

SISTEMA DE APOYO A LA DECISIÓN MULTICRITERIO EN GRUPO: INFLUENCIA DE LA COORDINACIÓN PARALELA Y SECUENCIAL EN LA ACTUACIÓN DE UN GRUPO COLABORATIVO

Pavel Anselmo Álvarez Carrillo

Universidad de Occidente
Blvd. Lola Beltrán y Blvd. Rolando Arjona s/n,
Culiacán, Sinaloa, México
pavel.alvarez@udo.mx,

Juan Carlos Leyva López

Universidad de Occidente
Blvd. Lola Beltrán y Blvd. Rolando Arjona s/n,
Culiacán, Sinaloa, México
juan.leyva@udo.mx

RESUMEN

En un proceso de análisis de decisión multicriterio de grupo se requiere una adecuada coordinación de las actividades tanto en grupos fuertemente acoplados como en grupos débilmente acoplados. Este documento se centra en analizar la influencia que presentan los modos de coordinación secuencial y paralelo en la actuación de un grupo colaborativo en el proceso y en los resultados de la decisión. Aquí presentamos una investigación en curso, específicamente en la etapa de experimentación. El experimento se realiza sobre un estudio de caso que simula una situación real de toma de decisión en grupo; la elección de la ubicación de un local comercial para establecer una franquicia Mexicana de tipo coffee shop. Para este proyecto se desarrolló previamente un sistema de apoyo a la decisión multicriterio en grupo (SADMG) basado en web. El SADMG es un instrumento importante en el diseño experimental que aquí presentamos.

PALABRAS CLAVE. Sistemas de apoyo a la decisión multicriterio en grupo, Modos de coordinación, Métodos ELECTRE

Apoyo a la Decisión Multicriterio, IO en Telecomunicaciones y Sistemas de Información

ABSTRACT

In a group multi-criteria decision aiding process an adequate coordination is required for the activities of the loosely coupled and tightly coupled collaborative groups. This paper aims to study the influence of the parallel and sequential coordination mode on the decision making process and on the achieved results. This paper discusses an ongoing research project on the experimental study. The experiment is a case study regarding a group decision making real situation, the location of a commercial store to setting up a Mexican coffee shop franchise. For this project a multi-criteria group decision support system (MCGDSS) web based was previously developed. The MCGDSS include the coordination modes with two preference aggregation schemes to solve multi-criteria ranking problems.

KEYWORDS. Multi-criteria group decision support system, Coordination modes, ELECTRE methods.

Multicriteria Decision Support, OR in Telecommunications and Information Systems

1. Introducción

La toma de decisión en grupo es un proceso frecuente que se lleva a cabo por personas que tienen marcos de referencia diversos acerca del problema y de cómo debe resolverse; es decir, los decisores presentan diferentes sistemas de valores (Roy, 1996). Este es un factor que complica el proceso de decisión en grupo, donde la falta de estructuración del problema, la diversidad de pensamiento y la carencia de una adecuada coordinación en la integración de las preferencias son elementos que agudizan el problema y dificultan la forma en que debe tratarse.

En una reunión de grupo se pueden presentar diversos elementos que dificultan un entendimiento en común. Estos pueden ser; las jerarquías de los participantes, las extensas discusiones, la diversidad de pensamiento, así como otros aspectos individuales de los participantes para comunicarse adecuadamente. Añadido a esto se presenta también la falta de tiempo de los miembros del grupo y la diferencia de distribución geográfica entre ellos. No sólo se torna complejo la resolución del problema, también se dificulta planificar reuniones accesibles para los participantes. Esto último indica que la definición de un plan de reunión debe considerar los tiempos y espacios de los miembros del grupo. En el mejor de los casos todos los decisores coinciden en tiempo y espacio para participar en cada sesión y actividad de la reunión. En el peor de los casos los decisores no pueden coincidir en tiempo y espacio, por lo tanto, no pueden cumplir con la agenda de trabajo. Esta última situación presenta un ambiente de trabajo distribuido y asíncrono pues los decisores se encuentran en lugares geográficos distintos con horarios que comprometen su disponibilidad en el seguimiento de la agenda de trabajo.

En esta investigación se estudia la influencia de los modos de coordinar el proceso de decisión en grupo bajo un ambiente distribuido y asíncrono. El proceso de decisión está embebido en un SADMG que permite realizar un plan de reunión estructurado y flexible basado en una agenda de reunión y un modelo de discusión. Parte de los resultados obtenidos hasta el momento son; el desarrollo de un SADMG y una prueba piloto del proceso de decisión que resuelve un problema basado en una situación real de negocios en el modo de coordinación paralelo y en el modo de coordinación secuencial.

Para profundizar en la coordinación del proceso de decisión en grupo bajo un ambiente distribuido y asíncrono, se organiza el documento de la siguiente forma. En la Sección 2 se presenta una descripción detallada del proceso de decisión multicriterio en grupo, considerando diferentes enfoques de agregación de preferencias y por consecuencia dos modos de coordinar las actividades del proceso. En la Sección 3 se describe la implementación de un SADMG basado en la web y adaptado a la metodología de estudio. El objetivo del estudio y un diseño experimental como etapa subsecuente del desarrollo del sistema se describen con lineamientos específicos en la Sección 4. Por último en la Sección 5 se presentan breves conclusiones.

2. Integración de preferencias en el proceso de análisis decisión multicriterio en grupo

El proceso de decisión que se realiza en este estudio trata el problema de ranking multicriterio, que consiste en cómo ordenar un conjunto de alternativas, teniendo evaluaciones en términos de varios criterios, en orden decreciente de preferencia. Por un lado la dinámica de este problema se realiza por un decisor o un grupo de decisores que debe estar de acuerdo en cada etapa del proceso. Por otro lado se presenta el problema de agregar rankings individuales para crear un consenso de ranking representativo de grupo. Esta última situación particular del problema de ranking multicriterio ha recibido mucha atención en la literatura de toma de decisiones en grupo. El problema surge en situaciones donde se le pide un grupo de tomadores de decisión que generen un ordenamiento de un conjunto de alternativas. El problema es el de cómo combinar los rankings de los decisores en un ranking de consenso.

