

Caracterización de las Tendencias en los Modelos para Estudiar Problemas de Equipamiento y Adquisición de Tecnología

Dr. Salvador Noriega Morales¹, Dr. Francisco Lopez Jaquez²

Resumen

Estudio descriptivo de las tendencias en los modelos para evaluación de tecnologías de equipo. En él se caracterizan los modelos en el estado del arte y los de la práctica generalizada para evaluar tecnologías, también se exponen las debilidades de los diversos tipos de modelos y se destacan las opiniones de los expertos sobre los contenidos de teorías más efectivas para estudiar este tipo de problemas. En este trabajo se considera que el equipamiento es un caso específico de transferencia de tecnología, que es un problema muy amplio que puede incluir al reemplazo de equipos, la adopción y asimilación de tecnologías y algunos proyectos de innovación y desarrollo de tecnología. Siendo todos ellos problemas de planeación de la tecnología de la empresa y por tanto, complejos, extensos, que aún no están estructurados de una forma generalmente aceptada, definitiva, efectiva y cómo la tecnología es la principal fuente de ventaja competitiva, por ello es necesario determinar el estado del arte y las prácticas industriales con las que se aborda este tipo de problemas.

1. Modelo para Evaluación Económica de Alternativas Tecnológicas

En la práctica generalizada para la evaluación de alternativas se utilizan modelos de tipo económico-financiero. En este tipo de modelado, la estructuración y el análisis del problema se realizan por medio de una sola metodología, de flujo descontado y su aplicación sigue un proceso muy atractivo por su simplicidad. Para describir este tipo de modelos, en las siguientes secciones serán caracterizados sus aspectos metodológicos, el contenido teórico, así como el esquema organizacional para administrarlos.

1.1. Descripción del Modelo de Evaluación Económica

Los problemas de equipamiento son modelados mediante un proceso de dos etapas: 1) la definición del problema y 2) el análisis. La primera de ellas inicia en la selección de la metodología (que es tomada del inventario de técnicas de ingeniería económica) y como la misma metodología indica cuáles serán las variables que serán utilizadas, la definición y estructura del problema están determinadas por la metodología que sea aplicada. Luego se

¹ Depto. Ing. Industrial y Manufactura. UACJ. snoriega@uacj.mx

² Depto. Ing. Industrial y Manufactura. UACJ. frlopez@uacj.mx

colectan los datos de variables como la capacidad, mantenimiento, tiempo de preparación, costos de operación, etc.. De esta manera, el modelado es relativamente simple, puesto que para la definición del problema, el analista solo tiene que decidir que técnica aplicará y su selección está basada en la práctica industrial común. Este proceso es apreciado por la aplicación sencilla y su alta repetibilidad, además de que el planteamiento del problema y su análisis se realiza con la misma metodología.

En la segunda etapa, el analista aplica una técnica como Valor Presente Neto o Costo Anual Uniforme Equivalente, con las que transforma los flujos de efectivo a una cantidad compuesta. Este proceso también es sencillo, puesto que las variables son conmensurables (pueden ser medidas con la misma unidad) y son agregadas algebraicamente mediante una ecuación de primer orden. Desde una perspectiva metodológica, este tipo de modelos opera bajo el principio de racionalidad acotada, puesto que la búsqueda de solución se ejecuta mediante la ecuación y es en su lógica en la que descansa la confianza del analista de que es aceptable el nivel de satisfacción que se obtendrá de la solución. De esta manera, la racionalidad del proceso radica en la aplicación generalizada (práctica común) del modelado económico-financiero y en la lógica inherente del mismo.

En relación con el esquema organizacional para administrar este trabajo, está basado en el trabajo individual de expertos con perfil económico-financiero y que están organizados mediante una estructura funcional.

1.2. Debilidades del Modelo para Evaluación Económica

Las principales desventajas están relacionadas con el limitado poder explicativo del modelado económico, así como a su despliegue y ellas son las siguientes:

- La selección de la metodología y el proceso de adaptación del modelo,
- La racionalidad del análisis y el poder explicativo de las metodologías para solución,
- Las habilidades requeridas en el analista y
- El esquema organizacional utilizado para administrar el modelo.

En relación con el primero y segundo puntos, en el proceso de modelado el analista enfrenta dos problemas: 1) El nivel de representación del modelo, que generalmente es reducido y 2) La selección de la mejor metodología para abordar el problema, pues el inventario de metodologías es muy amplio.

