



Agronomía Costarricense
ISSN: 0377-9424
rac.cia@ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

García, Jorge Luís; Noriega, Salvador A.; Díaz, Juan José; de la Riva, Jorge
Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola
Agronomía Costarricense, vol. 30, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 107-114
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43630110>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Nota Técnica

APLICACIÓN DEL PROCESO DE JERARQUÍA ANALÍTICA EN LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA AGRÍCOLA

Jorge Luís García^{1/}, Salvador A. Noriega^{**}, Juan José Díaz*, Jorge de la Riva**

Palabras clave: AHP, maquinaria agrícola, evaluación de tractores, tecnología avanzada, selección de tractores.

Keywords: AHP, farm machinery, tractor's evaluation, advanced technology, tractor's selection.

Recibido: 22/05/05

Aceptado: 08/03/06

RESUMEN

Se presenta la aplicación de un modelo multicriterio para la toma de decisiones en inversión de tecnología avanzada en agricultura (tractores), el cual está basado en la técnica denominada Proceso de Jerarquía Analítica (AHP, Analytic Hierarchy Process) e integra en el análisis 5 criterios de evaluación, los cuales son el costo, la potencia, la flexibilidad, la comodidad y la seguridad; mismos que se integran en una estructura jerárquica para evaluar 3 alternativas de solución. Para el análisis de la información se contó con la colaboración de un campesino del Estado de Colima, México, quien adquirió la nueva maquinaria en abril del 2005. Al final de la evaluación se logró formular un modelo multicriterio que integra criterios tangibles e intangibles, superando las críticas realizadas a las técnicas económicas de flujo descontado.

ABSTRACT

Application of the analytic hierarchy process for agricultural technology selection.

A multicriteria model for decision-making in investment of advanced technology in agriculture (tractors), is presented, based on the technique denominated Analytic Hierarchy Process (AHP), which integrates in the analysis 5 criteria of evaluation: cost, power, flexibility, comfort, and security; these criteria were integrated in a hierarchic structure to evaluate 3 solution alternatives. We counted with the collaboration of a farmer in Colima, Mexico, who acquired the new machinery in April 2005. At the end of the evaluation we generated a multicriteria model which integrates tangible and intangible criteria, overcoming the criticism made to the economic techniques of discounted flow.

INTRODUCCIÓN

Las decisiones de inversión en tecnología avanzada (TA) realizadas por las empresas son comúnmente una respuesta al ambiente dinámico

y de globalización de la actualidad; las decisiones basadas en criterios técnicos permiten alcanzar una mejor calidad de productos y disminuir costos. En las granjas agrícolas al igual que en las empresas industriales, se enfrentan los mismos

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: jlgarcia@itcj.edu.mx

* División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. Chihuahua, México.

** Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Cd. Juárez. Chihuahua, México.

problemas al adquirir sus tecnologías de producción, como son tractores e implementos, sistemas de riego y bombeo, además estos problemas de justificación son muy similares y pueden ser resueltos con las mismas técnicas.

Para (Canada y Sullivan 1990) los problemas de inversión en TA se pueden resumir en 4 puntos principales:

- Se requiere de una inversión inicial grande
- Las inversiones son de alto riesgo
- Las tasas de interés con que se evalúan son altas
- Las empresas se comparan con el *status quo*, “no hacer nada”

En la industria, en ese sentido Small y Yasin (1997) declaran que cuando las empresas se comparan con el *status quo*, estas renuncian a los beneficios estratégicos, tales como calidad en el producto, la reducción del tiempo de entrega y costos, que según Small y Chen (1997) las Tecnologías para la Manufactura Avanzada (TMA) pueden ofrecer, y que no son incorporados en las técnicas de evaluación financiera tradicionales. Por su parte Kakati (1997) declara que el motivo principal por el que los beneficios estratégicos no son incorporados en el análisis es que son variables cualitativas y difíciles de medir. Sin embargo, Lefley *et al.* (2004) manifiestan que un modelo que evalúe tecnologías refleja de mejor manera la realidad si incorpora variables cualitativas y cuantitativas.

