

USO E IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS META HEURÍSTICOS DE TIPO TABU PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN DUROS

Jeffersson Saúl Reyes Lasso¹, Fernando Sandoya²

¹Ingeniero en Estadística Informática 2003

²Director de Tesis, Matemático Escuela Politécnica Nacional, 1994 Quito, Profesor de la ESPOL desde 1996.

Resumen

La ciencia y la tecnología han crecido de una manera muy significativa en las últimas décadas, con lo cual el ser humano ha obtenido así respuesta a una gran diversidad de problemas. Todos estos avances que se han logrado nos han ayudado a conocer y comprender de una manera mucho más eficiente el entorno que nos rodea. Además, dentro de estos pasos gigantescos en la evolución del ser humano, se han descubierto productos sustitutos como la luz, energía como el combustible, así como otras invenciones y descubrimientos que han ayudado a satisfacer de alguna manera las necesidades que tenemos. El problema básicamente comienza con la incertidumbre de saber si la asignación de recursos es la adecuada. De ahí nace la palabra optimización. Cuando se encuentra solución óptima nos indica que se halló la mejor manera de distribuir los recursos. Una de las técnicas más simples para tratar de resolver estos problemas es la programación lineal, donde todas las funciones, el objetivo y las restricciones son lineales y todas las variables son continuas. Estos supuestos difícilmente son satisfechos en la realidad en ciertos problemas de optimización, por ejemplo en problemas de optimización en números enteros, optimización combinatoria, etc.

La mayoría de los modelos matemáticos son complejos como la elaboración de horarios de clase, recolección de basura, ruteo de vehículos, entre otros; que es imposible resolverlos mediante cualquiera de los métodos exactos de optimización disponibles.

Uno de los métodos para resolver estos tipos de problemas es denominado búsqueda Tabú, conocido como Meta-heurístico debido a que se los utiliza para resolver los problemas anteriormente señalados. Los orígenes del Método de Búsqueda Tabú (MT) puede situarse en diversos trabajos publicados hace alrededor de 20 años por Glover. Este método cambia nuestra habilidad de resolver problemas de importancia práctica.

USO E IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS META HEURÍSTICOS DE TIPO TABU PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN DUROS

1. Introducción

Los orígenes del Método de Búsqueda Tabú (MT) puede situarse en diversos trabajos publicados hace alrededor de 20 años por Glover. Este método cambia nuestra habilidad de resolver problemas de importancia práctica. Aplicaciones actuales como en telecomunicaciones, análisis financiero, ingeniería molecular, exploración mineral, análisis biomédico, conservación ambiental, entre otros. El MT es una técnica para resolver problemas combinatorios de gran dificultad que está basada en principios generales de la Inteligencia Artificial. En esencia es un procedimiento meta-heurísticos que puede ser utilizado para guiar cualquier procedimiento de búsqueda local.

Algoritmo Método Tabú

Paso 0: Inicialización.

X := solución inicial factible
 t_{max} := máximo número de iteraciones
Mejor solución := X
número de soluciones = t := 0
lista tabú := vacía

Paso 1: Parada

Si cualquier movimiento posible de la solución actual es tabú o si
 $t = t_{max}$
entonces parar. Entregar *Mejor solución*.

Paso 2: Mover

Elegir el mejor movimiento no-tabú factible $\Delta x(t+1)$

Paso 3: Iteración.

Modificar $X(t+1) := X(t) + \Delta x(t+1)$

Paso 4: Reemplazar el mejor.

Si el valor de la función objetivo de $X(t+1)$ es superior
a *Mejor solución* entonces a *Mejor solución* := $X(t+1)$

Paso 5: Actualizar Lista Tabu.

Eliminar desde la lista tabu cualquier movimiento que ha permanecido un suficiente número de iteraciones en la lista.

Agregar un conjunto de movimientos que involucran un retorno inmediato desde $X(t+1)$ a $X(t)$

Paso 6: Incrementar

$t := t+1$, Volver a Paso 1.

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Diseño del Modelo Meta-heurístico para el problema de rutas de vehículos (VRP por sus siglas en inglés)

El problema de ruteo de vehículos bajo restricciones de capacidad y distancia involucra el diseño de mínimo costo de las rutas que los vehículos recorren, iniciando y terminando en una terminal, que brinda el

USO E IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS META HEURÍSTICOS DE TIPO TABU PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN DUROS

servicio a los clientes. Cada cliente es cubierto exactamente por una ruta del vehículo. La demanda de cada vehículo no debe exceder la capacidad del vehículo.

Para el problema se utilizará la siguiente notación:

n = Número de clientes

N = Conjunto de Clientes, $N = \{1, \dots, n\}$

q_i = La demanda del cliente $i \in N$ ($i=0$ denota la terminal, $q_0=0$)

c_{ij} = El tiempo de viaje (distancia) entre los clientes i y j , $c_{ij} = c_{ji} \forall i, j \in N$ ($c_{ii} = \infty, \forall i \in N$)

v = el numero de vehículos, la cual es la variable de decisión de nuestro problema

V = Conjunto de vehículos, $V = \{1, \dots, v\}$

Q = capacidad del vehículo

R_p = Conjunto de cliente servido por el vehículo p .

