

Sistema Multi-agente para modelar Procesos de Consenso en Toma de Decisión en Grupo a Gran Escala usando Técnicas de Soft Computing

Doctorando: Iván Palomares Carrascosa
Director: Luis Martínez López

Grupo de Investigación “Sistemas Inteligentes basados en Análisis de Decisión Difuso” (Sinbad²). Departamento de Informática, Universidad de Jaén.
e-mail: ivanp@ujaen.es
<http://sinbad2.ujaen.es>

Palabras clave: Toma de Decisiones; Procesos de Alcance de Consenso; Sistemas Multi-agente; Soft Computing

1. Introducción

La *Toma de Decisiones* (TD) es un proceso habitual en las actividades cotidianas de los seres humanos, cuando nos enfrentamos a situaciones en las que existen varias alternativas, y debemos decidir cuál de ellas es la mejor o cuál llevar a cabo. Los llamados problemas de *Toma de Decisión en Grupo* (TDG), caracterizados por la participación de múltiples expertos con diferentes puntos de vista, han adquirido especial importancia e interés investigador dentro del área de la TD en las últimas décadas [4]. Tradicionalmente, los problemas de TDG se han resuelto aplicando únicamente un proceso de selección de alternativas [2], en el que se escoge la mejor alternativa o subconjunto de ellas, sin tener en cuenta el nivel de acuerdo existente entre los expertos. Una consecuencia de ello es la posibilidad de tomar decisiones que no sean aceptadas como buenas por parte de algunos expertos, porque consideren que sus preferencias no han sido tenidas en cuenta. Por esta razón, el estudio de los *Procesos de Consenso* en la resolución de problemas de TDG se ha convertido en un importante campo de investigación en el ámbito de la TD [3, 7]. Habitualmente, en los procesos de consenso los expertos discuten y modifican sus preferencias, bajo la supervisión de una figura humana conocida como *moderador*, con el fin de aproximar dichas preferencias y alcanzar un alto nivel de acuerdo antes de tomar una decisión [7].

Entre los resultados de las numerosas investigaciones llevadas a cabo en el ámbito de los procesos de consenso, cabe destacar:

- La definición de un gran número de *modelos teóricos de consenso*, para ayudar a llevar a cabo dichos procesos [3].
- La definición de diferentes *medidas de consenso*, es decir, indicadores para medir el nivel de acuerdo alcanzado entre los expertos [4], normalmente basados en el empleo de medidas de similitud entre expertos y operadores de agregación de preferencias [1].

- El desarrollo de *Sistemas de Apoyo al Consenso* (SAC), que son sistemas basados en técnicas inteligentes que implementan los modelos de consenso propuestos, con el fin de automatizar las tareas llevadas a cabo por el moderador humano y eliminar la posible subjetividad del mismo.

2. Hipótesis de partida

Los modelos y enfoques hasta ahora propuestos para llevar a cabo procesos de consenso se han centrado normalmente en problemas de TDG en los que participa un reducido número de expertos. Sin embargo, debido a la reciente evolución de nuevos paradigmas tecnológicos y entornos que hacen posible la participación de un elevado número de individuos en procesos de TD (tales como redes sociales, e-democracia, etc.), los llamados problemas de *TDG a Gran Escala* han adquirido una relevancia cada vez mayor en los últimos años. Los resultados obtenidos hasta el momento a partir de estudio de los procesos de consenso no son suficientes en estas situaciones, ya que aparecen nuevos problemas y aspectos que requieren un mayor estudio para la mejora de procesos de discusión por parte de un elevado número de expertos. Algunos de estos problemas son los siguientes:

- La necesidad de *supervisión constante por parte de los expertos* involucrados en el problema de TDG, para revisar y modificar sus preferencias durante el proceso de consenso. Cuando el número de expertos participantes es elevado, este hecho puede suponer un elevado coste temporal invertido en alcanzar un acuerdo, así como la posibilidad de que algunos expertos eventualmente pierdan motivación e interés en el problema a abordar.
- La mayoría de los SAC propuestos hasta la fecha se centran únicamente en procesos de consenso con un reducido número de expertos. Sin embargo, los problemas de TDG a gran escala requieren de una alta escalabilidad para facilitar el manejo de grandes cantidades de información relativa a las preferencias de los expertos. Por esta razón, surge la necesidad de *desarrollar SAC basados en arquitecturas altamente escalables*, que sean capaces de dar soporte a este tipo de problemas de forma efectiva.
- La existencia de *subgrupos de expertos que intentan manipular el proceso de discusión* desviando la opinión colectiva a su favor, es frecuente en muchos de problemas de TDG llevados a cabo mediante procesos de consenso en la vida real. Dichos comportamientos suelen dificultar el alcanzar un acuerdo. Además, en problemas de TDG a gran escala, identificar y gestionar estos comportamientos puede resultar especialmente complejo sin la ayuda de enfoques y herramientas adecuados para tal fin.
- Conocer la visión o *actitud de los expertos participantes hacia el alcance de consenso* en cada problema a abordar, es un aspecto importante a tener en cuenta para optimizar el proceso de consenso y adaptarlo a dicha actitud. Al tratar con grandes grupos, determinar y reflejar dicha actitud en el proceso a través de las medidas de consenso utilizadas, puede resultar complejo sin la elección una medida adecuada para ello.

