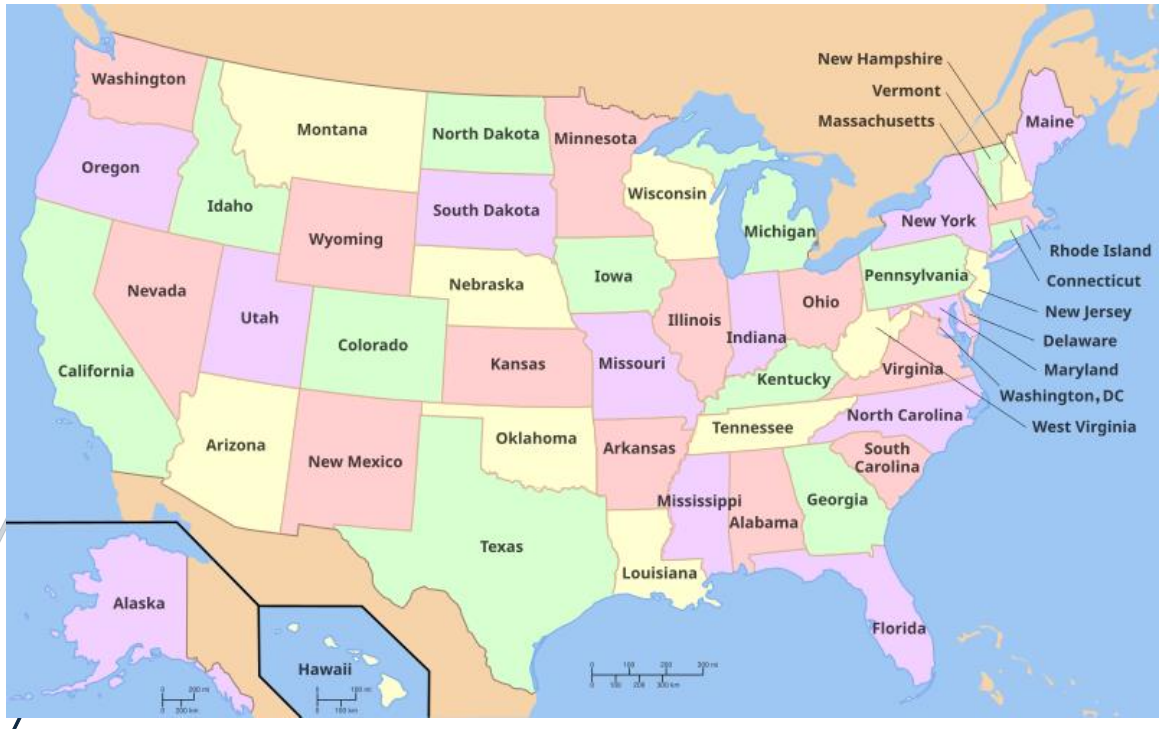
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCOM

3/12/2024

Ruta De Las Metrópolis Con Ventanas De Tiempo (Tsp-Tw)

Tópicos selectos Bioinspirados



Chen Yangfeng

6BV1 PROF. DANIEL MOLINA PÉREZ

Índice

Descripción del problema 1
Descripción del algoritmo genético híbrido 2
Parámetros usados 3
Tabla con los resultados estadísticos 3
Resultados obtenidos 5
Código 5

Descripción del problema

El **Problema del Agente Viajero con Ventanas de Tiempo (TSP-TW)** es una variante del clásico Problema del Agente Viajero (TSP), en el cual un agente debe visitar un conjunto de ciudades exactamente una vez, minimizando la distancia o el costo total del recorrido y regresando al punto de partida. En la variante TSP-TW, cada ciudad tiene asociada una ventana de tiempo durante la cual debe ser visitada. Si el agente llega a una ciudad antes de que la ventana de tiempo esté abierta, debe esperar hasta que sea permitido ingresar. Este problema es un ejemplo de optimización combinatoria con restricciones temporales y es ampliamente utilizado en logística, transporte y planificación de rutas.

En este caso particular, la **"Ruta de las Metrópolis con Ventanas de Tiempo"** utiliza una representación de las ciudades como nodos en un mapa, donde los costos de viaje entre las ciudades están dados en forma de una matriz de adyacencia que especifica los tiempos de viaje entre pares de ciudades en horas. El objetivo principal es encontrar la ruta más corta posible cumpliendo con las restricciones de las ventanas de tiempo.

