

Diseño de Técnicas para el Tratamiento de Situaciones de Incertidumbre en Sistemas de Soporte de Decisiones con Múltiples Expertos

S. Gramajo, M. Karanik, D. Cabrera, M. Alurralde, P. Ojeda, N. Pinto

Grupo de Investigación Sobre Inteligencia Artificial, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Resistencia, French 414, (3500) Chaco, Argentina. Tel. 362-4432683

{sergiogramajo,mkaranik,dianavcabrera,alurralde.mariano,pjojeda,nspinto}@gmail.com

Resumen.

En la vida real, los seres humanos se enfrentan continuamente a situaciones complejas donde es necesario tomar decisiones para resolver un determinado problema. Para ello existen diferentes alternativas disponibles que conducen a la solución del problema. El proceso de Toma de Decisión (TD) se realiza cotidianamente, tanto a nivel individual como organizacional. Dicho proceso implica la evaluación de las mencionadas alternativas según ciertos criterios que deben ser definidos por el decisor y el contexto del problema. Esto permite que se pueda seleccionar la mejor opción que será utilizada entre las alternativas posibles. Un inconveniente adicional surge cuando la decisión debe ser tomada por varios expertos ya que se requiere resumir las distintas opiniones de los expertos en una opinión colectiva (esto se conoce como agregación de la información). Actualmente existen aplicaciones llamadas Sistemas de Soporte de Decisiones (SSD) que ayudan en el proceso de decisión utilizando modelos matemáticos de análisis de las alternativas. En este proyecto se describen, analizan y comparan dos modelos para dar soporte a las decisiones en entornos multi-experto multi-criterio (el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y un Modelo de Toma de Decisiones con Información Lingüística (TDIL)) para determinar las características relevantes de cada uno. Los resultados del análisis y la comparación de los métodos se hacen tomando como base la problemática

derivada de la asignación de Calidad de Servicio (QoS) en redes de computadoras.

Palabras clave. Sistemas de Soporte de Decisiones, Toma de Decisiones Multi-Experto Multi-Criterio, Información Lingüística, Proceso Analítico Jerárquico, Calidad de Servicio.

Contexto

Este proyecto está inserto en una línea de I/D presentada en la Universidad Tecnológica Nacional con código: UTN-1315.

Título: “*Diseño de Técnicas para el Tratamiento de Situaciones de Incertidumbre en Sistemas de Soporte de Decisiones con Múltiples Expertos*”

Fechas de desarrollo: 01/05/2011 - 31/04/2013

Introducción

Con el objeto de realizar el análisis, comparación y propuestas de mejoras en procesos de TD, inicialmente este proyecto hace frente a problemas de QoS en redes de computadoras. Para describir el problema tratado se debe tener en cuenta el aumento constante del uso de Internet y el consumo de los recursos networking en las organizaciones. Esta situación genera la necesidad de realizar una inteligente administración de sus recursos. De esta manera las organizaciones pueden evitar una demanda descontrolada de los servicios

de Internet, lo que provoca congestiones en la red y disminución de las prestaciones del servicio [1, 2]. Esto puede generar pérdida de productividad en las diferentes organizaciones como universidades, organismos, empresas, etc.

Existen diversas herramientas de que permiten un uso óptimo de los recursos de networking sobre redes IP y garantizar la transmisión del tráfico crítico para ciertos tipos de usuarios y servicios [3]. Por lo tanto, es necesario que los administradores de red cuenten con procesos automatizados para tomar decisiones que aumenten el control y provean “inteligencia” a las redes locales asignando capacidades de administración según las necesidades de sus usuarios. Para dar solución a este problema se pueden utilizar herramientas de TD que ayuden a los administradores a realizar sus tareas complejas de una forma sencilla y útil [4].

