Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XIV (número 2), abril-junio 2013: 249-256
ISSN 1405-7743 FI-UNAM
(artículo arbitrado)

Solución de problemas con incertidumbre y varios objetivos

Troubleshooting with Uncertainty and Several Objectives

Acosta-Flores José Jesús
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
Correo: jjaf@unam.mx

Información del artículo: recibido: febrero de 2012, reevaluado: junio de 2012, aceptado: agosto de 2012

Resumen

En ingeniería nos enfrentamos con problemas tan diversos como la elección del sitio donde debe construirse una carretera, una presa, un puente o un aeropuerto. Las consecuencias de tomar decisiones equivocadas son tan grandes que es conveniente contar con un método eficiente para enfrentar dichas situaciones, ya que siempre existe incertidumbre sobre lo que puede acontecer. En este artículo se presenta dicho método a través de un ejemplo sobre un sistema de protección de huracanes en el que dos actores serán fundamentales: el decisor y el analista. Se ha elegido este ejemplo porque permitiría tomar decisiones que disminuyan los daños que ocasionan los huracanes en nuestro país.

Descriptores:

- decisiones con incertidumbre
- decisiones con objetivos múltiples
- análisis de decisiones

Abstract

In engineering, we face problems as diverse as the choice of the site where we must build a road, a dam, a bridge or an airport. The consequences of wrong decisions are so great that it is useful to have an efficient method to deal with these situations because there is always uncertainty about what can happen. In this article the method is presented through an example about a hurricane protection system in which two actors will be essential: the decision-maker and the analyst. This example has been chosen because it would allow decisions to reduce the damage caused by hurricanes in our country.

Keywords:

- *decisions under uncertainty*
- *decisions with multiple objectives*
- *decision analysis.*

Introducción

En la mayoría de los problemas donde tenemos que tomar decisiones está presente la incertidumbre. Por ejemplo, si construimos un puente proyectado para resistir una avenida en determinado sitio de un río, puede ocurrir que llegue una avenida extraordinaria y lo destruya, otro ejemplo podría ser que el sitio que elijamos para construir un aeropuerto afecte tanto a las personas dueñas de los terrenos donde va a situarse, que hagan manifestaciones de gran magnitud, que obliguen a la suspensión de la obra. También, casi siempre hay varios objetivos, en el caso del puente podrían ser: maximizar la resistencia y minimizar el costo; en el aeropuerto, maximizar los impactos económicos en la región y minimizar el número de personas afectadas. A pesar de la complejidad se deben tomar decisiones, lo que implica elegir entre varias opciones. Para seleccionar la mejor decisión hay que efectuar un análisis de lo que hubiera sucedido si cada una de las posibles alternativas se hubiera instrumentado. La toma de decisiones, acto cotidiano en múltiples actividades, generalmente se hace por técnicas como la adivinanza, la reacción visceral, la intuición o la experiencia basada en opiniones o sucesos muy parecidos.

Estas técnicas resultan poco eficientes dado que no suelen incorporar todos los factores que pueden afectar la decisión y sus resultados. Pocas decisiones se toman con plena certidumbre sobre sus posibles consecuencias. El proceso de tomar decisiones puede ser mejorado utilizando una metodología que combine una estructura explícita y una técnica cuantitativa de análisis.

La dificultad para tomar una decisión se relaciona con tres aspectos: estructurales, personales y políticos (Sánchez *et al*., 2008) Dentro de los aspectos estructurales está el grado de incertidumbre, la cantidad de opciones disponibles, la diversidad de objetivos, las consecuencias de tomar una decisión y la frecuencia con que se toman decisiones parecidas. Los aspectos personales consideran los patrones de personalidad de quien toma la decisión. En cuanto a los aspectos políticos puede suceder que la alternativa más acertada, elegida mediante un proceso racional y sistematizado, debe supeditarse a consideraciones de orden político que resulten prioritarias.