Descripción del algoritmo genético híbrido

Un **algoritmo genético híbrido** es una variación de los algoritmos genéticos (AG) estándar que combina la exploración global característica de los AG con métodos adicionales, típicamente locales o heurísticos, para mejorar la eficiencia y la calidad de las soluciones encontradas. Este enfoque es ampliamente utilizado en problemas complejos como la optimización combinatoria, donde las técnicas estándar pueden no ser suficientemente rápidas o precisas para encontrar soluciones óptimas o cercanas al óptimo.

Características clave:

- **Exploración global**: Los AG generan y evolucionan soluciones usando selección, cruzamiento y mutación.
- **Optimización local**: Se aplican métodos de refinamiento, como búsqueda local o metaheurísticas (e.g., recocido simulado), para mejorar las soluciones.
- **Equilibrio exploración-explotación**: Integra la búsqueda amplia de los AG con el enfoque intensivo en áreas prometedoras de las heurísticas locales.

Ventajas:

- Encuentra soluciones de mejor calidad en menos tiempo.
- Acelera la convergencia hacia soluciones óptimas.
- Es útil para problemas complejos y con restricciones.

Aplicación típica:

En problemas como el **TSP con ventanas de tiempo (TSP-TW)**, los AG híbridos permiten explorar rutas globalmente y ajustar las soluciones para respetar las restricciones (ventanas de tiempo), logrando un balance entre exploración y refinamiento local.

Parámetros usados

% Parámetros del Algoritmo Genético

numGeneraciones = 1000;

tamPoblacion = 50;

probMutacion = 0.05;

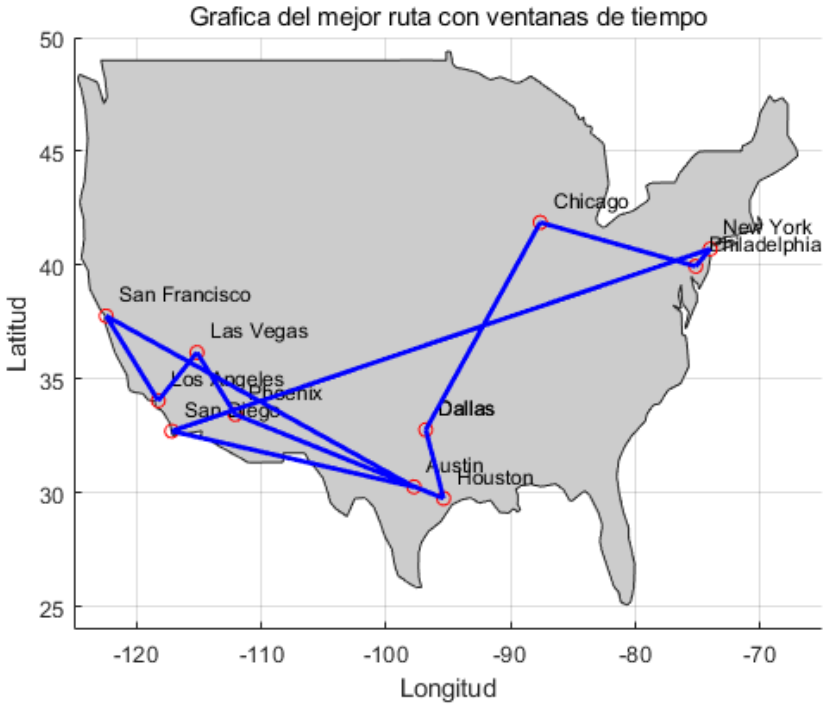
probCrossover = 0.9;

lambda = 50; % Factor de penalización

Tabla con los resultados estadísticos

Con ventana de tiempo:

Mejor ruta	Valor de la mejor ruta	Ruta promedio	Valor de la ruta promedio
8 4 5 11 2 9 10 7 1 6 3	340.32	6 3 8 4 5 11 2 10 9 7 1	157260.32



Sin ventana de tiempo:

Mejor ruta	Valor de la mejor ruta	Ruta promedio	Valor de la ruta promedio
8 6 1 3 11 9 2 7 5 10 4	159.32	5 8 3 1 6 4 10 7 9 2 11	159.32

Resultados obtenidos

El algoritmo identifica la ruta que minimiza la función de costo (distancia total y penalización por ventanas de tiempo).

Los resultados muestran una solución eficiente que respeta las restricciones de tiempo en la medida de lo posible.

Función de Aptitud:

La inclusión de penalizaciones por violación de ventanas de tiempo asegura que las restricciones sean consideradas, balanceando la exploración entre rutas cortas y factibles.

Gráfica de la Mejor Ruta:

La representación visual ayuda a validar que la solución es intuitivamente correcta, conectando ciudades en un orden lógico.