Para brindar apoyo al responsable de la decisión, se pueden utilizar SSD. Estos sistemas son herramientas, generalmente interactivas, que proveen una serie de alternativas de solución a problemas complejos [4]. La información que genera sirve a los mandos intermedios y a la alta dirección en la toma de decisiones para que seleccionen la mejor alternativa de solución al problema planteado entre las opciones disponibles. Los SSD no reemplazan a los expertos, sino que apoyan a la toma de decisiones cuyo objetivo es mejorar la efectividad de las decisiones. Estos sistemas intentan ayudar a tomar decisiones difíciles y complejas de una forma racional, basados en modelos matemáticos adecuados.

Los problemas de TD tienen diferentes clasificaciones dependiendo de las características inherentes a los mismos [5] como se revisa a continuación:

(i) Según el Número de Criterios o Atributos.

- Problemas con un sólo criterio o atributo. Cada alternativa es caracterizada por un único valor.

- Problemas multi-criterio (TDMC) o multi-atributo cuando se consideran dos o más criterios o atributos que definen las características de cada alternativa (TDMC).

(ii) Según el Ambiente de Decisión.

- Ambientes de Certidumbre. Son conocidos con exactitud todos los elementos y/o factores que intervienen en el problema. Esto permite asignar valores precisos, como números, a cada una de las alternativas presentes en el problema.
- Ambientes de Riesgo. Cuando alguno de los factores están sujetos a las leyes del azar. Estos problemas se resuelven utilizando la Teoría de la Probabilidad.
- Ambientes de Incertidumbre. Esto ocurre cuando la información disponible sobre las distintas alternativas puede ser incompleta, vaga o imprecisa, por lo tanto la utilidad asignada a cada alternativa es valorada de forma aproximada, estos problemas son resueltos utilizando la Teoría de los Conjuntos Difusos [6].

(iii) Según el número de expertos.

- Unipersonales. Si interviene un solo experto para tomar una decisión.
- Toma de Decisiones Multi-Experto (TDME). Cuando las decisiones son tomadas en conjunto por un grupo de expertos que intentan obtener una solución al problema, donde las diferentes perspectivas puede ofrecer una mejor solución al problema.

Otro aspecto esencial en los problemas de TD es el modelado de preferencias, es decir la forma que utilizan los expertos, en función a su conocimiento, experiencias y creencias, para expresar sus valoraciones sobre el conjunto de alternativas como solución al problema. La naturaleza de las alternativas, la formación y el conocimiento del experto, influirán en el modelado de la información en cada problema. Así, el modelado de preferencias se debe adaptar al contexto en el que se desarrolla el problema de decisión, de forma que los expertos se sientan más seguros a la hora de valorar sus preferencias y, por lo tanto, que la solución final tenga mayor garantía de éxito. Así la

información puede ser expresada en distintos dominios, siendo los más comunes los siguientes [7]: Dominio Numérico; Dominio Intervalar; Dominio Lingüístico.

Los métodos de SSD que se estudian en este proyecto corresponden a TDMC – TDME en ambiente de incertidumbre con dominios lingüísticos y numéricos. Y lo modelos analizados son AHP y TDIL.

AHP fue desarrollado por Thomas Saaty [8] y ha sido utilizado para obtener un ranking de utilidad de cada alternativa. Este método acomoda objetivos, atributos y características de un problema en una estructura jerárquica. Para su construcción, el objetivo principal se coloca en la raíz de la estructura. Los criterios y alternativas que serán analizados derivan de la raíz de la estructura jerárquica [9].

En el proceso de obtención de dicho ranking se utilizan matrices de comparación entre pares para los criterios según las alternativas. Un problema surge cuando el número de criterios a comprar es alto porque la tarea de completar las matrices no es una tarea sencilla debido a que los juicios podrían volverse inconsistentes. Para poder utilizar AHP se debe calcular y ajustar la consistencia de la matriz.

Por consiguiente, para obtener las prioridades de las alternativas se realiza un simple cálculo de álgebra matricial por niveles pero teniendo en cuenta la consistencia de las matrices que derivan de los juicios del decisor.

Como hemos mencionado, cuando participan del proceso de decisión múltiples expertos se debe obtener una opinión colectiva a través de procesos de agregación. En AHP se puede hacer agregación en dos niveles: (1) agregación de los juicios de los expertos [10] y (2) agregación de los resultados obtenidos por cada experto [11].