Para resolver el problema de los modelos contables, se han desarrollado 2 corrientes principales de técnicas para la evaluación de alternativas en problemas de selección de TMA. Según Escobar *et al.* (2004), la primera se denomina multiatributo y permite incorporar varios atributos en el análisis, la segunda es llamada multicriterio y permite que sean varias personas las responsables del proceso de selección; sin embargo, una tercera corriente integra estas 2 técnicas, multicriterio y multiatributos, a las que se denomina híbridas. Entre estas, las técnicas más aceptadas son el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP, por sus siglas en inglés) y TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal

Solution), con las cuales se han resuelto problemas de selección de tecnologías en la industria, ya que integran varios criterios y atributos simultáneamente; por ejemplo, Parkan y Wu (1999) evaluaron un conjunto de robots con 5 atributos y fueron apoyados en el proceso de selección por 5 expertos (5 personas con diferentes criterios) mediante TOPSIS.

En el mismo sentido, Wasil y Golden (1998) recomiendan ampliamente la técnica AHP para la evaluación de tecnologías y equipos en general, citando algunos ejemplos. Para Yosuff *et al.* (2001), el éxito de esta técnica se debe a la versatilidad, poder de estructuración y análisis de problemas complejos, ya que permite la integración de factores económicos, estratégicos, sociales y operacionales; motivo por el cual se usa esta técnica en el problema que se presenta en este artículo, además no es de nuestro conocimiento su aplicación en evaluación de TA agrícola.

El objetivo de este trabajo es mostrar la aplicación de un modelo multiatributos basado en AHP, el cual permita al agricultor mediante una breve capacitación, seleccionar el tractor que satisfaga al conjunto de criterios de evaluación; los cuales según el par analista-propietario del equipo agrícola son el costo, la potencia, la flexibilidad, la comodidad y la seguridad; la selección se realiza a un conjunto de 3 alternativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta sección se encuentra dividida en 2 partes, en la primera se describe la metodología empleada en la solución del problema de elección de equipo -tractor agrícola- que tiene el agricultor y en la segunda se define las variables que se consideró en el estudio.

Metodología

La metodología aplicada en la solución de este problema fue AHP, Saaty (1992) declara que esta técnica fue desarrollada por Thomas Saaty en 1980 y tradicionalmente se clasifica como una técnica multiatributos para la toma de decisiones.

Para Gass y Rapcsak (2004), AHP descompone un problema complejo en jerarquías, donde cada nivel es descompuesto en elementos específicos. El objetivo principal se coloca en el primer nivel, los criterios, sub-criterios y alternativas de decisión se listan en los niveles descendientes de la jerarquía. AHP analiza los factores que intervienen en el proceso de decisiones sin requerir que estos se encuentren en una escala común, convirtiéndola en una de las técnicas de decisión más empleada para resolver problemas socioeconómicos; ya que incorpora factores sociales, culturales y otras consideraciones no económicas en el proceso de toma de decisiones.

Los niveles de importancia o ponderación de los criterios se estiman por medio de comparaciones apareadas entre estos. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, la cual aparece en la lista de la Ec. (1); el significado de cada uno de estos valores se encuentra en el cuadro 1.

$$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\} \quad (1)$$

En el caso de n atributos la comparación apareada del elemento i con el elemento j es colocado en la posición de a_{ij} de la matriz \mathbf{A} de comparaciones apareadas, tal como se ilustra en (2).

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Los valores recíprocos de estas comparaciones son colocados en la posición a_{ji} de \mathbf{A} , con la finalidad de preservar la consistencia del juicio. El decisor participante debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en el cuadro 1. Por ejemplo, si el elemento 1 fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, entonces en la posición a_{12} se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5. Según Saaty (1992), una vez que se han ingresado los juicios correspondientes en la matriz de comparaciones apareadas, el problema se reduce al cálculo de eigenvalores y eigenvectores, los que representan las prioridades y el índice de consistencia del proceso respectivamente.

Por lo general se tiene que resolver la ecuación (3):

$$\mathbf{A} * \mathbf{w} = \lambda * \mathbf{w} \quad (3)$$

Donde:

\mathbf{A} = Matriz recíproca de comparaciones apareadas (juicios de importancia/preferencia de un criterio sobre otro)

Cuadro 1. Escala de 9 puntos para comparaciones apareadas

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo.
3	Dominancia débil	La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte dominancia	La experiencia manifiesta una fuerte dominancia de un elemento sobre otro.
7	Demostrada dominancia	La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada.
9	Absoluta dominancia	Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Son valores intermedios de decisión.

