

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ANÁLISIS DE DECISIONES

Roberto Ley Borrás¹

La representación del conocimiento es un aspecto medular del análisis de decisiones. Después de todo, el conocimiento es información y, en análisis de decisiones, la información es no sólo la materia prima sino también un resultado muy importante. Saber cómo representar la información disponible, y también la no disponible, es una habilidad esencial para pasar de una situación confusa a una en la que sabemos con claridad lo que debemos hacer.

La forma de representar el conocimiento tiene un efecto importante en la eficiencia y eficacia del análisis de decisiones, por lo que es valioso determinar las situaciones en las que es ventajoso usar cada tipo de representación.

En este artículo se tipificará y analizará el conocimiento que forma parte de una situación de decisión; se describirán varias formas de modelación y se analizarán las ventajas y limitaciones de cada una. Como conclusión se presentarán lineamientos para representar la información en base a las características del decisor, la etapa del proceso de decisión y la naturaleza de la información disponible. También se analizará la interconexión entre diferentes formas de representación.

1. EL CONOCIMIENTO EN UNA SITUACIÓN DE DECISIÓN

Aunque las situaciones de decisión pueden tener una infinidad de formas particulares, existen elementos generales que nos permiten estudiar estas situaciones en términos del conocimiento que es relevante a la toma de decisiones. Podemos distinguir tres categorías generales de conocimiento: conocimiento sobre lo que el decisor desea lograr, conocimiento respecto a lo que el decisor puede hacer, y conocimiento respecto a lo que puede pasar. Las dos primeras categorías dependen del decisor (de la persona que es responsable de tomar la decisión), mientras que la tercera se puede referir al conocimiento de otras personas que es accesible al decisor.

LO QUE SE DESEA LOGRAR

Lo que el decisor desea lograr, el objetivo que persigue al tomar la decisión, está íntimamente ligado a sus preferencias. Las preferencias del decisor determinan lo que es importante y lo que es deseable en el contexto de la decisión. En algunas situaciones es sencillo identificar las preferencias y medir los resultados en términos de ellas. Por ejemplo, cuando los resultados pueden expresarse en términos monetarios y el decisor desea solamente maximizar la cantidad monetaria que obtendría. En otras situaciones el decisor desea lograr varios objetivos y éstos están en conflicto entre sí. También hay situaciones en las que los resultados tienen más de un atributo de interés para el decisor y no es claro cual de los resultados (con su particular combinación de atributos) es preferible.

La representación de preferencia puede hacerse en forma explícita con la especificación de una función que se desea optimizar y la asignación de un valor numérico de preferencia para cada posible resultado. Otra posibilidad es representar las preferencias mediante una función de los atributos de los resultados; las funciones exponenciales negativas han sido ampliamente utilizadas para este propósito. Respecto a la función a optimizar, generalmente se utiliza la maximización de la preferencia esperada (llamada utilidad esperada por muchos autores), asumiendo que la función de preferencia captura los compromisos (intercambios) en la valoración de atributos, y que captura también la actitud ante el riesgo del decisor.

¹ Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba, México. Doctorado en Ingeniería de Sistemas Económicos en Stanford University, California, EUA con concentración en Análisis de Decisiones. <http://decidir.org>

Cuando las preferencias están representadas por funciones, éstas no aparecen explícitamente en los modelos.

Un aspecto adicional en la representación de preferencias y objetivos es la posibilidad de tener varios niveles de objetivos. En estos casos puede ser ventajoso utilizar jerarquías de preferencias. En el nivel más alto de la jerarquía se tiene el objetivo fundamental y, conectados a él, objetivos que contribuyen al objetivo fundamental. La jerarquía puede continuar mediante la representación de objetivos que contribuyen a esos objetivos intermedios. Algunas de las formas de representación que analizaremos permiten ver la jerarquía de objetivos en el modelo de decisión, mientras que en otros, este tipo de jerarquías deberán construirse fuera del modelo.

LO QUE SE PUEDE HACER

Lo que el decisor puede hacer constituye una parte medular del análisis de decisiones; tanto así que la identificación y elección de alternativas ha llegado a ser sinónimo, equivocadamente, de análisis de decisiones. Como lo señala Keeney (1992), uno debe empezar por determinar lo que considera valioso (sus valores) y de ahí partir para determinar qué es lo que debe hacer. Desde luego, aún después de saber lo que uno desea lograr, la generación de alternativas no es un proceso trivial.

