Tarea 3
ICI514-Optimización computacional

Martin Quiroz, Allan Oñate e Italo López

Universidad de Valparaíso, Gral Cruz 222, Valparaíso, Chile

Abstract. En el entorno empresarial actual, la publicidad juega un papel fundamental para promover productos y/o servicios, y alcanzar a un público objetivo. La optimización de las campañas publicitarias se ha convertido en una estrategia clave para maximizar la efectividad y rentabilidad de estas iniciativas.
El problema planteado se centra en la planificación de una campaña publicitaria para un nuevo proyecto de vivienda de la empresa ABC. El objetivo es maximizar la calidad de exposición de los anuncios mientras se minimiza el costo total. Se deben considerar cinco tipos de anuncios en diferentes medios de comunicación: televisión (tarde y noche), diarios, revistas y radio. La empresa de publicidad asigna una valorización de calidad a cada anuncio y ha estimado el número de potenciales clientes a los que podrían llegar. Además, existen restricciones en cuanto a la cantidad máxima de anuncios y los costos asociados.
Para abordar este problema de optimización, se utiliza la programación lineal como paradigma de modelado. Se definen variables de decisión para representar la cantidad de anuncios en cada medio de comunicación. La función objetivo busca maximizar la calidad total de exposición de los anuncios mientras se minimiza el costo tota y se establecen las restricciones correspondientes. Luego, se aplica consistencia local para que el problema quede nodo y arco consistente. Finalmente, para la resolución, se aplica el procedimiento de la técnica bioinspirada ”Chameleon Swarm Algorithm” (CSA) o Algoritmo de Enjambre Camaleón.
Al resolver el problema de optimización, se obtuvo una estrategia publicitaria óptima para la empresa ABC. Los resultados mostraron la cantidad óptima de anuncios en cada medio de comunicación, permitiendo maximizar la calidad de exposición de los anuncios mientras se minimizaba el costo total de la campaña.

Keywords: Optimización · Programación lineal · Costo total · CSA

1 Introducción

En este trabajo, se aborda un problema específico de optimización computacional relacionado con la planificación de una campaña publicitaria para un nuevo proyecto de vivienda de la empresa ABC. El objetivo principal es maximizar la calidad de exposición de los anuncios, asegurando que lleguen al mayor número posible de potenciales clientes, al tiempo que se minimiza el costo total de la campaña. Para lograrlo, se deben considerar diferentes tipos de anuncios en distintos medios de comunicación, como televisión, diarios, revistas y radio. El desafío radica en encontrar la combinación óptima de anuncios en cada medio, teniendo en cuenta las restricciones impuestas, como la cantidad máxima de anuncios permitidos, los costos asociados y las interacciones entre los diferentes medios. Además, se deben cumplir condiciones específicas, como no exceder un límite de anuncios en televisión y evitar la duplicación de anuncios si se utilizan anuncios en diarios.

Para abordar este problema, se emplea el paradigma de la programación lineal, que permite modelar y resolver problemas de optimización de manera eficiente. Mediante la formulación de variables de decisión, una función objetivo y un conjunto de restricciones, se busca encontrar la solución óptima que maximice la calidad de exposición de los anuncios y minimice el costo total, respetando las limitaciones y requisitos establecidos. Luego, se aplica consistencia local para que el problema quede nodo y arco consistentey finalmente, para la resolución, se aplica el procedimiento de la técnica bioinspirada "Chameleon Swarm Algorithm" (CSA) o Algoritmo de Enjambre Camaleón. El "Chameleon Swarm Algorithm" (CSA) es un algoritmo de optimización bioinspirado que se basa en el comportamiento de las colonias de camaleones y se inspira en la capacidad de los camaleones para cambiar de color y adaptarse a su entorno. El algoritmo utiliza un enfoque de enjambre de partículas para optimizar problemas complejos. En el CSA, cada partícula representa un camaleón en el espacio de búsqueda y busca la solución óptima al ajustar su posición y velocidad.

El presente trabajo propone un modelo de programación lineal para resolver el problema planteado, y se espera que los resultados obtenidos proporcionen a la empresa ABC una estrategia publicitaria efectiva y rentable para su nuevo proyecto de vivienda. La principal contribución del trabajo recae en demostrar la aplicabilidad y relevancia de la programación lineal como herramienta para la toma de decisiones en el campo de la publicidad. Este enfoque proporciona una base sólida para abordar problemas complejos de asignación de recursos y maximización de objetivos en el contexto de las campañas publicitarias.