Para el primer problema, el analista decide que variables utilizará cuando selecciona la metodología, porque son parte de su contenido, sin embargo, es común que en un modelo cuantitativo sean excluidas variables importantes como la flexibilidad del equipo, su administrabilidad, controlabilidad y el impacto estratégico y de esta forma la complejidad de la realidad y la misma representatividad del modelo se reducen. Este tipo de modelado lo presenta Choon (1995) en el siguiente ejemplo: *Supongamos que un equipo será seleccionado entre dos alternativas, A procesa la parte x en 55 segundos a un costo de \$ 20/unidad y B lo hace en 55 segundos a \$25/unidad.* Bajo esta estructura, las metodologías explican cual de las alternativas es más eficiente en costos, pero como se omiten los criterios

mencionados anteriormente, el modelo no representa la totalidad de la realidad. Lo que se confirma con el reporte de Lewis (2002), quién comenta que los relativamente bajos desempeños de las tecnologías para la manufactura avanzada se pueden explicar no por las propias fallas del equipo, sino por la inadecuada atención en las prioridades estratégicas, la cultura y entrenamiento.

Según Sawaragi, (1992), el modelado matemático tradicional reduce la complejidad de la realidad porque no es posible representarla mediante una interpretación simplificada y porque la perspectiva analítica y reduccionista del modelado cuantitativo implica que la atención sólo se centra en algunas partes del problema. Es por ello que se necesita una teoría más amplia, como se presenta en los trabajos de Lefley, (1998), Gogus, (1998) y Chifos, (1997).

Wierzbicki, (1997) por su parte, afirma que ese reduccionismo se debe a que no se aplican diversas disciplinas para estudiar el sistema completo y como para Bose, (1997), la mente humana tiene una capacidad limitada para manejar información, entonces, un solo experto no es capaz de estudiar todo el sistema para definir su dominio. La complejidad del problema y el costo asociado al abordarlo en grupos ha llevado a que estos problemas de planeación sean reducidos a un subproblema de evaluación y aunque no representen adecuadamente la complejidad de la realidad, con la modalidad de evaluación es fácil de modelar una sección y analizarla.

La otra tarea es seleccionar la metodología, lo que no es sencillo, porque para mejorar el poder explicativo de estos modelos su complejidad matemática se ha

acrecentado, tanto como incrementado su número. según Mechler, (1979), este proceso de selección puede ser tan complejo como la misma aplicación de la metodología, lo que finalmente ha inhibido su difusión y aplicación y, por ello, en este sentido, Mullens (1995) afirma que ni siquiera han sido aceptados en grupos específicos de planeación.

En relación con el tercer punto, la organización basada en el trabajo individual influye en el comportamiento del analista al requerirle, en la práctica, un alto nivel de competencia en la aplicación de modelos para evaluación económica. Al asignar el trabajo de análisis de esta forma, mantiene la atención y el análisis solamente dentro del marco referencial del modelado económico y se reduce la flexibilidad que le permitiría aplicar otras metodologías y es por ello que Klyaheiko, (1998) dice que “su comportamiento es altamente predecible, rígido y no sigue otro más flexible y optimizante”. Es necesario considerar que la racionalidad del proceso de solución debe basarse en todo ese proceso y no solamente en el poder explicativo del contenido teórico-económico y en la lógica inherente de ese modelo matemático.

Estos problemas deberían plantearse como de diseño y no solo de evaluación. Lefley, (1998) comenta que los modelos para decisiones de inversión deberían desarrollar escenarios para análisis y aprendizaje, así como promover el crecimiento de las habilidades del personal y ayudarlo a reconocer las particularidades de cada problema, para así modelar la realidad y analizarla adecuadamente, de esta manera se crearían bases para su diseño.

Acerca del punto cuatro, el esquema de trabajo individual es inefectivo porque está

ausente el enfoque de sistemas y como la teoría económico-financiera solo explica los aspectos cuantitativos, se reduce la complejidad de la realidad, Además, el esquema funcional parece ser inefectivo para administrar el trabajo de grupos multidisciplinares.