En la representación de lo que se puede hacer cabe distinguir dos elementos: el hecho de tener la oportunidad de elegir un rumbo de acción, y las alternativas disponibles en esa oportunidad de decisión. Es muy importante modelar como decisiones únicamente aquellas oportunidades que son responsabilidad última del decisor (no hay instancias superiores o posteriores que elijan) y listar como alternativas únicamente aquellas acciones que el decisor tiene completa libertad para elegir.

Las decisiones son representadas explícitamente en todos los modelos pero hay diferencias en la representación de alternativas. La representación de alternativas en un modelo de decisión puede hacerse con todo detalle, indicando cada una de ellas y aún más, cada una de las combinaciones de alternativas correspondientes a las varias decisiones, si las hay. En el otro extremo, las alternativas pueden no aparecer explícitamente en el modelo. Adicionalmente, la representación debe incluir la relación que existe entre cada decisión y otras decisiones, así como la relación entre cada decisión y los eventos inciertos.

LO QUE PUEDE PASAR

El tercer tipo de conocimiento es acerca de los eventos inciertos que afectan los resultados pero que están fuera del control del decisor. El resultado de estos eventos puede depender de fenómenos naturales o de la voluntad de otras personas. En cualquiera de los casos el decisor tiene información sobre lo que puede pasar pero no sabe con certeza el resultado particular que ocurrirá. Los eventos para los que se conoce con certeza el resultado se representan generalmente como valores constantes que no aparecen explícitamente en el modelo de decisión.

El conocimiento sobre los eventos inciertos se expresa mediante tres elementos:

- * El reconocimiento de la existencia de un evento incierto.
- * La identificación de los posibles resultados del evento.
- * La asignación de una probabilidad de ocurrencia a cada posible resultado.

Dado que cada evento incierto está representado como una distribución de probabilidad, la representación debe satisfacer los axiomas de probabilidad. De especial importancia es la representación de las condiciones de dependencia probabilística (relevancia) entre los eventos inciertos. Otro elemento estructural que requiere representación es la relación entre los eventos inciertos y las decisiones. La representación de los tres elementos y sus relaciones puede hacerse de varias maneras, como se indica en la siguiente sección.

2. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO SOBRE DECISIONES

En esta sección se describirán brevemente cuatro formas poderosas de modelación de decisiones que se distinguen entre sí por la forma y extensión con que representan el conocimiento. Estos modelos son los

árboles de decisiones, los diagramas de influencia, los diagramas de relevancia y los mapas de conocimiento.

ÁRBOLES DE DECISIONES

Los árboles de decisiones son la forma de representación más conocida de las que se describen en este trabajo; son también la manera más explícita de representar la información o conocimiento que tenemos sobre una situación de decisión. En un árbol de decisiones observamos directamente las decisiones, alternativas, eventos inciertos, posibles resultados, implicaciones de los resultados y la secuencia de las decisiones. A continuación se describen sus elementos estructurales.

El árbol de decisiones tiene nodos de decisión representados por cuadros de los que emanan líneas (ramas) que representan alternativas. Las alternativas se definen de manera que sean mutuamente excluyentes. Los nodos de incertidumbre están representados por círculos de los que emanan líneas (ramas) que representan posibles resultados. Cada resultado tiene asociado un valor de probabilidad. Los resultados están definidos de manera que sean mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos para cada nodo de incertidumbre. Los árboles de decisión se dibujan de izquierda a derecha y cuando se llega a una rama a la que no sigue otro nodo, generalmente se anota el valor numérico asociado al conjunto de alternativas y resultados de eventos que están en la trayectoria desde el origen del árbol hasta esa rama, inclusive. El valor numérico puede representar la dimensión natural del resultado (dinero o tiempo, por ejemplo) o el valor de preferencia (utilidad personal) que el decisor da a ese resultado.

