

"optimización de problemas de asignación: integración de procedimientos heurísticos con datos desde Excel en R"

Miguel Ángel Sánchez Martínez ^{a,*}, Ruben Daniel Moreno Cortes ^b

^a Área Académica de Computación y Electrónica, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

^b Área Académica de Matemáticas y Física, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

El documento presenta una mejora significativa en el modelo de optimización para el Quadratic Assignment Problem (QAP) mediante la implementación de la capacidad de leer matrices desde archivos Excel. Esto automatiza el proceso de entrada de datos, mejora la flexibilidad para ajustar configuraciones y garantiza la compatibilidad con herramientas estándar de la industria.

Se describen los procedimientos heurísticos de construcción e iteración: el Heuristic Construction Procedure (HCP), que genera una solución inicial asignando ubicaciones a instalaciones, y el Heuristic Improvement Procedure (HIP), que refina iterativamente la solución para minimizar costos. El código en R ilustra cómo cargar matrices de interacción y distancia desde Excel, aplicar ambos procedimientos y optimizar los resultados, mostrando una integración práctica y eficiente para problemas de asignación.

Palabras Clave: Heurísticos, matrices, asignacion

Keywords: Heuristics, matrices, assignment

1. Introducción

En el ámbito de la planificación de instalaciones y la optimización de asignaciones, los procedimientos heurísticos de construcción e iteración son herramientas esenciales para resolver problemas complejos como el Quadratic Assignment Problem (QAP). Este tipo de problemas se centra en la asignación de elementos, como máquinas o instalaciones, a ubicaciones específicas, minimizando costos asociados, como distancias o interacciones.

El Heuristic Construction Procedure (HCP) utiliza una metodología iterativa para construir una solución inicial basada en criterios como el costo incremental o la proximidad entre elementos clave. Por otro lado, el Heuristic Improvement Procedure (HIP) refina soluciones existentes mediante el intercambio iterativo de asignaciones, buscando minimizar los costos totales. Ambos procedimientos son esenciales para abordar problemas de optimización donde una solución exacta puede ser computacionalmente inviable.

En este trabajo, se ejemplificará la aplicación de estos métodos a una matriz de interacción de 5x5. Además, se desarrollará un código en R que permita cargar matrices desde archivos Excel, aplicando los procedimientos heurísticos para

obtener una solución optimizada. Esto no solo automatiza el proceso, sino que también ilustra el potencial práctico de estas técnicas en problemas reales.

1.1. Revisiones Bibliograficas

Los artículos publicados pertenecen a uno de los siguientes tipos y son sometidos al mismo proceso de arbitraje:

- El documento es un resumen amplio sobre el Procedimiento de Asignación Cuadrática (QAP), un método estadístico avanzado con aplicaciones multidisciplinarias. QAP se utiliza para explorar correlaciones complejas en diversos campos como desarrollo sostenible, optimización computacional, tratamiento de aguas, economía digital y análisis energético.
- Los investigadores aplican QAP para desentrañar relaciones no lineales entre variables, resolver problemas de asignación combinatoria y descubrir patrones ocultos. Destacan estudios como el análisis del impacto de energías renovables en la intensidad energética de 33 países, donde se demostró que estas

*Autor para la correspondencia: villafuerte@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: villafuerte@uaeh.edu.mx (Raúl Villafuerte-Segura), ravila@uaeh.edu.mx (Roberto Ávila-Pozos),... nombres completos y emails de todos los autores hasta aceptación.

Historial del manuscrito: recibido el DD/MM/AAAA, última versión-revisada recibida el DD/MM/AAAA, aceptado el DD/MM/AAAA, en línea (postprint) desde el DD/MM/AAAA, publicado el DD/MM/AAAA. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.vXXiYY.ZZZZ>



tienen el mayor efecto reductor, especialmente en países de altos ingresos.

