

Una experiencia en la enseñanza de Análisis Envolvente de Datos (DEA)

(An experience in the teaching of Data Envelopment Analysis [DEA])

Manuel A. Mata (ProfEstud.UnimetMinimax@yahoo.com)
Universidad Metropolitana, Ingeniería de Sistemas, Caracas, Venezuela.
Francisco J. Sanánez (ProfEstud.UnimetMinimax@yahoo.com)
Universidad Metropolitana, Ingeniería de Sistemas, Caracas, Venezuela.
José G. Hernández R. (jhernandez@unimet.edu.ve)
Universidad Metropolitana, Gestión de la tecnología, Caracas, Venezuela.
Minimax Consultores, C. A., Caracas, Venezuela.
Gilberto J. Hernández G. (Minimaxconsultores@yahoo.com)
Minimax Consultores, C. A., Caracas, Venezuela.
&
María J. García G. (Mariminimagarcia@yahoo.com)
Minimax Consultores, C. A., Caracas, Venezuela.

Resumen

La academia tiene la permanente inquietud de facilitar los procesos de enseñanza aprendizaje. Sin embargo por distorsión, en general de los medios de difusión masiva de la información y en algunos casos, incluso por docentes, siempre se han visto las matemáticas como una ciencia difícil de hacer entender. Esta dificultad incluso llega al mundo universitario y en ocasiones el estudiante de carreras donde el cálculo es fundamental, como son las ingenierías, se ve incomodo al tratar de dominar nuevos algoritmos y herramientas para resolver problemas. Este reto de facilitar el aprendizaje de las áreas cuantitativas ha motivado a un grupo de investigadores, algunos de ellos, ligados a la Universidad Metropolitana en Caracas, Venezuela, a crear estrategias que faciliten este aprendizaje. En particular se ha trabajado con modelos multicriterios, generando aplicaciones de los mismos en diferentes ámbitos del quehacer cotidiano, incluyendo allí las ligas fantásticas deportivas. Una de estas técnicas multicriterios, que se ha tratado de facilitar su enseñanza es el Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis [DEA]). Pero antes de presentar aplicaciones de esta técnica, que fuesen atractivas a los estudiantes, había que hacerles conocer los aspectos básicos de la misma. Se pensó en un sistema al apoyo a las decisiones, en particular de apoyo a la enseñanza, aprovechando que ya se habían creado algunas herramientas similares, en años anteriores, para facilitar la enseñanza de la programación lineal y de la teoría de inventarios entre otras. Lo que se deseaba era una herramienta que facilitara la enseñanza de DEA a los alumnos de la asignatura Optimización II de la Universidad Metropolitana.

De lo anterior surge el objetivo de este trabajo: Mostrar cómo fue el proceso de creación y cómo funciona la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolvente de Datos.

La metodología para alcanzar este objetivo fue la Metodología Integradora-Adaptable para desarrollar Sistemas de Apoyo a las Decisiones (MIASAD), la cual sigue una serie ordenada de pasos, en lugar de establecer hipótesis y por su flexibilidad es de gran utilidad en distintos problemas de investigación. Como limitaciones y alcances es necesario aclarar que en este trabajo no se hacen estudios de campo, sino que se generó la herramienta para la enseñanza de DEA a través de una situación académica-hipotética. Esta situación hipotética, además de garantizar generalidad de los planteamientos, permite concluir sobre las facilidades que presenta la herramienta y sobre lo provechoso que fue su proceso de creación.

Palabras claves: Investigación de operaciones, Modelos matemáticos, Modelos multicriterios, Análisis Envolvente de Datos (DEA), Enseñanza aprendizaje, Sistemas de apoyo a las decisiones (SAD).

Introducción

Las dificultades de la enseñanza de las matemáticas, es un tema discutido a través de los tiempos (Carrillo, 2009; García, 2014), pero no sólo es un problema de la enseñanza primaria y secundaria, sino que en algunos casos alcanza las universidades e incluso se manifiesta en carreras técnicas, donde las matemáticas deben ser el lenguaje esencial, como sucede en las ingenierías.