Eficiencia:

El algoritmo logra una convergencia efectiva mediante técnicas genéticas y asegura un balance razonable entre exploración y explotación, aunque podría beneficiarse de refinamientos adicionales como búsqueda local.

Código

```
function tsp_tw_1()
    % Parámetros del Algoritmo Genético
    numGeneraciones = 1000;
    tamPoblacion = 50;
    probMutacion = 0.05;
    probCrossover = 0.9;
    lambda = 50; % Factor de penalización

    % Datos del problema: Costos entre ciudades y ventanas de tiempo
```

```
distancias = [
    0, 61.82, 18.54, 37.52, 54.08, 1.88, 59.98, 32.82, 69.42, 36.76, 60.26;
    61.82, 0, 50.84, 33.62, 7.5, 59.88, 2.76, 28.84, 7.78, 28.14, 5.8;
    18.54, 50.84, 0, 26.74, 43.38, 18.6, 49.28, 22, 58.7, 23.36, 49.3;
    37.52, 33.62, 26.74, 0, 26.16, 35.56, 32.06, 4.8, 41.5, 3.26, 32.08;
    54.08, 7.5, 43.38, 26.16, 0, 52.06, 7.32, 21.38, 15.34, 20.68, 5.92;
    1.88, 59.88, 18.6, 35.56, 52.06, 0, 57.96, 30.86, 67.38, 34.8, 58.3;
    59.98, 2.76, 49.28, 32.06, 7.32, 57.96, 0, 27.28, 10.62, 26.58, 6.76;
    32.82, 28.84, 22, 4.8, 21.38, 30.86, 27.28, 0, 36.72, 4.02, 27.3;
    69.42, 7.78, 58.7, 41.5, 15.34, 67.38, 10.62, 36.72, 0, 36.02, 12.14;
    36.76, 28.14, 23.36, 3.26, 20.68, 34.8, 26.58, 4.02, 36.02, 0, 26.6;
    60.26, 5.8, 49.3, 32.08, 5.92, 58.3, 6.76, 27.3, 12.14, 26.6, 0
];

% Ventanas de tiempo para cada ciudad (en horas)
ventanasTiempo = [
    -inf, inf;   % New York
    50, 90;      % Los Angeles
    15, 25;      % Chicago
    30, 55;      % Houston
    15, 75;      % Phoenix
    5, 35;       % Philadelphia
    150, 200;    % San Diego
    25, 50;      % Dallas
    65, 100;     % San Francisco
    120, 150;    % Austin
    30, 85       % Las Vegas
```

```
];

% ventanasTiempo = [
% -inf, inf;   % New York
% -inf, inf;   % Los Angeles
% -inf, inf;   % Chicago
% -inf, inf;   % Houston
% -inf, inf;   % Phoenix
% -inf, inf;   % Philadelphia
% -inf, inf;   % San Diego
% -inf, inf;   % Dallas
% -inf, inf;   % San Francisco
% -inf, inf;   % Austin
% -inf, inf    % Las Vegas
% ];



%Generar población inicial
poblacion = inicializarPoblacion(tamPoblacion, size(distancias, 1));

% Evolución del Algoritmo Genético
for generacion = 1:numGeneraciones
    % Evaluar la aptitud de la población
    aptitud = evaluarPoblacion(poblacion, distancias, ventanasTiempo, lambda);

    % Selección
    nuevaPoblacion = seleccion(poblacion, aptitud);
```

```
        % Crossover
        nuevaPoblacion = crossover(nuevaPoblacion, probCrossover);

        % Mutación
        nuevaPoblacion = mutacion(nuevaPoblacion, probMutacion);

        % Reemplazar la población actual
        poblacion = nuevaPoblacion;
    end

    % % Evaluar la mejor solución encontrada
    aptitudFinal = evaluarPoblacion(poblacion, distancias, ventanasTiempo,
lambda);
    [~, mejorIndice] = min(aptitudFinal);
    mejorRuta = poblacion(mejorIndice, :);

    % % Mostrar la mejor ruta encontrada
    % fprintf('Mejor ruta encontrada: ');
    % disp(mejorRuta);
    % fprintf('Costo total: %.2f\n', aptitudFinal(mejorIndice));

    % Calcular la media de los valores de aptitud
    promedioAptitud = mean(aptitudFinal);

    % Encontrar el índice de la aptitud más cercana al promedio
    [~, promIndice] = min(abs(aptitudFinal - promedioAptitud));
```

```
    % Seleccionar la ruta promedio
    promRuta = poblacion(promIndice, :);

    % Mostrar los resultados
    fprintf('Mejor ruta encontrada: ');
    disp(mejorRuta);
    fprintf('Costo total de la mejor ruta: %.2f\n', aptitudFinal(mejorIndice));
    fprintf('\n\n');



    fprintf('Ruta promedio encontrada: ');
    disp(promRuta);
    fprintf('Costo total de la ruta promedio: %.2f\n', aptitudFinal(promIndice));

    grafica(mejorRuta)
end

% Funciones auxiliares
function poblacion = inicializarPoblacion(tamPoblacion, numCiudades)