El proceso de decisión en grupo corresponde a un conjunto de actividades de interdependencia de tareas y autonomía de los individuos. La coordinación de este proceso corresponde a esquemas de agregación de preferencias para construir una decisión colectiva. En este sentido existen dos enfoques de integración de preferencias.

2.1 Integración de preferencias de grupo

Leyva y Fernández (2003) diferencian dos principales enfoques generales que utilizan la técnica de apoyo a la decisión multicriterio para agregar preferencias de grupo:

- A. Al grupo se le solicita estar de acuerdo con las alternativas, criterios, valores, pesos, umbrales y parámetros restantes. Cerrada la discusión y reunida toda la información, se modelan los datos proporcionados por el grupo para representar la opinión colectiva y generar un ranking mediante un modelo de decisión multicriterio.
- B. Cada miembro del grupo puede definir sus propios criterios, evaluaciones y parámetros del modelo. Con el método de ayuda a la decisión multicriterio se genera un ranking personal. Aquí, cada decisor es considerado como un criterio separado; la información preferencial es en un ranking final colectivo.

Por un lado, Leyva y Fernández (2003) afirman que el enfoque *A* se desempeña bien cuando las evaluaciones de los parámetros del modelo no muestran una fuerte divergencia, o cuando el ranking final es suficientemente robusto. Por otro lado, las preferencias de cada decisor sobre diferentes criterios como opiniones y prioridades pueden ser modeladas por el enfoque *B*. Concentrándonos en los métodos de sobreclasificación, el enfoque *A* y el enfoque *B* han sido atendidos por diversos métodos multicriterio en estudios diferentes. Entre los más conocidos están promethee (Brans et al., 1984) y ELECTRE (Rogers et al., 2000; Hokkanen y Salminen, 1994; Salminen et al., 1998) para el enfoque *A*; y GDSS-promethee (Macharis et al., 1998) y ELECTRE-GD (Leyva y Fernández, 2003) para el enfoque *B*.

El análisis que presentamos en este trabajo está basado esencialmente en los dos enfoques anteriores, debido a que en ellos se identifica un concepto de grupo colaborativo similar a los modos de coordinación que describimos en la Sección 2.2, donde de los participantes miembros de un grupo tienen el objetivo general en común de establecer una decisión en consenso con la agregación de sus preferencias y de acuerdo con reglas y prioridades definidas. El proceso de agregación de preferencias está relacionado con la decisión multicriterio en grupo en las actividades interdependencia de tareas y autonomía de los individuos en el grupo.

La toma de decisión ha sido ampliamente estudiada desde estos dos enfoques anteriores. Específicamente para el problema de ranking multicriterio, el método ELECTRE-III (Roy, 1990) y el método ELECTRE-GD (Leyva y Fernández, 2003) han tenido una aceptación significativa en el enfoque *A* y *B* respectivamente. Sin embargo los estudios en el desarrollo de estos métodos han superado la atención a los estudios relacionados a la influencia de tales enfoques en el proceso de la decisión y los resultados de la decisión final.

En una revisión exhaustiva de la literatura se encontró que Cao et al. (2004) integraron estos dos enfoques en un proceso sistematizado de apoyo a la decisión en grupo, mediante la implementación del método de suma aditiva pesada y el método de borda. Los autores intentaron comparar la influencia en la percepción de los decisores. Sin embargo, este estudio puede ser considerado como exploratorio debido a las limitantes del tamaño de la muestra, cuestionable en el método de suma aditiva pesada en su ordenamiento final de alternativas y cuestionable en el método de borda en problemas multicriterio complejos.

La falta de adopción de metodologías de apoyo a la decisión multicriterio en grupo y la falta de información suficiente que justifique el uso de uno u otro modo de coordinación del proceso de toma de decisión multicriterio en grupo, son elementos palpables que indican la necesidad de desarrollar una herramienta de apoyo a la decisión multicriterio en grupo basada en la Web que permita trabajar con diferentes esquemas de agregación de preferencia (Perreiras et al., 2010). En el presente estudio nos enfocamos en diferentes modos de coordinación que corresponden a dos esquemas de consenso basados en diferentes procedimientos de agregación de preferencias para construir una decisión colectiva, como son el enfoque *A* y *B*. Los esquemas de decisión resultan de diferentes modos de coordinación, que Cao y Burstein (2000) denominan modos de coordinación secuencial y paralelo respectivamente. Estos esquemas de agregación se desarrollaron con los métodos ELECTRE III y ELECTRE-GD en el SADMG para la coordinación secuencial y paralela respectivamente.

2.2 Modos de coordinación

El proceso de toma de decisión está constituido por un conjunto de actividades en cada una de las etapas de la reunión. Las actividades de grupo pueden ser realizadas de forma individual o consensuada. Sin embargo, lo que hace que una actividad sea en conjunto son los esfuerzos de coordinación que gestiona el proceso de trabajo hacia su propósito social (Clark, 1996). Para nuestro estudio, el proceso de toma de decisiones multicriterio en grupo se define como el decidir sobre la frecuencia de agregar preferencias individuales las cuales reflejan el grado en que las actividades individuales en el grupo deben ser acopladas en términos de procedimientos; y cómo las preferencias individuales deben ser agregadas en términos de algoritmos (Cao et al., 2004). Para una coordinación asíncrona, ambiente estudiado en este proyecto, Wang y French (2008) afirman que necesita más regulaciones y reglas definidas explícitamente, como retroalimentación; y reconocen también que la reparación de malos entendidos es más lenta que en la colaboración sincronizada.