λ = Máximo Eigenvalor de A
 w = Eigenvector correspondiente a λ

Las ventajas del uso de la técnica AHP son reportadas por Beynon (2002) quien indica que existen al menos 3:

1. Se permite evaluaciones en las que existen factores de orden cualitativo.
2. Se obtiene pesos asignados a cada uno de los elementos, los cuales son usados como criterio de decisión.
3. El uso de computadoras permite conducir análisis de sensibilidad en los resultados.

Otra de las ventajas del uso de AHP, que manifiestan Harker y Vargas (1987), es que esta técnica facilita el consenso entre las personas que actúan como decisores, cuando se trabaja en grupos, al facilitar la comunicación entre ellos. Según Condon (2003), AHP permite identificar y tomar en cuenta las inconsistencias de los decisores, ya que rara vez estos son consistentes en sus juicios con respecto a factores cualitativos. Así, AHP incorpora en el análisis un Índice de Consistencia (IC) y una Relación de Consistencia (RC), para medir la calidad de los juicios emitidos por un decisor. Se considera que un RC <0,1 es aceptable, en caso de que sea mayor, se debe pedir al decisor que haga sus valoraciones o juicios nuevamente.

$$IC = \frac{\lambda_{MAX} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (5)$$

El índice RC está en función de IC y de IA, donde este último representa un Índice Aleatorio, estimado del promedio del IC de 500 matrices recíprocas positivas generadas de manera aleatoria

(Saaty 1992). El RC es una medida de la relación del error cometido por el decisor y el error aleatorio, este debe ser menor al 0,1 ó 10%. El cuadro 2 muestra los IA para diferentes números de atributos, los cuales son representados por n y este a su vez indica el tamaño de la matriz de comparaciones apareadas.

Por su parte Tung y Tang (1998) declaran que AHP tiene la capacidad de manejar problemas complejos de la vida real, ya que comparado con 5 modelos para determinar pesos y prioridades, se encontró que AHP produjo los resultados más confiables de todos los modelos probados.

Modelo propuesto

Para la identificación de las variables, se solicita al agricultor que exponga las principales necesidades que tiene de la maquinaria que desea adquirir. Después de un análisis de sus necesidades en su granja, el agricultor proporciona la siguiente lista de criterios, los cuales son los parámetros que se evalúa en el modelo propuesto:

Costo (Co). Se refiere a la inversión inicial que se debe realizar por la TA en el año cero (costo del tractor), los costos de mantenimiento periódico y mantenimiento mayor. Este criterio es cuantitativo y un valor mínimo es óptimo.

Potencia (Po). En este aspecto se evalúa los caballos de fuerza (HP) que tiene el tractor y las fuentes de transmisión de la misma. Este criterio es cuantitativo y un valor máximo es óptimo.

Flexibilidad (Fl). Se refiere a la cantidad de herramientas de trabajo que se puede adaptar al tractor, como son sembradoras, arados, cosechadoras, etc. Este factor es cuantitativo y un valor máximo es óptimo.

Cuadro 2. Índices aleatorios de consistencia.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Comodidad (Cm). En este aspecto se evalúa el confort que tiene el operario al maniobrar el tractor en la realización de diversas actividades agrícolas. A petición de los expertos, en este mismo criterio se incluye un aspecto denominado maniobrabilidad. Este factor es cualitativo y su evaluación es subjetiva, un valor máximo es óptimo.

Seguridad (Se). Se refiere a la seguridad que según los expertos el tractor puede proporcionar. Para la evaluación de este criterio se observaron las guardas o protección de los mecanismos en movimiento cuando el tractor está en marcha, seguridad en los sistemas eléctricos, protección de la cabina y su resistencia, etc. Este criterio es cualitativo y su evaluación es subjetiva, un valor máximo es óptimo.

En el proceso de selección del tractor se recomienda investigar el mercado local de maquinaria agrícola, con la finalidad de obtener la lista de equipos que pueden ser evaluados. Como resultado de esta actividad se determinó que solamente 3 alternativas deben ser consideradas en el análisis. Las posibles alternativas se identifican como A_1 , A_2 y A_3 ; se omite marcas y modelos por respeto a los fabricantes.