Para el manejo de estos aspectos se han desarrollado métodos multicriterio, como lo señalan Leyva *et al*. (2008). Ellos mencionan: "Durante las últimas décadas, el desarrollo del Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA) ha contribuido significativamente a la evolución del campo teórico y aplicado de la Investigación de Operaciones y de la Ciencia de la Decisión".

Sevilla y Escobar (2008) presentan un ejemplo de aplicación de uno de estos métodos, el Prométhée-Gaia. A pesar de su amplia aplicación, estos métodos no toman en cuenta las incertidumbres involucradas, lo que disminuye su efectividad.

De ahí la necesidad de contar con un método que sí las considere, como el que se presenta a continuación.

Método de análisis de decisiones con incertidumbre

Los pasos para determinar la estrategia óptima de solución al resolver un problema donde existe incertidumbre y se tienen varios objetivos (Raiffa, 1968; Acosta, 1975, 1999) son cinco y se describe cada uno de ellos a continuación.

En el primer paso se definirán los objetivos, sus medidas de efectividad o atributos (cada medida o atributo mide el logro de un objetivo), las opciones que se tienen disponibles y los eventos, es decir, las consecuencias posibles de cada acción. El resultado se presenta en forma de árbol.

En el segundo paso se determinarán las probabilidades de todos los eventos.

En el tercer paso se estimarán las consecuencias finales para cada evento terminal utilizando los atributos.

En el cuarto paso se determinará la mejor estrategia de solución. Primero se obtendrá la función utilidad que represente la estructura de preferencias del decisor. Esta función de utilidad evaluará los atributos y dará como resultado un número real. Deberá ser válida en el sentido Von Neumann-Morgenstern (Keeney y Raiffa, 1976) de manera que la utilidad esperada sea un criterio apropiado para guiar el proceso de selección de la mejor estrategia. Después, se escogerán las acciones que conduzcan a la mayor utilidad esperada. Con estas acciones se establecerá la mejor estrategia de solución. Esta estrategia consistirá en una regla que establezca la mejor decisión que debe elegirse cuando suceda algún evento.

En el quinto paso, análisis de sensibilidad, se cuestionarán las hipótesis con el fin de determinar aquellas variables críticas, o sea, aquéllas que pueden hacer que cambie la mejor estrategia de solución.

Enseguida se detallará el método a través de un ejemplo.

Sistema de protección de huracanes

Se eligió este sistema porque además de ilustrar el método, puede servir para mejorar las decisiones que deben tomarse en este contexto. Se trata de un ejemplo hipotético en donde hay que elegir un sistema que proteja de los huracanes a un puerto pequeño. Este sistema consiste en la construcción de una barrera protectora. Se emplearán los cinco pasos.

Paso 1. Se considera que el objetivo del sistema es contar con un sistema de protección ante huracanes lo más pronto posible, el cual minimice los daños en caso de tener esos eventos climáticos. Los atributos que miden el logro de este objetivo son: x_1, la duración de la construcción en meses y x_2, el daño ocurrido en unidades monetarias.

Las opciones son dos diseños alternativos a_1 y a_2. El primer diseño, a_1, protegerá totalmente al puerto y el tiempo en que puede quedar concluido es de 10, 11 o 12 meses.

El segundo, a_2, restringe mucho menos el paso de los barcos hacia dentro y fuera del puerto, pero permitiría que entraran olas más grandes en el caso de que llegase un huracán. El funcionamiento de este segundo diseño depende, en parte, de la intensidad y número de huracanes que ocurran en la vida útil del proyecto de 50 años. Los eventos son: H_0, ningún huracán de intensidad fuerte en los próximos 50 años; H_1, un huracán; H_2, dos o más huracanes. Con este diseño el tiempo de construcción de la barrera protectora puede ser de 5, 6 o 7 meses.

La información anterior queda plasmada en el árbol de decisiones mostrado en la figura 1.