Aún frente a estos problemas, Segelod (1998) afirma que las técnicas de flujo descontado son el estándar en empresas "Fortune 500" y Hofman, (1998) por su parte, asegura que su número continúa aumentando no obstante las desventajas mencionadas, y los cuestionamientos por la omisión de factores de tipo cualitativo, como lo señalan, entre otros autores, Abdel Kader (2001), Karsak (2001). Del reporte de Mohd (2001) se puede deducir que la tasa de fracasos en la implantación de tecnologías para la manufactura avanzada, que oscila en el rango de 50 al 75% en los EUA y del 40% en el Reino Unido, se atribuye a deficiencias del modelado tradicional. Lo que se puede corroborar con comentarios como el que presenta Raafat

2. Metodologías de tipo Multicriterio

Las metodologías para la toma de decisiones multicriterio (MCDM) se pueden clasificar en dos ramas principales: *La Programación Matemática Multiobjetivo (momp)* y *el Análisis de Decisión Multiatributos (mada)*. La primera se aplica en problemas caracterizados por tener un gran número de alternativas en un espacio continuo, mientras que la segunda se aplica en problemas con un pequeño número de ellas. Dentro de este último grupo se presentan dos enfoques: 1) La Teoría de Utilidad Multiatributos, (maut), que se aplica para la construcción de una función de utilidad o de valor para agregar evaluaciones de n

(2002), quién afirma que la medición de algunos criterios como el mejoramiento de la calidad es muy difícil, si es que no imposible, por lo que la omisión de los aspectos cualitativos y su difícil medición objetiva constituyen las principales debilidades del modelado tradicional.

De esta manera y dadas esas limitantes, se explica el gran crecimiento de modelos matemáticos, como los que presentan Lavelle (1998) y Kakati (1997). El primero desarrolló un modelo que utiliza una taxonomía de factores de costo para plantear el problema y el segundo, aplica elementos estratégicos en un modelo de flujo descontado. Sin embargo, en estos casos, la complejidad prohibitiva del modelo propuesto y su aún insuficiente representatividad han impulsado la investigación hacia modelos de tipo multicriterio.

criterios por medio de funciones aditivas o multiplicativas y 2) Un grupo de metodologías multicriterio como el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), el Proceso de Red Analítica y el Metodo Interactivo de Nivel de Aspiración, entre otras.

En lo que se refiere a los modelos MAUT, la mayoría de ellos son de la forma presentada por Kim, (1998), en el siguiente ejemplo. El problema consiste en seleccionar, ordenando por preferencia a las n alternativas preferidas, tomadas de N alternativas y considerando k preferencias de los miembros del grupo. El modelo es de tipo aditivo y refleja el valor o utilidad esperada del grupo de analistas, ello está dado por el siguiente modelo:

$$V_G(\mathbf{a}_m) = \sum_{k=1}^k w^k \sum_{i=1}^N w_i^k u_i^k(\mathbf{a}_m) = \sum_{i=1}^N w_i^k \sum_{k=1}^k w_i^k u_i^k(\mathbf{a}_m) \quad (1)$$

dónde w^k es el peso de la importancia que el k-ésimo analista del grupo le asocia, $V^k(\mathbf{a}_m)$ es el valor que el analista asocia a la alternativa \mathbf{a}_m en el espacio de decisión dado por los n atributos; w_i^k es el peso que el k-ésimo analista asocia a el i-ésimo atributo y $u_i^k(\mathbf{a}_m)$ es el valor que el k-ésimo analista asocia a la alternativa \mathbf{a}_m en el i-ésimo atributo, términos que son agregados por medio de la función $V_G(\mathbf{a}_m)$.

La simplicidad relativa de los modelos MAUT y su fuerte respaldo teórico los ha vuelto ampliamente apreciados. En este sentido, Vargas, (1991) comenta que no hace mucho tiempo que dominaban en el campo de la toma de decisiones, no obstante las debilidades que presentan, como las diferencias observadas entre el modelo de utilidad y el proceso real para la decisión; la difícil construcción de la función y lo incierto de la estructura de las

preferencias, (si esta fue descubierta, asumida o construida). Estos problemas han sido la fuerza impulsora detrás de la investigación y a pesar de los enormes esfuerzos y logros obtenidos, esas preguntas aún están sin respuesta.