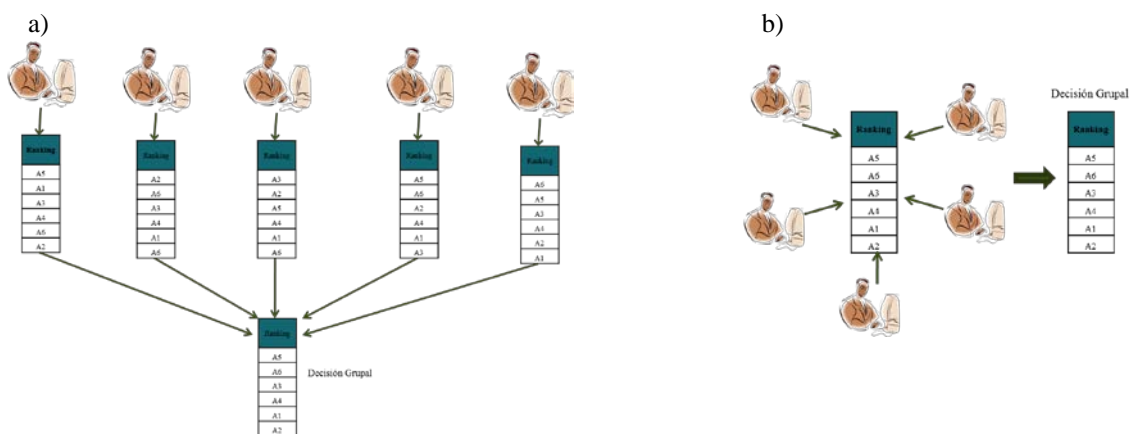


Figura 1. Esquema del modo de coordinación secuencial y paralelo

En un grupo de colaboradores que interactúa para obtener soluciones en consenso se realizan acciones y procedimientos individuales, y grupales que deben ser coordinados para llevar orden, control y un adecuado proceso de decisión en grupo.

Coordinación secuencial: En esta coordinación se selecciona en grupo las preferencias (criterios, valoraciones de las alternativas y parámetros del modelo) conforme se desarrolla el proceso de toma de decisiones. La Figura 1 b) ilustra el esquema de trabajo del enfoque A, aquí cada miembro del grupo expresa sus opiniones integrando sus preferencias con las del grupo en cada actividad del proceso. Para que una de las actividades sea declarada terminada se requiere que el grupo llegue a cierto nivel de consenso, sólo así podrán proseguir a un siguiente paso. Este procedimiento se realiza en cada etapa del proceso antes de continuar a la siguiente etapa.

Coordinación paralela: Esta coordinación está basada en el enfoque B, pues aquí se presentan casos en los que un participante desea trabajar de manera aislada la mayoría de las fases del proceso de toma de decisiones. En la Figura 1 a) se ilustran los ranking individuales como resultado de las propuestas de los parámetros de cada decisor (criterios, valoraciones de las alternativas y parámetros del modelo). Estos resultados individuales son integrados para construir un ranking colectivo temporal.

En un ambiente de trabajo asíncrono y distribuido, las actividades deben realizarse y coordinarse mediante un sistema de apoyo a la toma de decisiones multicriterio en grupo. Para ejemplificar de forma clara la coordinación del proceso de decisión se describe las siguientes ilustraciones. La Figura 2 ilustra la etapa inicial, esta etapa se lleva a cabo como una fase de conocimiento y de estructuración del problema. Una vez discutido y entendido el problema se selecciona la forma de trabajo (coordinación) del proceso de decisión. Si se opta por trabajar de forma aislada, es decir, en paralelo las actividades se llevan a cabo como se ilustra en la

Figura 3 a). Cada miembro del grupo trabajará de forma independiente a través de la mayoría de los pasos durante el proceso de toma de decisión. Por otro lado, si se requiere trabajar con mayor discusión entre los miembros del grupo y seleccionan la coordinación secuencial, los pasos corresponden a la Figura 3 b). La coordinación secuencial requiere que el grupo esté de acuerdo en cada etapa del proceso, si el grupo es insatisfecho con el resultado en alguna etapa, puede regresar a cualquier paso anterior para rehacer la actividad.



Figura 2. Fase inicial del proceso de toma de decisiones en grupo

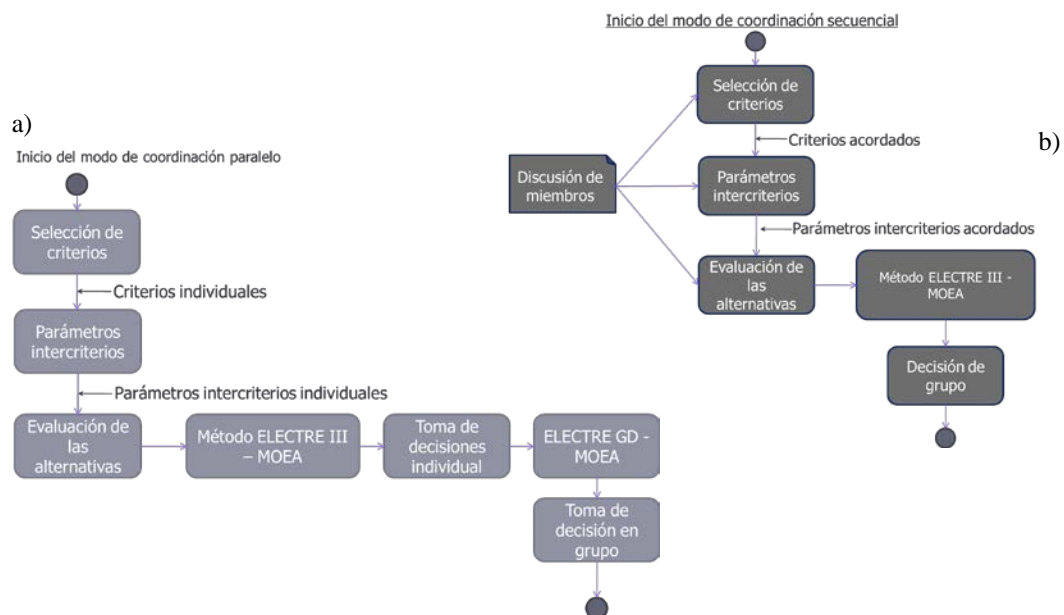


Figura 3. Proceso del modo de coordinación paralelo y secuencial

En cualquiera que sea el modo de trabajo, el grupo llega a una etapa de evaluación de la solución de grupo. Es necesario que en esta etapa final del proceso se llegue a un consenso donde el grupo completo este de acuerdo con la solución final. Un factor fundamental que influye en el éxito para lograr que un grupo colaborativo de decisores converja en una solución es el adecuado modo de coordinación para la integración de sus preferencias. Por ello este estudio se centra en analizar la influencia de estas dos formas de llevar a cabo el proceso de decisión en un SADMG.