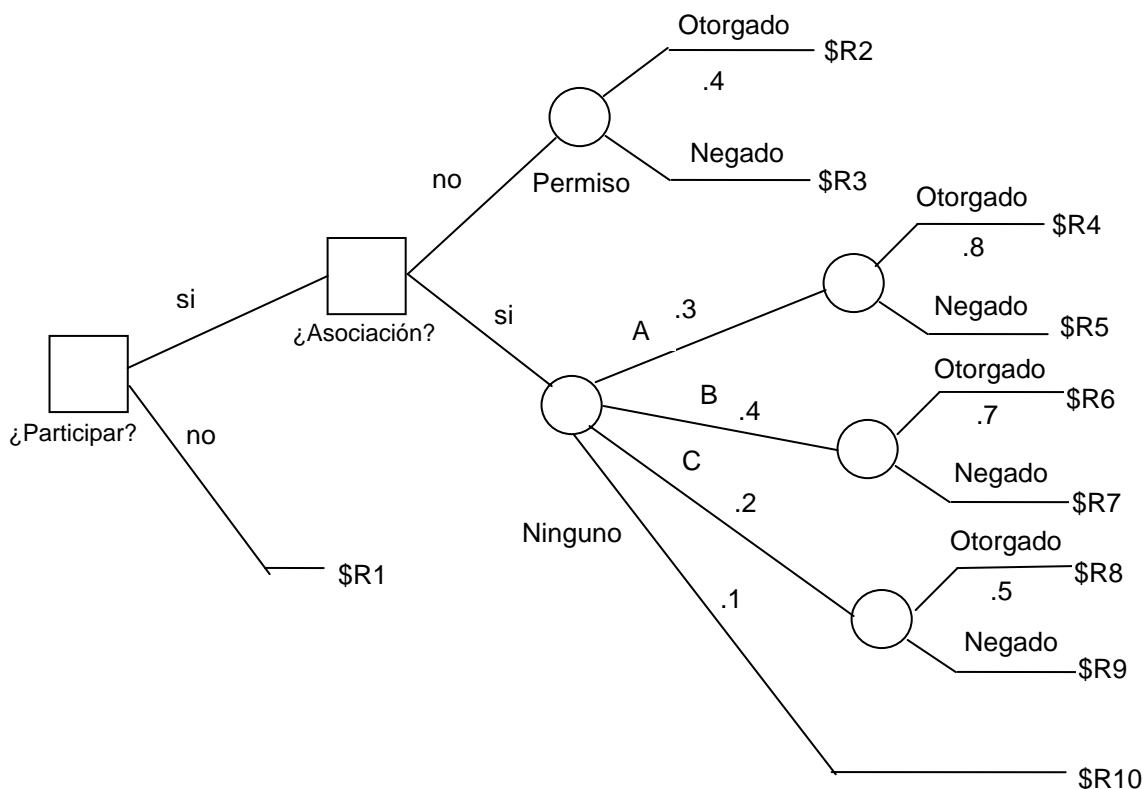


Figura 1. Un Árbol de Decisiones

Para ayudar a visualizar esta representación, consideremos el ejemplo presentado en la Figura 1. En el marco de la apertura a la competencia del mercado telefónico de México, una compañía está considerando solicitar un permiso para dar servicio de telefonía de larga distancia. La primera decisión es la de participar, y sus alternativas son hacerlo o no hacerlo. Si la compañía decide participar, enfrentará la decisión de la forma de participación y sus alternativas son la de participar sola o asociada. Si desea hacerlo sola, enfrentará el evento incierto del otorgamiento del permiso, siendo los posibles resultados que le otorguen el

permiso o que se lo nieguen. La probabilidad de que le otorguen el permiso se estima en 40% y éste valor está condicionado al hecho de que solicita el permiso sola (sin la posible ventaja tecnológica o financiera que le podría proporcionar una asociación). Si decide participar con un socio, nuestro decisor enfrenta la incertidumbre de qué empresa, si alguna lo hace, aceptará la asociación. Los posibles resultados son A, B, C o ninguna, y cada resultado tiene asociada una probabilidad. Si nuestro decisor considera que esas son las únicas empresas con las que puede asociarse y si sólo puede asociarse a una de ellas, la suma de las probabilidades asignadas a los resultados debe ser 1. Si el decisor consigue un socio, enfrentará la incertidumbre sobre el otorgamiento del permiso. Nótese que los resultados son los mismos en cada caso (otorgamiento o no del permiso) pero las probabilidades son diferentes. Las probabilidades reflejan situaciones diferentes por el hecho de estar asociado a diferentes empresas. Al final de cada rama se anotan los resultados monetarios de la combinación de decisiones y resultados en esa rama; en la Figura 1 estos valores están indicados simplemente como \$R1, \$R2, etc.

Este ejemplo puede verse como un fragmento de una descripción más amplia en la que otros factores económicos y técnicos influirían en la decisión de emprender el negocio. Por consideraciones de espacio no se incluye una representación más completa. Se puede encontrar más información sobre árboles de decisiones en cualquier libro elemental de análisis de decisiones.

