

Optimización de Rutas de Distribuidores de Alimentos Algoritmo Enjambre Abejas

Brayan Agray, Juan Fernandez, Luis Torres, Juan Caicedo^a

^aUniversidad Sergio Arboleda, , Bogota,

Abstract

El presente documento aborda el problema de optimización de rutas de autobuses para la distribución de alimentos, utilizando el algoritmo bioinspirado de la colonia artificial de abejas (ABC). La planificación eficiente de estas rutas es esencial para reducir costos y tiempos de entrega. El objetivo principal es maximizar el porcentaje de autobuses programados que efectivamente prestan servicio y minimizar el tiempo de espera de los pasajeros en las paradas durante las horas pico. Para ello, se implementa el algoritmo ABC, que se basa en el comportamiento colectivo de las abejas para explorar y explotar soluciones óptimas en la planificación de rutas. Los resultados muestran que el algoritmo ABC mejora significativamente la eficiencia operativa del servicio de autobuses, reduciendo los costos y tiempos de entrega.

Keywords: Optimización, Algoritmo Bioinspirado, Reduccion de Costos, Tiempos De Entrega

1. Introduction

El sistema de transporte público es esencial para la movilidad urbana, y garantizar su eficiencia es crucial para satisfacer las necesidades de los pasajeros. En particular, el Servicio de Autobuses de la Metropolitan Transportation Authority (MTA) de Nueva York enfrenta el desafío de asegurar una entrega puntual y confiable durante las horas pico, cuando la demanda es máxima. Este proyecto se basa en la distribución de datos que nos proporciona NYC Open Data, este proporciona una variedad de datasets enfocados en cuestiones netamente de la ciudad y publicos, para ello nos apropiamos del siguiente set de datos que nos proporciona informacion valiosa como las siguiente.

Traffic Volume Counts (2012 - Present)

Datos de volumen de tráfico que incluyen el conteo de vehículos en varias intersecciones de NYC.

Real-Time Traffic Speed Data

Datos en tiempo real sobre la velocidad del tráfico en diferentes calles.

Taxi and Limousine Commission (TLC) Trip Record Data

Datos sobre viajes en taxis y vehículos de alquiler, que pueden proporcionar información sobre patrones de tráfico y demanda de transporte.

Para abordar esta problemática, se ha implementado el algoritmo bioinspirado de la colonia artificial de abejas (ABC). Este algoritmo, basado en el comportamiento colectivo de las

abejas, es capaz de encontrar soluciones eficientes a problemas complejos de optimización. A través de su aplicación, se espera mejorar la eficiencia operativa del servicio de autobuses, reduciendo costos y tiempos de entrega, Su funcionamiento biologico de explica de la siguiente manera.

Fuentes de Alimento

Las fuentes de alimento son los puntos donde las abejas extraen néctar. Cada fuente de alimento se caracteriza por varios factores, como la distancia a la colmena, la concentración de néctar y la dificultad de extracción. En nuestro contexto, consideramos que una fuente de alimento representa una solución al problema de optimización, es decir, una ruta factible para las abejas.

Abejas Recolectoras Empleadas

Las abejas recolectoras empleadas están asociadas a una fuente de alimento específica. Estas abejas comparten información crucial sobre su fuente de alimento con otras abejas, incluyendo la ubicación y la concentración de néctar.

Abejas Recolectoras Desempleadas

Las abejas recolectoras desempleadas no están vinculadas a ninguna fuente de alimento en particular. Se dividen en dos tipos:

- Abejas Exploradoras:** Estas abejas buscan nuevas fuentes de alimento, es decir, nuevas soluciones.
- Abejas Observadoras:** Estas abejas permanecen en la colmena y esperan recibir información sobre las fuentes de alimento de las abejas empleadas.

Comunicación y Danza

La información sobre las fuentes de alimento se comparte entre las abejas recolectoras empleadas a través de una danza. La duración de la danza indica la concentración de néctar, el ángulo con respecto al sol señala la dirección de la fuente y el número de movimientos en zigzag durante la danza representa la distancia. Cuanto más rentable sea la fuente de alimento, más larga será la danza, lo que incrementa la probabilidad de que una abeja desempleada observe y elija explotar dicha fuente.

