertas creencias y la eliminación de otras para derivar en una base de conocimiento consistente. El problema con las revisiones es que la información que se trata de incorporar puede resultar inconsistente con la existente.

Nuestra idea sobre esto es que un agente, antes de revisar su conocimiento con respecto a una creencia q que contradice su conocimiento, requiere una explicación para la misma. Esto es, si un agente **A** infiere $\neg q$ a partir de su conocimiento, y recibe una entrada epistémica que dice que q es cierta, entonces **A** exigirá una explicación para q para determinar si la misma es más convincente que sus explicaciones acerca de $\neg q$. En caso de que la explicación para q sea mejor que las explicaciones de $\neg q$, las creencias que permitían inferir $\neg q$ deberán ser rechazadas o bien deberán considerarse como creencias rebatibles.

A continuación, presentaremos un sistema basado en conocimiento que realiza un proceso de revisión basado en la comparación de argumentos lógicos [2, 3]. El lenguaje utilizado por este sistema estará compuesto por un lenguaje de primer orden $\mathcal{L}$ que contiene los conectivos correspondientes a negación [3] ($\neg$), conjunción ($\wedge$), disyunción ($\vee$) e implicación material ($\rightarrow$) pero no contiene cuantificadores en forma explícita [4]. El símbolo de relación $\vdash$ lo utilizaremos para representar la consecuencia lógica, esto es, $K \vdash b$ si y solo si $b \in Cn(K)$, donde Cn es un operador de consecuencia. Recordemos que la base

[3]El conectivo de negación $\neg$ representa la negación clásica, *i.e.*, $\neg\neg A \equiv A$.

[4]Los cuantificadores universales se asumen implícitamente en cada expresión de la forma $p(X) \rightarrow q(X)$ asumiendo que todos los $X's$ que satisfacen p también satisfacen q.

de conocimiento K resulta de la unión de los conjuntos disjuntos K_P y K_G, donde K_P contiene hechos básicos, y el conjunto K_G contiene reglas generales.

Definición 4.1 : Decimos que $K = K_G \cup K_P$ es una *base de conocimiento* si es finita y está compuesta por un conjunto de reglas y un conjunto de hechos minimales, esto es, no existe ningún hecho $b \in K_P$ tal que $K_G \cup (K_P - \{b\}) \vdash b$.

Definición 4.2 : Diremos que K será una *base de conocimiento consistente* si es una base de conocimiento en donde no existe ningún literal básico [5] p tal que $K \vdash p$ y $K \vdash \neg p$.

Definición 4.3 : Sea $\mathcal{P} = \{a : a \in K_P\} \cup \{b : b \in \mathcal{L}, b$ es un literal básico y $K \not\vdash \neg b\}$, esto es, $\mathcal{P}$ es el conjunto de hechos básicos autosustentados[6] y consistentes con K, y sea $\mathcal{G}$ un conjunto de reglas que contiene a K_G ($K_P \subseteq \mathcal{P}$ y $K_G \subseteq \mathcal{G}$). Se dice que $\langle T, A, q\rangle$ es un *argumento lógico* para el literal básico q en el contexto $\mathcal{PG}$ (*i.e.*, $\mathcal{P} \cup \mathcal{G}$) si y solo si se satisfacen las siguientes condiciones:

1. K es una base de conocimiento consistente.
2. $T \subseteq \mathcal{P}$, es decir, T son hechos básicos consistentes con K.
3. $A \subseteq \mathcal{G}$ es tal que $T \cup A \vdash q$.
4. $T \cup A$ es minimal, es decir, no existe ningún S tal que $S \subset (T \cup A)$ y $S \vdash q$.

El objetivo de utilizar un contexto $\mathcal{PG}$ que contenga al conocimiento K es permitir que se acepten argumentos basados en creencias que no forman parte de K pero con la restricción de que los mismos estén basados en hechos consistentes con K. Sin embargo, un argumento lógico puede contener reglas pertenecientes a $\mathcal{G}$ que sean inconsistentes con K pero más específicas que ciertas reglas contenidas en K (por ejemplo: $a \wedge b \rightarrow \neg c \in \mathcal{G}$ es más específica que $a \rightarrow c \in K$).

