

# Bases de conocimiento en sistemas multi-agente

Luciano H. Tamargo, Marcelo A. Falappa, Alejandro García

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Inteligencia Artificial  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur  
Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina  
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136  
Email: {lt,maf,ajg}@cs.uns.edu.ar

## Resumen

Esta línea de investigación tiene como objetivo analizar los distintos operadores de mezcla de múltiples fuentes de información desde diferentes teorías. El proyecto involucra el análisis de los operadores de mezcla de la teoría de Revisión de Creencias, Argumentación y desde las Lógicas proposicional y posibilística. En este trabajo, en primer lugar se describen algunos operadores de mezcla desde las teorías ya mencionadas. En base a estas alternativas se propondrá relacionar estos operadores entre sí, y se propondrá redefinir sus conceptos orientando los comportamientos de los mismos a los sistemas multi-agente.

## 1. Introducción

El problema de mezclar múltiples fuentes de información es central en muchas áreas de procesamiento de información tal como sistemas de información cooperativos, problemas de integración de bases de datos, toma de decisiones de múltiples criterios, sistemas multi-agente, etc. En un sistema de múltiples bases de datos dos componentes de bases de datos pueden registrar el mismo ítem de dato pero darle diferentes valores debido a la incompletitud de actualizaciones, un error de sistema, o diferencias en semánticas subyacentes.

Se pueden distinguir dos aproximaciones para tratar con información contradictoria en múltiples fuentes:

- La primer aproximación consiste en mezclar estos ítems de información y construir un conjunto *consistente* de información, la cual representa el resultado de la mezcla [1, 2, 3].
- La segunda aproximación consiste en resolver los conflictos sin mezclar las bases. Esta está basada en la construcción de argumentos y contra-argumentos (derrotadores) y la selección de los más aceptables de estos argumentos [4]. Luego las inferencias son sacadas desde los aceptables.

---

Financiado parcialmente por CONICET (PIP 5050), Universidad Nacional del Sur (PGI 24/ZN11) y Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

Además, cuando se cuenta con prioridades adjuntadas a las piezas de conocimiento, la tarea de hacer frente con la inconsistencia es muy simplificada, dado que los conflictos tienen una mejor oportunidad a ser resueltos. Dos clases de prioridades pueden ser distinguidas: prioridades *implícitas* que son extraídas desde las bases de conocimiento, y las prioridades explícitas que están especificadas fuera de la teoría lógica a la cual son aplicadas.

Cuando la información es modelada en lógica proposicional, existen aproximaciones [5] que definen prioridades implícitas basadas en una distancia, generalmente *distancia de Hamming*. Otros operadores de mezcla han sido propuestos usando prioridades explícitas [1]. Para ellos se consideran las bases posibilísticas, donde la información priorizada es codificada en forma de fórmulas proposicionales pesadas.

Luego, en el trabajo [4] se establece la relación entre la teoría de argumentación y la mezcla de información cuando las prioridades son expresadas tanto implícita como explícitamente. En este artículo, se describirá brevemente un framework de argumentación basado en preferencia para razonar con bases de conocimiento en conflictos, donde cada base podría ser parte de un agente. Este framework usa relaciones de preferencia entre argumentos para determinar los aceptables.

El resto de este trabajo está organizado como sigue. A continuación, en la Sección 2 se presentará un tipo de mezcla que retorna un único conjunto consistente. Dentro de esta sección se presentan algunos operadores de mezcla que están basados en la teoría de revisión. Además, en la Sección 2 también se describe, en forma breve, operadores de mezcla cuando la información cuenta con prioridades implícitas y explícitas. Luego, en la Sección 3, se describirá un framework de argumentación basado en preferencia, y se mostrará la conexión entre el framework de argumentación y las aproximaciones de mezcla basado tanto en prioridades implícitas como explícitas. En la Sección 4 mostraremos, en forma resumida, las tareas en progreso y el objetivo de esta línea de investigación.

## 2. Mezclas que retornan un único conjunto consistente

En la literatura existen diferentes operadores de mezcla que, como se ha mencionado anteriormente, construyen un único conjunto *consistente* de información desde las bases a ser mezcladas. Dicho conjunto representa el resultado de la mezcla. En este trabajo distinguimos dos tipos de operadores que siguen este comportamiento:

- operadores de mezcla que siguen la línea de “Revisión de Creencias”, y
- operadores de mezcla definidos sobre las bases de las prioridades.

### 2.1. Mezclas que siguen la línea de “Revisión de Creencias”

Los operadores que siguen la línea de “Revisión de Creencias” se definen mediante representaciones axiomáticas, esto es, se caracterizan en términos de postulados que describen formalmente su comportamiento. Esta axiomatización está definida, en general para la mezcla de dos bases de creencias. Por ejemplo, Fuhrmann propone en [2] un operador de mezcla como una forma diferente de revisión no priorizada. Él define un operador de mezcla en el cual dos bases de conocimiento pueden combinarse en una. El operador de mezcla abre la posibilidad de que la nueva información sea parcialmente o totalmente ignorada si la vieja información es más fuerte.