Este reto de facilitar el aprendizaje de las áreas cuantitativas ha motivado a un grupo de investigadores, algunos de ellos, ligados a la Universidad Metropolitana en Caracas, Venezuela, a crear estrategias que faciliten este aprendizaje. En particular se ha trabajado con modelos multicriterios, generando aplicaciones de los mismos en diferentes ámbitos del quehacer cotidiano, incluyendo allí las ligas fantásticas deportivas (Hernández et al., 2013) las cuales también han sido trabajadas desde otros puntos de vista como son la gerencia de proyectos (Hernández et al., 2015) y toma de decisiones bajo incertidumbre (Hernández G. et al., 2014).

Una de estas técnicas multicriterios, que se ha tratado de facilitar su enseñanza es el Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis [DEA]). Pero antes de presentar aplicaciones de esta técnica, que fuesen atractivas a los estudiantes, había que hacerles conocer los aspectos básicos de la misma. Se pensó en un sistema al apoyo a las decisiones (SAD), en particular de apoyo a la enseñanza, aprovechando que ya se habían creado algunas herramientas similares, en años anteriores, para facilitar la enseñanza de la programación lineal (Amaíz, 1995; Cartusciello & Díaz, 2001; Coll & De Armas, 1995; Orta & Nieto, 1995) y de la teoría de inventarios (Gamboa & Peña, 2004; Martin & Martin, 1997) entre otras. Lo que se deseaba era una herramienta que facilitara la enseñanza de DEA a los alumnos de la asignatura Optimización II de la Universidad Metropolitana en el año 2015.

De lo anterior surge el objetivo de este trabajo: Mostrar cómo fue el proceso de creación y cómo funciona la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolvente de Datos.

Este objetivo general conlleva a tres objetivos específicos:

- Presentar el Análisis Envolvente de Datos (DEA).
- Presentar el proceso de creación de la herramienta: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolvente de Datos.
- Demostrar, como se ha usado en el salón de clase la herramienta creada.

En cuanto a las limitaciones y alcances, no se hará ningún estudio de campo, sino que se narrará el proceso seguido, la implementación del sistema y su uso posterior.

Metodología

Para alcanzar el objetivo general y los objetivos específicos antes propuestos, se seguirá la Metodología Integradora-Adaptable para desarrollar Sistemas de Apoyo a las Decisiones [MIASAD] (García et al., 2014), la cual por su flexibilidad y su posibilidad de adaptarse a distintos tipos de investigación, como lo señalan Hernández, et al. (2013); Hernández R. et al. (2014), se pueden aplicar de ella, los pasos que se consideren importantes, por lo cual, similar a lo realizado en otros trabajos (Barreto, 2012; Barreto et al., 2014; García et al., 2012; Guerrero et al., 2014; Hernández, et al. 2015; Jeney et al., 2015; Mata & Sanánez, 2015; Pérez et al., 2015) sólo se seguirán los siguientes pasos:

- a) Definir el problema, que como se indica en los objetivos es mostrar cómo fue el proceso de creación y cómo funciona la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolvente de Datos (DEA);
- b) Elaborar un primer prototipo, donde se identificaron los usuarios del producto final, es decir los principales lectores de este artículo, ellos serán todos los estudiosos de la toma de decisiones, en particular las decisiones multicriterios, en especial los interesados en DEA. También se estableció la estructura del artículo, el cual además de la introducción y la metodología constará de dos capítulos centrales, en el primero de ellos, se presentarán algunos comentarios sobre el Análisis Envolvente de Datos, en el segundo capítulo, que es el principal del trabajo, se darán detalles del proceso de creación de la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolvente de Datos (DEA) y como la misma ha sido usada en el aula de clases y se cerrará el trabajo con un capítulo para conclusiones y recomendaciones;
- c) Obtener datos, en este caso sobre modelos cuantitativos, en particular modelos multicriterios y en especial DEA;
- d) Establecer alternativas, que serían las distintas maneras o mecanismos que se pueden usar en la creación de una herramienta para la enseñanza de DEA;
- e) Evaluar alternativas, de acuerdo a las facilidades para crear la herramienta que facilite la enseñanza de DEA;
- f) Seleccionar la alternativa, de acuerdo a la evaluación previa y tomando en cuenta los objetivos secundarios, ya sean tácitos o explícitos;
- g) Implementar la mejor alternativa, ilustrar como se llevaría en la práctica la implementación de la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolvente de Datos;
- h) Establecer controles, mecanismos, que permitan reconocer si la solución conseguida, sigue siendo válida en el transcurso del tiempo.