3. Implementación de los modos de coordinación en un sistema de apoyo a la decisión multicriterio en grupo (SADMG).

Los SADMG ayudan a los grupos colaborativos a alcanzar un consenso cuando se reúnen de manera distribuida y asíncrona. El uso de los SADMG proporciona un marco estructurado para resolver problemas de decisión multicriterio en grupo, mientras que los resultados obtenidos los representa de manera sencilla. Nos referimos principalmente a los problemas de selección, clasificación u ordenamiento de un conjunto de alternativas valoradas por un conjunto de criterios. Además, los SADMG proporcionan un espacio virtual para llevar a cabo reuniones electrónicas por un grupo colaborativo de decisores; permitiendo facilitar el proceso de decisión mediante un entendimiento en común en el grupo, la aplicación de técnicas computacionales y modelos de decisión. Este tipo de sistemas puede llegar a lograr un modelo racional de discusión que permita mejorar; el desempeño de los participantes, la calidad del proceso de toma de decisión y la definición de un plan de la reunión para alcanzar la resolución del problema.

La inclusión de análisis multicriterio en un sistema de apoyo a la decisión en grupo (SADG) permite resolver problemas como la selección de un automóvil, la adquisición de una casa o la mejor localización para una planta de tratamiento de aguas residuales. Específicamente el prototipo que presentamos en este estudio, incluye el problema del ranking multicriterio que consiste en ordenar un conjunto de alternativas en forma descendente, valoradas por múltiples criterios. Nuestro prototipo comparado con otros software para tratar problemas multicriterio en grupo, difiere en contar con la capacidad de coordinar el proceso de reunión del grupo mediante dos modos de trabajo, algo que consideramos parte importante del aporte en este estudio. Por un lado el sistema permite coordinar el proceso de forma consensuada, donde los miembros deben de estar de acuerdo en cada etapa del proceso y así obtener un ranking colectivo de alternativas. Por otro lado el sistema proporciona a los miembros del grupo la facilidad de trabajar de forma individual y obtener un ranking para cada decisor (soluciones individuales), para después formar un ranking colectivo consensuado. La diferencia de estos modos de coordinar el proceso de decisión se encuentra en las actividades de interdependencia de tareas y la autonomía de los individuos en los grupos.

Las ventajas que puede presentar el uso de esta tecnología, es que propicia un espacio virtual de discusión donde se minimizan algunas barreras de comunicación entre los participantes, causadas por diferencia de jerarquías, falta de facilidad de palabra o timidez. Además permite la estructuración del problema; reglas de discusión y un plan de reunión. Pues aquí se incluyen elementos esenciales para lograr un adecuado proceso de decisión, en el cual se fija y controla diversos aspectos para la resolución del problema.

El SADMG contempla dos tipos de usuarios, un decisor y un facilitador¹; el decisor es un miembro del grupo colaborativo que tiene cierta jerarquía para tomar decisiones, el facilitador tiene el rol de analista de la decisión y es una persona con habilidad para conducir la reunión. El sistema cuenta con una interface de reunión electrónica que utilizan los usuarios donde tienen la oportunidad de interactuar tanto con el sistema como con el resto de los usuarios. Esta interface está desarrollada para seguir una agenda mediante la representación de una norma de grupo automatizada que fijará y controlará diversos aspectos del proceso de resolución del problema.

¹ En el desarrollo de la facilitación electrónica han surgido principalmente tres tipos de soporte o roles para la facilitación: User-driven, Chauffer-driven y Facilitator-driven (Dickson, 1993; Christensen y Lai, 2011).

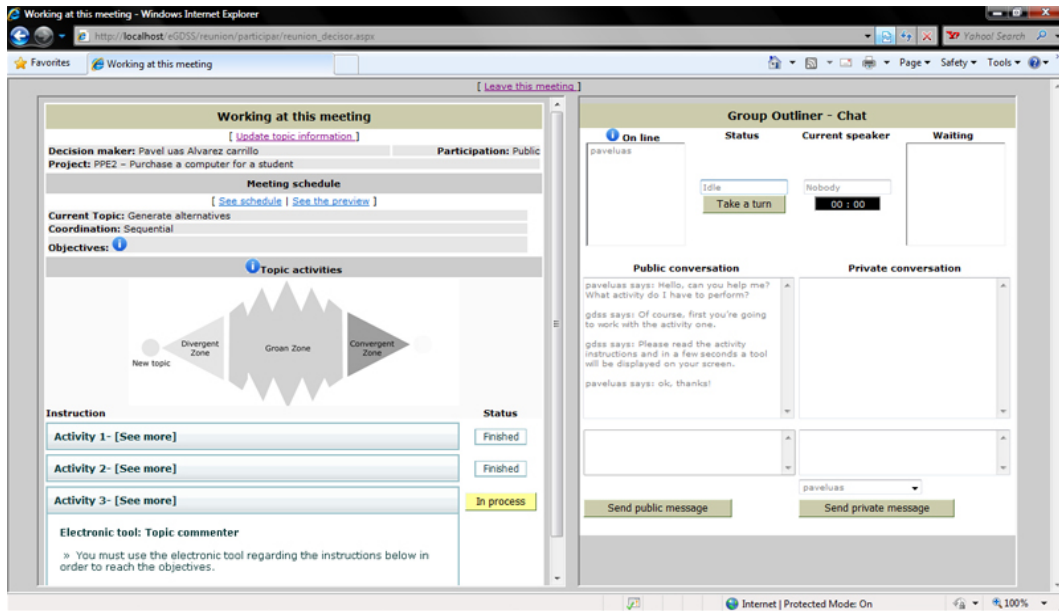


Figura 4. Ventana de participación del SADMG.