    % Inicializa la población aleatoriamente
    poblacion = zeros(tamPoblacion, numCiudades);
    for i = 1:tamPoblacion
        poblacion(i, :) = randperm(numCiudades);
    end
end
```

```
function aptitud = evaluarPoblacion(poblacion, distancias, ventanasTiempo, lambda)
    % Evaluar la aptitud de cada ruta en la población considerando las ventanas de tiempo
    tamPoblacion = size(poblacion, 1);
    aptitud = zeros(tamPoblacion, 1);



    for i = 1:tamPoblacion
        ruta = poblacion(i, :);

        % Encontrar el índice de la ciudad 1 en la ruta
        idxInicio = find(ruta == 1, 1);

        % Reorganizar la ruta para que empiece desde la ciudad 1
        ruta = [ruta(idxInicio:end), ruta(1:idxInicio-1)];
        ruta(end + 1) = 1; % Añadir la ciudad 1 al final para el regreso

        % Inicialización de tiempos
        tiempoLlegada = zeros(1, length(ruta));
        penalizacion = 0;

        % Evaluar la ruta completa
        for j = 2:length(ruta)
            ciudadAnterior = ruta(j - 1);
            ciudadActual = ruta(j);

            % Calcular el tiempo de viaje y llegada
```

```
            tiempoViaje = distancias(ciudadAnterior, ciudadActual);
            tiempoLlegada(j) = max(ventanasTiempo(ciudadActual, 1), tiempoLlegada(j - 1) + tiempoViaje);

            % Penalización por exceder la ventana de tiempo superior
            exceso = max(0, tiempoLlegada(j) - ventanasTiempo(ciudadActual, 2));
            penalizacion = penalizacion + exceso^2; % Penalización cuadrática
        end

        % Calcular el tiempo total de la ruta y agregar la penalización
        tiempoTotal = tiempoLlegada(end);
        aptitud(i) = tiempoTotal + lambda * penalizacion;
    end
end



function nuevaPoblacion = seleccion(poblacion, aptitud)
    % Selección por torneo
    tamPoblacion = size(poblacion, 1);
    nuevaPoblacion = poblacion;
    for i = 1:tamPoblacion
        idx1 = randi(tamPoblacion);
        idx2 = randi(tamPoblacion);
        if aptitud(idx1) < aptitud(idx2)
            nuevaPoblacion(i, :) = poblacion(idx1, :);
        else
```

```
            nuevaPoblacion(i, :) = poblacion(idx2, :);
        end
    end
end

function nuevaPoblacion = crossover(poblacion, probCrossover)
    % Operador de crossover cíclico para toda la población
    tamPoblacion = size(poblacion, 1);
    nuevaPoblacion = poblacion;
    for i = 1:2:tamPoblacion-1
        if rand < probCrossover
            % Seleccionar dos padres y realizar el cruzamiento cíclico
            padre1 = poblacion(i, :);
            padre2 = poblacion(i+1, :);
            [hijo1, hijo2] = cruzamientoCiclico(padre1, padre2);
            nuevaPoblacion(i, :) = hijo1;
            nuevaPoblacion(i+1, :) = hijo2;
        end
    end
end

function [descendiente1, descendiente2] = cruzamientoCiclico(padre1, padre2)
    % Esta función implementa el cruzamiento cíclico (Cycle Crossover, CX)
    % Entrada:
    % padre1 - vector del primer padre
    % padre2 - vector del segundo padre
    % Salida:
```

```
% descendiente1 - vector del primer descendiente
% descendiente2 - vector del segundo descendiente

% Inicialización de descendientes
descendiente1 = zeros(1, length(padre1));
descendiente2 = zeros(1, length(padre2));

% Identificación de ciclos
ciclo_inicial = 1; % Comienza desde el primer índice no visitado
visitados = false(1, length(padre1)); % Marcador para posiciones visitadas

while any(~visitados)
    % Ciclo actual
    ciclo_indices = [];
    indice_actual = find(~visitados, 1); % Encuentra el primer índice no visitado
    inicio = indice_actual; % Guarda el inicio del ciclo

    % Construcción del ciclo
    while true
        ciclo_indices(end + 1) = indice_actual;
        visitados(indice_actual) = true;
        valor = padre2(indice_actual);