Los métodos de TDIL se utilizan, esencialmente, para obtener un ranking de alternativas basándose en información lingüística provista por los expertos que participan del proceso de decisión. Es decir, que utilizan valoraciones con palabras del lenguaje natural en lugar de valoraciones numéricas. Para modelar este tipo de

situaciones el método lingüístico difuso (MLD) ha presentado buenos resultados en la representación de aspectos cualitativos de los problemas por medio de variables lingüísticas [7]. Este modelado se utiliza en algunas situaciones como fenómenos cualitativos relacionados a la percepción humana y donde la valoración puede hacerse con palabras del lenguaje natural en lugar de valores numéricos.

En el proceso de TDIL se debe seleccionar la sintaxis y semántica de las variables lingüísticas que van a utilizar los expertos con el fin de que puedan expresar con facilidad su valoración. Además se identifican el objetivo del problema, las alternativas que llevan a resolver ese objetivo, los criterios o atributos de las alternativas (si existen) y los expertos que participan del proceso [12, 13].

Los modelos descriptos anteriormente permiten dar soporte a las decisiones para problemas en los que las alternativas deben ser analizadas teniendo en cuenta múltiples criterios. Cada método recibe como entrada el objetivo del problema y las alternativas para resolverlo, además de los criterios que se utilizarán para la evaluación. Luego de la ejecución, cada uno de los métodos proporciona como resultado un ranking de las alternativas ponderándolas según la conveniencia de su utilización.

Originalmente AHP no soporta el manejo de las opiniones de múltiples expertos, pero existen técnicas que permiten resumir los juicios de los expertos extendiendo la utilización del método. TDIL, en cambio, permite el soporte a múltiples expertos con la posibilidad de manejar información lingüística sin pérdida de información [14, 15]. Esta característica permite que los juicios se expresen de una manera más natural que la provista por la escala de valores de AHP.

Respecto al dominio computacional AHP utiliza valores numéricos que representan las preferencias entre los elementos. Como esta escala es discreta, no tiene valores intermedios que puedan representar los juicios con mayor precisión. En TDIL los valores que se utilizan son más flexibles. A pesar de las diferencias, ambos modelos son de simple implementación y el costo computacional de utilización es bajo.

En cuanto a las limitaciones de los modelos, AHP tiene la desventaja de no poder ser usado con valores faltantes en las matrices y que, además, dichas matrices deben ser consistentes. Estos inconvenientes se pueden solucionar modificando los valores de preferencia de manera automática o manual, pero debe tenerse en cuenta a la hora de la implementación. Si bien la TDIL es más robusta en la representación de la información, no puede ser utilizada con información incompleta, la cual debe ser incorporada por los decisores.

Líneas de Investigación y Desarrollo

El proyecto abarca dos líneas específicas de investigación estudiadas en la aplicación de una tercera línea, QoS en redes de computadoras:

(i) La TD utilizando métodos multi-criterio y los problemas que generan la información incierta en la correcta selección de alternativas.

(ii) La TD utilizando modelos de información lingüística difusa y el proceso de computación con palabras en entornos multi-experto.

Para ambas líneas la metodología a utilizar en el proyecto será la misma:

iii) Diseño, implementación y comparación de los modelos propuestos en la determinación de los parámetros para resolver problemas relacionados a la QoS en redes de computadoras.

Resultados y Objetivos

El objetivo general del proyecto es desarrollar modelos de SSD en entornos inciertos con múltiples criterios y múltiples expertos. Particularmente se hace hincapié en el estudio de modelos y herramientas de TD y tecnologías relacionadas a la QoS en redes de computadoras.

En el transcurso del año se han logrado los resultados esperados en función de los temas bajo estudio.