CASO DE ESTUDIO

Un agricultor en la zona centro de México, desea adquirir un nuevo tractor para remplazar el existente, dado que los costos de mantenimiento se han incrementado considerablemente.

Para conocer las necesidades del agricultor se realiza entrevistas al mismo, con la finalidad de conocer su sistema de producción y los requerimientos del tractor que desea adquirir. Después de 2 reuniones, se logró determinar las características que se debe evaluar y la estructura jerárquica del problema. En una tercera reunión se realiza las comparaciones apareadas requeridas por los niveles de AHP y se obtiene las ponderaciones para las alternativas en evaluación.

El primer paso en AHP es la construcción de una representación gráfica del problema en términos del objetivo deseado, los criterios, sub-criterios y alternativas de decisión. La figura 1 indica la jerarquía y los niveles para el problema de la tecnología agrícola de este agricultor, en la que se representa los criterios y las alternativas de solución. En la parte superior de la jerarquía se encuentra el objetivo general, en este caso es la selección del tractor, el segundo nivel muestra los 5 criterios que se evalúa para la toma de

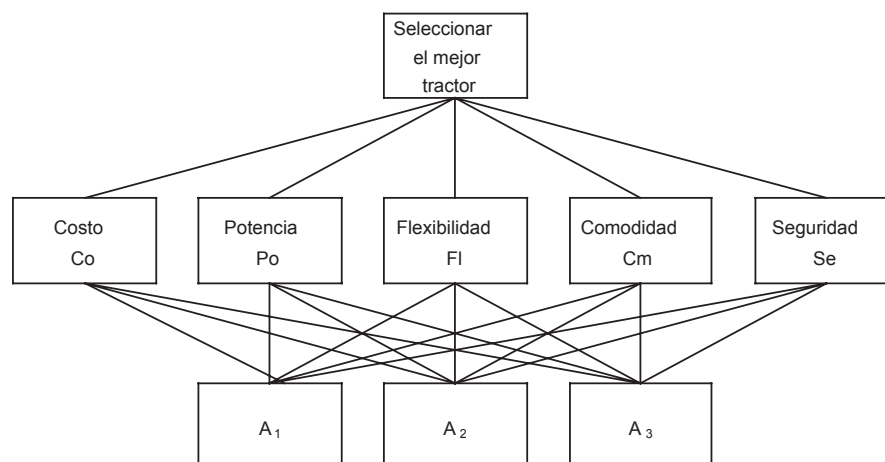


Fig. 1. Jerarquías y niveles para el problema de selección del tractor.

decisiones y finalmente el tercer nivel indica las alternativas de decisión que se tienen.

Según Barzilai (1987) para emplear AHP en la toma de decisiones, el decisor debe de especificar mediante sus juicios la importancia relativa que tiene cada uno de los criterios en el alcance del objetivo programado. La evaluación se debe realizar mediante preguntas; por ejemplo, dado el criterio de costos del tractor y la potencia, ¿cual es más importante para la selección del mejor tractor? (Saaty 1992). Comparaciones similares se realizan para los otros criterios, generando así la matriz de comparaciones apareadas.

El decisor (agricultor) cree por ejemplo que los costos son más importantes que la flexibilidad, por lo que se asigna un 5 a la posición (1,3) de la matriz recíproca de comparaciones apareadas. Como un resultado de esta asignación, automáticamente se concluye que la flexibilidad es 1/5 de importante con respecto a los costos y este valor se asigna a la posición (3,1) de dicha matriz. El llenado de la matriz se realiza en forma similar y en el cuadro 3 se ilustra el proceso. Obsérvese que en la diagonal de esta matriz deben aparecer valores unitarios, ya que corresponde a la comparación de la importancia de un criterio sobre sí mismo; además, en las comparaciones de **Fl** con **Se** y de **Cm** con **Se** se observa 1/3 (elementos a_{35} y a_{45}), lo que indica que los valores recíprocos pueden localizarse por encima o bajo la diagonal unitaria.