En un primer momento, se identifica un modelo matemático basado en programación lineal para abordar el problema, con sus respectivas variables de decisión, función ojetivo y restricciones. Luego de aplicar nodo-consistencia y arco-consistencia, se aplica el algoritmo de optimización bioinspirado y se analizan los resultados mediante tablas y gráficos. Finalmente se desarolla una conclusión y se evidencia la bibliografía utilizada para el desarrollo de este informe.

2 Desarrollo

2.1 Desarrollo del modelo

A continuación, presentaremos el modelo matemático basado en programación lineal para abordar este problema. Definiremos las variables de decisión que representan la cantidad de anuncios en cada medio de comunicación, estableceremos la función objetivo que busca maximizar la calidad de exposición mientras se minimiza el costo total, y describiremos las restricciones que deben cumplirse en términos de cantidad de anuncios, potenciales clientes y costos asociados.

Variables de decisión:

x1 = número de anuncios en televisión tarde.
x2 = número de anuncios en televisión noche.
x3 = número de anuncios en diarios.
x4 = número de anuncios en revistas.
x5 = número de anuncios en radios.
yj = Se paga el anuncio en xj.

Dominios

X1 = 0,...,15
X2 = 0,...,10
X3 = 0,...,25
X4 = 0,...,4
X5 = 0,...,30
Yj = 0,1

Función Objetivo:

$$Z = (1000x1+2000x2+1500x3+2500x4+300x5)-(150y1+300y2+40y3+100y4+10y5) \tag{1}$$

$$\max Z = 1000x1+2000x2+1500x3+2500x4+300x5-150y1-300y2-40y3-100y4-10y5 \tag{2}$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$x1 <= 15 \tag{3}$$

$$x2 <= 10 \tag{4}$$

$$x3 <= 25 \tag{5}$$

$$x4 <= 4 \tag{6}$$

$$x5 <= 30 \tag{7}$$

Restricción de clientes potenciales:

$$1.000x1 + 2.000x2 + 1.500x3 + 2.500x4 + 300x5 <= 50.000 \tag{8}$$

Restricción de costo en anuncios de televisión:

$$150x1 + 300x2 <= 1.800 \tag{9}$$

Restricción de anuncios en televisión:

$$x1 + x2 <= 20 \tag{10}$$

Restricción de exclusión de anuncios en televisión por la noche si hay anuncios en diarios:

$$x3 = x3 - x2 \tag{11}$$

Restricción adicional para minimizar el costo total:

$$x1, x2, x3, x4, x5 >= 0 \tag{12}$$

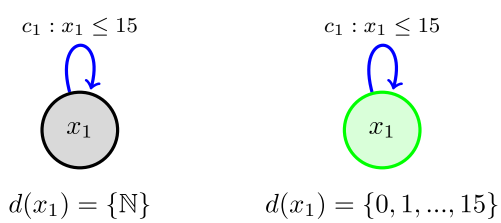
2.2 Método de resolución

Nodo-consistencia

A continuación se muestra la aplicación de consistencia local, cuyo procedimiento elimina todos los valores inconsistentes con las restricciones unarias, sobre la variable.

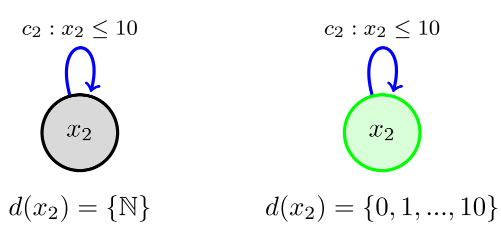
x_1 :

Antes de aplicar —— Después de aplicar



x_2 :

Antes de aplicar —— Después de aplicar



x_3 :

Antes de aplicar —— Después de aplicar

$d(x_3) = \{\mathbb{N}\}$ $\qquad$ $d(x_3) = \{0, 1, ..., 25\}$

x_4 :

Antes de aplicar —— Después de aplicar

$d(x_4) = \{\mathbb{N}\}$ $\qquad$ $d(x_4) = \{0, 1, 3, 4\}$

x_5 :