Definición 4.4 : Se dice que $\langle U, B, h\rangle$ es un *subargumento lógico* de $\langle T, A, q\rangle$ si se verifica que $U \subseteq T$, $B \subseteq A$ y $\langle U, B, h\rangle$ es un argumento lógico para h. En lo sucesivo, notaremos $\langle U, B, h\rangle \sqsubseteq \langle T, A, q\rangle$ para indicar que $\langle U, B, h\rangle$ es un subargumento lógico de $\langle T, A, q\rangle$.

Definición 4.5 : Se dice que el argumento lógico $\langle T, A, q\rangle$ es un *K-argumento* para q si y solo si $T \subseteq K_P$ y $A \subseteq K_G$. Esto es, $\langle T, A, q\rangle$ es un argumento lógico para q construído a partir de los hechos y reglas pertenecientes a K.

[5]Por literal básico, entendemos un literal totalmente instanciado, es decir, sin variables.

[6]Decimos que un hecho a es *autosustentado* en la base de conocimiento K si $a \in K$ y $K - \{a\} \not\vdash a$. Esto es, no es posible deducir a a partir K si a no es un hecho de K.

Definición 4.6 : Se dice que el argumento lógico $\langle T, A, q\rangle$ es un *argumento externo* para q con respecto a K si y solo si $T \not\subseteq K_P$ o $A \not\subseteq K_G$. Esto es, $\langle T, A, q\rangle$ es un argumento lógico para q construído a partir de hechos y reglas que no necesariamente pertenecen a K.

El argumento lógico $\langle T, A, q\rangle$ representa una "explicación" para la creencia q y constituye un árbol de prueba minimal para la misma. La revisión mutua de K con respecto a la creencia q será en realidad una revisión con respecto a $\langle T, A, q\rangle$ (será notada $K^{\otimes\langle T,A,q\rangle}$) y requerirá la construcción de argumentos lógicos en contra de q a partir de K y en la determinación de un argumento "ganador" según algún criterio de preferencia. El siguiente representa un posible criterio y es incluído como ejemplo para facilitar el desarrollo posterior.

Definición 4.7 : Se dice que $\langle T_1, A_1, h_1\rangle$ es *estrictamente más específico* que $\langle T_2, A_2, h_2\rangle$, denotado por $\langle T_1, A_1, h1\rangle \succ_{espc} \langle T_2, A_2, h_2\rangle$ si se verifica que:

1. Para todo $S \subseteq \mathcal{P}$, si $S \cup A_1 \vdash h_1$ y $\mathcal{G} \cup S \not\vdash h_1$ entonces $\mathcal{G} \cup S \cup A_2 \vdash h_2$.
2. Existe un $S \subseteq \mathcal{P}$ tal que $\mathcal{G} \cup S \cup A_2 \vdash h_2$ y $\mathcal{G} \cup S \not\vdash h_2$ y $\mathcal{G} \cup S \cup A_1 \not\vdash h_1$.

Definición 4.8 : Dos argumentos lógicos $\langle T_1, A_1, h_1\rangle$ y $\langle T_2, A_2, h_2\rangle$ están en *desacuerdo* y se nota $\langle T_1, A_1, h_1\rangle \bowtie_{\mathcal{PG}} \langle T_2, A_2, h_2\rangle$ si y solo si $K \cup \{h_1, h_2\} \vdash \perp$.

Definición 4.9 : Se dice que $\langle T_1, A_1, h_1\rangle$ es un *contrargumento lógico* de $\langle T_2, A_2, h_2\rangle$ para un literal h, y se nota $\langle T_1, A_1, h_1\rangle \otimes\!\xrightarrow{h} \langle T_2, A_2, h_2\rangle$, si y solo si existe un subargumento lógico $\langle T, A, h\rangle$ de $\langle T_2, A_2, h_2\rangle$ tal que $\langle T_1, A_1, h_1\rangle \bowtie_{\mathcal{PG}} \langle T, A, h\rangle$.

