

LA PROGRAMACIÓN MULTICRITERIO EN LA SELECCIÓN ÓPTIMA DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN EN INSTALACIONES

M.Sc. Ing. Yoanner Fernández Alfajarrín

Profesor e investigador del Dep. Ingeniería Industrial
Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Cuba

RESUMEN

La investigación de operaciones tiene un rol importante en los problemas de toma de decisiones porque permite obtener mejores decisiones para alcanzar un determinado objetivo. El objetivo de la investigación de operaciones es la de encontrar la solución óptima para un determinado problema (económico, de infraestructura, logístico, etc.) y utiliza un conjunto diverso de instrumentos matemáticos, para la modelización, la optimización y el control empresarial. En el caso particular de problemas de carácter económico, la función objetivo será el máximo rendimiento o el menor costo. En este caso se presenta la aplicación de la programación matemática multicriterio para dar solución a problemas de posibles alternativas de solución para la inversión y localización.

ABSTRACT

The investigation of operations has an important role in the problems of taking of decisions because allows to obtain better decisions to reach a certain objective. The objective of the investigation of operations is the one of finding the good solution for a certain problem (economic, of infrastructure, logistical, etc.) and it uses a diverse group of mathematical instruments, for the modulation, the optimization and the entrepreneurial control. In the case peculiar of problems of economic character, the feature objective will be the maximum performance or the pettiest costs. In this case the application of the mathematical programming multi-criterion is entered to give solution to problems of possible solution alternatives for the inversion and localization.

Palabras claves (Keywords): Métodos matemáticos, modelos matemáticos, programación matemática, programación multicriterio, alternativas de inversión, localización de instalaciones.

Código identificativos (Classification-JEL): C6. Programación y métodos matemáticos (Mathematical Methods and Programming)

INTRODUCCIÓN

Imagine que necesita llevar a cabo un proyecto de inversión determinado y que usted cuenta con varias alternativas para ejecutar dicho proyecto, pero carece de las herramientas efectivas para ejecutar dicho trabajo. Entonces se encuentra en una situación en que debe tomar una decisión, y se producen varias interrogantes. ¿Cómo puedo ejecutar mi inversión? ¿Qué alternativa debo escoger que sea la que optimice la solución? ¿Qué ciencia o área del conocimiento me permite realizar los análisis? ¿Qué herramientas me permiten tomar decisiones certeras y oportunas?

El área del conocimiento que nos permite realizar estos estudios es la Investigación de Operaciones (IO), que forma parte de las Matemáticas Aplicadas. Para dar solución a problemas y situaciones empresariales que se dan en el día a día se pueden emplear herramientas para la toma de decisiones de la IO. Como bien refiere **Cuevas Mijangos (2007)**, existen diferentes tipos de modelos que se podrían considerar como herramientas de la investigación de operaciones, algunos de estos contenidos de libros clásicos de IO, entre estos se encuentran:

1. Modelos gráficos de programación lineal.
2. Modelos algebraicos de programación lineal.
3. Redes y programación lineal para transporte.
4. Modelos de toma de decisión en condiciones de incertidumbre.
5. Modelos de toma de decisión en condiciones de certeza.
6. Modelos Bayesianos.
7. Procesos estocásticos con cadenas de Markov.
8. Líneas de espera (Teoría de colas).
9. Modelos de optimización con redes para la planeación, ejecución y control de proyectos.
10. Cadenas de Markov para el reemplazo de activos fijos.
11. Modelos de inventarios determinísticos.
12. Modelos de inventarios probabilísticos.
13. Modelos de programación dinámica y teoría de juegos.
14. Modelos de simulación para la obtención de información experta.
15. Modelos heurísticos de autoaprendizaje y autocorrección.

En el presente estudio el autor propone el empleo de la programación multicriterio (contenida en la programación matemática) como herramienta de toma de decisiones certeras y

oportunas, de la IO, que va a permitir escoger la alternativa que optimice la solución deseada y se selección de alternativas de inversión en localización de instalaciones.

APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN MULTICRITERIO EN LA SELECCIÓN ÓPTIMA DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN

Como se observa anteriormente, en la investigación de operaciones existen una serie de herramientas que permiten darle solución a uno a varios problemas que se puedan presentar en el ámbito empresarial. La programación matemática es uno de esos modelos que le permite, a la administración de cualquier negocio, tomar decisiones a cualquier nivel. En esta ocasión mostramos una de las tantas aplicaciones de la programación matemática y específicamente la programación multicriterio, en la selección óptima de una alternativa de posible inversión. Este problema se puede dar en la vida real, ya que las organizaciones que se dedican al diseño y proyecto se enfrentan día a día a este dilema “Cual es la mejor alternativa”.