Paso 2. Se calcularán las probabilidades de los eventos. Estas probabilidades dependen de la localización del puerto que se esté analizando.

Como este ejemplo es hipotético supondremos que ya se realizaron dichos cálculos y se estimó que la probabilidad de no tener ningún huracán es 0.1, la de tener un huracán es 0.3 y la de tener dos o más huracanes es 0.6.

También, que el diseño a_1 tardará en construirse 10 meses con probabilidad 0.3, 11 meses con probabilidad 0.4 y 12 meses con probabilidad 0.3; y protegerá totalmente al puerto sea cual sea el número de huracanes que ocurran.

El segundo diseño, $a_{2,}$ se construirá en 5 meses con probabilidad 0.2, 6 meses con probabilidad 0.6 y 7 meses con probabilidad 0.2.

Suponiendo que el tiempo que durará la construcción de la barrera protectora y la ocurrencia de huracanes son eventos probabilísticamente independientes, entonces la probabilidad del evento conjunto es igual al producto de las probabilidades.

Paso 3. Se estimarán las consecuencias terminales. Con el diseño a_1, sea cual sea el número de huracanes que sucedan, no se tendrá ningún daño, ya que la protección es total. Se estima que con el diseño $a_{2,}$ si no hay ningún huracán obviamente no habrá daños; si ocurre un huracán los daños estimados son 600; si acontecen dos o más huracanes los daños estimados son 1800. Recordando que x_1 es la duración de la construcción en

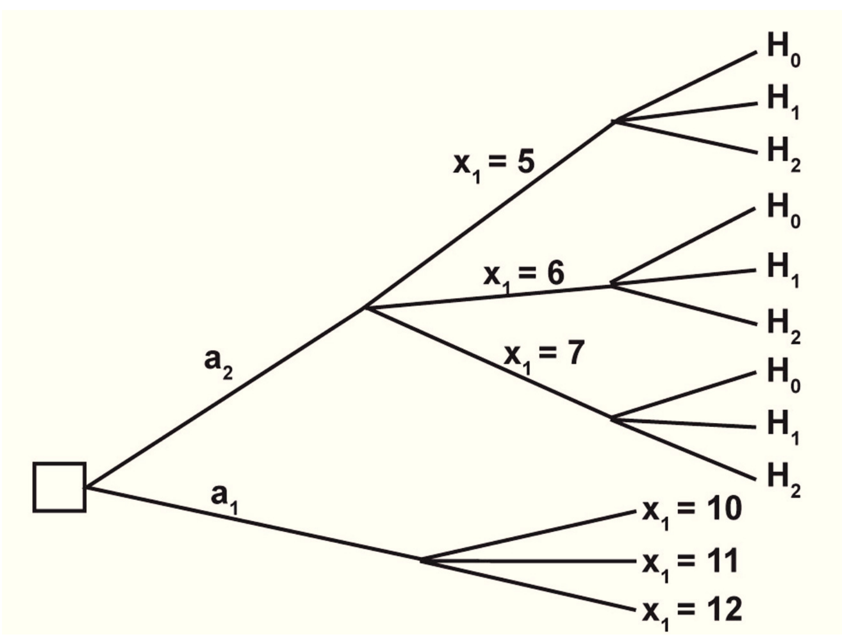

Figura 1. Árbol de decisión

meses y x_2 es el daño ocurrido en unidades monetarias, se forma el vector (x_1, x_2) que se muestra en los nodos terminales de la figura 2.

Paso 4. Se calculará la estrategia de solución, para ello hace falta determinar la función utilidad con atributos múltiples, x_1 y x_2, donde el primero varía de 5 a 12, y el segundo de 0 a 1800. Se supondrá una función utilidad de tipo aditivo:

$$u(x_1, x_2) = \mathrm{k}_1 u_1(x_1) + \mathrm{k}_2 u_2(x_2) \qquad (1)$$

donde u, u_1 y u_2 son funciones utilidad con escalas de cero a uno, $\mathrm{k}_1, \mathrm{k}_2 > 0$ y $\mathrm{k}_1 + \mathrm{k}_2 = 1$.