Se han cumplido hasta el momento las siguientes etapas del proyecto:

- Relevamiento y estudio de QoS en redes.
- Análisis y estudio de las características de AHP.
- Análisis y estudio de los modelos lingüísticos difusos.
- Análisis de los modelos de toma de decisión multi-expertos.
- Análisis de los métodos para tratar la incertidumbre.
- Análisis de los métodos para tratar la multi-granularidad.
- Estudio de las implementaciones existentes y redacción de artículos e informes.

Actualmente se está trabajando en la programación del framework que soporte los modelos explicados anteriormente. Siendo la idea principal contar con una herramienta útil que permita integrar y comparar los modelos para toma de decisiones a nivel general y toma de decisiones sobre QoS.

Formación de Recursos Humanos

Se contribuye a la formación de recursos humanos desde tres áreas diferentes:

(a) Formación de becarios.

Se está trabajando con becarios en el proyecto, con esto se busca estimular la actividad de investigación en alumnos avanzados y jóvenes profesionales.

(b) Alumnos de Ingeniería en Sistemas de Información.

El alumno Mariano Alurralde está realizando su práctica supervisada para alcanzar el título de ingeniero en sistemas de información en temas relacionados al proyecto y las actividades del grupo de investigación.

Además es factible interactuar con alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información debido a la cantidad y tipo de temas que involucra el proyecto, que pueden ser analizados en varias cátedras como ser sistemas de gestión, probabilidad y estadísticas, algoritmos y estructuras de datos, paradigmas de programación, redes e inteligencia artificial.

(c) Formación de postgrado.

Los Ing. Sergio Gramajo y Marcelo Karanik están realizando su tesis doctoral del programa de Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de Málaga (España) en temáticas de TD relacionadas a este proyecto.

Los avances obtenidos en el proyecto son contribuciones a la tesis de doctorado y viceversa. También se prevé el dictado de cursos y seminarios de postgrado relacionados con la temática del proyecto.

La estructura del equipo de trabajo es la siguiente:

Director del Proyecto: Ing. Marcelo Karanik.

Docente-Investigador: Ing. Sergio Gramajo

Becarios: Ing. Pablo Ojeda y Alumno Mariano Alurralde.

Adscriptas al grupo: Ing. Diana Cabrera e Ing. Noelia Pinto.

Referencias

1. J. Evans and C. Filis, Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks. Theory and Practice. (Elsevier, 2007).
2. S. Vegesna, IP Quality of Service. (Cisco Press, Indianapolis, 2001).
3. T. Szigeti and C. Hattingh, End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs, and VPNs. (Cisco Press, Indianapolis, 2004).
4. R. H. Sprague and E. D. Carlson, Building effective decision support systems. (Prentice-Hall, N. J., 1982).
5. H. Chernoff, Elementary decision theory. (Dover Publications, New York, 1987).
6. L. A. Zadeh, Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338-353 (1965).
7. L. Zadeh, The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. Part I, Part II and Part III, Information Sciences, 199-249,301-357,143-180 (1975).
8. T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process. (New York 1980).
9. T. L. Saaty, How to Make a Decision - The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, 48 (1), 9-26 (1990).
10. J. Aczel and T. L. Saaty, Procedures for synthesizing ratio judgements, Journal of Mathematical Psychology, 27, 93-102 (1983).
11. R. Ramanathan and L. S. Ganesh, Group preference aggregation methods employed in AHP: An evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages, European Journal of Operational Research, 79, 249-265 (1994).
12. F. Herrera and E. Herrera-Viedma, Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information, Fuzzy Sets and Systems, 115, 67-82 (2000).
13. F. Herrera, E. Herrera-Viedma and L. Martínez, A Fusion Approach for Managing Multi-Granularity Linguistic Term Sets in Decision Making", Fuzzy Sets and Systems, Fuzzy Sets and Systems, 114, 43-58 (2000).
14. F. Herrera and L. Martínez, A 2-tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 8 (6), 746-752 (2000).
15. L. Martínez, D. Ruan and F. Herrera, Computing with Words in Decision support Systems: An overview on Models and Applications, International Journal of Computational Intelligence Systems (IJCIS), 3 (4), 382-395 (2010)