DIAGRAMAS DE INFLUENCIA

Los diagramas de influencia, también llamados Diagramas de Decisión son una representación compacta de la totalidad del conocimiento que tenemos sobre una situación de decisión. Los diagramas de influencia representan explícitamente las decisiones y los eventos inciertos pero no muestran las alternativas o los posibles resultados. Estos diagramas representan los resultados como un nodo único y no indican los resultados individuales. Los diagramas de influencia son especialmente útiles para resaltar las relaciones de información y dependencia probabilística entre los nodos. A continuación se describen sus elementos estructurales.

Los diagramas de influencia contienen nodos de decisión representados por rectángulos y nodos de incertidumbre representados por óvalos. El diagrama contiene también flechas cuyo significado depende del nodo al que llegan (en contraste con las ramas de los árboles de decisión, cuyo significado depende del nodo del que emanan). Las flechas que llegan a un nodo de decisión indican que la información contenida en el nodo origen es conocida cuando se toma la decisión; las flechas que llegan a un nodo de incertidumbre significan que la variable aleatoria representada por el nodo de incertidumbre depende probabilísticamente del nodo origen. Usualmente existe un nodo de valor, al final de las trayectorias, que contiene la información respecto a resultados y preferencias.

Para visualizar esta representación consideremos el ejemplo mostrado en la Figura 2. Siguiendo en el contexto de la apertura del mercado telefónico en México, y aprovechando la representación compacta de los diagramas de influencias, consideremos un modelo más completo que el de la Figura 1. En este diagrama observamos tres decisiones ligadas: la participación en el mercado, el tipo de asociación y el nivel de inversión. También aparecen cinco eventos inciertos: el otorgamiento del permiso, el socio, el nivel de competencia, las políticas gubernamentales y los ingresos. El nodo de valor está indicado por un octágono y representa los resultados financieros esperados. La estructura del diagrama nos indica que el otorgamiento del permiso depende de la decisión de participar y del socio que se tenga; que los ingresos dependen de la competencia, las políticas gubernamentales y el nivel de inversión. También se puede leer en el diagrama que en el momento de tomar la decisión de Nivel de Inversión ya se sabe si se otorgó el permiso y quien es el socio (si es que hay socio). El diagrama muestra que los ingresos y el nivel de inversión determinan los resultados financieros para el decisor en este caso.

Para mayor información sobre los diagramas de influencia pueden consultarse los artículos de Shachter, y Howard y Matheson indicados en la bibliografía.

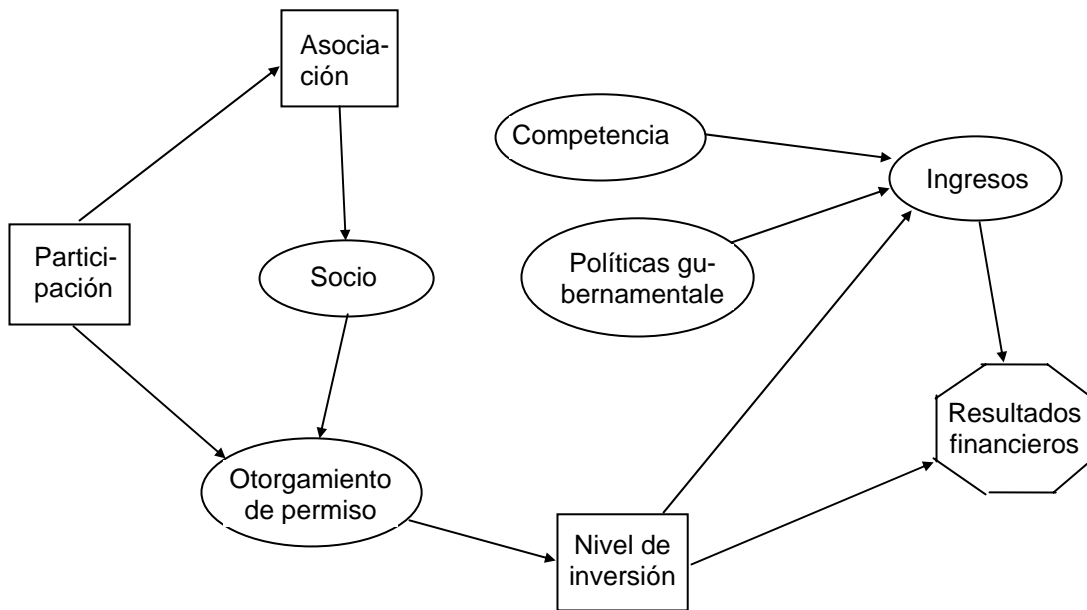


Figura 2. Un Diagrama de Influencia

DIAGRAMAS DE RELEVANCIA

En el modelo de diagrama de relevancia así como en los mapas de conocimiento, la atención se concentra en los eventos o variables inciertas. Estos modelos no representan las decisiones, alternativas o preferencias del decisor. Este enfoque limitado no debe considerarse un defecto de los diagramas de relevancia o mapas de conocimiento, ya que éstos tienen usos específicos valiosos, tal como se menciona a continuación.