Primero, se obtendrán las funciones utilidad de un sólo atributo, $u_1(x_1)$ y $u_2(x_2)$ y después, los valores de k_1 y k_2. Estas funciones dependen de la estructura de preferencias del decisor que puede ser de neutralidad, aversión o propensión al riesgo. Para determinar dicha estructura se le pregunta al decisor su equivalente bajo certeza de situaciones donde existe incertidumbre, a las que se les denomina loterías. Se compara el equivalente bajo certeza con el valor esperado de una lotería. Si el equivalente es menor que el valor esperado se trata de un caso de aversión al riesgo porque el decisor está dispuesto a cambiar la lotería por un valor menor a su valor esperado. Si es mayor el decisor tiene propensión al riesgo, lo que implica que estaría dispuesto a pagar algo por encima de su valor esperado, y si son iguales se trata de neutralidad, donde el decisor no tiene miedo ni es temerario.

Regresando a nuestro ejemplo, la duración de la construcción en meses, x_1, puede variar de 5 a 12. Como se prefiere una duración menor, entonces $u_1(5) = 1$ y $u_1(12) = 0$.

Se preguntó al decisor el equivalente bajo certeza de la lotería donde se tienen como resultados 5 y 12 con la misma probabilidad de 0.5. Se seleccionó esta lotería porque es más fácil para el decisor pensar en ella, ya que representa un volado con una moneda balanceada donde existe la misma posibilidad de salir águila que sol.

Su respuesta fue 8.5, que coincide con el valor esperado de la lotería. Se cambiaron las loterías, tanto en consecuencias como en probabilidades y siempre los equivalentes bajo certeza coincidieron con el valor esperado, luego se concluyó que este decisor tiene neutralidad al riesgo en este atributo. Así, su función utilidad, $u_{\mathrm{p}}(x_1) = -x_1$ (Acosta, 2008) donde esta función es preliminar, ya que no tiene una escala de 0 a 1.

Se conoce que se puede utilizar una función estratégicamente equivalente a $u_{\mathrm{p}}(x_1)$ para que tenga dicha escala. O sea, $u_1(x_1) = \mathrm{a} + \mathrm{b}u_{\mathrm{p}}(x_1)$, donde b debe ser mayor que 0.

Ya que $u_1(5) = 1$ y $u_1(12) = 0$, las ecuaciones de $u_1(x_1)$ para dichos valores son:

$$u_1(5) = 1 = \mathrm{a} + \mathrm{b}u_{\mathrm{p}}(5)$$

$$u_1(12) = 0 = \mathrm{a} + \mathrm{b}u_{\mathrm{p}}(12)$$

sustituyendo $u_{\mathrm{p}}(x_1) = -x_1$, quedan las siguientes ecuaciones:

$1 = \mathrm{a} + \mathrm{b}(-5)$
$0 = \mathrm{a} + \mathrm{b}(-12)$
Al resolver este sistema, se tienen a = 12/7 y b = 1/7; por lo que $u_1(x_1) = 12/7 - x_1/7 = (12 - x_1)/7$

Se continúa ahora con el daño en unidades monetarias, x_2, que puede estar entre 0 y 1800. Como se prefiere un daño menor, entonces $u_2(0) = 1$ y $u_2(1800) = 0$.