Para facilitar el proceso de decisión se tienen herramientas electrónicas que permiten a los decisores generar ideas, organizar ideas y votar por las opciones preferidas. Por otro lado existen algunas técnicas de facilitación electrónica basadas en Kaner (1996) que ayudan al facilitador a conducir la reunión de forma sencilla. En este esquema de SADG se sistematiza la metodología de análisis multicriterio por la aceptación que ha mostrado la comunidad científica. Por último, todo el proceso de decisión se registra en una memoria organizacional que permite retomar pasos anteriores o conocer la información que se generó en todo el proceso de decisión. La Figura 4 ilustra la interface de participación del decisor desarrollada en el SADMG.

Características del SADMG

El prototipo provee apoyo a la decisión en grupo en el proceso de toma de decisiones multicriterio en tres niveles. En el primer nivel se proporciona una plataforma basada en web que permite apoyar a grupos colaborativos a alcanzar consensos en la toma de decisiones de una forma estructurada y semiestructurada mediante un modelo racional de discusión. Con la ayuda de técnicas de facilitación y herramientas electrónicas se apoya a los miembros del grupo en todo el proceso de decisión. El segundo nivel hace uso del análisis multicriterio para modelar las preferencias de los decisores. En este nivel se construye mediante el método ELECTRE-III y/o ELECTRE-GD una matriz de preferencia borrosa que posteriormente es explotada por un algoritmo evolutivo basado en Leyva y Aguilera (2005) para proponer un ranking de alternativas. En un tercer nivel se tiene un módulo que permite coordinar el proceso de decisión de tal forma que los miembros del grupo pueden alcanzar la decisión de grupo mediante un proceso de decisión consensuado o individualizado. Este proceso se lleva a cabo con las funcionalidades que proporcionan los elementos de los niveles uno y dos.

Arquitectura del sistema

La arquitectura del prototipo está basada en el modelo cliente servidor pues está implementado como un sistema web. El sistema ha sido desarrollado en la tecnología .Net de Microsoft con el lenguaje C#. La arquitectura funcional se ilustra en la Figura 5 que describimos a continuación.

La herramienta de participación se encarga de informar al decisor del estado de la agenda de trabajo, de instruir en las etapas de trabajo y mostrar las herramientas electrónicas que han sido designadas por el facilitador para cumplir la agenda.

Los modos de coordinación especifican los procedimientos en cuanto a la interdependencia de tareas y la autonomía de los miembros del grupo para realizar el proceso de

decisión. Los decisores pueden trabajar de forma consensuada en cada etapa del proceso de decisión y obtener un ranking de grupo con la coordinación secuencial. Por otro lado pueden optar por obtener rankings individuales para cada decisor y después obtener un ranking de grupo, mediante la coordinación paralela.

El subsistema de normas fija y controla diversos aspectos del proceso de resolución del problema. Además éste subsistema permite definir el tema de discusión, selección de participantes, reglas de discusión, reglas de decisión, formas y técnicas de trabajo.

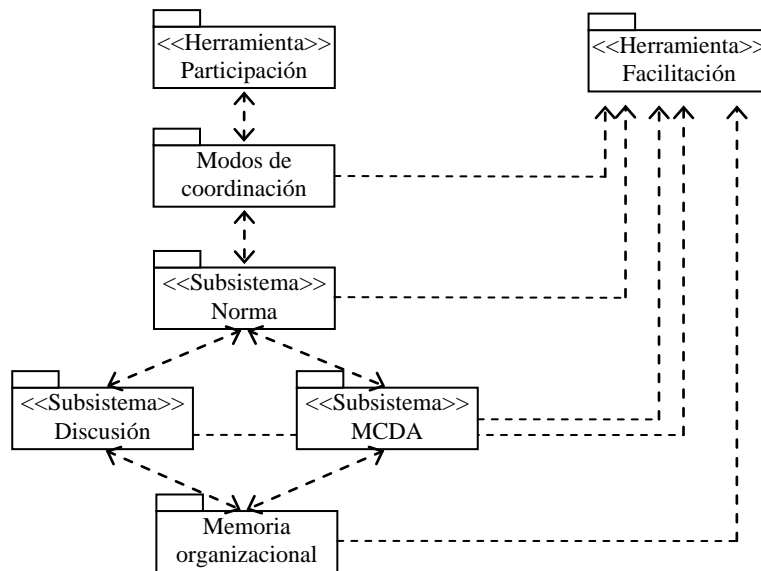


Figura 5. Arquitectura del SADMG

El subsistema de discusión está basado en el modelo de Kaner (1996) implementado electrónicamente por Ho y Antunes (1999) para coordinar el proceso de toma de decisiones en grupo, otros modelos de discusión conocidos son: gIBIS (Conklin y Begeman, 1988) y GRADD (Bacelo, 1997). En el modelo de Kaner se considera que la resolución de un tópico dado de un problema engloba la realización de un conjunto de actividades más específicas.