Los modelos multicriterio son más convenientes para trabajar con una diversidad de disciplinas, sin embargo, hay problemas teóricos importantes como el Teorema de Arrow que trata sobre la imposibilidad de la agregación de las preferencias individuales en una función social, en este sentido, Bouyssou, (1992) afirma que condiciones como transitividad o totalidad sólo se cumplen en casos excepcionales y es por ello que el ordenamiento jerárquico no es una tarea sencilla. Estas condiciones son las siguientes:

1. Sea R un orden de preferencia, una relación sobre $X \times X$, que es:
Completo si $\forall x, y \in X$, ya sea xRy o yRx
Transitivo si $\forall x, y, z \in X$, las relaciones xRy y $yRz \Rightarrow xRz$
2. Reversa de Rango. Supongamos un orden grupal $A \phi B \phi C$ y que se elimina a C, en una segunda ronda de voto, la gente que inicialmente votó por C podría votar por B y entonces el orden se invierte a $B \phi A$.
3. Ningún miembro del grupo puede ejercer su poder para influir en los otros.

Estas condiciones teóricas se han impuesto para problemas en condiciones de alta subjetividad, sin embargo, si hay una razón práctica para la evaluación, ella llevará a un juicio más objetivo, por ejemplo, supongamos que queremos un

orden social de preferencia para tres golosinas, un dulce D, un chicle C y una naranja N, seguramente que en un grupo cualquiera, aparecerán relaciones incompletas e intransitivas., sobre todo cuando la decisión depende de intereses

personales. Sin embargo, si se define que el criterio de decisión fuese el tiempo de duración, entonces, el orden $C\phi N\phi D$ seguramente sería obtenido en la mayoría de los casos. De esta forma, la primera condición está planteada para un subproblema de la toma de decisiones, que se presenta cuando la elección depende de gustos y preferencias personales, pero si se definieran previamente los criterios, (aplicando Factores Clave del Exito, inclusive se podría dar enfoque estratégico), se exigiera la evaluación de todas las alternativas y ello se hiciera de forma anónima, se cumplirían las condiciones mencionadas y se tendrían ordenes incuestionables. En otras palabras, el espacio de decisiones del problema general incluye los puntos en que se toman decisiones con gustos así como los que se toman con otros tipos de criterios, como los de grupos para diversión (como decidir las características de una fiesta) o de empresas como para evaluar tecnologías.

En lo que se refiere a otros problemas teóricos, Bouyssou agrega que muchas reglas aún necesitan ser definidas con precisión o aún, ser diseñadas y las dificultades mencionadas, se han desarrollado otras metodologías, como AHP que no requiere el cumplimiento de las condiciones de modelos MAUT, además de que es más simple de modelar y aplicar la función de agregación, lo que aumenta su atractivo. Es de esperarse que la investigación en modelos MAUT continúe incrementándose dadas las razones expuestas, sobre todo por la facilidad de modelar con mayor detalle, sin embargo, como en estos modelos es muy difícil el manejo de las variables por la imprecisión asociada a los criterios, hay dos grandes grupos en el estado del arte y ellos son 1) Modelos Multicriterio con Variables Precisas y 2) Modelos Multicriterio con Variables Difusas.

2.1. Modelos Multicriterio con Variables Precisas

Hay una gran diversidad de modelos matemáticos y reglas de agregación, de acuerdo con Bouyssou (1997), el problema consiste en definir un conjunto finito de alternativas, sea éste X . Evaluado en n criterios: g_1, g_2, \dots, g_n , asignando una

cantidad $v(a)$ a cada alternativa $a \in X$ que expresa la importancia. El número $v(a)$ asociado a la alternativa a se obtiene a través de las evaluaciones $g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)$ sobre los n criterios. La prioridad de cada alternativa depende de la importancia de los factores y su nivel, de acuerdo a la función siguiente:

$$v(a) = V(g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)) \quad (2)$$

Por su parte, el Proceso de Jerarquía Analítica agrega mediante la ecuación:

$$w(x) = \sum_{i=1}^n w_i w_i(x) \quad (3)$$

dónde $w(x)$ y w_i son los pesos de la alternativa x y del i -ésimo criterio, mientras

que $w_i(x)$ es el vector de prioridad del x -componente dado el i -ésimo criterio. Se

observa que las tres ecuaciones son muy parecidas, aunque hay grandes diferencias en los supuestos y en los procedimientos de jerarquización. Noghin, (1997), en este sentido, comenta que la teoría multicriterio está siendo desarrollada y que aún no hay reglas efectivas para la jerarquización, además, que para obtenerlas primero se tendrá que desarrollar la teoría axiomática respectiva. Aparentemente es un trabajo matemático complejo y extenso que esta iniciando. Las desventajas más destacadas de estas técnicas se presentan en los siguientes párrafos.

