

Optimización de viajes compartidos en taxis utilizando algoritmos evolutivos

Gabriel Fagúndez de los Reyes Renzo Massobrio

Facultad de Ingeniería,
Universidad de la República,
Montevideo, Uruguay



1 Introducción

2 Definición del problema

1 Introducción

2 Definición del problema

Car pooling

- Beneficios en el plano ecológico y económico, individuales y colectivos.
- Diferentes iniciativas para atender el interés del público: carriles exclusivos, campañas para compartir los viajes al trabajo y aplicaciones para encontrar compañeros de viaje.

Taxi pooling

- Los taxis son un medio de transporte rápido y confiable, especialmente en ciudades donde el transporte público es poco eficiente.
- Los taxis raramente viajan a capacidad completa, impactando en la congestión del tráfico y en la contaminación de las ciudades.
- Tarifas altas desalientan a los usuarios.
- 15 % de los accidentes fatales en Uruguay involucran a un conductor alcoholizado (UNASEV).

Car pooling

- Beneficios en el plano ecológico y económico, individuales y colectivos.
- Diferentes iniciativas para atender el interés del público: carriles exclusivos, campañas para compartir los viajes al trabajo y aplicaciones para encontrar compañeros de viaje.

Taxi pooling

- Los taxis son un medio de transporte rápido y confiable, especialmente en ciudades donde el transporte público es poco eficiente.
- Los taxis raramente viajan a capacidad completa, impactando en la congestión del tráfico y en la contaminación de las ciudades.
- Tarifas altas desalientan a los usuarios.
- **15 %** de los accidentes fatales en Uruguay involucran a un conductor alcoholizado (UNASEV).

Descripción del problema

Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para N pasajeros es N , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

Descripción del problema

Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para N pasajeros es N , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

Descripción del problema

Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para N pasajeros es N , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

Descripción del problema

Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para N pasajeros es N , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

Descripción del problema

Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para N pasajeros es N , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

Descripción del problema

Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ conjunto de pasajeros que parten de O y se trasladan a $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$.
- Una función $dest : P \rightarrow D$ que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$; con $M \leq N$; y una función $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$ que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi. C_{MAX} es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante B que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia, $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.
- una función de costo $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.

Descripción del problema

Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ conjunto de pasajeros que parten de O y se trasladan a $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$.
- Una función $dest : P \rightarrow D$ que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$; con $M \leq N$; y una función $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$ que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi. C_{MAX} es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante B que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia, $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.
- una función de costo $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.

Descripción del problema

Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ conjunto de pasajeros que parten de O y se trasladan a $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$.
- Una función $dest : P \rightarrow D$ que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$; con $M \leq N$; y una función $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$ que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi. C_{MAX} es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante B que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia, $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.
- una función de costo $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.

Descripción del problema

Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ conjunto de pasajeros que parten de O y se trasladan a $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$.
- Una función $dest : P \rightarrow D$ que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$; con $M \leq N$; y una función $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$ que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi. C_{MAX} es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante B que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia, $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.
- una función de costo $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.

Descripción del problema

Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ conjunto de pasajeros que parten de O y se trasladan a $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$.
- Una función $dest : P \rightarrow D$ que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$; con $M \leq N$; y una función $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$ que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi. C_{MAX} es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante B que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia, $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.
- una función de costo $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.

Descripción del problema

Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ conjunto de pasajeros que parten de O y se trasladan a $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$.
- Una función $dest : P \rightarrow D$ que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$; con $M \leq N$; y una función $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$ que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi. C_{MAX} es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante B que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia, $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.
- una función de costo $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$.

Descripción del problema

Formulación matemática

El problema consiste en hallar una planificación, es decir una función $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$ para transportar los N pasajeros en K taxis ($K \leq N$) que determine la asignación de pasajeros a taxis y el orden en que serán trasladados a los respectivos destinos, minimizando la función de costo total (CT) de la asignación, dada en la Ecuación 1, donde $f^{-1}(t_i, j)$ indica el pasajero asignado a la posición j (orden de traslado) en el taxi t_i y $dest(f^{-1}(t_i, 0)) = O, \forall t_i$.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left(\underbrace{\text{dist} \left(\text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{des}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right] \quad (1)$$