Los diagramas de relevancia pueden verse como diagramas de influencia con sólo nodos de incertidumbre. Estos diagramas representan en forma estricta las relaciones probabilísticas entre los eventos representados. Este tipo de representación es especialmente valioso cuando se tiene un evento incierto de gran importancia y se quiere modelar su relación con otras variables. El significado de los elementos estructurales, óvalos y flechas, es el mismo que en los diagramas de influencia.

Dado que el diagrama de relevancia es equivalente a la representación probabilística estándar, podemos utilizarlo para realizar inferencias mediante manipulaciones gráficas (cambios en la dirección a las flechas de acuerdo a un conjunto de reglas). De esta manera podemos expresar cualquiera de las variables representadas en términos de las otras variables.

Para visualizar este tipo de diagrama, consideremos la situación representada en la Figura 3. Siguiendo el ejemplo anterior, supongamos que nuestro decisor está especialmente interesado en la variable Ingresos y que desea modelarla con más detalle. En el diagrama vemos que la variable de interés depende de la competencia, el tamaño del mercado y las políticas gubernamentales. Nótese que el nodo Nivel de Inversión, que en el ejemplo anterior aparecía condicionando a Ingresos, no está presente en el diagrama de relevancia. La razón es que el nivel de inversión del decisor no es una variable incierta sino una decisión y por lo tanto es conocida con certeza por el decisor. Esto no quiere decir que el nivel de inversión ya no afecte los ingresos (a mayor inversión, mayor capacidad para atender clientes y posiblemente mayores ingresos) sino que la variable Ingresos está condicionada a cada nivel particular de inversión que se esté considerando. Esto significa que se requiere evaluar numéricamente un diagrama de relevancia para cada nivel de inversión. Por ejemplo, si hay cuatro niveles de inversión que pueden ser seleccionados por el decisor, el diagrama de relevancia de la Figura 3 debe ser evaluado cuatro veces.

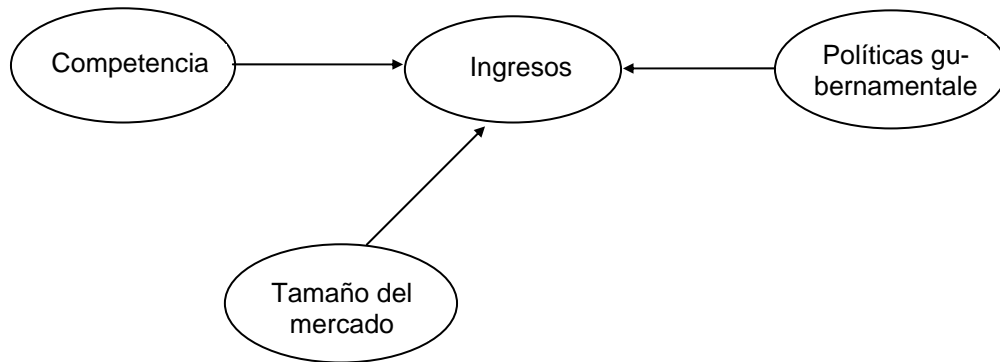


Figura 3. Un Diagrama de Relevancia

Para cada evaluación del diagrama de relevancia se necesita determinar una distribución de probabilidad (un valor de probabilidad para cada nivel de ingresos) para cada combinación de los tres factores en que está condicionado, además de las probabilidades marginales (a priori) de cada una de los eventos condicionantes. Aunque el esfuerzo de estimación de valores de probabilidad puede ser grande, al final tendremos una descripción completa del fenómeno y podremos contestar cualquier pregunta sobre la probabilidad de cualquier combinación de los eventos modelados.

MAPAS DE CONOCIMIENTO

Los mapas de conocimiento tienen una estructura similar a los diagramas de relevancia pero son menos exigentes en términos estructurales y en la especificación numérica de los valores.

Los diagramas de relevancia nos proporcionan una representación de nuestro estado de información que cumple estrictamente con la lógica de probabilidad y requiere la especificación completa de las probabilidades marginales y condicionales representadas. En contraste, los mapas de conocimiento admiten la representación de nodos (eventos) sobre los que no tenemos información suficiente para especificarlos completamente, o que representan un grado de detalle que consideramos excesivo para un problema particular.