Para Salo, (1997), el Proceso de Jerarquía Analítica es una metodología multicriterio para la medición de valor y es reconocida como la mejor. Triantaphyllou, (1995) estudió la efectividad de dos versiones de AHP y reporta que se pueden obtener resultados dramáticamente diferentes en más del 80% de las corridas, también comenta que el paquete “Expert Choice” es el más aceptado y que debe ser aplicado como herramienta exploratoria y no como el medio final. Boucher, (1997) también estudio las ineficiencias y propone unas transformaciones para conciliar a AHP con los métodos que llama “Criterios No Tradicionales para la Inversión”. De estos tipos de trabajos hay una gran diversidad.

Hay varios paquetes computacionales como lo son Expert Choice o HIPRE, que son los mayormente difundidos para administrar la aplicación de la metodología AHP, sin embargo, los problemas emanados de las variables precisas obstaculizan su difusión. Entre los problemas mas importantes que presenta AHP son “Reversa de Rango”, y la medición de variables. Respecto del primero, la metodología de la Supermatriz es adecuada para reducir su efecto, pero,

según Salo, (1997) es de complejidad prohibitiva y respecto de la medición de variables no conmensurables es preferible, según Millet, (1997) el tratamiento lingüístico de atributos que las evaluaciones numéricas, como se presenta en la siguiente sección.

2.2 Metodologías Multicriterio con Variables Difusas

La diversidad de modelos en este campo ha venido creciendo rápidamente, mientras que en varios de ellos se enfatiza el modelado matemático, en otros se centra la atención en el proceso de planteamiento del problema y el marco de referencia, como también en el proceso de toma de decisiones bajo condiciones de ambigüedad. Entre los trabajos destacan los de Gogus, (1998), con un modelo que trata de facilitar los juicios y la definición del problema, utiliza lógica difusa a través de una estructura de costo-beneficio; Chien-Lung, (1998) presenta una metodología en la que aplica lógica difusa en un modelo MAUT, la primera para manejar las preferencias mediante variables lingüísticas y la segunda para evaluar la utilidad. Chifos, (1997), por su parte, presenta una metodología en la que se utiliza un marco referencial de aplicación genérica y Choon-Woo (1995), presenta una aplicación de lógica difusa en la que propone un proceso de estructuración y aplica la Teoría de Cuantificación difusa para administrar la información.

Como en los modelos multicriterio el problema se amplía, es necesario contar con una estructura organizacional a través de la que se pueda administrar la aplicación, lo que se hace a través de Sistemas de Soporte para la Toma de Decisiones Grupales, (GDSS). Chiadamrong, (1999), presenta un sistema en el que se combinan las evaluaciones

financieras con las estratégicas, agregando mediante una función de utilidad y aplicando conjuntos difusos para manejar factores cualitativos. En general, se puede esperar que las aplicaciones de lógica difusa sigan aumentando, principalmente para facilitar y objetivizar el manejo de atributos, categorías y variables lingüísticas.

3. Discusión y Conclusiones

Como se comentó anteriormente, se considera que es necesario desarrollar un marco referencial en el que se incluyan las dimensiones estratégicas del problema de equipamiento, de esto depende que el modelo del problema posea el suficiente nivel de detalle, Challis, (1996), en este sentido, comenta que es necesario que exista un acuerdo entre los expertos respecto del contenido de la estrategia tecnológica. Este contenido deberá ir acompañado de un esquema formal, instrumental, para abordar estos problemas de manera repetitiva y para así poder manejar adecuadamente los criterios y su medición, para finalmente agregar las evaluaciones mediante una ecuación lineal.

En lo que se refiere a los contenidos teóricos que deben ser considerados en el análisis, es indispensable contar con un marco de referencia que constituye la perspectiva específica a través de la que el analista ve la tecnología, Garud, (1997) afirma que los criterios ubicados en dicho marco, representan fronteras para el análisis y pueden originar ceguera hacia las virtudes de tecnologías alternativas. Además de que es preciso determinar estos contenidos, también es necesaria su organización.