        indice_actual = find(padre1 == valor);

        if indice_actual == inicio
            break;
        end
```

```
        end

        % Asignación a los descendientes según el ciclo
        if mod(ciclo_inicial, 2) == 1 % Ciclos impares: copia de Padre 1 a Descendiente 1
            descendiente1(ciclo_indices) = padre1(ciclo_indices);
            descendiente2(ciclo_indices) = padre2(ciclo_indices);
        else % Ciclos pares: intercambio de padres
            descendiente1(ciclo_indices) = padre2(ciclo_indices);
            descendiente2(ciclo_indices) = padre1(ciclo_indices);
        end

        % Avanzar al siguiente ciclo
        ciclo_inicial = ciclo_inicial + 1;
    end

    % Rellenar las posiciones restantes
    descendiente1(descendiente1 == 0) = padre2(descendiente1 == 0);
    descendiente2(descendiente2 == 0) = padre1(descendiente2 == 0);
end



function nuevaPoblacion = mutacion(poblacion, probMutacion)
    % Operador de mutación (intercambio de dos ciudades)
    tamPoblacion = size(poblacion, 1);
    numCiudades = size(poblacion, 2);
    nuevaPoblacion = poblacion;
```

```
    for i = 1:tamPoblacion
        if rand < probMutacion
            idx1 = randi(numCiudades);
            idx2 = randi(numCiudades);
            % Intercambiar dos ciudades en la ruta
            temp = nuevaPoblacion(i, idx1);
            nuevaPoblacion(i, idx1) = nuevaPoblacion(i, idx2);
            nuevaPoblacion(i, idx2) = temp;
        end
    end
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
GRAFICA %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function grafica(ciudades_conectadas)

    % Coordenadas de las ciudades (lat, lon)
    ciudades = {
        'New York', 40.7128, -74.0060;
        'Los Angeles', 34.0522, -118.2437;
        'Chicago', 41.8781, -87.6298;
        'Houston', 29.7604, -95.3698;
        'Phoenix', 33.4484, -112.0740;
        'Philadelphia', 39.9526, -75.1652;
        'San Diego', 32.7157, -117.1611;
        'Dallas', 32.7767, -96.7970;
        'San Francisco', 37.7749, -122.4194;
```

```
    'Austin', 30.2672, -97.7431;
    'Las Vegas', 36.1699, -115.1398
};

% Arreglo de ciudades que final regrese al inicio
ciudades_conectadas = [ciudades_conectadas, ciudades_conectadas(1)];

% Cargar el archivo shapefile de los países
shapefile_path = '110m_cultural/ne_110m_admin_0_countries.shp'; % Reemplaza con la ruta correcta
S = shaperead(shapefile_path);

% Filtrar solo los datos de Estados Unidos
usa = S(strcmp({S.NAME}, 'United States of America'));

% Crear la figura
figure;
hold on;

% Mostrar el mapa de los EE.UU. de fondo
geoshow(usa, 'FaceColor', [0.8 0.8 0.8]);

% Graficar las ciudades con sus coordenadas
for i = 1:length(ciudades_conectadas)
    ciudad_id = ciudades_conectadas(i);
    nombre = ciudades{ciudad_id, 1};
    lat = ciudades{ciudad_id, 2};
```

```
        lon = ciudades{ciudad_id, 3};
        plot(lon, lat, 'ro');  % 'ro' para marcar las ciudades con puntos rojos
        text(lon + 1, lat + 1, nombre, 'FontSize', 9);  % Etiquetar las ciudades
    end

    % Conectar las ciudades en el orden especificado
    for i = 1:length(ciudades_conectadas) - 1
        ciudad_inicio = ciudades_conectadas(i);
        ciudad_fin = ciudades_conectadas(i + 1);
        lat1 = ciudades{ciudad_inicio, 2};
        lon1 = ciudades{ciudad_inicio, 3};
        lat2 = ciudades{ciudad_fin, 2};
        lon2 = ciudades{ciudad_fin, 3};
        plot([lon1 lon2], [lat1 lat2], 'b-', 'LineWidth', 2);  % Línea azul conectando las
ciudades
    end

    % Ajustes del gráfico
    title('Grafica del mejor ruta');
    xlabel('Longitud');
    ylabel('Latitud');
    xlim([-125, -65]);  % Limites de longitud para EE.UU.
    ylim([24, 50]);     % Limites de latitud para EE.UU.
    grid on;
    hold off;

end
```