$C(R_p)$ = El costo (distancia) del viaje óptimo, π_p , sobre los clientes en $R_p \cup \{0\}$. Este costo incluye el tiempo de viaje (c_{ij}).

L = El límite superior está predeterminado sobre longitud máxima del recorrido.

S = La solución factible está definida como $S = \{R_1, \dots, R_v\}$

$C(S)$ = La suma total de cada distancia recorrida, $C(R_p)$ para todo $p \in V$

Nuestra meta es encontrar una solución óptima que minimice la distancia total del viaje y satisfaga las restricciones respectivas lo cual puede plantearse como el siguiente problema de optimización:

$$\text{Min: } C(S) = \sum_{p \in V} C(R_p)$$

s.a.r.

$$1) \bigcup_{p=1}^v R_p = N \quad R_p \cap R_q = \phi, \forall p \neq q \in V$$

Esta restricción no indica que existe al menos una ruta que satisface las necesidades de los clientes.

$$2) C(R_p) = \sum_{i \in R_p \cup \{0\}} (c_{i\pi(i)}) \leq L \quad \forall p \in V$$

Esta restricción nos indica que la costo de cada ruta no va a exceder de un límite establecido.

USO E IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS META HEURÍSTICOS DE TIPO TABU PARA
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN DUROS

$$\sum_{i \in R_p} d_i \leq Q \quad \forall p \in V$$

Esta restricción nos señala que la sumatoria de las demandas de los clientes no va a exceder de la capacidad del vehículo.

donde $\pi = \{\pi_1, \dots, \pi_P, \dots, \pi_V\}$ es un óptimo del problema del agente viajero (TSP por sus siglas en inglés) que minimiza la distancia del recorrido para cada $p \in V$.

A continuación se aplica el método a problema en el cual existen 30 clientes:

N=30 Q=100 L=520 $\delta_i=90$

Solución Inicial C(S)= 2495.5

P	Q	R _p	Ruta
1	10	12	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-0
2	0	8	0-13-14-15-16-17-18-19-20-0
3	10	9	0-21-22-23-24-25-26-27-28-29-0
4	70	1	0-30-0

Solución Encontrada: 1308.11

P	Q	R _p	Ruta
1	0	13	0-30-5-3-7-8-11-26-9-6-4-2-1-16-0
2	0	8	0-27-25-24-22-20-13-17-18-0
3	10	9	0-29-15-21-23-14-12-10-28-19-0

USO E IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS META HEURÍSTICOS DE TIPO TABU PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN DUROS

Como se ha podido observar luego de la ejecución del método tabú con la solución inicial del cuadro anterior, se redujo de 4 rutas a 3 rutas, es decir, se disminuyó un vehículo, pero hay que observar que la solución objetivo se ha reducido de 2495,5 a 1308,11 estos valores representan el costo que tiene el recorrer todas las rutas que se han encontrado. Vemos que el método ha funcionado de una manera satisfactoria encontrando una buena solución.

USO E IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS META HEURÍSTICOS DE TIPO TABU PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN DUROS

Conclusiones

1. El método de búsqueda tabú que se ha implementado en la presente tesis para resolver el problema de ruteo de vehículos (V.R.P) ha resultado efectivo obteniendo buenas soluciones para los problemas de prueba que se han propuesto.
2. El problema del ruteo de transportes presenta complejidad de orden exponencial. El tamaño de este está dado por el número de clientes y el número de vehículos que se utilizarán. Con la implementación de la búsqueda Tabú encontramos una de las soluciones que mejora la solución objetivo.
3. En la implementación realizada de la búsqueda Tabú ha utilizado la estrategia FBA el mejor accesible, con esto se reduce el esfuerzo computacional, debido a que abandona la búsqueda en cada vecindad luego de encontrar un solución que mejore la función objetivo.
4. Existen algunos métodos que se emplean para obtener soluciones para el tipo de problemas de transportes. Una de las ventajas de la búsqueda Tabú es el carácter agresivo de la búsqueda. Con esto este método puede tomar las soluciones de otras algoritmos y partir de ahí su búsqueda para obtener una mejor solución.

USO E IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS META HEURÍSTICOS DE TIPO TABU PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN DUROS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Reyes, J.** (2002). Uso e implementación de métodos meta heurísticos de tipo tabu para resolución de problemas de optimización duros, Tesis de Grado ESPOL, Guayaquil, Ecuador.
2. **INEC** (2002). Análisis de los resultados definitivos del VI Censo de Población y V de vivienda 2001. Provincia de Loja, Talleres Gráficos de INEC, Quito, Ecuador.
3. Glover, F., "Tabú Search: A tutorial", 1990 Glover, F & Laguna
4. Ibrahim Hassan Osman, "Meta-strategy Simulated and Annealing and Tabu Search Igorithms for the Vehicle Routing Problem"