Algunos comentarios sobre el Análisis Envolvente de Datos

Aunque se usarán otras fuentes, la mayoría de la información expuesta a continuación será extraída de Hernández R. et al. (2014), pero especialmente de Mata & Sanánez (2015). La técnica Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis [DEA]), cuyos orígenes se ubican a finales de los años setentas (Mavrotas & Trifillis, 2006) y comentan Cook & Seiford (2009) fue introducida en el trabajo de Charnes, Cooper & Rhodes (1978), aunque se entiende está basada en un trabajo de Farrell de 1957. DEA es un procedimiento no paramétrico y determinístico de evaluación de la eficiencia relativa de un conjunto de unidades productivas homogéneas. La técnica analiza la eficiencia de las unidades productivas y utiliza para ello las cantidades de inputs (entradas) y outputs (salidas) consumidas y producidas por cada unidad y para ello se apoya en la programación lineal. DEA construye lo que se llama una frontera eficiente de producción con respecto a la cual se evalúa la eficiencia de cada unidad de toma de decisiones. DEA, trabaja con el primal o con el dual del problema de programación lineal. Para ver detalles y las expresiones matemáticas de ambos modelos se recomienda revisar a Mata & Sanánez (2015), o preferiblemente consultar el producto de su trabajo en:

<http://ares.unimet.edu.ve/sistemas/fpis05/Profesor/DEA/>

En general cada problema DEA lleva consigo unas unidades las cuales serán comparadas para obtener la eficiencia entre cada una de ellas, estas unidades son llamadas Unidades de toma de decisiones (Decision Making Units [DMUs]). Las DMUs fueron llamadas así en vez de unidades productivas debido a que Charnes, Cooper & Rhodes (1978) querían enfatizar en el hecho de que el foco de DEA no era la productividad en cuanto a ganancias de una empresa sino más bien la efectividad (eficiencia) con la cual dicha empresa produce cierto producto dada una cantidad finita de recursos.

Durante el proceso de DEA, la Unidad de toma de decisiones (DMU) a la cual su eficiencia está siendo evaluada es normalmente llamada DMU base o DMU bajo escrutinio. Para el desarrollo de este proceso, se utiliza una serie de elementos llamadas inputs y outputs. Para Coll & Blasco (2006) los inputs son los ingresos del sistema que pueden ser recursos de diferentes índoles: materiales, humanos o de información. Estos inputs constituyen la fuerza de arranque que suministra al sistema sus necesidades operativas. Por su parte los outputs son los resultados que se obtienen de procesar los inputs (Coll & Blasco, 2006). Al igual que los inputs estos pueden adoptar la forma de productos, servicios e información. Destaca Ramanathan (2003) que si el número de inputs o el número de outputs se va incrementando, el proceso es similar, aunque de mayor complejidad y deben tenerse en cuenta los 'pesos' o ponderaciones relativas que tendrán los distintos inputs y outputs a fin de agregarlos para obtener un ratio único.

Los pesos de cada DMU se determinan utilizando la programación lineal (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978). Estos pesos permitirán maximizar la eficiencia de la DMU base o bajo escrutinio, sujeto a las

condiciones de eficiencia del resto de los DMUs (calculados usando la misma serie de pesos). Cada peso debe estar en un rango restringido que va desde 0 hasta 1.