Otra alternativa a este tipo de operadores de mezcla es la que ofrece Liberatore en [3]. Éste operador lo llamó “*arbitración*” y a diferencia del anterior, este es parametrizable, y ofrece la alternativa de capturar los cambios en el mundo como lo hace Katsuno y Mendelzon en la definición de la *teoría de updating* [6].

## 2.2. Mezclas definidas sobre las bases de las prioridades

En esta sección se presentarán algunos operadores de mezcla definidos sobre las bases de las prioridades. Como se ha mencionado arriba, existen dos clases de prioridades que pueden ser distinguidas: las prioridades implícitas las cuales son extraídas desde una base de conocimiento, y las prioridades explícitas las cuales están dadas en términos de pesos asociados a las piezas de información en una base de conocimiento, como es el caso en las bases lógicas posibilísticas. Hay que notar que a diferencia de los operadores descritos arriba, éstos están definidos para mezclar  $n$  bases.

### 2.2.1. Mezcla de información proposicional: uso de prioridades implícitas

Dado un conjunto de  $n$  bases proposicionales, este tipo de mezcla asume prioridades implícitas y retorna una única base consistente [5]. Las prioridades se basan en la distancia entre interpretaciones y las bases a ser mezcladas. Los tres pasos básicos seguidos para definir esta mezcla basada en distancia son:

1. Ordenar el conjunto de interpretaciones con respecto a cada base proposicional computando una distancia local, entre cada interpretación y cada base a ser mezclada. La distancia local está basada en la distancia de Hamming.
2. Ordenar el conjunto de interpretaciones con respecto a todas las bases proposicionales. Esto conduce a la distancia global desde la agregación de distancias locales usando un operador de mezcla. En base a esta distancia global se define una relación de orden entre interpretaciones.
3. Por último, el resultado de la mezcla está definido como los modelos mínimos según la relación de orden mencionada en el ítem anterior.

### 2.2.2. Mezcla de información priorizada en lógica posibilística

Aquí la información priorizada es representada en lógica posibilística [1]. A nivel sintáctico, las bases de conocimientos posibilísticas son un conjunto de fórmulas pesadas de la forma  $B = \{(\phi_i, a_i) | i = 1, \dots, n\}$ , donde  $\phi_i$  es una fórmula proposicional y  $a_i$  pertenece a una escala totalmente ordenada tal como el intervalo  $[0, 1]$ . El par  $(\phi_i, a_i)$  significa que el grado de certeza de  $\phi_i$  es al menos igual a  $a_i$ .

El proceso de mezcla de información provisto con prioridades explícitas cuenta con dos pasos:

1. Desde el conjunto de bases posibilísticas, se computa una nueva base, llamada la *base agregada*, la cual es generalmente inconsistente.
2. Desde la nueva base se infieren las conclusiones.

Una base agregada es un conjunto de pares fórmula-peso, donde las fórmulas son disyunciones entre fórmulas de diferentes tamaños tomadas desde las bases a ser mezcladas. El peso de cada disyunción es determinado por un operador de mezcla posibilístico que toma como entrada los diferentes pesos de las piezas de información que componen la disyunción en cuestión. El resultado de la mezcla es el conjunto de fórmulas mejor pesadas que no presentan inconsistencias entre sí y que se infieren desde la *base agregada*.

### 3. Framework básico de argumentación

La argumentación es un modelo de razonamiento basado en la construcción y la comparación de argumentos. Los frameworks de argumentación han sido desarrollados para la toma de decisiones bajo incertidumbre, y otros para manejar inconsistencia en bases de conocimiento donde la conclusión es justificada por argumentos. Los argumentos representan las razones para creer en un hecho. Un proceso de argumentación sigue los siguientes 5 pasos:

1. Construcción de argumentos desde las bases.
2. Definir la fortaleza de aquellos argumentos.
3. Determinar los diferentes conflictos entre los argumentos.
4. Evaluación de la *aceptabilidad* de los diferentes argumentos.
5. Concluir o definir las conclusiones justificadas.

Un framework de argumentación es una terna  $\langle \mathcal{A}, \mathcal{R}, \succeq \rangle$ , donde  $\mathcal{A}$  es un conjunto de argumentos,  $\mathcal{R}$  es una relación binaria que representa la relación de derrota entre argumentos y  $\succeq$  es un pre-orden (parcial o completo) sobre  $\mathcal{A} \times \mathcal{A}$ . Para más información sobre sistemas de argumentación concretos ver [7, 8].