Antes de aplicar —— Después de aplicar

$d(x_5) = \{\mathbb{N}\}$ $\qquad$ $d(x_5) = \{0, 1, ..., 30\}$

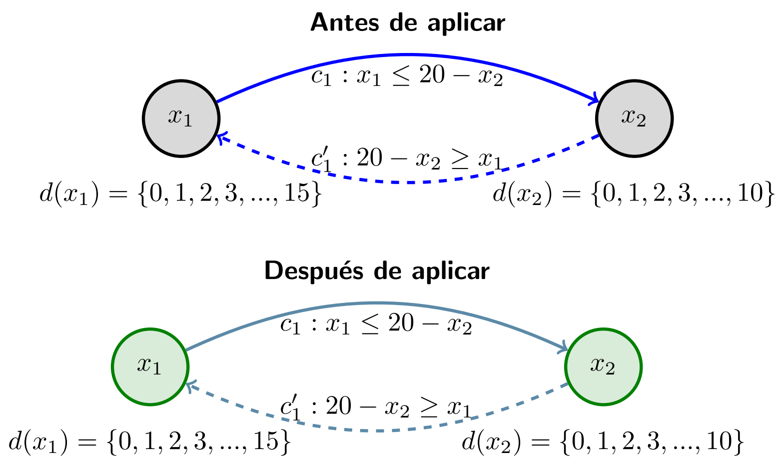
y :

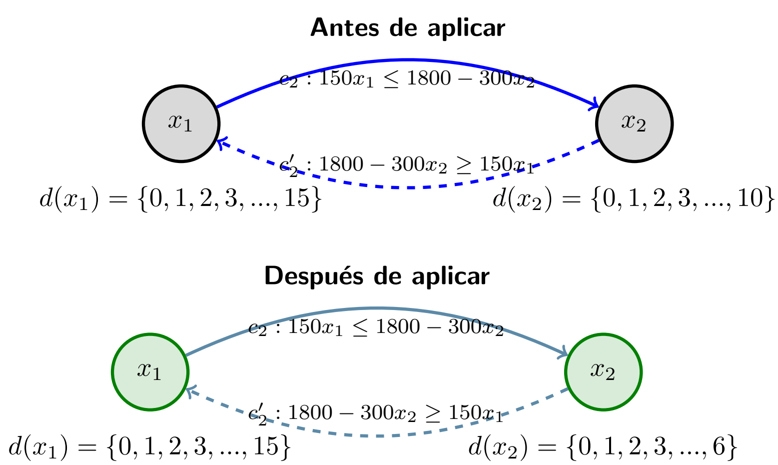
Antes de aplicar —— Después de aplicar

$d(y) = \{\mathbb{N}\}$ $\qquad$ $d(y) = \{0, 1\}$

Arco-consistencia

A continuación se muestra la técnica de filtraje cuyo procedimiento elimina todos los valores inconsistentes con las restricciones binarias, sobre dos variables.





2.3 Resolución por técnica bioinspirada

Para realizar la solución de este problema se utiliza el Chameleon Swarm Algorithm o CSA por sus siglas en inglés, este teniendo una estructura en la cual, inspirado en el comportamiento de los camaleones y la formación de enjambres en la naturaleza, se inicializa el proceso mediante la toma e elección de tamaño del enjambre, seguido de analizar la dimension del problema(5) y empezando con la busqueda de presa, la cual consiste en que toma una posicion en debido tiempo t y seleccionando un numero aleatorio el cual se selecciona en un rango dependiendo del dominio de la dimensión en la que esté (15,6,25,4,30 respectivamente) Xj*Yj indican la probabilidad de que el camaleón perciba la presa (j es el indice de la dimensión[1,2,3,4,5]),por efectos de exploración y explotación existe una variable la cual puede ser 1 o -1 para el movimiento o busqueda de presa
Se agrega un vinculo con el repositorio del trabajo
https://github.com/AllanOnate/Optimizacion-CSA

```python
class Chameleon(Problem):
    def __init__(self):
        self.p = Problem()
        self.x = [random.randint(0, 15),
                  random.randint(0, 6),
                  random.randint(0, 25),
                  random.randint(0, 4),
                  random.randint(0, 30)]
        self.y = [random.randint(0, 1),
                  random.randint(0, 1),
                  random.randint(0, 1),
                  random.randint(0, 1),
                  random.randint(0, 1)]

    def isFeasible(self):
        return self.p.checkConstraint(self.x, self.y)

    def isBetterThan(self, g):
        return self.resultado() > g.resultado()

    def resultado(self):
        return self.p.eval(self.x, self.y)
```