De todo lo anterior, como lo señalan Wu et al. (2006) DEA se maneja a través de la programación lineal midiendo el rendimiento relativo de las DMUs. La idea original detrás de DEA es identificar las mejores prácticas de un conjunto de decisiones comparables. Con todos los puntos de coincidencia entre Análisis de Decisiones Multicriterios (Multicriteria Decision Analysis [MCDA]) y DEA, sus distintos métodos se desarrollaron en forma independiente y solo fue a finales del siglo pasado (Mavrotas & Trifillis, 2006) que DEA empezó a considerarse un modelo multicriterios. Para ello las DMUs del DEA, empezaron a trabajarse como alternativas.

Otro aspecto que es importante resaltar son las múltiples aplicaciones que, desde su creación, se han hecho de DEA. Por sólo señalar algunas se tienen aplicaciones de DEA para:

Estudiar la producción en un hospital (Banker et al., 1986).

Estudiar programas hospitalarios (Sherman & Gold, 1986).

Estudiar costos en aerolíneas (Banker & Johnston, 1993).

Mejorar el sector servicios (Quindos et al., 2003).

Ayudar en la seguridad ciudadana (Pérez, 2009).

Evaluar la eficiencia de sistemas de salud en Europa (Asandului et al., 2014).

Medir la eficiencia técnica de la industria minera no petrolera (Gaytán & Benita, 2014).

Con estos breves comentarios sobre DEA, se pasará a presentar de manera muy sucinta como fue el proceso de creación de la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolverte de Datos.

Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolverte de Datos. Proceso de creación

El proceso creativo de la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envolverte de Datos (SISFA-DEA), sigue, como ya se indicó la MIASAD. Para la creación de SISFA-DEA se usaron de MIASAD los siguientes pasos: 1. Definir el problema. 2. Crear el primer prototipo. 3. Recolectar datos. 4. Definir el modelo. 5. Generar el modelo. 6. Construir el segundo prototipo. 7. Definir el sistema de apoyo. 8. Desarrollar el sistema de apoyo. 9. Probar y validar el sistema.

La definición del problema y el primer prototipo se realizaron de manera simultánea. La definición del problema arrojó como resultado los objetivos del trabajo y el primer prototipo, este segundo, se puede ver en la figura 1 y sus detalles se comentan en Mata & Sanánez (2015) y los objetivos ya fueron presentados al explicar MIASAD.

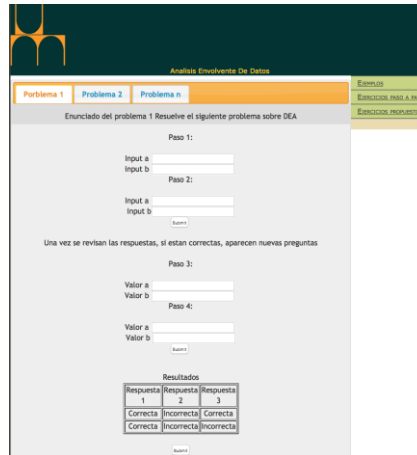


Figura 1. Primer prototipo del trabajo de Mata & Sanánez.

Fuente: Mata & Sanánez (2015).

En cuanto a recolectar datos, se buscó en las fuentes más acreditadas toda la información que se pudo recabar y que se sintió podía ser útil para explicar DEA a los estudiantes de Optimización II de la Universidad Metropolitana. Para la definición del modelo se tenía la ventaja que ya se conocía el punto central del modelo, se desean transmitir conocimientos sobre DEA, por lo cual la mayor preocupación era expresar este conocimiento, en forma sencilla para que fuese entendido, incluso, por aquellos estudiantes que no habían tenido contactos previos con la técnica multicriterios en estudio.