El proceso de estructuración del problema puede basarse en la

determinación de las necesidades de tecnologías de soporte, al hacerlo así, el problema se podría plantear en términos más amplios y se podrá obtener una mejor representación de la realidad. Otro aspecto importante es la estructura de estos contenidos, para ello se puede utilizar el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) como ocurre en las aplicaciones que reportan Korpela (1998) y Ananda (2003) y las variaciones como la que presenta Abdel-Kader (2001) de AHP con lógica difusa o con la aplicación de técnicas como la de Grupo Nominal –GN- que aplicó Mohanty (1998); además de otras herramientas como los mapas mentales o el Diagrama de Afinidad de Jiro Kawagita. Como el principal problema que se tiene es el de determinar las variables y atributos, y que AHP, GN son pura forma, la cantidad de trabajos en las que se trate de precisar los contenidos teóricos, seguramente que continuarán aumentando.

El proceso anterior es independiente del de agregación, que está libre de contenido, pues es un procedimiento formal y puede ser constituido por una función de agregación, con diversas formas, como las funciones de utilidad, operaciones como la composición de los conjuntos difusos o la suma y producto matricial. El manejo de la información puede realizarse mediante atributos clasificados en categorías, además del desarrollo de una teoría axiomática con la que sea incontrovertible la determinación de la importancia relativa de los criterios.

En lo que se refiere a la aplicación, dada la complejidad inherente a los problemas de planeación del equipamiento, según Tung, (1998), se necesita ampliar la teoría para contextualizarlos adecuadamente, esto implica que el modelo será de tipo multicriterio y que será abordado mediante grupos multidisciplinarios. Bose, (1997), presenta

un inventario de aplicaciones de modelos multicriterio administrados mediante

GDSS, podemos esperar que este tipo de trabajos continuarán presentándose.

4. Referencias

- Abdel-Kader M., Dugdales D. 2001. Evaluating Investments in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy Set Theory Approach. *British Accounting Review* 33. Academic Press. Pp. 455-489.
- Ananda J., Herat G. 2003. The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning. *Forest Policy and Economics* 5. Elsevier Science B.V. pp 13-26.
- Bose U., Davey A., Olson D. 1997. Multiattribute Utility Methods in Group Decision Making: Past Applications and Potential for Inclusion in GDSS. *The International Journal of Management Science*, v. 25 n.6. Pergamon Elsevier Science Ltd. Oxford England. Pp. 691-706.
- Boucher T., Gogus O. 1997. A Comparison between Two Multiattribute Decision Methodologies used in Capital Investment Decision Analysis. *The Engineering Economist*. V.42 n.3. pp. 179-201.
- Bouyssou D.. 1992. On some properties of outranking relations based on a concordance-discordance principle. *International Journal of Multiple Criteria Decision Making*. Springer, Berlin. p. 94.
- Bouyssou D., Vincke P. 1997. Ranking Alternatives on the Basis of Preference Relations: A Progress Report with Special Emphasis on Outranking Relations. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 6. John Wiley and Sons, Ltd. Great Britain. p. 77-80.
- Challis D., Samson D. 1996. A Strategic Framework for Technical Function Management in Manufacturing. *Journal of Operations Management* 14. Elsevier Science B.V. p.121-123.
- Chiadamrong N., O'Brien C.O. 1999. Decision support tool for justifying alternative manufacturing and production control systems. *International Journal of Production Economics*, n. 60-61. Elsevier Science B.V.; pp. 177-186.
- Chien-Lung Ch., Ching-Chien Ch. 1998. A method combining MAU and Fuzzy Logic for Cooperative Decision Making. *Computers and Industrial Engineering*. V. 35, N. 1-2. Pergamon, Elsevier Science Ltd., London England.
- Chifos C., Jain R.K. 1997. A comprehensive methodology for evaluating the commercial potential of technologies: The strategic technology evaluation method. *International Journal of Industrial Engineering*. 4(4). P. 220-225.
- Choon-Woo L., Jen-Gwo-Chen J. 1995. Process plan selection via multiple attribute decision making approach and fuzzy quantification theory. *International Journal of Industrial Engineering*. 2(2). p.105-113.
- Garud R., Ahlstrom D. 1997. Technology assessment: a socio-cognitive perspective. *Journal of Engineering and Technology Management* 14. Elsevier Science B.V. pp. 25-48.
- Gogus O., Boucher T. 1998. Fuzzy NCIC. *The Engineering Economist*. V. 43, N. 3. P. 203-.
- Hofman C. 1998. Investments in modern production technology and the cash flow-oriented EPQ-model. *International Journal of Production Economics*. Elsevier Science B.V. pp. 193-213.
- Kakati M. 1997. Strategic Evaluation of Advanced Manufacturing Technology. *International Journal of Production Economics*, Manufacturing Systems, Strategy and Design., v.53 n. 2. Elsevier Science B.V.
- Kim J. K., et al. 1998. An Interactive Procedure for Multiple Criteria Decision Making with Incomplete Information. *Computers and Industrial Engineering*. Pergamon Press, Elsevier Science Lt.. G.B. p. 295.
- Korpela J., Tuominen M., Valoaho M. 1998. An analytic hierarchy process-based approach to the strategic management of logistic service: An empirical study in the mechanical forest industry. *International Journal of Production Economics* 56-57. Elsevier Science. B.V. pp. 303-318.
- Kylaheiko K. 1998. Making sense of technology: Toward a synthesis between neoclassical and evolutionary approaches. *International Journal of Production Economics*. Elsevier Science B.V. v. 56-57, pp. 319-332.
- Lavelle J.P., Sorenson G.E., Aye D.E. 1998. An integrated decision analysis tool for the economic evaluation and justification of computer integrated manufacturing technologies. *International Journal of Industrial Engineering*. 5(1), p. 59-67.
- Lefley F., Morgan M. 1998. A new pragmatic approach to capital investment appraisal: The financial appraisal profile (FAP) model. *International Journal of Production Economics*. Elsevier Science B.V., N. 55, p. 321-325.
- Lewis M., Boyer K. 2002. Factors impacting AMT implementation: an integrative and controlled study. *Journal of Engineering and Technology*