Definición 4.10 : Se dice que el argumento lógico $\langle T_1, A_1, h_1\rangle$ *derrota* al argumento lógico $\langle T_2, A_2, h_2\rangle$, y se nota $\langle T_1, A_1, h_1\rangle \gg_{\text{derrota}} \langle T_2, A_2, h_2\rangle$, si se verifica que:

1. Existe al menos un $\langle T, A, h\rangle \sqsubseteq \langle T_2, A_2, h_2\rangle$ tal que $\langle T_1, A_1, h_1\rangle \otimes\!\xrightarrow{h} \langle T_2, A_2, h_2\rangle$ y $\langle T_1, A_1, h_1\rangle \succ_{espc} \langle T, A, h\rangle$.
2. No existe ningún $\langle U, B, t\rangle \sqsubseteq \langle T_1, A_1, h_1\rangle$ tal que $\langle T_2, A_2, h_2\rangle \otimes\!\xrightarrow{t} \langle T_1, A_1, h_1\rangle$ y $\langle T_2, A_2, h_2\rangle \succ_{espc} \langle U, B, t\rangle$.

5 Operador de revisión mediante argumentos

A continuación describiremos cuál será la actitud epistémica después de realizar una revisión mutua de una base de conocimiento K con respecto a una creencia q y su argumento asociado. La base de conocimiento K está representada mediante un conjunto de reglas K_G y un conjunto de hechos K_P, es decir $K = K_G \cup K_P$. Para simplificar el problema, consideraremos que la creencia q es un literal básico.

Definición 5.1 : Sea $\langle T, A, q\rangle$ un argumento externo para q con respecto a una base de conocimiento K. El *conjunto de K-contrargumentos lógicos* de $\langle T, A, q\rangle$ se define de la siguiente forma:

$$\mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle} = \{\langle U_i, B_i, h_i\rangle : U_i \subseteq K_P, B_i \subseteq K_G, \langle U_i, B_i, h_i\rangle \bowtie_{\mathcal{PG}} \langle T, A, q\rangle\}$$

El conjunto $\mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle}$ contiene todos los contrargumentos lógicos de $\langle T, A, q\rangle$, no necesariamente comparables con $\langle T, A, q\rangle$[7], construídos a partir de la base de conocimiento K.

Una vez determinado el conjunto de K-contrargumentos lógicos $\mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle}$, debemos determinar el conjunto de subargumentos lógicos derrotados por $\langle T, A, q\rangle$, el conjunto de subargumentos lógicos que derrotan a $\langle T, A, q\rangle$ y el conjunto de argumentos incomparables con $\langle T, A, q\rangle$. Sea $\langle T, A, q\rangle$ un argumento externo para q con respecto a una base de conocimiento K y sea $\mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle}$ el conjunto de K-contrargumentos de $\langle T, A, q\rangle$.

Definición 5.2 : El *conjunto de subargumentos lógicos derrotados* por $\langle T, A, q\rangle$ se define como:

$$\mathbf{K}^{\downarrow\langle T,A,q\rangle} = \{\langle C_i, W_i, h_i'\rangle : \langle C_i, W_i, h_i'\rangle \sqsubseteq \langle B_i, W_i, h_i\rangle \in \mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle} \text{ y } \langle T, A, q\rangle \gg_{\text{derrota}} \langle C_i, W_i, h_i'\rangle\}$$

Definición 5.3 : El *conjunto de subargumentos lógicos ganadores* sobre $\langle T, A, q\rangle$ se define como:

$$\mathbf{K}^{\uparrow\langle T,A,q\rangle} = \{\langle C_i, W_i, h_i'\rangle : \langle C_i, W_i, h_i'\rangle \sqsubseteq \langle B_i, W_i, h_i\rangle \text{ y } \langle C_i, W_i, h_i'\rangle \gg_{\text{derrota}} \langle T, A, q\rangle\}$$