Fig. 1. Función camaleon

3 Resultados

Al realizar las pruebas respectivas, hemos obtenido los resultados mostrados en la figura a continuación. Además se indica cúal es el mejor resultado, el peor resultado, el promedio y la mediana de Z.

Resultado	Z	x	y
1	49500	[8, 0, 21, 4, 1]	[1, 0, 1, 1, 1]
2	46200	[2, 0, 17, 4, 30]	[1, 0, 1, 1, 1]
3	48400	[12, 0, 20, 1, 14]	[1, 0, 1, 1, 1]
4	49700	[7, 0, 21, 1, 30]	[1, 0, 1, 1, 1]
5	48300	[8, 0, 22, 1, 17]	[1, 0, 1, 1, 1]

Mejor Z	49700 (4)
Peor Z	46200 (2)
Promedio Z	48420
Mediana Z	48400

Fig. 2. Tabla descriptiva

Posteriormente, se realizó un boxplot en el cúal se evidencia que los valores están mayormente balanceados por sobre los 47200 clientes potenciales.

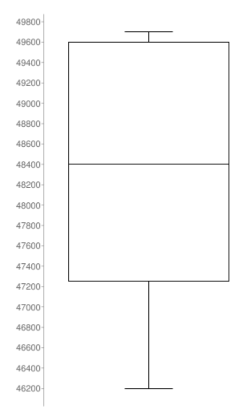


Fig. 3. Box-plot de resultados

4 Conclusión

En este trabajo, se abordó el desafío de la planificación de una campaña publicitaria para el nuevo proyecto de vivienda de la empresa ABC, utilizando técnicas de optimización computacional. El objetivo principal fue maximizar la calidad de exposición de los anuncios, al tiempo que se minimizaba el costo total de la campaña.

Mediante el uso de la programación lineal, se pudo formular un modelo matemático que representaba el problema de manera precisa, considerando variables de decisión, una función objetivo y un conjunto de restricciones. Al resolver el problema de optimización, se obtuvo la combinación óptima de anuncios en cada medio de comunicación, cumpliendo con las restricciones y requisitos establecidos por la empresa ABC.

Los resultados obtenidos brindaron a ABC una estrategia publicitaria efectiva y rentable, permitiendo maximizar la calidad de exposición de los anuncios al tiempo que se minimizaba el costo total. Esto proporcionó a la empresa una ventaja competitiva al llegar al mayor número posible de potenciales clientes con una inversión publicitaria eficiente.

Este trabajo destaca la importancia de utilizar técnicas de optimización computacional en la toma de decisiones estratégicas en el campo de la publicidad. La programación lineal demostró ser una herramienta poderosa para resolver problemas complejos de asignación de recursos y maximización de objetivos, brindando resultados cuantitativos y soluciones óptimas. A su vez, el trabajo realizado tiene el potencial de impactar positivamente en la efectividad y rentabilidad de las campañas publicitarias, ayudando a las empresas a alcanzar sus objetivos comerciales de manera más eficiente y exitosa.

References

1. Braik, M.: Chameleon Swarm Algorithm: a bio-inspired optimizer for solving engineering design problems. Expert Systems With Applications **174**, 114685 (7 2021), https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114685
2. García, C.M., García, E.G., Villada, F.: Implementación del Algoritmo Evolutivo Multi-Objetivo de Frente de Pareto (SPEA) para la planeación de sistemas eléctricos de distribución incluyendo huecos de voltaje. Información tecnológica (1 2015), https://doi.org/10.4067/s0718-07642015000500019
3. Olivares Órdenes, R.: Programación con restricciones. Optimización computacional (5 2023), https://aulavirtualpregrado.uv.cl/pluginfile.php/60241/mod_resource/content/3/CP.pdf

[1] [2] [3]