El subsistema de MCDA, es un módulo de análisis multicriterio para modelar las preferencias de los decisores. Este método se basa en el modelo de sobreclasificación, aquí se utilizan dos técnicas para modelar las preferencias. Cuando las preferencias han sido agregadas por el modo de coordinación secuencial se utiliza el método ELECTRE-III (Roy, 1990). Este método construye una matriz de sobreclasificación borrosa y es explotada por un algoritmo evolutivo para obtener un ranking de las alternativas. Por otro lado cuando se coordina el proceso de decisión mediante el modo paralelo, se lleva a cabo el mismo método descrito para la coordinación secuencial, pero en este caso en la coordinación paralela se modela las preferencias para cada decisor. Entonces, así obtenemos un ranking de cada decisor que posteriormente es utilizado como entrada para el método ELECTRE-GD (Leyva y Fernández, 2003) y así crear una relación de sobreclasificación borrosa de grupo. Esta relación es explotada por el algoritmo evolutivo para generar un ranking grupal como solución final, resultante de la integración de los rankings individuales.

La herramienta de facilitación permite al facilitador utilizar los subsistemas descritos arriba, para crear la agenda de trabajo, configurar las herramientas del modelo de discusión, configurar las reglas del proceso de decisión y modelar las preferencias de los decisores en cualquiera de los modos de coordinación para proponer un ranking de alternativas de grupo que posteriormente es consensuado. El prototipo del sistema basado en web que describimos arriba está disponible en un servidor de la Universidad de Occidente en la dirección <http://mcdss.udo.mx/xgdss>. Una descripción más detallada del sistema se encuentra en Álvarez y Leyva (2011).

4. Diseño experimental

El objetivo de este proyecto es de analizar la influencia que presentan los modos de coordinación paralelo y secuencial en la actuación de un grupo colaborativo de decisores en el proceso de decisión y en los resultados de la decisión, cuando trabajan en un ambiente distribuido y asíncrono. En este sentido creemos necesario identificar claramente el uso de uno u otro modo de coordinación en diferentes situaciones de trabajo en grupo y de las preferencias de los decisores. Por ello, en esta sección se describe el modelo y el diseño del experimento. Hasta el momento se han realizado algunas pruebas piloto para probar la eficacia y eficiencia del sistema. Esto ha permitido mejorar algunos elementos de comunicación y obtener algunos datos preliminares que una vez concluido el tamaño de la muestra calculado serán analizados mediante estadística inferencial.

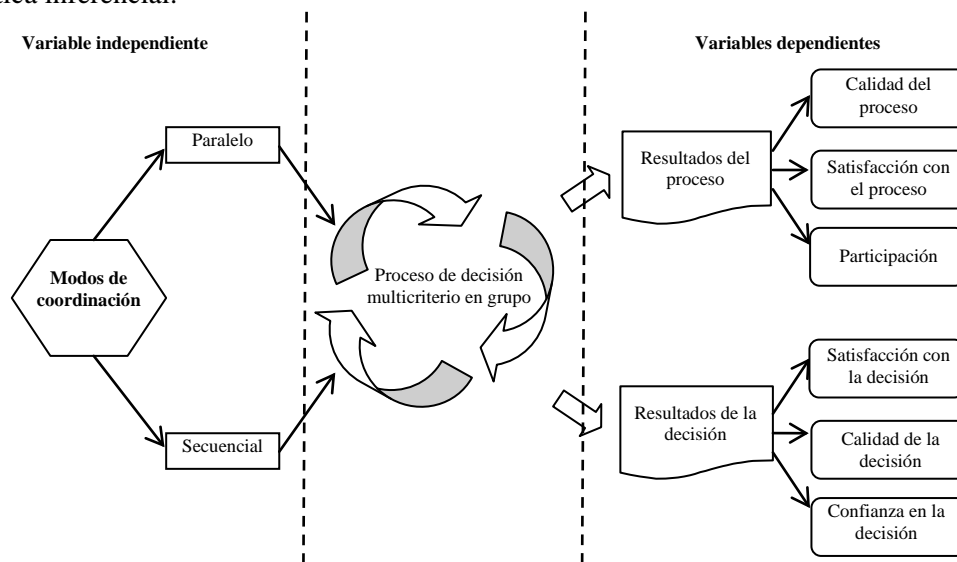


Figura 6. Marco de investigación adaptado al proceso de decisión multicriterio en grupo Nunamaker et al. (1993).

El estudio adopta el modelo de investigación para SADMG propuesto por Nunamaker et al. (1993). En la Figura 6 se presenta una versión revisada de este modelo que se ajusta a nuestra investigación. Basándonos en la investigación en sistemas de información, esta ha tenido una larga tradición en el uso de modelos de entrada – proceso - salida, con un enfoque en la entrada como variables independientes y en la salida como variables dependientes. Desde el punto de vista del sistema entrada – proceso – salida, en nuestro estudio; la entrada corresponde al modo de coordinación como variable independiente, y la salida a los resultados del proceso de decisión y los resultados de la solución final. McGrath y Hollingshead (1994) desarrollaron un marco que consiste de cuatro factores primarios: la entrada, los conceptos de organización, las variables del proceso, y los resultados. Esta estructura acentúa las relaciones interactivas que suceden entre las variables. Uno de los puntos más interesantes de esta estructura es que las variables del proceso se pueden considerar como variables independientes o dependientes, dependiendo del fin propuesto. En este marco de investigación se incluye un SADMG con la capacidad de coordinar el proceso de decisión mediante diversos esquemas de integración de preferencia y la explotación del modelo.

4.1 Descripción del problema del experimento

El experimento se realiza sobre un estudio de caso distribuido en diferentes puntos geográficos que simula una situación real de un problema de decisión en grupo. El proceso de decisión se realiza para asesorar a inversionistas en la elección de la ubicación de un local comercial para iniciar un negocio. El grupo está interesado en establecer la franquicia Mexicana Café Calesa de tipo *coffee shop* (<http://www.cafecalesa.com>). La tarea del experimento requiere

que los sujetos de estudio funjan como un grupo de decisores donde se les solicita evaluar seis alternativas de locales con diferentes características comerciales en el estado de Sinaloa, México. Los decisores con apoyo de un SADMG deben generar un ranking de los locales comerciales disponibles y así poder realizar la recomendación de un local comercial basada en este ordenamiento. Los decisores cuentan con una lista de seis alternativas e información de sus características comerciales. Un estudio relacionado para localizar un establecimiento comercial para franquicias de café en España se desarrolla en Fernández et al. (2011).