Sin embargo en la generación del modelo se debieron integrar todos los conocimientos adquiridos y generar una manera de presentación, que a la vez de permitir avanzar de lo más sencillo a lo más complicado, también permitiera a los estudiantes avanzar al ritmo que fuese más cómodo para ellos, saltándose sesiones en el momento que lo desearan. De allí que se debieron ordenar y presentar aspectos tanto teóricos como prácticos de: métodos gráficos y frontera eficiente, DEA-CCR en su forma multiplicativa, Modelo DEA-CCR en su forma envolvente (Modelo Dual) y la estrecha relación entre estos dos últimos modelos, incluyendo conceptos intermedios como: identificación de los componentes característicos del problema (inputs y outputs), calculo de los ratios para construir la frontera, valores de frontera y valores envueltos, selección del DMU escrutinio, planteamiento del problema de programación lineal, definiendo claramente variables, función objetivo y restricciones del modelo.

El segundo prototipo ya incorpora el modelo matemático, por eso es bueno recordar aquí, que MIASAD impone, como metodología, reuniones periódicas y elementos de control, que permiten hacer un seguimiento muy estrecho de la investigación que se está llevando a cabo, en este caso el sistema de apoyo a la enseñanza SISFA-DEA. Los principales elementos de control habían sido para este caso la tabla de contenido del trabajo especial de grado, el anteproyecto y sobre todo el primer prototipo, el cual

se le debería dar forma y en lo posible, mejorar. En las reuniones periódicas, se verificaba qué se había hecho, cómo se había hecho, por qué o para qué se había hecho y se analizaba el impacto de cualquier observación que hubiese surgido durante el periodo. Además, como se trataba de un sistema de apoyo a la enseñanza, se verificaban entre otros aspectos: los riesgos, la facilidad de navegación, la flexibilidad, la claridad, la exactitud y la facilidad de mantenimiento del sistema.

Como producto de estas reuniones y siguiendo lo previamente establecido en los tres elementos de control, en el segundo prototipo se definieron ventanas tales como la mostrada en la figura 2.

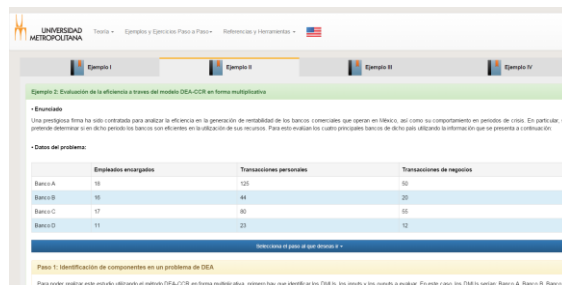


Figura 2. Pantalla del segundo prototipo del trabajo de Mata & Sanáñez.

Fuente: Mata & Sanáñez (2015).

Ya para el segundo prototipo estaba claramente identificado que se trataba de un sistema bilingüe (español – inglés), con tres áreas de aprendizaje básicas: la componente teórica, los problemas paso a paso y los problemas resueltos. Pero al ir construyendo la herramienta se definió que también se debería incluir una sesión de bibliografía, para ayudar a quien quisiera profundizar sobre DEA y una sesión de herramientas, para facilitar los cálculos a realizar en el momento de utilizar la herramienta, particularmente para facilitar el planteamiento y resolución de los problemas de programación lineal. La figura 3 corresponde a una pantalla del trabajo de Mata & Sanáñez (2015), que presenta una de estas herramientas para facilitar los cálculos.

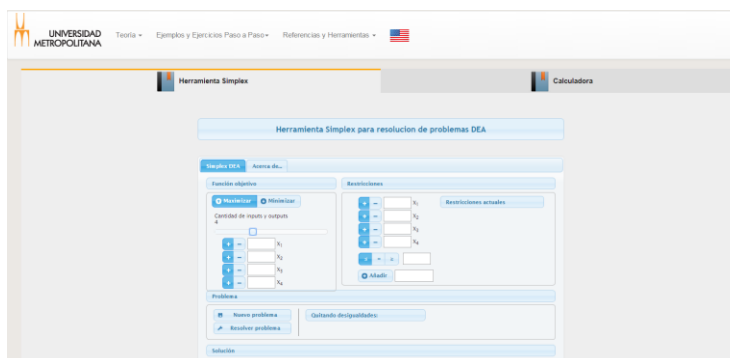


Figura 3. Pantalla que muestra una de las herramientas de cálculo del trabajo de Mata & Sanáñez.