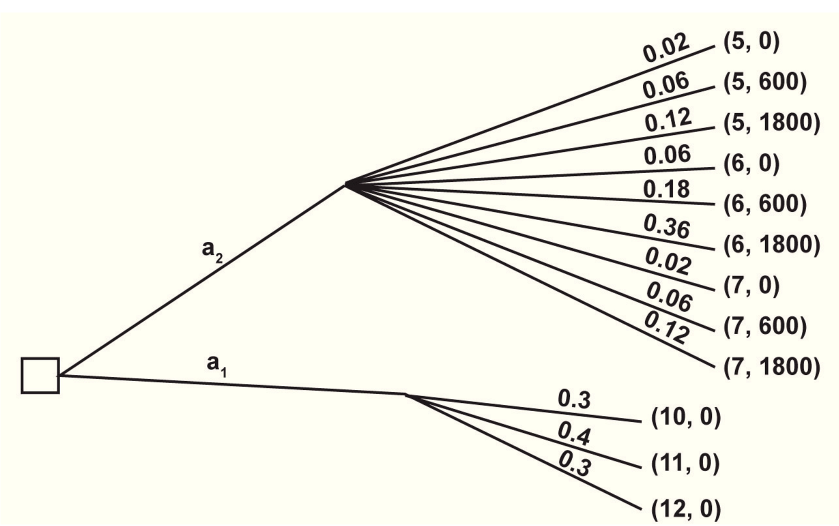

Figura 2. Árbol de decisión

Se preguntó al decisor el equivalente bajo certeza de la lotería cuyos resultados son 0 y 1800, cada uno con una probabilidad de 0.5 Su respuesta fue 1000, más grande que el valor esperado de la lotería, 900. Se cambiaron las loterías, tanto en consecuencias como en probabilidades, y siempre los equivalentes bajo certeza fueron mayores que el valor esperado, luego este comportamiento indica que se trata de aversión al riesgo en este atributo. Se calcularon también las primas de riesgo, como la diferencia de equivalente bajo certeza menos su valor esperado, PR = EBC – VE, para diferentes valores de capital.

En cada lotería, al variar el capital se mantuvo constante la prima de riesgo. Por tanto, se trata de aversión constante al riesgo.

Así, su función utilidad, $u_p(x_2) = -e^{cx2}$ (Acosta, 2008) donde c debe ser mayor que cero. De nuevo, esta función es preliminar, ya que no tiene una escala de 0 a 1.

Se considera que una función es estratégicamente equivalente a otra cuando ambas son iguales al adicionarle a una de ellas una constante y se le multiplica por una constante positiva. En este caso de equivalencia estratégica se puede usar cualquiera de ellas para tomar una decisión, ya que ambas conducen al mismo resultado. Entonces se usará una función estratégicamente equivalente a $u_p(x_2)$ que tenga la escala de 0 a 1. Es decir, $u_2(x_2) = d + fu_p(x_2)$, donde $f > 0$.

Para obtener el valor de f, ya que el equivalente bajo certeza de la lotería [0, 1800; 0.5, 0.5] fue 1000, entonces, $u_p(1000) = 0.5u_p(0) + 0.5\,u_p(1800)$; es decir, $-e^{1000c} = -0.5e^{0} - 0.5e^{1800c}$; una ecuación con una sola incógnita.

Resolviendo esta ecuación se obtiene el valor c = 0.00024895. De esta manera, $u_p(x_2) = -e^{0.00024895x_2}$

Como $u_2(0) = 1$ y $u_2(1800) = 0$, las ecuaciones de $u_2(x_2)$ para dichos valores son

$u_2(0) = 1 = d + fu_p(0)$
$u_2(1800) = 0 = d + fu_p(1800)$

sustituyendo $u_p(x_2) = -e^{0.00024895x_2}$, quedan

$1 = d + f(-e^{0})$
$0 = d + f(-e^{0.00024895*1800})$

Calculando los valores de la exponencial, se obtiene

$1 = d - f$
$0 = d - 1.56535087f$

un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas. Las soluciones de este sistema son: d = 2.7688 y f = 1.7688.