A continuación le mostramos a través de un caso de ejemplo la aplicación de la programación multicriterio en la solución de este tipo de problemas, como herramienta para la toma de decisiones. En la modelación fue utilizado el software profesional Microsoft Office Excel 2003.

2.1. Caso de estudio

Una empresa que se dedica a la reparación de maquinarias y equipos industriales está analizando la posibilidad de ampliación de su negocio con el objetivo de aumentar el nivel de venta. Puesto que la empresa no tiene la posibilidad de construcción y debe aprovechar el emergente incremento en la demanda de sus servicios, se debe adaptar la organización de los procesos y la disposición de los puestos de trabajo a locales ya construidos y en desuso. La empresa labora 8h al día, 24 días al mes y utilizando un turno de trabajo. Para la ampliación necesaria se avalúan tres posibles locales (alternativas) ubicados en diferentes lugares de la provincia.

Para el análisis se tienen en cuenta una serie de criterios (kn) a evaluar los mismos se muestran a continuación:

1. Costo del local (\$)
2. Dimensiones del local a seleccionar (m²)
3. Distancia del local a la empresa (km)
4. Costo de reparación del local (\$)
5. Cantidad de equipos

6. Número de trabajadores
7. Cantidad de proveedores según el lugar
8. Cercanía promedio de las materias primas y materiales a cada local (km)
9. Capacidad de almacenamiento (toneladas/m²)

Con esta información se desea saber cual es la alternativa óptima que se debe seleccionar que me represente el menor costo y logre aumentar el nivel de venta de la organización.

2.2. Aplicación de la programación multicriterio, a través de la solución del caso de estudio.

En este caso estamos en presencia de un dilema y deseamos tomar una decisión: ¿cual es la mejor alternativa de inversión?, ¿cual alternativa escoger?

Deseamos seleccionar uno de los tres locales, pero el que se escoja debe ser el que resulte más económico y para esto se deben tener en cuenta los criterios antes mencionados. De aquí se desprende el nombre de este modelo: Programación Multicriterio.

Para llevar a cavo la modelación y obtener un resultado se deben seguir una serie de pasos, esto son los siguientes:

1. Construcción de la Matriz de Datos
2. Construcción de la Matriz Alternativa
3. Construcción de la Matriz Estandarizada
4. Cálculo del valor esperado (Vj)
5. Selección de la mejor alternativa

Los resultados obtenidos en la aplicación del método multicriterio, a través de la consecución de los pasos antes mencionados se muestran a continuación.

1) Construcción de la Matriz de Datos

Se debe construir una matriz o tabla de doble entrada donde se representen los datos a utilizar en la selección de la mejor alternativa.

Alternativas	Criterios a evaluar								
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
Alternativa1	100000	950	1,5	12500	10	12	3	0,5	1,2
Alternativa2	98000	800	10	9600	7	9	3	1	1
Alternativa3	120000	1200	8	20000	15	17	2	3,5	2

2) Construcción de la Matriz Alternativa

Con la construcción de la matriz alternativa pretendemos llevar todos los valores que son de mínimo a máximo multiplicando por -1 todos los valores de mínimo. Para esto realizamos una clasificación de los valores en mínimo o máximo:

Criterios	Descripción	Máx. o Mín.
K1	Costo del local	Mínimo
K2	Dimensiones del local a seleccionar	Máximo
K3	Distancia del local a la empresa	Mínimo
K4	Costo de la reparación del local	Mínimo
K5	Cantidad de equipos	Máximo
K6	Número de trabajadores	Máximo
K7	Cantidad de proveedores según el lugar	Máximo
K8	Cercanía promedio de las materias primas y materiales	Mínimo
K9	Capacidad de almacenamiento	Máximo

Matriz Alternativa:

	Criterios a evaluar								
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
Alternativa1	-100000	950	-2	-12500	10	12	3	-1	1,2
Alternativa2	-98000	800	-10	-9600	7	9	3	-1	1
Alternativa3	-120000	1200	-8	-20000	15	17	2	-4	2

3) Construcción de la Matriz Estandarizada

La construcción de la matriz estandarizada tiene como objetivo lograr la homogeneidad en los datos (criterios) ya que los criterios, seleccionados por los expertos, para la evaluación de la mejor alternativa se encuentran en diferentes unidades de medida.