Definición 5.4 : El *conjunto de subargumentos lógicos incomparables* con $\langle T, A, q\rangle$ es el conjunto de argumentos pertenecientes a $\mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle}$ que no derrotan ni son derrotados por $\langle T, A, q\rangle$. Tal conjunto lo notaremos como $\mathbf{K}^{\updownarrow\langle T,A,q\rangle}$ y se define como:

$$\mathbf{K}^{\updownarrow\langle T,A,q\rangle} = \mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle} - (\mathbf{K}^{\downarrow\langle T,A,q\rangle} \cup \mathbf{K}^{\uparrow\langle T,A,q\rangle})$$

El conjunto de subargumentos lógicos derrotados deberá ser dejado de lado en la base de conocimiento revisada si es que se impone el argumento lógico dado. Por lo tanto, las reglas que componen ese subargumento lógico deberán ser eliminadas. En [3] se muestra que eliminar todas las reglas del subargumento lógico derrotado producen más pérdida de información que la necesaria. Por lo tanto, es necesario recurrir a una función de selección que determine que elementos del subargumento lógico son seleccionados para su eliminación.

[7] $\langle\{a\}, \{a \longrightarrow b\}, b\rangle$ y $\langle\{c\}, \{c \longrightarrow \neg b\}, \neg b\rangle$ son incomparables bajo la relación de especificidad.

Definición 5.5 : Decimos que γ es una *función de selección* para un conjunto S no vacío de elementos si la función γ selecciona un subconjunto no vacío de S. Esto es, si $S \neq \emptyset$ entonces $\gamma S = S'$ en donde $S' \subseteq S$ y $S' \neq \emptyset$.[8]

Definición 5.6 El *conjunto de condicionales derrotados* $K^{\otimes\gamma\langle T,A,q\rangle}$ *seleccionados por* γ se define de la siguiente manera:

$$K^{\otimes\gamma\langle T,A,q\rangle} = \{\gamma B : \langle U,B,h\rangle \in \mathbf{K}^{!\langle T,A,q\rangle}\}$$

La revisión mediante argumentos de la base de conocimiento K con respecto al argumento lógico $\langle T,A,q\rangle$ la notaremos como $K^{\otimes\langle T,A,h\rangle} = K'_P \cup K'_G$ y se define de la siguiente manera:

- Si $\mathbf{K}^{\uparrow\langle T,A,q\rangle} = \emptyset$ y $\mathbf{K}^{\updownarrow\langle T,A,q\rangle} = \emptyset$ entonces:

  $K'_G = (K_G - \bigcup K^{\otimes\gamma\langle T,A,q\rangle}) \cup A$, *i.e.*, el conjunto de reglas de la base revisada contiene las reglas del argumento lógico $\langle T,A,q\rangle$ pero no contiene las reglas seleccionadas por γ pertenecientes a los subargumentos derrotados.

  $K'_P = (K_P \cup T) - K''_P$, donde $K''_P = \{a : a \in \mathcal{P}$ y $(K_P \cup T \cup K'_G) \vdash a\}$. En este caso, se eliminan del conjunto de hechos aquellos hechos que dejaron de ser autosustentados como efecto de agregar reglas y hechos de $\langle T,A,q\rangle$.

- Si $\mathbf{K}^{\uparrow\langle T,A,q\rangle} \neq \emptyset$ o $\mathbf{K}^{\updownarrow\langle T,A,q\rangle} \neq \emptyset$ entonces:

  $K'_G = K_G$

  $K'_P = K_P$

6 Generalización de Argumentos Lógicos

En esta sección definiremos argumentos lógicos para conjunciones. El objetivo de esto es ampliar el poder de aplicación del operador de revisión mediante argumentos para poder revisar una base de conocimiento con respecto a un conjunto mayor de creencias.