Por lo anterior, $u_2(x_2) = 2.7688 - 1.7688e^{0.00024895x_2}$. Al sustituir $u_1(x_1)$ y $u_2(x_2)$ en la ecuación (1), queda

$$u(x_1, x_2) = k_1(12/7 - x1/7) + k_2(2.7688 - 1.7688e^{0.00024895x_2}) \quad (2)$$

Para tener totalmente definida $u(x_1, x_2)$ se calcularán k_1 y k_2.

Primero, se forma la tabla 1 con cuatro columnas cuyos encabezados son: opciones, x_1, x_2 y $u(x_1, x_2)$.

En el segundo renglón se deja en blanco la primera columna y en las dos siguientes se escribe lo peor de los dos atributos.

La columna 1 con las opciones hipotéticas α y β.

En el tercero, se escribe lo mejor de x_1 y lo peor de x_2, a esta opción se le llama α.

En el cuarto, se escribe lo mejor de x_2 y lo peor de x_1, a esta opción se le denomina β.

En el último renglón, se escribe lo mejor de los dos.

En la cuarta columna, empleando la ecuación (2), se calcula la utilidad de cada una de estas opciones.

Tabla 1. Utilidades de opciones hipotéticas

Opciones	x_1	x_2	$u(x_1, x_2)$
	12	1800	0
α	5	1800	k_1
β	12	0	k_2
	5	0	$k_1 + k_2 = 1$ (3)

Se pide al decisor que compare α y β. Su respuesta fue que prefiere β sobre α. Entonces, se deberá cumplir que $k_2 > k_1$.

Se graficarán β y α en la figura 3.

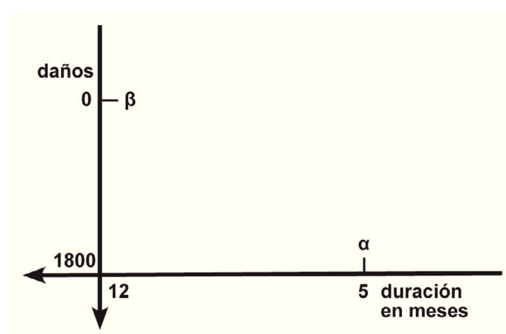

Figura 3. Duración y daños

En la figura 3 se ha dibujado el eje de las abscisas de derecha a izquierda y el de las ordenadas de arriba abajo porque en ambos casos se desea minimizar tanto los daños como la duración. De esta manera el origen representa la peor situación posible.

Como β se prefiere sobre α, se pueden ir aumentando los daños en el eje de las ordenadas, hasta que el decisor sea indiferente entre ese punto y α.

Sea una cantidad de daños igual a 500 la que cumple con esa condición, (12, 500) es indiferente a α.

Como existe indiferencia, la utilidad de ambos puntos debe ser la misma, es decir, $u(12, 500) = u(\alpha)$. Usando nuevamente la ecuación (1) queda: $k_1 u_1(12) + k_2 u_2(500) = k_1$.

Puesto que $u_1(12) = 0$ y $u_2(500) = 0.766$, se tiene que

$$0.766 k_2 = k_1 \qquad (4)$$

Las ecuaciones (3) y (4) constituyen un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, cuya solución es: $k_1 = 0.566$ y $k_2 = 0.434$, de forma que la ecuación (2) queda

$$u(x_1, x_2) = (0.566)(12/7 - x_1/7) + (0.434)(2.7688 - 1.7688e^{0.00024895x_2})$$

haciendo operaciones

$$u(x_1, x_2) = 2.172 - 0.081x_1 - 0.768e^{0.00024895x_2} \qquad (5)$$

Con esta ecuación se evalúan las consecuencias terminales, lo que se muestra a continuación:

$u(5, 0) = 0.999$
$u(5, 600) = 0.875$
$u(5, 1800) = 0.565$
$u(6, 0) = 0.918$
$u(6, 600) = 0.794$
$u(6, 1800) = 0.484$
$u(7, 0) = 0.837$
$u(7, 600) = 0.713$
$u(7, 1800) = 0.403$
$u(10, 0) = 0.594$
$u(11, 0) = 0.513$
$u(12, 0) = 0.432$

Sustituyendo las consecuencias terminales por las utilidades correspondientes en la figura 2 se obtiene la figura 4.