- La versatilidad del método se evidencia en su aplicación a problemas tan diversos como diagnóstico médico, desarrollo regional, optimización de tiempos de trabajo y análisis de redes de comunicación. Los investigadores lo consideran más que una herramienta estadística, viéndolo como un instrumento de descubrimiento científico capaz de revelar relaciones que otros métodos no detectan.
- El documento subraya que QAP permite a los científicos abordar problemas complejos en múltiples disciplinas, ofreciendo soluciones innovadoras a desafíos científicos y tecnológicos contemporáneos, con un énfasis fundamental en la mejora continua y el aprendizaje sistemático. Artículos de revisión: aquellos que presenten un estudio bibliográfico de discusión y análisis exhaustivos de información publicada acerca de un tópico específico.

2. Procedimiento de mejora

Se realizó un análisis para generar la mejora solicitada, que eran los puntos que se requerían cambiar y cuáles son los que tenían que permanecer. De acuerdo con el programa de construcción. Lo que se tuvo que cambiar es la toma de matrices. Anteriormente las matrices se ponían manualmente, ahora, se cargan desde un archivo Excel que se llama MAQUINAS.xls.

- En este procedimiento se tenía el código principal con una matriz de 4x4 en donde solo se leían 16 números por cada matriz.
- El primer paso de cambio que se hizo fue el de aumentar la matriz por una de 5x5, en donde se tenía que verificar si todos los números eran leídos.
- Se checo que cumpliera con todas las iteraciones y si desarrollaba los nuevos acomodos de la matriz.
- Al obtener los resultados satisfactorios de que el programa funciono de manera correcta se procedió a mejorar el segundo código.
- El segundo código trata de mejorar el acomodo de las matrices, así reduciendo más la relación viajes-distancia de acuerdo con la primera matriz que se realizó (heurística construcción).
- En el programa de heurística mejoramiento se hizo la mejora de leer un Excel y que realizara los cambios de una matriz de 5x5.

2.1. Heurística Construcción

Este código se mejoro de la siguiente manera.

```
library(readxl)
```

```
# Lectura de datos
excelM <-
"C:/Users/mocor/Documents/MAQUINAS.xlsx"
MatVia <- as.matrix(read_excel(excelM, sheet = 'Hoja1',
range = "A8:E13"))
MatDis <- as.matrix(read_excel(excelM, sheet = 'Hoja1',
range = "A15:E20"))

# Validación de datos
cat("Dimensiones MatVia:", dim(MatVia), "\n")
cat("Dimensiones MatDis:", dim(MatDis), "\n")
print(MatVia)
print(MatDis)

# Inicialización de variables
NumMaq <- nrow(MatVia)
NumLug <- NumMaq

Conj_Maq <- seq(1, NumMaq)
Conj_Lug <- seq(1, NumLug)
MatAsig <- matrix(NA, nrow = NumMaq, ncol = 1)

# Selección inicial de máquina
rs <- sample(1:NumMaq, size = 1)
F1 <- c(rs)
cat("Primera máquina seleccionada en F1 es:", F1, "\n")

# Maquinas y lugares restantes
Maq_Res <- setdiff(Conj_Maq, F1)
Lug_Res <- setdiff(Conj_Lug, 1)
MatAsig[F1, 1] <- 1

# Bucle principal de asignación
while (length(Maq_Res) > 0) {
  cat("Maquinas por asignar Maq_Res:", Maq_Res, "\n")
  cat("Lugares por asignar Lug_Res:", Lug_Res, "\n")

  # Selección de nueva máquina
  NuevaMaq <- if (length(Maq_Res) == 1) Maq_Res else
sample(Maq_Res, size = 1)
  cat("Nueva Máquina seleccionada:", NuevaMaq, "\n")

  # Inicialización de matrices de costos
  costo <- matrix(0, nrow = NumLug, ncol = NumMaq)
  costoT <- matrix(10e10, nrow = NumLug, ncol = 1)

  # Cálculo de costos para cada lugar
  for (r in Lug_Res) {
    for (k in F1) {
      if (!is.na(MatAsig[k])) {
        costo[r, k] <- MatVia[NuevaMaq, k] * MatDis[r,
MatAsig[k]]
        cat("Para r =", r, "y k =", k,
          "El costo es:", costo[r, k], "\n")
      }
    }
  }
  costoT[r, 1] <- sum(costo[r, ], na.rm = TRUE)
}

cat("Matriz de costos:", costo, "\n")
cat("Matriz costoT:", costoT, "\n")
```

```
# Selección del lugar con menor costo
CostoMin <- min(costoT)
rs <- which(costoT == CostoMin)[1] # Seleccionar el
primero en caso de empate
```

```
cat("Lugar seleccionado:", rs, "\n")
```

```
# Actualización de listas y matrices
F1 <- c(F1, NuevaMaq)
MatAsig[NuevaMaq, 1] <- rs
Maq_Res <- setdiff(Conj_Maq, F1)
Lug_Res <- setdiff(Lug_Res, rs)
```

```
cat("Máquinas seleccionadas F1:", F1, "\n")
cat("Lugares seleccionados MatAsig:", MatAsig, "\n")
}
```

```
# Resultado final
cat("Asignación Final de Máquinas a Lugares:\n")
print(MatAsig)
```