#### 3.1. Mezcla de información con argumentación

Para recuperar los resultados de los diferentes operadores de mezcla dentro de un framework de argumentación, se necesita especificar las definiciones de argumento, la relación de rebatibilidad entre argumentos, y finalmente de la relación de preferencia entre argumentos. Desde una base de conocimiento proposicional se pueden definir los diferentes argumentos. En este contexto, los argumentos son pares de la forma  $\langle H, h \rangle$ , donde  $H$  es llamado el soporte y  $h$  la conclusión del argumento.  $h$  es una fórmula de un lenguaje proposicional y  $H$  es un subconjunto minimal y consistente de una base proposicional que deduce  $h$ .

##### 3.1.1. Mezcla de información con argumentación: prioridades implícitas

Con el objetivo de capturar los resultados de las aproximaciones de mezcla descritas en 2, un argumento toma su soporte desde la unión de todas las bases a ser mezcladas. Luego la idea básica es asociar al soporte de cada argumento una *fuerza*. Esta última corresponde a la distancia mínima entre el soporte del argumento y las diferentes bases a mezclar. La fuerza de un soporte corresponde en algún sentido a la distancia global. La misma hace posible definir una relación de preferencia entre argumentos. De esta manera, basado en la relación de preferencia, se obtienen diferentes resultados de la mezcla que corresponden a la unión de los conjuntos de interpretaciones que modelan los conjuntos de argumentos libres de conflictos [9].

##### 3.1.2. Mezcla de información con argumentación en lógica posibilística

Un argumento aquí es construido desde el conjunto de fórmulas formadas por la unión de las disyunciones y conjunciones de fórmulas pertenecientes a las bases a ser mezcladas. Cuando se cuenta con prioridades explícitas entre las creencias, tal como grados de certeza, una relación de preferencia entre argumentos puede ser definida de forma que los argumentos que usan las creencias más certeras

serán encontrados más fuertes que los que usan creencias menos certeras. La fuerza de un argumento corresponde al grado de certeza de la creencia menos certera involucrada en el argumento.

Luego, siguiendo la relación de preferencia mencionada anteriormente, y las diferentes relaciones de ataques entre argumentos, se obtiene como resultado de la mezcla el conjunto de creencias mejor pesado que está libre de conflictos [4].

## 4. Tareas en progreso y trabajo a futuro

En los sistemas multi-agente cada agente puede estar representado por una base de conocimiento. Las diferentes bases de los agentes pueden estar en conflictos entre ellas. En un entorno colaborativo donde los agentes comparten información, es necesario disponer de un operador de mezcla que solucione dicho conflicto. Es por esto, que esta línea de investigación busca relacionar los operadores de mezcla con las nociones de sistemas multi-agentes. Para ello, se está realizando un análisis de los diferentes operadores de mezcla que han sido propuestos en distintas áreas de investigación. Como se ha visto a lo largo de este trabajo, existen varios enfoques que definen la mezcla entre múltiples bases. Una aproximación, consiste en mezclar estos items de información y construir un conjunto *consistente* de información. Otra aproximación, consiste en resolver los conflictos sin mezclar las bases. Esta está basada en la construcción de argumentos y contra-argumentos (derrotadores) y la selección de los más aceptables de estos argumentos. Una vez realizado un análisis profundo de los operadores de mezcla existentes, se buscará relacionar estos operadores, y se intentará redefinir sus conceptos orientando los comportamientos de los mismos a los sistemas multi-agentes.

## Referencias

- [1] Salem Benferhat, Didier Dubois, Souhila Kaci, and Henri Prade. Possibilistic merging and distance-based fusion of propositional information. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 34(1-3):217–252, 2002.
- [2] Andre Fuhrmann. An essay on contraction. *Studies in Logic, Language and Information, CSLI Publications, Stanford, California*, 1997.
- [3] Paolo Liberatore and Marco Schaerf. Arbitration: A commutative operator for belief revision. In *WOFAI*, pages 217–228, 1995.
- [4] Leila Amgoud and Souhila Kaci. An argumentation framework for merging conflicting knowledge bases. *Int. J. Approx. Reasoning*, 45(2):321–340, 2007.
- [5] Sébastien Konieczny and Ramón Pino Pérez. On the logic of merging. In *KR*, pages 488–498, 1998.
- [6] Hirofumi Katsuno and Alberto O. Mendelzon. On the difference between updating a knowledge base and revising it. In *KR*, pages 387–394, 1991.
- [7] Carlos Chesñevar, Ana Maguitman, and Ronald Loui. Logical models of argument. *ACM Computing Surveys*, 32(4):337–383, 2000.
- [8] H. Prakken and G. Vreeswijk. Logical.
- [9] Leila Amgoud and Simon Parsons. An argumentation framework for merging conflicting knowledge bases. In *JELIA*, pages 27–37, 2002.