Definición 6.1 : Diremos que $\langle T,A,h \wedge q\rangle$ es un argumento lógico para $h \wedge q$ si y solo si se satisfacen las siguientes condiciones:

1. Existe un subargumento lógico $\langle T_h, A_h, h\rangle$ para h.

[8] La función de selección determinará que reglas del conjunto de K-contrargumentos lógicos serán dejadas de lado en la base de conocimiento revisada. $S = \emptyset$ no se considera puesto que en ese caso el argumento lógico es un hecho autosustentado de la base de conocimiento, y bajo el criterio de especificidad, un argumento lógico constituído solamente por un hecho (*i.e.*, un argumento lógico sin reglas) nunca es peor que otro argumento lógico. Por lo tanto, si existe al menos un k-contrargumento lógico sin reglas, la base de conocimiento no se verá modificada.

2. Existe un subargumento lógico $\langle T_q, A_q, q\rangle$ para q.
3. $T = T_h \cup T_q$ y $A = A_h \cup A_q$.
4. No es el caso en que $\langle T_h, A_h, h\rangle \bowtie_{\mathcal{PG}} \langle T_q, A_q, q\rangle$.
5. $T \cup A$ es minimal, es decir, no existe ningún S tal que $S \subset (T \cup A)$ y $S \vdash h \wedge q$.

7 Propiedades del Operador de Revisión mediante Argumentos

A continuación, explicitaremos las propiedades del operador de revisión mediante argumentos definido anteriormente. Sean K una base de conocimiento, $\langle T, A, q\rangle$, $\langle U, B, h\rangle$ y $\langle W, C, h \wedge q\rangle$ argumentos lógicos, y h y q hechos de $\mathcal{P}$.

1. $K^{\otimes\langle T,A,q\rangle}$ es una base de conocimiento.

   Esta propiedad indica que después de aplicar el operador de revisión sobre una base de conocimiento K, se obtiene una nueva base de conocimiento. Esto es, la base de conocimiento revisada estará compuesta por un conjunto de reglas y un conjunto de hechos autosustentados.

2. Si $\mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle} = \emptyset$ entonces $Cn(K) \subseteq Cn(K^{\otimes\langle T,A,q\rangle})$.

   Esta propiedad indica que si en la base de conocimiento K no existe ningún argumento lógico en desacuerdo con $\langle T, A, q\rangle$, entonces, el conjunto de creencias que se puede deducir a partir de la base de conocimiento revisada será al menos tan grande como el conjunto de creencias que podía deducirse a partir de la base de conocimiento original.

3. Si $K \vdash q$ entonces $Cn(K) \subseteq Cn(K^{\otimes\langle T,A,q\rangle})$.

   Esta propiedad indica que si q es una creencia aceptada en K, entonces la entrada epistémica de un nuevo argumento lógico en favor de q hace que la base de conocimiento revisada deduzca tantas o más creencias que la base de conocimiento original.

4. Si $\mathbf{K}^{\uparrow\langle T,A,q\rangle} = \emptyset$ y $\mathbf{K}^{\updownarrow\langle T,A,q\rangle} = \emptyset$, entonces $K^{\otimes\langle T,A,q\rangle} \vdash q$.

   Esta propiedad indica que si todos los K-contrargumentos lógicos de $\langle T, A, q\rangle$ fueron derrotados por $\langle T, A, q\rangle$ entonces la base de conocimiento revisada podrá inferir la creencia q.

5. Si $\mathbf{K}^{\uparrow\langle T,A,q\rangle} \neq \emptyset$ o $\mathbf{K}^{\updownarrow\langle T,A,q\rangle} \neq \emptyset$ entonces $K^{\otimes\langle T,A,h\rangle} = K$.