En este programa se agregó la librería de readxl, el cual se ocupa para que pueda leer un libro de Excel con las matrices que se requieren para que el programa corra.

2.2. Heurística Mejora

En este programa se hace un procedimiento similar

Al de heurística construcción, en este también se agregó una lectura de Excel y se acomodo de tal manera en que los datos de las matrices aparezcan en el programa desde el Excel y genere las iteraciones requeridas para que funcione el programa.

Programa Mejorado:

```
library(readxl)
```

#funcion para calcular el costo dada una asignacion de maquinas a lugares

```
CostoAsig<- function(NMaq,a,MatDis,MatVia)
{
  # Codes fragments
  costo=0
  for(i in 1:NMaq)
  {
    for (j in 1:NMaq) #
    {
      costo=costo+MatVia[i,j]*MatDis[a[i],a[j]]
    } #
  }

  CostoAsig=costo/2
  #print(CostoAsig)
}
```

#funcion de intercambio de parejas de maquinas

```
Intercambio=function(a,u,v)
{
```

```
(ai=a)
# print(u)
#print(v)
ai[u]=a[v]
ai[v]=a[u]
#print (ai)
```

```
Intercambio=ai}
# Datos de entrada
```

```
NumMaq=5 # Numero de maquinas y lugares
```

```
# Lectura de datos
excelM <- "C:/Users/mocor/Documents/MAQUINAS.xlsx"
MatrizViajes <- as.matrix(read_excel(excelM, sheet = 'Hoja1', range = "A8:E13"))
MatrizDistancias <- as.matrix(read_excel(excelM, sheet = 'Hoja1', range = "A15:E20"))
```

```
# Validación de datos
cat("Dimensiones MatVia:", dim(MatVia), "\n")
cat("Dimensiones MatDis:", dim(MatDis), "\n")
print(MatVia)
print(MatDis)
```

```
a0=c(3,2,5,1,4)
# Termina datos de entrada
```

```
# calculos de los incrementos de mejora con respecto a la
asignacion inicial
```

```
maximo=1E10
while(maximo>0){
```

```
costoBase=CostoAsig(NumMaq,a0,MatrizDistancias,Matriz
Viajes )
```

```
(a=a0)
renglones=choose(NumMaq,2)
columnas=3
tabla=matrix(nrow = renglones, ncol = columnas)
m=0
for(u in 1:(NumMaq-1))
{
  for(v in (u+1):NumMaq)
  {
    m=m+1
    ai=Intercambio(a,u,v)
    DC=costoBase-
    CostoAsig(NumMaq,ai,MatrizDistancias,MatrizViajes)
    #print("diferencia de costos")
    #print(DC)
    vector=c(u,v,DC)
    #print(vector)

    tabla[m,1:3]=vector
  } } # fin de comparaciones
```


[4,] 2 La máquina 4 pasa a la posición 2
 [5,] 1 La máquina 5 pasa a la posición 1

Al terminar el proceso del programa 1, se hace la evaluación del programa 2.