Fuente: Mata & Sanáñez (2015).

Por otra parte al definir el sistema de apoyo, se cuidó de incluir todos los elementos que caracterizan a los mismos, pero tomando en consideración que no se trataba de un sistema de apoyo a las decisiones, sino un sistema de apoyo a la enseñanza, lo cual requiere seguir otras normas y reglas, relativas al proceso enseñanza – aprendizaje.

Para el desarrollo del sistema se hizo uso de herramientas informáticas que facilitaran la construcción del sistema, tales como: lenguaje HTML e implementando CSS y JavaScript para la interfaz gráfica y las animaciones utilizando adicionalmente las librerías de JQuery y de Bootstrap que permitieran al sistema ser más dinámico, interactivo y que tenga un aspecto moderno y acorde con los estándares utilizados actualmente para el desarrollo Web multiplataforma, además se garantizaba que el sistema pudiera ser accedido desde una gran gama de dispositivos y distintos navegadores (Mata & Sanáñez, 2015).

También, al desarrollar el sistema se puso especial cuidado en aspectos tales como: colores y textos, interactividad e iconografía y navegabilidad.

Para el último paso de MIASAD, probar y validar el sistema además de llevar a cabo una serie de pruebas basadas en la ejecución y en la revisión de las funcionalidades presentadas por esta herramienta, se verificó que todos los elementos interactivos presentes en la parte teórica funcionaran al ser requeridos y que desplegaran la información correcta. Luego se probaron uno a uno los ejercicios paso a paso para comprobar que cumplieran con el funcionamiento deseado, pudiendo verificar todos los ejercicios en todos sus detalles. Igualmente se hicieron pruebas del funcionamiento de las herramientas de cálculo.

Con las pruebas culmina la herramienta, la cual se implementó a través de la plataforma de la Unimet, en particular se usó ares y como ya se indicó se puede ver en: <http://ares.unimet.edu.ve/sistemas/fpis05/Profesor/DEA/>.

Ya después de dos periodos de implementada, ha usado en ambos trimestres como material complementario del primer lapso. Los alumnos pueden revisar libremente la herramienta y son notificados que una de las preguntas del primer examen versará sobre el material de la herramienta. En los dos trimestres un porcentaje superior al 70% de los alumnos ha contestado correctamente esta pregunta. Considerando que en este primer examen la nota promedio suele estar por debajo de los 12 puntos (es decir inferior al 60%), significa que el aprovechamiento de la herramienta para facilitar el aprendizaje del Análisis Envoltante de Datos es superior al promedio del rendimiento de la clase.

Presentado el proceso de creación de la herramienta y una ligera visión de los resultados de su implementación, se pueden presentar conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones y recomendaciones

Dada la importancia de los modelos multicriterios, es esencial buscar la manera de acercar el conocimiento de estas técnicas a los futuros ingenieros, en particular a los estudiantes de ingeniería de sistemas y de ingeniería de producción. Pero al consultar la literatura especializada los modelos multicriterios son muchos, por lo cual, sería imposible enseñarlos en el aula de clase durante un trimestre. Esto obliga a establecer mecanismos que puedan facilitar la enseñanza de algunas de estas técnicas. En particular, por su gran campo de aplicación, en este trabajo el interés se centró en el Análisis Envoltente de Datos (Data Envelopment Analysis [DEA]), por lo cual se dedicó un primer capítulo a explicar en qué consiste y cómo opera esta técnica.