Para construir la matriz estandarizada utilizamos la siguiente expresión:

$$\phi_{ij} = \frac{Y_{ij} - Y_{j\text{mín.}}}{Y_{j\text{máx.}} - Y_{j\text{mín.}}}$$

Matriz Estandarizada:

	Criterios a evaluar								
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
Alternativa1	0	1	1	0,8668	0,99	0,99	0,99	1	0,99
Alternativa2	0	1	1	0,8947	0,99	0,99	0,99	1	0,99
Alternativa3	0	1	1	0,8251	0,99	0,99	0,99	1	0,99

4) Cálculo del valor esperado (Vj)

Para calcular el valor esperado (Vj) utilizamos el método de comparación por pareja conocido también como triangulo de Füller. Este es un método donde un número de experto emite un

juicio de preferencia entre dos criterio, y así se va realizando la comparación por pareja entre los criterio seleccionados para la evaluación. Para ello fueron seleccionados algunos expertos en la evaluación de proyectos de inversión, los mismos seleccionaron los criterios antes mencionados y realizaron la ponderación los resultados obtenidos se muestran en la **Figura #1**. La expresión de cálculo utilizada para determinar el valor esperado es la siguiente:

$$V_j = \frac{\text{Veces que se repite } K_n}{N}$$

$$N = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{9(9-1)}{2} = 36$$

n: Cantidad de criterios seleccionados.

Triangulo de Füller								Criterios (kn)	Valor esperado (Vj)
k1	k1 *	K1	k1 *	k1: Costo del local	0,166666667				
k2 *	k3	K4 *	k5	k6	k7	k8	k9	k2: Dimensiones	0,138888889
	k2 *	K2	k2 *	k2	k2 *	k2 *	k2	k3: Distancia a la empresa	0,055555556
		k3	K4 *	k5	k6 *	k7	k8	k4: Costo de reparación	0,222222222
			k3	k3 *	k3 *	k3	k3	k5: Cantidad de equipos	0,055555556
			k4 *	k5	k6	k7 *	k8 *	k6: Número de trabajadores	0,111111111
				k4 *	k4 *	k4 *	k4 *	k7: Cantidad de proveedores	0,055555556
					k5	k5 *	k5 *	k8: Cercanía Mat. primas y mat.	0,027777778
					k6 *	k7	k8	k9: Capacidad almacenamiento	0,166666667
						k6 *	k6 *		
						k7	k8		
							k7 *		
							k8		

Figura #1. Utilización del método de comparación de parejas (Triangulo de Füller) para determinar el valor esperado

5) Selección de la mejor alternativa

Para determinar cual es la mejor alternativa se debe multiplicar cada valor obtenidos en la matriz estandarizada por el valor esperado obtenido, para esto se utiliza la siguiente expresión de cálculo:

$$\text{Alternativa}_n = \sum V_j * \rho_{ij}$$

El resultado obtenido es el siguiente:

Alternativas	Resultado del cálculo	Mejor alternativa
Alternativa1	0,799303203	FALSO
Alternativa2	0,806129386	VERDADERO
Alternativa3	0,78980897	FALSO

Después de haber realizado el cálculo podemos llegar a la conclusión de que la mejor alternativa es la número 2, por tanto esta es la alternativa seleccionada.

CONCLUSIONES

Después de culminado el presente trabajo podemos llegar a la conclusión de que la Investigación de Operaciones y en particular los modelos de programación matemática son herramientas de vital importancia en la toma de decisiones en nuestra organizaciones. A través de la solución de un caso de ejemplo propuesto pudimos observar que la programación multicriterio se puede aplicar en la selección óptima de alternativas de inversión en localización de instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cuevas Mijangos, Rafael José. (2007). Matemáticas para la toma de decisiones. http://www.investigacion-operaciones.com/Aplicaciones_IO.htm
2. Fernández Alfajarrín, Yoanner. (2007). Procedimiento para la mejora continua de la gestión de aprovisionamiento <http://www.ciencias.holguin.cu/2007/Diciembre/-articulos/ARTI8.htm> Revista Ciencias Holguín. Año XIII. No. 4. Diciembre.
3. Fernández Alfajarrín, Yoanner. (2009). Procedimiento para la previsión de la demanda de suministros en la cadena logística en entidades comercializadoras. Tesis en opción al título de Master en Ingeniería Industrial. UHOLM.
4. Gallagher, Charles A. y Watson, Hugh J. (2005). Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración. Editorial Felix Varela. Ciudad de La Habana.
5. Hillier, Frederick S. y Lieberman, Gerald J. (1993) Introducción a la investigación de operaciones. 7° Ed. Mc Graw Hill. México.
6. Riverón Hernández, Matilde. (2006). Lecturas sobre análisis cuantitativo de datos. Universidad de Holguín.
7. Schroeder, Roger. (1998). Administración de Operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones. Editorial Mc Graw Hill. México.