La utilidad del diseño a_1 se calculó como $(0.3)(0.594) + (0.4)(0.513) + (0.3)(0.432) = 0.513$, es decir, la suma de los productos de la utilidad por su probabilidad correspondiente. De igual manera se procedió en el cálculo de la utilidad del diseño a_2, quedando igual a 0.620. Como $0.620 > 0.513$, se recomienda emplear el diseño a_2.

Paso 5. Análisis de sensibilidad. Se desea conocer cuánto debe ser el tiempo en que debe construirse el diseño a_1 para que sea equivalente al diseño a_2.

Son equivalentes cuando

$$u(a_1) = u(a_2).$$

En $u(a_1)$ se dejará como variable el atributo x_1.

Empleando la ecuación (10), $u(x_1, x_2) = 2.172 - 0.081x_1 - 0.768e^{0.00024895x_2}$ se obtiene $u(a_1) = u(x_1, 0) = 1.404 - 0.081x_1$ y $u(a_2) = 0.620$

Igualando y despejando a x_1 se obtiene $x_1 = (1.404 - 0.620)/0.081 = 9.68$ meses.

O sea, que si la duración de la construcción usando el diseño a_1 es menor que esa cantidad la decisión óptima en vez de ser a_2 cambia a a_1.

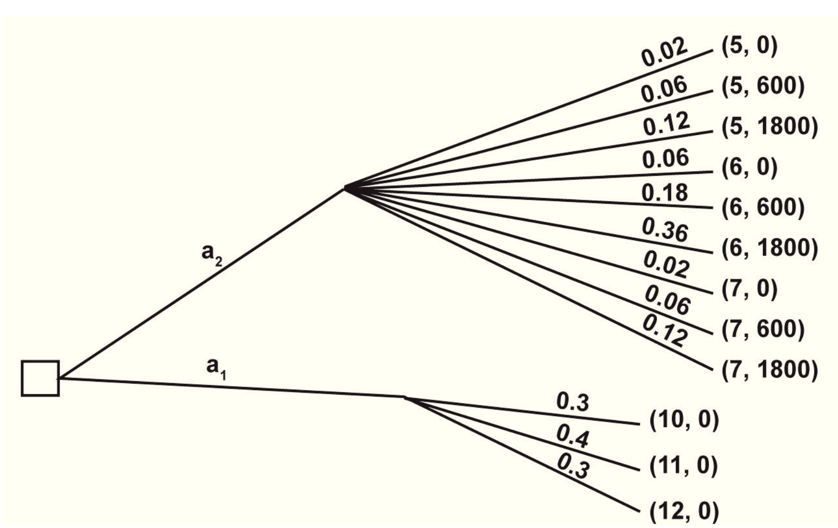

Figura 4. Árbol de decisión

Conclusiones

Se presentó un método para resolver problemas donde existe incertidumbre y objetivos múltiples. Se tienen dos personas clave: el decisor y el analista. El analista hace preguntas relativamente sencillas al decisor y con sus respuestas, como insumo, obtiene la mejor estrategia de solución.

Este método permite determinar la ponderación de los atributos sin preguntar de manera directa al decisor, en cambio, otros métodos sí piden al decisor que dé esa ponderación, lo cual es difícil.

También se pide al decisor el equivalente bajo certeza de un volado, lo cual es sencillo, y con su respuesta comparándola con el valor esperado del mismo, el analista determina si el decisor tiene aversión, propensión o neutralidad al riesgo. Otros métodos, en lugar de ello, piden al decisor que diga cuál es la forma de su función utilidad, lo cual es muy difícil para él.