4.2 Diseño entre sujetos

Para el estudio se seleccionó el tipo de diseño entre sujetos. Aquí los participantes pueden ser parte del tratamiento en un modo de coordinación u otro, pero no pueden ser parte de ambos. Para cada tratamiento o modo de coordinación, se requiere completamente un nuevo grupo de sujetos. Este diseño es también conocido como diseño de medida independiente, pues permite conducir experimentos con muy poca contaminación de factores externos. En el proceso se somete a cada participante a un sólo tratamiento. Esto reduce la oportunidad de los participantes a sufrir aburrimiento o alternativamente se vuelven más comprometidos a través de la práctica y experiencia.

4.3 Variables e instrumentos

El modelo experimental está constituido en siete variables. Una variable independiente y seis variables dependientes. La variable independiente corresponde a los modos de coordinación del proceso de decisión. Esta variable está relacionada a los procedimientos de agregación de preferencias y las actividades de los individuos para realizar las tareas. Las variables dependientes; satisfacción con el proceso, calidad en el proceso y participación en el proceso corresponden al proceso de decisión. Por otro lado las variables dependientes satisfacción con la solución consensuada, confianza en la solución consensuada y calidad de la solución consensuada pertenecen a los resultados de la solución final.

El instrumento de recolección de datos es un cuestionario en línea disponible en <http://mcdss.udo.mx/xgdss/recursosWeb/recoleccion/quiz.aspx>, aquí se muestran los reactivos y la escala de medición. Las respuestas de los sujetos de estudio están en función de su nivel de acuerdo o desacuerdo con la pregunta, considerando el proceso después de haber utilizado el SADMG y haber alcanzado una solución consensuada. La medición de las variables dependientes es valorada de forma subjetiva por la naturaleza de lo que se pretende medir. En realidad la satisfacción, la confianza y la participación del individuo como parte integral del grupo son características medidas desde la percepción del decisor. Por ello corresponden a un enfoque subjetivo. Sin embargo las descripciones e inferencias serán abordadas objetivamente mediante estadística inferencial.

Por otro lado, la calidad de la decisión se mide de forma objetiva, comparando la decisión de cada grupo de sujetos de estudio contra la decisión de expertos. Esto será medido mediante una estimación de proximidad, comparando el ranking del grupo contra el ranking de los expertos y así obtener un valor numérico con la estimación de la calidad de la decisión del grupo control. El dominio de la escala [1-7] es utilizado para valorar cada elemento (indicador) de la variable dependiente satisfacción con el proceso, participación del decisor, calidad del proceso, satisfacción con la decisión y confianza en la decisión. La variable dependiente calidad en la decisión se mide mediante una aproximación de ranking de grupo contra el ranking de los expertos. Este valor varía entre 0 y 1, un valor cercano a cero indica que la calidad de la decisión no es buena y un valor cercano a uno indica que la calidad de la decisión es buena.

4.4 Tamaño muestral

La muestra es una parte representativa de la población. Por ello la selección del tamaño apropiado de la muestra es un aspecto importante a considerar en cualquier problema de diseño experimental. En nuestro experimento el tamaño muestral es de 130 sujetos que corresponde en 65 personas para el grupo secuencial y 65 personas para el grupo paralelo. Este valor fue calculado considerando un nivel de significancia del 95% y una potencia del 95%, así como una

diferencia significativa entre medias de 2 unidades. La selección para establecer una diferencia significativa entre medias se basa en que una unidad (un valor de diferencia en la escala) indica que el sujeto continúa en la misma concordancia de estar de acuerdo o en la misma concordancia de estar en desacuerdo. Pero una diferencia de 2 unidades representa una diferencia significativa para pensar que tiene una discrepancia.

4.5 Sujeto de estudio

Los sujetos de estudio del experimento son estudiantes de dos de las principales universidades del estado de Sinaloa, México. La Universidad de Occidente y la Universidad Autónoma de Sinaloa. Los estudiantes son reclutados con ayuda de profesores que tienen cursos a cargo. La conformación de los grupos paralelo y secuencial se genera aleatoriamente. De cada curso disponible se asignan aleatoriamente cada alumno a uno de los modos de coordinación, conformando así 13 grupos paralelo y 13 grupos secuencial de 5 alumnos cada uno. El uso de estudiantes como sustitutos para estudios relacionados a la decisión es una actividad común. Algunos estudios con estudiantes para experimentos en SADG fueron realizados por Cao et al. (2004); Rutkowski y Smits (2004); Barkhi et al. (2004) y; Paul et al. (2004), por mencionar algunos.

5. Conclusiones

Un SADMG proporciona por sí sólo un marco estructurado para resolver un problema de decisión multicriterio en grupo. Más allá de esta funcionalidad, el prototipo de SADMG que presentamos permite en un contexto integral y mediante el uso de sus módulos de trabajo; realizar un plan de reunión estructurado y flexible basado en una agenda de reunión y un modelo de discusión; y la resolución de problemas multicriterio en una plataforma web. Además presenta una extensión en la forma de realizar el proceso de decisión mediante dos esquemas de agregación de preferencias integrados en la coordinación secuencial y paralela. Esta característica no es algo común en los SADMG pues hasta el momento, con la información que contamos no se ha localizado un sistema funcional y disponible en la actualidad con estas propiedades.

Por último el diseño experimental que aquí se presenta proporciona una secuencia de actividades metodológicas para el desarrollo en laboratorio. Aquí se establecen directrices para el experimento con los grupos paralelos y los grupos secuenciales, la definición de las variables independientes, la definición de las variables dependientes y los instrumentos de medición. Como aporte importante en el diseño se calculó el tamaño de la muestra y la definición del número de grupos a utilizar.