Los mapas de conocimiento están formados por nodos que representan eventos, y por flechas entre los nodos que representan relevancia. Existen dos tipos de nodos, aquellos con valores numéricos y los nodos evocativos. Los nodos con valores numéricos se tratan como los nodos regulares de un diagrama de relevancia, mientras que los nodos evocativos y las flechas que emanan de ellos aparecen sin especificación adicional. El propósito de los nodos evocativos y sus relaciones de relevancia es ayudar a la persona que asigna los valores de probabilidad a tener en mente los factores que influyen en la probabilidad que se desea asignar. Desde luego, sólo se asignan probabilidades a los nodos con valores numéricos. En un mapa de conocimiento típico las rutas de flechas convergen hacia el nodo que representa el evento o variable de interés.

Consideremos, por ejemplo, que estamos interesados en determinar el tamaño del mercado telefónico de larga distancia en México en diciembre de 1997, esto es, a un año de que dicho mercado se abra a la competencia. Un mapa de conocimiento que representa esta situación es el de la Figura 4. Podemos ver que los autores de este mapa consideran que el tamaño del mercado depende de la demanda de servicios telefónicos y del precio a que se esté ofreciendo el servicio. A la vez, consideran que el precio es afectado por el número de empresas efectivamente dando el servicio, por las políticas gubernamentales de precios y por la infraestructura de telecomunicaciones disponible en esa fecha. Por otra parte, se considera que el crecimiento de la economía, el uso de redes y el patrón de uso de servicios telefónicos de los particulares son relevantes a la demanda. El diagrama también muestra la relevancia del número de usuarios de telexinformática y el avance en la automatización de servicios bancarios como factores relevantes al uso de redes. Así mismo se muestra que, en opinión de los autores del diagrama, el crecimiento de la economía

tiene como factores relevantes al ambiente político y al nivel de inversiones y que el ambiente político es relevante al nivel de inversiones. Finalmente, el diagrama presenta la relevancia de la presión de nuevas compañías, la presión de los grupos de usuarios y la influencia de Teléfonos de México en las políticas gubernamentales de precios.