   Esta propiedad indica que si existe al menos un K-argumento lógico en desacuerdo con $\langle T,A,q\rangle$ que derrota a $\langle T,A,q\rangle$, o existe un K-argumento lógico que esté en desacuerdo con $\langle T,A,q\rangle$ y que es incomparable con $\langle T,A,q\rangle$ bajo la relación de especificidad, entonces, la base de conocimiento revisada será igual a la base de conocimiento original.

6. Si $\langle T,A,h\rangle \sqsubseteq \langle W,C,h \wedge q\rangle$, $\langle U,B,q\rangle \sqsubseteq \langle W,C,h \wedge q\rangle$, y $\mathbf{K}^{\bowtie\langle U,B,q\rangle} = \emptyset$ entonces $Cn(K^{\otimes\langle T,A,h\rangle}) \subseteq Cn(K^{\otimes\langle W,C,h\wedge q\rangle})$.

   Esta propiedad indica que, si $\langle T,A,h\rangle$ y $\langle U,B,q\rangle$ son subargumentos lógicos del argumento lógico $\langle W,C,h\wedge q\rangle$, y la base de conocimiento K no contiene argumentos lógicos en desacuerdo con $\langle U,B,q\rangle$, entonces el conjunto de creencias que puede deducirse a partir de la revisión de K con respecto al argumento lógico $\langle W,C,h\wedge q\rangle$ es al menos tan grande como el conjunto de creencias que puede deducirse a partir de la revisión de K con respecto al argumento lógico $\langle T,A,h\rangle$.

Ahora, presentaremos algunas propiedades que, si bien, parecen intuitivamente válidas, no se satisfacen cuando se aplica el operador de revisión mediante argumentos sobre bases de conocimiento.

1. $K^{\otimes\langle T,A,q\rangle} \vdash q$.

   Esta propiedad no se satisface porque la información que se desea incorporar a la base de conocimiento, no tiene primacía absoluta sobre la información que es parte de la misma. Esta propiedad se satisface por los operadores de revisión generales definidos sobre teorías lógicas [1, 4, 5, 6].

2. Si $K \not\vdash \neg q$ entonces $K^{\otimes\langle T,A,q\rangle} \vdash q$.

   Esta propiedad no se satisface porque, si bien la base de conocimiento no infiere $\neg q$, puede contener un argumento lógico que esté en desacuerdo con algún subargumento lógico de $\langle T,A,q\rangle$.

3. Si $\mathbf{K}^{\bowtie\langle T,A,q\rangle} = \emptyset$ entonces $K \subseteq K^{\otimes\langle T,A,q\rangle}$.

   Esta propiedad no se satisface porque, si bien la base de conocimiento K no contiene argumentos lógicos en desacuerdo con $\langle T,A,q\rangle$, la incorporación a la base de conocimiento revisada de los hechos y las reglas de $\langle T,A,q\rangle$, puede hacer que algunos hechos autosustentados en K, dejen de serlo en $K^{\otimes\langle T,A,q\rangle}$. Por ejemplo, si $K = K_P \cup K_G$, $K_P = \{a\}, K_G = \{\}$, y se desea revisar a K con respecto a $\langle\{b\},\{b \to a\},a\rangle$, la base de conocimiento revisada será $K' = K'_P \cup K'_G$, donde $K'_P = \{b\}$ y $K'_G = \{b \to a\}$. Es claro que $K \not\subseteq K'$ pero $Cn(K) \subseteq Cn(K')$.

4. Si $\langle T, A, q\rangle \sqsubseteq \langle W, C, h \wedge q\rangle$ entonces $Cn(K^{\otimes\langle T,A,q\rangle}) \subseteq Cn(K^{\otimes\langle W,C,h\wedge q\rangle})$.