Referencias

- Álvarez-Carrillo, P.A., Leyva-López J.C.**, Sistemas de apoyo a la decisión multicriterio en grupo: los modos de coordinación paralelo y secuencial del proceso de decisión, E. Avilés, M.A. Rodríguez (Eds). *Marcos teóricos para el estudio de las ciencias económico administrativas*, México, 47-77, 2011.
- Bacelo, A.P.** *Um sistema de apoio a discussao e deliberacao em grupo*. Dissertação de mestrado, Pontifícia Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 1997.
- Barkhi, R., Jacob V.S., Pirkul H.** (2004) The influence of communication mode and incentive structure on GDSS process and outcomes. *Decision Support Systems*, 37(2), 287-305.
- Brans, J.P., Mareschal, B. and Vincke Ph.**, PROMETHEE: a new family of methods in multicriteria analysis, in J.P. Brans (ed.), *Operational Research* 84, North-holland, Amsterdam, 408-421, 1984.
- Cao, P. P. and Burstein, F. V.** (2000), "An empirical study of influences of the coordination modes in supporting Group Multiple – Criteria Decision – Making. *Proceedings of the 11th Australian Conference on Information Systems*, Brisbane (CD ROM).
- Cao, P.P, Burstein, F.V. and Pedro, J.S.** (2004) Extending Coordination Theory to the Field of Distributed Group Multiple Criteria Decision-Making. *Journal of Decision Systems*, 13(3), 287-305.
- Dickson, G., Partridge, J. and Robinson, L.**, *Exploring modes of facilitative support for GDSS technology*. MIS Quarterly, 173-194. 1993.

- Christensen, V. and Lai, S.**, Scenario development for decision making, In Christensen, V. and Maclean, J. (Eds.) *Ecosystem Approaches to Fisheries: A Global Perspective*, Cambridge University Press, 304-314, 2011.
- Conklin, J. and Begeman, M. L.** (1988). "gIBIS: A hipertext tool for exploratory policy discussion". *ACM Transactions on Office Information Systems*, 6, 303-331.
- Clark, H. H.** *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- Fernández, G., Jiménez, D. y Escribano, M.C.**, Un modelo de decisión multicriterio aplicado a las nuevas figuras comerciales de local y corner franquiciados, en Leyva-López, J.C. (Eds.) *Análisis Multicriterio para la Toma de decisiones: métodos y aplicaciones*, México, 369-388, 2011.
- Ho, T. and Antunes, P.** (1999), Developing a Tool to Assist Electronic Facilitation of Decision-Making Groups. *In proceeding of Fifth International Workshop on Groupware*, 243-252.
- Hokkanen, J. and Salminen, P.** Choice of a solid waste management system by using the ELECTRE III method, in Paruccini, M. (ed.), *Applying MCDA for decision to environmental management*. Dordrecht, Holland: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- Kaner, S.**, *Facilitator's Guide to Participatory Decision-Making*, (2^a ed). San Francisco: Jossey-Bass, 1996.
- Leyva-López, J. C. y Fernández-González, R.E.** (2003), A New Method for Group Decision Support Based on ELECTRE-III Methodology. *European Journal of Operational Research* 148:1, 14-27.
- Leyva-López J.C. y Aguilera-Contreras M.A.**, A Multiobjective Evolutionary Algorithm for Deriving Final Ranking from a Fuzzy Outranking Relation, in: Coello Coello, C.A., Zitzler, E., Hernández-Aguirre, A. (Eds.) *Evolutionary Multi-Criterion Optimization*, Lecture Notes in Computer Science 3410 Springer, Berlin Heidelberg, 2005.
- Leyva-López, J.C, Araoz-Medina, M. y López-Valenzuela, M.A.** (2008). Web-based Multicriteria Decision Support System for Rank a Finite Set of Alternatives. *In proceedings of Group Decision and Negotiation*. Combría, Portugal.
- McGrath, J. E. and Hollingshead, A.B.** *Groups interacting with technology: ideas, evidence, issues, and an agenda*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1994.
- Macharis, C., Brans J.P. and Mareschal B.** (1998). The GDSS PROMETHEE procedure - A PROMETHEE-GAIA based procedure for group decision support, *Journal of Decision Systems*, 7, 283-307.
- Nunamaker, J.F., Dennis, A.R., Valacich, J.S., Vogel, D.R. and George, J.F.** "Group support systems research: Experience from the Lab and Field". In Jessup, L.M., Valacich, J.S. (Eds.), *Group Support Systems: New perspective*, Macmillan Publishing Company, 125-145, 1993.
- Parreiras, R.O., Ekel, P. Ya. and Morais D.C.** (2011) Fuzzy set based consensus schemes for multicriteria group decision making applied to strategic planning. *Group Decision and Negotiation*. 21(2), 53-83.
- Paul, S., Seetharaman, P. and Ramamurthy, K.** (2004). User Satisfaction with System, Decision Process, and Outcome in GDSS Based Meeting: An Experimental Investigation. *In Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE*, 1, 1-10.
- Rogers, M., Bruen, M. and Maystre, L.** *ELECTRE and decision support*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Press, 2000.
- Roy, B.** "The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods". Bana e Costa, C.A., (ed.) *Reading in multiple criteria decision aid*, Springer-Verlag, Berlin. 155-183, 1990.
- Roy, B.**, *Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Nonconvex Optimization and its applications*, Klumwer Academic Publishers, The Netherlands, 1996.
- Rutkowski, A. F. and Smits, M.** (2001) Constructionist Theory to Explain Effects of GDSS. *Group Decision and Negotiation*, 10(1) 67-82.
- Salminen P., Hokkanen, J. and Lahdelma, R.** (1998). Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems, *European Journal of Operational Research*, 104:3, 485-496.
- Wang, W. and French, S.** (2008). A multi-dimensional framework for facilitating wide participation and common understanding, *Proceedings of the hypertext workshop on collaboration and collective intelligence*, 23-37.