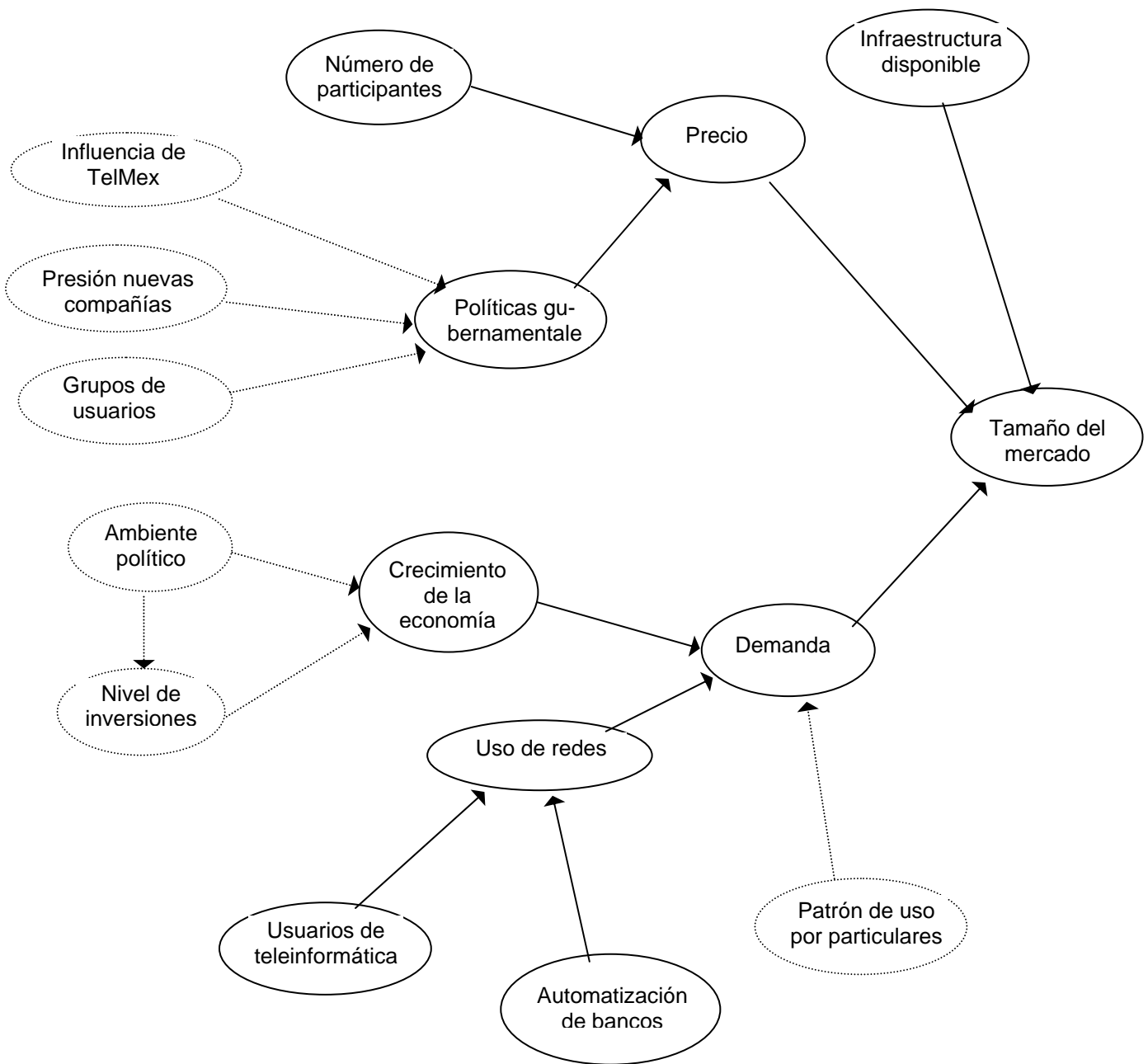


Figura 4. Mapa de Conocimiento con nodos evocativos

En el diagrama podemos apreciar que un conjunto de variables están representadas como nodos evocativos indicados por líneas punteadas. Así pues, al estimar el crecimiento de la economía se tendrá en mente la importancia del ambiente político y del nivel de inversiones (y su mutua relevancia), pero no se establecerán probabilidades para esas dos variables.

Otro elemento de flexibilidad presente en los mapas de conocimiento es la posibilidad de elaborar dos o más mapas "redundantes", donde cada uno de ellos evalúa la misma variable pero con diferentes nodos

antecedentes. Esta segmentación evita la dificultad de hacer estimaciones de probabilidad condicionadas en muchos nodos pero requiere un proceso de iteración para hacer consistentes las varias estimaciones. Aún otro elemento de flexibilidad es la posibilidad de elaborar mapas "disjuntos" en los que un mapa es segmentado para facilitar la estimación de probabilidades cuando no se requiere la totalidad de la distribución de probabilidad conjunta de las variables de interés.

Para mayor información sobre los mapas de conocimiento puede consultarse el artículo de Howard (1989) incluido en la bibliografía, que es la referencia original.

3. LINEAMIENTOS PARA EL USO DE MODELOS DE DECISIÓN

Para cada uno de los modelos descritos se ha señalado su utilidad y los requisitos de información para realizar la modelación; ahora abordaremos la decisión acerca de los modelos de decisión. La primera distinción que debemos hacer es sobre modelos de la situación completa y modelos de aspectos particulares. Los árboles de decisiones y los diagramas de influencia son del primer tipo, mientras que los diagramas de relevancia y los mapas de conocimiento son modelos para aspectos particulares. Para seleccionar la mejor representación para una situación de decisión debemos tener presente que los modelos son una herramienta para lograr claridad de acción. A continuación presentamos lineamientos generales que vinculan las características de la situación de decisión con la capacidad de representación de cada tipo de modelo.

MODELOS DE LA SITUACIÓN COMPLETA

El valor de cada tipo de modelo depende, entre otras cosas, de la etapa del análisis, la estructura del problema, la estructura de preferencias, el tamaño o complejidad de la situación y los usuarios del modelo.

El análisis generalmente se inicia con sólo una idea general de lo que se desea lograr; en esas circunstancias un diagrama de influencia puede ser muy útil porque permite concentrarse en los elementos y relaciones generales sin tener que atender los detalles. Por otra parte, cuando se desea tener todos los detalles del problema accesibles de inmediato, un árbol de decisiones es la modelación adecuada, aunque, si el problema tiene muchas variables, tal vez sea necesario segmentar el árbol para hacerlo manejable.

Respecto al tamaño y complejidad del problema, se sugiere que para problemas grandes o complejos (con muchas interrelaciones) se utilice el diagrama de influencia dado que su representación compacta y orientada a las relaciones permite manejar problemas con esas características. Una forma de modelación alternativa para problemas grandes pero no muy complejos es el árbol de decisiones genérico, en donde se resalta la secuencia de decisiones y eventos, pero no se representan las ramificaciones ni los resultados de cada secuencia individual.