La información que el cuadro 3 proporciona en la columna denominada **Ponderación** representa el nivel de importancia que los criterios tienen para el agricultor, mismas que son determinadas con base en sus necesidades y con la solución de la ecuación 3. El vector de ponderación **w** es (0,364, 0,223, 0,077, 0,077, 0,259), valores que al sumarse dan como resultado la unidad. Así, el costo tiene una ponderación o nivel de importancia del 36,4%, la potencia el 22,3% y así sucesivamente.

De acuerdo con la figura 1, cada uno de los atributos afecta la elección de cualquiera de las alternativas que se tiene, por lo que se evalúa la importancia que tiene cada una de estas en el logro de cada criterio. Nuevamente, para comparar alternativas, en cada criterio, se emplea la escala del cuadro 1. Las matrices se muestran a continuación en los cuadros 4, 5, 6, 7 y 8; la última columna muestra los pesos o importancias que tiene cada alternativa con respecto al criterio que se está evaluando, tal como se indicó en la explicación del cuadro 3. Igualmente, el Radio o Relación de Consistencia (**RC**) se indica entre paréntesis y es <0,1.

A continuación se procede a la organización de la información con el fin de obtener la ponderación final correspondiente a cada una de las alternativas. El cuadro 9 indica el resumen de la información obtenida. Cada uno de los criterios

Cuadro 3. Comparaciones apareadas de los criterios (RC=0,00965).

Criterios	Co	Po	Fl	Cm	Se	Ponderación
Co	1	2	5	5	1	0,364
Po	1/2	1	3	3	1	0,223
Fl	1/5	1/3	1	1	1/3	0,077
Cm	1/5	1/3	1	1	1/3	0,077
Se	1	1	3	3	1	0,259

Cuadro 4. Importancia de las alternativas con respecto a los costos (RC=0,0462).

Alternativa	A1	A2	A3	Ponderación
A1	1	2	6	0,567
A2	1/2	1	6	0,357
A3	1/6	1/6	1	0,075

Cuadro 5. Importancia de las alternativas con respecto a la potencia (RC=0,0462).

Alternativa	A1	A2	A3	Ponderación
A1	1	6	9	0,77
A2	1/6	1	3	0,162
A3	1/9	1/3	1	0,068

Cuadro 6. Importancia de las alternativas con respecto a la flexibilidad (RC=0,0361).

Alternativa	A1	A2	A3	Ponderación
A1	1	1/3	3	0,258
A2	3	1	5	0,637
A3	1/3	1/5	1	0,105

Cuadro 7. Importancia de las alternativas con respecto a la comodidad (RC=0,0929).

Alternativa	A1	A2	A3	Ponderación
A1	1	2	3	0,517
A2	1/2	1	4	0,359
A3	1/3	1/4	1	0,124

Cuadro 8. Importancia de las alternativas con respecto a la seguridad (RC=0,0739).

Alternativa	A1	A2	A3	Ponderación
A1	1	1/4	3	0,226
A2	4	1	5	0,674
A3	1/3	1/5	1	0,101

posee su propia ponderación o importancia para el agricultor y cada una de las alternativas satisface de diferente manera el logro de los criterios; por lo que la columna que se indica como **Producto**, representa la multiplicación de la ponderación del criterio respecto al logro del objetivo por la ponderación de la alternativa respecto al logro del criterio. La ponderación final de una alternativa es la suma de sus productos.

Cuadro 9. Resumen de la información.

Criterio	Alternativa			Producto		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Co (0,364)	0,567	0,357	0,075	0,206388	0,129948	0,0273
Po (0,223)	0,77	0,162	0,068	0,17171	0,036126	0,015164
Fl (0,077)	0,258	0,637	0,105	0,019866	0,049049	0,008085
Cm (0,077)	0,517	0,359	0,124	0,039809	0,027643	0,009548
Se (0,259)	0,226	0,674	0,101	0,058534	0,174566	0,026159
Suma				0,496307	0,417332	0,086256

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al final del proceso de decisión se logró determinar un modelo multiatributos para la evaluación de un conjunto de tractores, el cual permitió la integración de variables cuantitativas y cualitativas en el análisis, superando las críticas realizadas a las técnicas de flujo descontado con las que tradicionalmente se evalúa las alternativas de selección de TA. Los resultados se discuten a continuación.