Management 19. Elsevier Science B.V.. pp. 111-130.

Mechler E.C. 1999. Implementing Technological Change-A Systems Approach. Proceedings of the International Congress on Technology and Technology Exchange. *International Technology Institute*, ITI, Pittsburgh, Pa. USA.

Millet I. 1997. The Effectiveness of Alternative Preference Elicitation Methods in the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Industrial Engineering*. John Wiley and Son's, Ltd. Great Britain. v. 6, pp.41-51.

Mohd Y. R., Kok Poh Yee, Hashmi M.S.J. 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*. Pergamon Press, Elsevier Science Ltd. pp 421-427.

Mohanty R.P., Deshmukh S.G. 1998. Advanced manufacturing technology selection: A strategic model for learning and evaluation. *International Journal of Production Economics* 55. Elsevier Science B.V. pp 295-307.

Mullens M., Armacost R. 1995. A two stage approach to concept selection using the analytic hierarchy process. *International Journal of Industrial Engineering*.

Noghin V. 1997. Relative Importance of Criteria: A Quantitative Approach. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. V. 6. Pp. 355-363. John Wiley and Sons.

Salo A. A., Hämmäläinen R.P. 1997. On the Measurement of Preferences in the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. John Wiley and Sons. Ltd. V. 6, 309.

Sawaragi Y, Nakamori Y. 1992. Shinayakana Systems Approach in Modeling and Decision Support. *Proceedings of the 10th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, v. 1. Pp. 77-87. Taipei.

Segelod E. 1998. A note on the survey of project evaluation techniques in major corporations. *International Journal of Production Economics*. Elsevier Science B.V..V. 54. p. 207-210.

Triantaphyllou E. 1995. Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges. *International Journal of Industrial Engineering*, 2(1). Pp. 35-44.

Tung Y.A. 1998. Time Complexity and Consistency Issues in Using the AHP for Making Group Decisions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 7. Pp. 144-156. John Wiley and Sons, Ltd.

Vargas L.G. 1991. Why the Analytic Hierarchy Process is Not like Multiattribute Utility Theory. *Joseph M. Katz School of Business, University of Pittsburgh*. Pittsburgh, PA. USA, p.53-59.

Wierzbicki A. P. 1997. On the Role of Intuition in Decision Making and Some Ways of Multicriteria Aid of Intuition. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 6, 65-76. John Wiley and Son's, Ltd. Great Britain.