El ejemplo tuvo solamente dos atributos, pero se puede incrementar el número de éstos sin que aumente la dificultad del método, lo que amplía notablemente su rango de aplicación. Por ejemplo, en la localización de un aeropuerto se puede considerar además de minimizar el número de personas desplazadas de sus hogares por la construcción y maximizar el desarrollo económico de la región, minimizar el número de personas afectadas por el ruido, la cantidad de daño en caso de un accidente, tanto material como de personas, maximizar la capacidad tanto en el espacio aéreo como en tierra, minimizar el tiempo de acceso al aeropuerto, etcétera.

Por lo anterior podemos concluir que con este método aún cuando el analista tiene que trabajar (trabajo que inclusive se puede programar en computadora) se facilitan las respuestas del decisor y es posible proporcionarle las mejores estrategias de solución a sus problemas.

Referencias

Acosta-Flores J.J. *Teoría de decisiones en el sector público y en la iniciativa privada,* México, Alfaomega editores, 1975.

Acosta-Flores J.J. *Cómo mejorar su habilidad para tomar decisiones,* México, Desarrollo Integral Empresarial y Consultoría SA de CV, 1999.

Acosta-Flores J.J. *Planeación integral prospectiva y participativa,* Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, México, 2008.

Keeney R.L. y Raiffa H. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, Nueva York, USA, John Wiley and Sons, 1976.

Leyva-López J.C., Fernández-González E., Trejos-Alvarado M. Special Issue on Multicriteria Decision Support Systems. *Computación y Sistemas*, diciembre 2008.

Raiffa H. *Decision Analysis,* USA, Addison-Wesley, Reading, Mass, 1968.

Sánchez-Pedraza R., Gamboa O., Díaz J.A. Modelos empleados para la toma de decisiones en el cuidado de la salud. *Revista de la Salud Pública*, Febrero, 2008: 178-188.

Sevilla-Juárez E., Escobar-Toledo C.E. The Efficiency of Preventive Maintenance Planning and the Multicriteria Methods. A Case Study. *Computación y Sistemas*. Diciembre 2008: 208-215.

Este artículo se cita:

Citación estilo Chicago

Acosta-Flores, José Jesus. Solución de problemas con incertidumbre y varios objetivos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XIV, 02 (2013): 249-255.

Citación estilo ISO 690

Acosta-Flores J.J. Solución de problemas con incertidumbre y varios objetivos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XIV (número 2), abril-junio 2013: 249-255.

Semblanza del autor

José Jesús Acosta-Flores. Es egresado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, donde estudió ingeniería civil. Obtuvo los grados de maestro en ingeniería (planeación) y doctor en ingeniería (investigación de operaciones). Cursó el programa de estudios de ingeniería avanzada en el Instituto Tecnológico de Massachussets. Es profesor desde 1965 en la UNAM. Fue coordinador del Plan de Desarrollo 1995-2000, subjefe de la División de Estudios de Posgrado, jefe del Departamento de Ingeniería de Sistemas, miembro del Consejo Interno de Posgrado, de la Comisión Dictaminadora de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial durante dos períodos y de la Comisión Evaluadora de las Primas de Desempeño en la Facultad de Ingeniería. El consejo técnico de dicha Facultad, le otorgó la Cátedra Especial Javier Barros Sierra en dos ocasiones; y en 2012 la Cátedra Especial Carlos Ramírez Ulloa. Fue director de tesis de más de 40 alumnos de licenciatura, maestría y doctorado. Es coautor del libro: «Métodos de optimización» y autor de "La Teoría de decisiones en el sector público y en la empresa privada", "Cómo mejorar su habilidad para tomar decisiones", "Planeación integral prospectiva y participativa", "Ingeniería de sistemas, métodos probabilistas" y "Análisis de decisiones", asimismo, coordinador de los libros: "Ingeniería de sistemas: tópicos y ensayos" e "Ingeniería de sistemas: un enfoque interdisciplinario".