- La necesidad de *conocer y entender la situación actual del problema* de forma simple, a partir de las posiciones de los expertos según sus preferencias, puede ayudar en el proceso de discusión del consenso. Hasta ahora, los modelos matemáticos subyacentes a los modelos y SAC existentes eran suficientes para obtener e interpretar esta información con cierta facilidad, debido al reducido número de participantes en los problemas. Sin embargo, la gran cantidad de información utilizada en problemas de TDG a gran escala hace necesario el empleo de herramientas de apoyo basadas en la representación visual de dicha información, que permitan hacerla más interpretable y así monitorizar fácilmente el estado actual del problema.

La constante evolución y los retos actuales presentes en los problemas de TDG a gran escala, nos llevaron al comienzo de esta investigación a plantearnos la siguiente **hipótesis de partida**: *Los modelos de consenso y SAC actuales no son capaces de satisfacer las necesidades actuales de los problemas de TDG a gran escala. Los procesos de consenso llevados a cabo por dichos modelos y sistemas son excesivamente rígidos, debido principalmente a la alta supervisión requerida por los expertos humanos. Por ello, es necesario flexibilizar el proceso de consenso mediante mecanismos de semi-supervisión, y optimizarlo teniendo en cuenta la actitud de los expertos. Además, el manejo de grandes grupos de expertos acentúa la necesidad de diseñar sistemas basados en arquitecturas altamente escalables, distribuidas y capaces de soportar el manejo de grandes cantidades de información de manera efectiva, así como de detectar comportamientos contrarios al alcance de consenso y monitorizar el proceso de discusión, mediante herramientas que nos ayuden a ello.*

3. Objetivos

En base a la hipótesis de partida expuesta, el **propósito** inicialmente fijado en esta Tesis Doctoral fue el de desarrollar un SAC basado en la tecnología de *sistemas multi-agente* [8], caracterizada por su alta escalabilidad y capacidades de computación distribuida, que permitiese implementar diversos modelos de consenso nuevos y existentes, junto con diversas técnicas de soft computing para la mejora y automatización de los procesos de consenso en TDG a gran escala. Para conseguir este propósito, se consideraron los siguientes **objetivos**:

1. Desarrollo de un **modelo de autonomía semi-supervisada** que permita conseguir un alto grado de **automatización** en las tareas llevadas a cabo por los expertos humanos, reduciendo así el coste temporal invertido en las mismas. Dicho modelo ha de permitir a los expertos humanos delegar en agentes inteligentes para la discusión y modificación de sus preferencias de forma autónoma, con el fin de reducir el coste invertido en los procesos de consenso con grandes grupos, aunque en determinadas ocasiones en las que el sistema proponga cambios importantes en las opiniones, los agentes pueden solicitar la supervisión del experto humano correspondiente.

2. Integración en el SAC de mecanismos para **detectar y penalizar comportamientos contrarios al consenso**, es decir, situaciones en las que un experto o subgrupo de expertos con intereses similares no están dispuestos a modificar sus opiniones iniciales hacia un acuerdo global, e intentan desviar la opinión colectiva a su favor.
3. **Integración**, en los modelos de consenso implementados en el SAC, **de la actitud del grupo hacia el consenso**, que viene determinada por la importancia que los expertos dan a sus convicciones propias respecto a la importancia dada al alcance de consenso. Dicha actitud debe reflejarse en las medidas de consenso utilizadas para determinar el nivel de acuerdo alcanzado, con el fin de optimizar el proceso de consenso en función de la actitud adoptada por el grupo en un problema determinado.
4. Construcción de una **herramienta gráfica de monitorización**, que facilite un análisis visual de las preferencias y posiciones de acuerdo/desacuerdo entre los expertos durante el proceso de consenso.

4. Metodología y Plan de Trabajo

La **metodología** a seguir para el desarrollo de la investigación conducente a esta tesis doctoral abarca una vertiente teórica y una vertiente práctica.

En la **vertiente teórica**, partiendo de un estudio profundo de los modelos y enfoques de consenso existentes, se estudió en primer lugar su posible adaptación a un contexto basado en sistemas multi-agente. Además, se han revisado en profundidad diversas técnicas de soft computing, toma de decisiones bajo incertidumbre, modelado de preferencias y tecnologías multi-agente. En base a las técnicas revisadas, se han propuesto los modelos y herramientas necesarios para alcanzar los objetivos anteriormente propuestos. Por último, se ha definido un operador de agregación, y una medida de consenso basada en dicho operador, que permite integrar la actitud del grupo de expertos en el proceso de consenso.