Al correr el segundo programa nos da los siguientes resultados:

```

...1 ...2 ...3 ...4 ...5
[1,] 0 4 10 6 6
[2,] 5 0 3 13 10
[3,] 15 8 0 4 5
[4,] 5 1 15 0 12
[5,] 3 1 11 4 0
...1 ...2 ...3 ...4 ...5
[1,] 0 3 9 1 9
[2,] 8 0 10 9 10
[3,] 1 9 0 12 9
[4,] 10 3 15 0 4
[5,] 6 14 4 11 0
[,1] [,2] [,3]
[1,] 1 2 -1.5
[2,] 1 3 26.5
[3,] 1 4 -14.0
[4,] 1 5 19.0
[5,] 2 3 -85.5
[6,] 2 4 -34.0
[7,] 2 5 -17.0
[8,] 3 4 -3.0
[9,] 3 5 14.5
[10,] 4 5 38.0
[1] 10
[1] "mejor arreglo"
[1] 4 3 5 1 2
[1] "mejor costo"
...1
511.5
[,1] [,2] [,3]
[1,] 1 2 -31.0
[2,] 1 3 41.0
[3,] 1 4 9.0
[4,] 1 5 -12.0
[5,] 2 3 -85.5
[6,] 2 4 -66.0
[7,] 2 5 -89.0
[8,] 3 4 -34.5
[9,] 3 5 -10.0
[10,] 4 5 -38.0
[1] 2
[1] "mejor arreglo"
```

```

[1] 5 3 4 1 2
[1] "mejor costo"
...1
470.5
[,1] [,2] [,3]
[1,] 1 2 -67.0
[2,] 1 3 -41.0
[3,] 1 4 -133.0
[4,] 1 5 -22.0
[5,] 2 3 -83.0
[6,] 2 4 -111.0
[7,] 2 5 -54.0
[8,] 3 4 -95.0
[9,] 3 5 -20.0
[10,] 4 5 -52.5
```

Referencias

- Bernábe Loranca, B., Estrada Analco, M., González Velázquez, R., Sánchez López, A., Cerezo Sánchez, J., & Bustillo Díaz, M. (2017). Quadratic Assignment Problem: A solution approach with parallel GRASP. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, 8(3), 33-38.
- Ramírez Drada, E., Chud Pantoja, V. L., & Orejuela Cabrera, J. P. (2019). Propuesta metodológica multicriterio para la distribución semicontinua de plantas. *Suma de Negocios*, 10(23), 132-145.
- Salazar, A. F., Vargas, L. C., Añasco, C. E., & Orejuela, J. P. (2010). PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BIETAPA EN AMBIENTES DE MANUFACTURA FLEXIBLE MEDIANTE EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO. *Revista EIA*, (14), 161-175.
- Moreno, A. D., Álvarez, A. A., Noble, V. M., & López, J. M. (2014). Optimización multiobjetivo del problema de distribución de planta: Un nuevo modelo matemático. *Ingeniería y Competitividad*, 16(2), 257-267.
- ManeiroMalavé, N., & Loyode Sardi, J. (2003). Enfoque evolutivo para problemas de localización en líneas de ensamble con backtracking. *Revista INGENIERÍA UC*, 10(2), 60-69.
- Ruiz Lizama, E., (2014). Optimización multi-objetivo al problema de distribución de planta usando algoritmos genéticos: cuestiones previas para una propuesta de solución. *Industrial Data*, 17(2), 120-137.
- Ruiz Lizama, E., (2014). Optimización multi-objetivo al problema de distribución de planta usando algoritmos genéticos: cuestiones previas para una propuesta de solución. *Industrial Data*, 17(2), 120-137.
- Pérez O., J., Mexicano S., A., Santaolaya S., R., Alvarado L., I. L., Hidalgo R., M. A., & De la Rosa, R. (2012). A visual tool for analyzing the behavior of metaheuristic algorithms. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, 3(2), 31-43.

Apéndice A. Primer Apéndice

Utilice el espacio para insertar el apéndice, de ser necesario.