   Esta propiedad no se satisface porque, si bien $\langle T, A, q\rangle$ es un subargumento lógico del argumento lógico $\langle W, C, h \wedge q\rangle$, la base de conocimiento K puede contener argumentos lógicos en desacuerdo con $\langle U, B, h\rangle \sqsubseteq \langle W, C, h \wedge q\rangle$ que no son derrotados por $\langle U, B, h\rangle$, por lo que en la revisión de K por $\langle T, A, q\rangle$ puede llegar a inferir q, mientras que la revisión de K por $\langle W, C, h \wedge q\rangle$ no inferirá q.

8 Conclusiones

El operador de revisión mediante argumentos brinda una nueva herramienta para modelar la dinámica del conocimiento de un agente. En particular, el hecho de que aquella información que es inconsistente con el conocimiento adquirido deba ser precedida con una justificación (en nuestro caso la llamamos argumento lógico) se acerca más a la forma en que se comporta el razonamiento humano, ya que antes de incorporar una creencia, generalmente se exige una explicación que, de ser lo suficientemente convincente, será aceptada como válida.

Uno de los puntos discutibles en este operador es el criterio de preferencia utilizado en la comparación argumentos lógicos. El criterio de especificidad introducido no siempre se comporta de la mejor manera ya que depende fuertemente de una apropiada representación del conocimiento. Sin embargo, si definimos la noción de derrota entre argumentos a partir de un criterio de preferencia diferente a la especificidad, podremos obtener un operador de revisión mediante argumentos más general aunque esto puede tornar más compleja la implementación de un sistema de estas características.

En este trabajo no se especifica que ocurre con los argumentos lógicos que fueron derrotados en el proceso de revisión. En caso de que un argumento lógico $\mathcal{A}$ sea aceptado, y se produzca un cambio de actitud epistémica frente a la creencia sustentada por $\mathcal{A}$, deberán rechazarse hechos o reglas de la base de conocimiento original para no derivar en una base de conocimiento inconsistente. En tal sentido, en los trabajos previos se tomaron dos políticas diferentes: en [2] se rechazan al menos uno de los hechos de cada uno de los argumentos lógicos derrotados por $\mathcal{A}$, mientras que en [3] se opta por rechazar algunas reglas de cada uno de los argumentos lógicos derrotados, pero no en forma absoluta, es decir, las reglas se eliminan de la base de conocimiento original pero se preservan como reglas rebatibles o reglas default en un conjunto de creencias diferente. Esta última propuesta, si bien requiere de un sistema más complejo, parece más apropiada porque trata de preservar el mayor conocimiento posible.

Referencias

[1] Alchourrón C., Gärdenfors P., Makinson D.: *On the Logic of Theory Change: Partial Meet Contraction and Revision Functions.* **Journal of Symbolic Logic 50**: 510-530, 1985.

[2] Falappa M., Simari G.: *Revisión de Bases de Conocimiento mediante Argumentos.* **Congreso Internacional de Cibernética, Matemática y Física, CIMAF '95**, La Habana, Cuba, Enero de 1995.

[3] Falappa M., Simari G.: *Condicionales Derrotables a partir de la Revisión de Condicionales Estrictos.* **24 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa, JAIIO '95**, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, Agosto de 1995.

[4] Gärdenfors P.: *Knowledge in Flux: Modeling the Dynamics of Epistemic States.* **Cambridge, MA: The MIT Press, Bradford Books**, 1988.

[5] Gärdenfors P., Makinson D.: *Revisions of Knowledge Systems using Epistemic Entrenchment.* **Second Conference on Theoretical Aspects of Reasoning About Knowledge**: 83-95, 1988.

[6] Hansson Sven Ove: *A Textbook of Belief Dynamics: Theory Change and Database Updating.* First Draft, Uppsala University, Sweden, 1993.

[7] Simari G.R., Loui R.P.: *A Mathematical Treatment of Defeasible Reasoning and its Implementation.* **Artificial Intelligence 53**: 125-157, 1992.

[8] Simari G.R., Chesñevar C.I., García A.J.: *The Role of Dialectics in Defeasible Argumentation.* **XIV Conferencia Internacional de la Sociedad Chilena de Computación**, La Serena, Chile, 1994.