En la **vertiente práctica**, nos hemos planteado construir las siguientes herramientas:

- (i) Un SAC basado en una plataforma multi-agente, que desarrolle las ideas propuestas en la vertiente teórica y permita implementar múltiples modelos de consenso de forma flexible.
- (ii) Un mecanismo de semi-supervisión basado en modelos de negociación, para dotar a los agentes inteligentes del SAC con un alto grado de autonomía para llevar a cabo de forma efectiva las tareas de supervisión de preferencias normalmente llevadas a cabo por los expertos humanos durante el proceso de consenso.
- (iii) Un mecanismo para la detección y manejo de comportamientos grupales contrarios al consenso.
- (iv) Una herramienta de monitorización para facilitar el análisis visual del problema durante el proceso de consenso.

La Tesis Doctoral se está desarrollando según el siguiente **plan de trabajo**:

- T1. Puesta al día bibliográfica:** Revisión de los modelos y enfoques de consenso presentes en la literatura para problemas de TDG, centrada en problemas que tienen lugar en ambientes de incertidumbre. Estudio de metodologías, arquitecturas y aplicaciones de los sistemas multi-agente. Revisión de técnicas de soft computing a utilizar en el desarrollo de la tesis.
- T2. Desarrollo de las propuestas.** Se trata del núcleo de la tesis y comprende:
- i) Definir y proponer una arquitectura multi-agente altamente escalable, capaz de reemplazar al moderador humano en los procesos de consenso, y construir un SAC basado en dicha arquitectura.
 - ii) Proponer un modelo de autonomía semi-supervisada, basado en modelos de negociación entre agentes inteligentes, para conseguir un alto grado de automatización de las tareas realizadas por los expertos humanos en los procesos de consenso.
 - iii) Definir un operador de agregación capaz de reflejar la actitud del grupo hacia el consenso, y definir modelos de consenso que integren dicha actitud en el proceso y permitan una optimización del mismo.
 - iv) Definir una metodología para detectar y manejar comportamientos grupales contrarios al consenso, mediante técnicas de clustering difuso [6]. Integrar dicha metodología en los modelos de consenso definidos.
 - v) Propuesta de una herramienta de monitorización, basada en mapas auto-organizativos [5], para analizar visualmente el proceso de consenso.

5. Relevancia

Se pretende que las soluciones alcanzadas en esta investigación sean aplicadas a problemas reales de TDG basados en *e-democracia* y *redes sociales*, y que sea ampliable a otros campos y áreas, como por ejemplo entornos de comercio electrónico para compras en grupo (*e-marketplaces*) y *sistemas de recomendación en grupo*. También se pretende llevar a cabo la *transferencia* del SAC desarrollado para su utilización en entornos académicos, empresariales y organizativos, así como en administraciones locales.

A nivel científico, actualmente se han divulgado y publicado los resultados hasta ahora obtenidos en varias *revistas internacionales* de impacto, tales como: *Soft Computing*, *Knowledge-based Systems*, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, *Expert Systems with Applications*, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems*, etc; así como en *congresos y workshops* de ámbito nacional e internacional, como ISKE, PAAMS, ISDA, AGOP, ESTYLF, LFSC (EUSFLAT), etc.

Publicaciones actuales relacionadas con el Proyecto de Tesis:

1. I. Palomares and L. Martínez. A Semi-Supervised Multi-Agent System Model to support Consensus Reaching Processes. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Accepted on June 26th, 2013.
2. I. Palomares, L. Martínez, and F. Herrera. A Consensus Model to Detect and Manage Non-cooperative Behaviors in Large Scale Group Decision Making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, In Press, 2013.

3. I. Palomares, J. Liu, Y. Xu, and L. Martínez. Modelling experts' attitudes in Group Decision Making. *Soft Computing*, 16(10):1755-1766, 2012.
4. I. Palomares, R.M. Rodríguez, and L. Martínez. An attitude-driven web consensus support system for heterogeneous group decision making. *Expert Systems with Applications*, 40(1): 139-149, 2013.
5. I. Palomares, P.J. Sánchez, F.J. Quesada, F. Mata, and L. Martínez. COMAS: A Multi-agent System for Performing Consensus Processes. *Advances in Intelligent and Soft Computing*, 91: 125-132, Springer (Berlin), 2011.

Referencias

1. G. Beliakov, A. Pradera, and T. Calvo. *Aggregation Functions: A Guide for Practitioners*. Springer, 2007.
2. F. Herrera, E. Herrera-Viedma, and J. Verdegay. A sequential selection process in group decision making with linguistic assessments. *Information Sciences*, 85(1995):223-239, 1995.
3. E. Herrera-Viedma, J.L. García-Lapresta, J. Kacprzyk, M. Fedrizzi, H. Nurmi, S. Zadrozny, and (Eds.). *Consensual Processes. Studies in Fuzziness and Soft Computing*, volume 267. Springer, 2011.
4. J. Kacprzyk. Group decision making with a fuzzy linguistic majority. *Fuzzy Sets and Systems*, 18(2):105-118, 1986.
5. T. Kohonen. *Self-organizing maps*. Heidelberg: Springer, 1995.
6. W. Pedrycz. *Knowledge-based Clustering*. Wiley, 2005.
7. S. Saint and J. R. Lawson. *Rules for Reaching Consensus. A Modern Approach to Decision Making*. Jossey-Bass, 1994.
8. M. Wooldridge. *An introduction to Multiagent Systems (2nd Ed.)*. John Wiley and Sons, 2009.