Después de presentar el DEA, se revisó el trabajo especial de grado de Mata & Sanánez (2015), para a través de la metodología empleada en el mismo, explicar el proceso de creación de la herramienta didáctica virtual: Sistema para facilitar el aprendizaje del Análisis Envoltente de Datos. Logrando de esta manera dos aspectos importantes, uno ver la importancia de la Metodología Integradora-Adaptable para desarrollar Sistemas de Apoyo a las Decisiones [MIASAD], en el proceso de creación de herramientas para facilitar el aprendizaje y otro mostrar el proceso de creación es si mismo. Después de mostrar el proceso creativo de la herramienta se hicieron algunos breves comentarios de la experiencia de uso de la misma, en el aula de clases, en los dos trimestres continuos a su creación. De esta manera se cumplieron los objetivos generales y específicos propuestos en esta investigación.

De lo satisfactorio de esta experiencia surgen algunas recomendaciones, primero que nada profundizar en trimestres futuros el uso de la herramienta creada, a la vez que aumentar la difusión de la existencia de la misma, para que otros estudiantes, no sólo de la Universidad Metropolitana de Caracas, puedan obtener provecho de su uso. También es importante recomendar que se siga trabajando en herramientas similares a la aquí discutida para facilitar la enseñanza de otras técnicas multicriterios e incluso de otros modelos cuantitativos en general.

Referencias

Amaíz A., C. “*Modelo didáctico automatizado dirigido al análisis y estudio de casos de programación lineal (problemas de transporte, transbordo, asignación y programación meta)*”, Disertación Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (1995).

Asandului, L., M. Roman & P. Fatulescu, “*The Efficiency of Healthcare Systems in Europe: A Data Envelopment Analysis Approach*”, *Procedia Economics and Finance*, 10, 261-268 (2014).

Banker, R., R. Conrad & R. Strauss, “*A Comparative Application of Data Envelopment Analysis and Translog Methods: An Illustrative Study of Hospital Production*”, *Management Science*, 32(1), 30-44 (1986).

Banker, R. & H. Johnston, “*An Empirical Study of Cost Drivers in the U.S. Airline Industry*”, *The Accounting Review*, 68(3), 576-601 (1993).

Barreto O., E. A., “*Gestión del conocimiento a través del Gerente de Proyectos de un modelo logístico*”, Disertación Maestría en Administración, mención Gerencia de empresas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (2012).

Barreto O., E. A., M. J. García G., G. J. Hernández G. & J. G. Hernández R., “*El Gerente de Proyectos del MoLoBaC y la gestión del conocimiento*”, disponible en: <http://ares.unimet.edu.ve/academic/IX-congreso/documentos/158.pdf> desde mayo, 2014- (2014).

Carrillo S., B. “*Dificultades en el aprendizaje matemático*”, *Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas*, (16), 1-10 (2009).

Cartusciello R., P. & A. M. Díaz, “*Herramienta para el manejo del transporte de múltiples productos*”, Disertación Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (2001).

Charnes, A., W. W. Cooper & E. Rhodes, “*Measuring the efficiency of decision making units*”, *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444 (1978).

Coll, V. & O. M. Blasco, “*Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*”, España: Universidad de Valencia. (2006).

Coll C. A. & D. De Armas, “*Sistema de adaptación e integración gráfica para el aprendizaje y la solución de problemas de rutas*”, Disertación Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (1995).

Cook, W. D. & L. M. Seiford, “*Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on*”, *European Journal of Operational Research*, 192, 1–17 (2009).

Gamboa, D. & D. Peña, “*Sistema de apoyo para manejo de inventarios en presencia de donaciones*”, Disertación Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (2004).

García G., M. J., G. J. Hernández G. & J. G. Hernández R., “*Gestión del conocimiento a través del Gerente de Otros insumos del MoLoBaC*”, disponible en: <http://ares.unimet.edu.ve/academic/VIII-congreso/libro-viii/ponencias/199.pdf> desde mayo, 2012- (2012).

García G., M. J., G. J. Hernández G. & J. G. Hernández R. “*A Methodology of The Decision Support Systems applied to other projects of Investigation*”. In Mehdi K. (Ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Third Edition: Hershey, PA: IGI Global, V3, 1978-1990 (2014).