Respecto a la estructura del problema, los árboles de decisiones no hacen evidente las relaciones de dependencia probabilística, uno tiene que examinar y comparar los valores de probabilidad de los grupos de ramas para identificar la dependencia o independencia probabilística. Por otra parte, los diagramas de influencia son inadecuados para representar la asimetría derivada de diferentes acciones, mientras que los árboles de decisiones la representan sin dificultad. Cuando tenemos independencia probabilística entre las variable inciertas es adecuado usar árboles.

Respecto a la secuencia cronológica de las decisiones y eventos, el árbol de decisiones muestra con especial claridad las relaciones en el tiempo, mientras que las flechas en el diagrama de influencia indican información o dependencia y sólo indirectamente, y sólo en algunos casos, se puede establecer la secuencia temporal. En contraste, el árbol de decisiones necesariamente muestra una secuencia, aun en los casos en los que la secuencia o parte de ella es irrelevante.

Respecto al conocimiento sobre preferencias y objetivos, la estructura de los diagramas de influencia permite ver la jerarquía de objetivos en el modelo de decisión, mientras que en los árboles de decisiones este tipo de jerarquías deberán construirse fuera del modelo. Nótese que en este caso el diagrama de influencia enfatiza las relaciones cualitativas pero no se leen directamente valores numéricos de resultados

o preferencias, por otra parte, el árbol de decisiones nos muestra los valores numéricos pero no hace explícita la jerarquía de objetivos.

Finalmente, respecto al tipo de usuario, se ha encontrado que ambas representaciones pueden ser entendidas en poco tiempo por personas sin preparación formal en análisis de decisiones. Un aspecto importante en la presentación de los modelos a usuarios finales es no sobrecargar de información los árboles o diagramas. Se pueden usar diagramas simplificados que muestren sólo los aspectos críticos del problema. Adicionalmente deben seguirse las recomendaciones señaladas sobre estructura y complejidad.

MODELOS DE INTERRELACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Cuando deseamos representar con mayor detalle y precisión algún aspecto del conocimiento sobre la situación de decisión podemos usar los diagramas de relevancia y los mapas de conocimiento. La jerarquía de objetivos puede también representarse en ambos modelos.

Si la importancia de la situación lo justifica y podemos disponer de la información completa sobre las relaciones entre variables, podemos usar un diagrama de relevancia convencional. Por otra parte, si no estamos en condiciones de cuantificar todos los nodos que son relevantes, podemos utilizar los mapas de conocimiento. También podemos usar un mapa de conocimiento para una exploración inicial del problema y después decidir que parte se considera evocativa.

Los diagramas de relevancia son especialmente útiles para estudiar con detalle interacciones complejas de variables aleatorias.

4. CONCLUSIONES

Se dispone de modelos poderosos para representar el conocimiento sobre una situación de decisión que nos permiten ordenar y entender lo que sabemos y nos ayudan a tomar una mejor decisión. Sin embargo, la variedad de énfasis y contenido explícito de información de dichos modelos requiere un juicio por parte del analista respecto a la representación más conveniente.

Para aumentar nuestra eficiencia y eficacia en el análisis de decisiones es importante:

1. Conocer los modelos disponibles para representar nuestro conocimiento sobre una situación de decisión.
2. Determinar cual es el modelo adecuado para la situación que enfrentamos.
3. Saber aprovechar el hecho de que las representaciones se pueden complementar entre si.

Podemos caracterizar las situaciones en términos de su complejidad y estructura, la información disponible, los usuarios del modelo y la etapa del análisis. Dicha caracterización ayuda a seleccionar el tipo de representación del conocimiento mas adecuado.

BIBLIOGRAFÍA

- Howard, Ronald A. (1989), Knowledge Maps, Management Science, Vol. 35 No. 8.
- Howard, Ronald A. y James E. Matheson (1981), Influence Diagrams en Howard, R. A. y J. E. Matheson (eds.) (1983) en The Principles and Applications of Decision Analysis. Strategic Decisions Group. Palo Alto, California.
- Keeney, Ralph L. (1992), Value-Focused Thinking, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Shachter, Ross D. (1988), "Probabilistic Inference and Influence Diagrams", Operations Research, Vol. 36 No. 4.
- Shachter, Ross D. (1986), "Evaluating Influence Diagrams", Operations Research, Vol. 34 No. 6.