En las evaluaciones realizadas en el (Cuadro 9), se observa que si se atiende al costo solamente, la alternativa **A₁** debe ser elegida, ya que tiene el nivel más alto de preferencia (**0,567**); igualmente debe ser elegida si la decisión se basa en la potencia solamente (**0,77**); en cambio, si se atiende a la flexibilidad solamente, la alternativa **A₂** debe ser elegida (**0,637**) y así sucesivamente. Sin embargo, AHP permite tomar decisiones con base en diferentes criterios (razón por la cual se clasifica dentro de las técnicas multicriterio); en este caso se evaluó simultáneamente 5 criterios y se observa que la alternativa denotada por **A₁** obtiene el nivel más alto de preferencia con el **49,63%** del total, la segunda posición de preferencia es ocupada por **A₂**, la cual obtiene el **41,73%** de las preferencias y finalmente la alternativa **A₃** con solamente el **8,62%** de las mismas; por lo que **A₁** debe ser elegida bajo este método y criterios de evaluación.

Al final del proceso de selección del tractor, el agricultor demostró satisfacción con el resultado obtenido y la alternativa propuesta de

solución; aunque es importante señalar que el problema aquí planteado satisface solamente las necesidades de este agricultor, ya que otro puede tener diferentes niveles de preferencia por los mismos criterios de evaluación aquí empleados y cada una de las alternativas analizadas satisface en forma diferente dichos criterios; obteniendo así una solución diferente a la propuesta en este ejemplo.

CONCLUSIONES

Se concluye que las metodologías multicriterio y multiatributos son fácilmente aplicables a los problemas de selección que se enfrenta en la agricultura, especialmente los relativos a tecnología agrícola; por lo que este tipo de herramienta debe formar parte de los recursos metodológicos que un administrador agropecuario debe conocer; además, estas metodologías facilitan el consenso y la participación en equipo.

LITERATURA CITADA

- BARZILAI J., GOLANY B. 1987. Consistent weights for judgment matrices of the relative importance of alternatives. *Operations Research Letters*. Great Britain 6: 131-134.
- BEYNON M. 2002. DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty. *European Journal of Operational Research* 140: 148-164.
- CANADA J. SULLIVAN W. 1990. Persistent pitfalls and applicable approaches for justification of advanced manufacturing technology. *Engineering Cost and Production Economics* 18: 247-253.
- CONDON E. 2002. A visualization model based on adjacency data. *Decision Support Systems* 33: 349-62.
- ESCOBAR M. T., AGUARON J., MORENO-JIMÉNEZ J. M. 2004. A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure. *European Journal of Operational Research* 153: 318-322.
- GASS S., RAPCSAK T. 2004. Singular value decomposition in AHP. *European Journal of Operational Research* 154: 573-584.
- HARKER P. T., VARGAS L. G. 1987. The theory of ratio scale estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. *Management Science* 33: 1383-1403.
- KAKATI M. 1997. Strategic evaluation of advanced manufacturing technology. *International Journal of Production Economics* 53: 141-156.
- LEFLEY F., WHARTON F., HÁJEK L., HYNEK J., JANECEK V. 2004. Manufacturing investments in the Czech Republic: An international comparison. *International Journal of Productions Economics* 88: 1-14.
- PARKAN C., WU L. 1999. Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection. *Computers & Industrial Engineering* 36 (3): 503-523.
- SAATY T. 1992. *Decision making for leaders*. 2nd ed. RWS Publication. Pittsburgh, USA. 307 p.
- SMALL M. CHEN I. 1997. Economic and strategic justification of AMT. Inferences from industrial practices. *International Journal of Production Economics* 49: 65-75.
- SMALL M., YASIN M. 1997. Developing a framework for the effective planning and implementation of advanced manufacturing technology. *International Journal of Operations & Production Management* 17(5): 468-489.
- TUNG S. L., TANG S. L. 1998. Comparison of the Saaty's AHP and modified AHP for right and left eigenvector inconsistency 106: 123-128.
- WASIL E., GOLDEN B. 2003. Celebrating 25 years of AHP-based decision making. *Computers & Operations Research* 30: 1419-1420.
- YUSUFF R., YEE K. P., HASHMI M. S. 2001. A preliminary study on the potential use of the analytical hierarchical process (AHP) to predict advanced manufacturing technology (AMT) implementation. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 17: 421-427.