García N., C. F., “*Lenguaje y comunicación en Matemáticas. Una aproximación teórica desde las matemáticas a los conceptos de lenguaje y comunicación en relación con los procesos de enseñanza y aprendizaje.*”, Disertación Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia (2014).

Gaytán, E. & F. Benita, “*La industria minera en México: patrones de desempeño y determinantes de eficiencia*”, *Lecturas de Economía*, 80, 103-131 (2014).

Guerrero M., L. E., G. J. Hernández G., M. J. García G. & J. G. Hernández R., “*Indicators and the Picking manager of the Logistic Model Based on positions*”. In Dukic G. (Ed.), Proceedings ICIL’2014: Croatia, University of Zagreb, 273-282 (2014).

Hernández G., J. J., M. J. García G. & J. G. Hernández R. “*Fantasy Leagues and Decision making under uncertainty. An approach*”, In Proceedings, 15th Applied Stochastic Models and Data Analysis, 415-427 (2014).

Hernández G., J. J., M. J. García G., G. J. Hernández G. & J. G. Hernández R. “*Multiattribute Models with Multiplicative factors in the Fantasy Sports*”, In GBATA2013 Reading Book, 406-413 (2013).

Hernández G., J. J., M. J. García G., G. J. Hernández G. & J. G. Hernández R. “*Sports Fantasy Leagues and Projects*”, In 18th International Congress on Project Management and Engineering, 164-174 (2015).

Hernández R., J. G., M. J. García G., M. J., G. & G. J. Hernández G. “*Shelter Selection with AHP Making Use of the Ideal Alternative*”. In Mehdi K. (Ed.), Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition: Hershey, PA: IGI Global, V3, 2003-2015 (2014).

Jeney, A., J. G. Hernández, M. J. García & G. J. Hernández, “*Generation and Knowledge Management through the System information and network Manager*”. In Delener N. et al. (Eds.), Reading Book GBATA 2015: GBATA, 244-251 (2015).

Mata, M. A. & F. J. Sanánez, “*Desarrollo de un sistema para facilitar el aprendizaje del análisis envolvente de datos*”, Disertación Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (2015).

Martin C., A. & S. Martin C., “*Modelo de manejo de inventario de múltiples artículos usando la Programación Meta*”, Disertación Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (1997).

Mavrotas, G. & P. Trifillis, “*Multicriteria decision analysis with minimum information: combining DEA with MAVT*”, Computers & Operations Research, 33, 2083-2098 (2006).

Orta P., M. & R. Nieto P., “*Diseño y desarrollo de una aplicación para la enseñanza de investigación de operaciones en el área de optimización lineal*”, Disertación Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela (1995).

Pérez, D., J. G. Hernández, M. J. García & G. J. Hernández, “*Hurwicz method modified and The Amplitude Model (TAM)*”. In Delener N. et al. (Eds.), Reading Book GBATA 2015: GBATA, 559-566 (2015).

Pérez, K. M., “*Utilización del Análisis Envolvente de Datos en la Seguridad Ciudadana*”, Disertación en Investigación Operativa, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú (2009).

Quindos, M., F. Rubiera & M. Vicente, “*Análisis Envolvente de Datos: Una Aplicación al Sector de los Servicios Avanzados a las Empresas del Principado de Asturias*”, Recuperado el 20 de enero de 2014, de <http://www.uv.es/asepuma/XI/21.pdf> (2003).

Ramanathan, R., “*An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*”, London: SAGE Publications. (2003).

Sherman, H. & F. Gold, “*Bank Branch Operating Efficiency*”, *Journal of Banking and Finance*, 9(2) 297-315 (1985).

Wu, T., J. Fowler, T. Callarman & A. Moorehead, “*Multi-stage DEA as a Measurement of Progress in Environmentally Benign Manufacturing*”, Paper presented at Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2006, Limerick, Ireland. (2006).