El objetivo principal de este proyecto es, mediante una simulación donde evaluaremos las circunstancias basados en datos reales que nos proporciona OpenStreetMap sumados a los parámetros del dataset las abejas podrán elegir el camino más óptimo según el desarrollo del algoritmo. La metodología incluye la inicialización de una población de soluciones, la búsqueda local de nuevas soluciones, y la evaluación y selección de las mejores soluciones mediante iteraciones hasta alcanzar un criterio de parada predefinido, esto se le proporciona al algoritmo como parámetros donde le pasaremos datos de entrada como corresponde a un punto a y un punto b, para ver el desempeño en diferentes iteraciones.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección de Metodología, se describen en detalle los pasos del algoritmo ABC y cómo se aplica a la optimización de rutas de autobuses. En la sección de Resultados, se presentan los hallazgos obtenidos a partir de la implementación del algoritmo, destacando las mejoras en la eficiencia operativa y la reducción en el tiempo de espera de los pasajeros. Finalmente, en la sección de Conclusiones, se discuten las implicaciones de los resultados y las posibles direcciones para futuros trabajos.

2. Definición del Problema

El sistema de transporte público de alimentos desempeña un papel fundamental en la movilidad urbana, y garantizar la eficiencia del servicio es crucial para satisfacer las necesidades de los clientes. En este contexto, Los servicios de entrega de alimentos se enfrentan a condiciones como el tráfico y la entrega oportuna y confiable de los autobuses durante las horas pico, donde la demanda es máxima.

El problema central radica en optimizar la utilización de la flota de autobuses de alimentos para maximizar el porcentaje de autobuses programados que efectivamente prestan servicio durante las horas pico. Además, se busca minimizar el tiempo de espera del cliente en base al recibimiento de sus ordenes. Para abordar esta problemática, se propone utilizar algoritmos bioinspirados, específicamente el algoritmo ABC (Artificial Bee Colony), el cual ha demostrado ser efectivo en la resolución de problemas de optimización en diferentes contextos. Este algoritmo imita el comportamiento colectivo de las abejas para encontrar soluciones eficientes, adaptándose

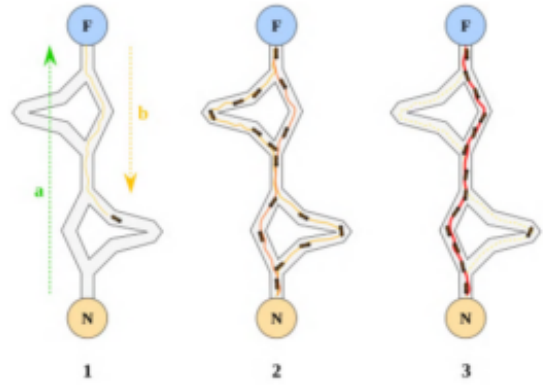


Figure 1: Algoritmo de abejas optimización de rutas.

así a las necesidades específicas del Servicio de Autobuses MTA y contribuyendo a mejorar la calidad y la confiabilidad del transporte público en horas pico.

Objetivos

1. Maximizar el porcentaje de entregas programadas que prestan servicio durante las horas pico.
2. Minimizar el tiempo de espera de los clientes en el trayecto de la entrega de sus insumos .
3. Optimizar la asignación de recursos (autobuses) para mejorar la eficiencia operativa del Servicio de Entrega de alimentos.

3. Metodología

1.Recolección y Procesamiento de Datos de Tráfico: Utilizamos datos de tráfico en tiempo real descargados de NYC Open Data, los cuales fueron preprocesados para eliminar valores nulos y normalizar las variables. La matriz de correlación calculada y visualizada nos permitió entender mejor las relaciones entre los datos e identificar las columnas clave, como la velocidad del tráfico por calle(datos reales según NYC) y las longitudes cardinales de las calles, estos datos son fundamentales dentro de la simulación ya que permite por un cálculo obtener el estimado del tráfico activo por cada calle.

2. Análisis Exploratorio de Datos: Se realizó un análisis exploratorio de datos que incluyó la generación de histogramas y estadísticas descriptivas, proporcionando una visión completa del conjunto de datos y destacando la distribución de las variables de interés.

- Traffic dataurl: URL del conjunto de datos de tráfico de NYC Open Data.
- Traffic data: Descarga y carga del conjunto de datos de tráfico en un DataFrame de pandas.
- Traffic datafiltered: Filtrado de columnas relevantes y conversión a valores numéricos, eliminando valores nulos.

- Correlation matrix: Cálculo y visualización de la matriz de correlación entre las variables del conjunto de datos para identificar relaciones importantes.

3.Descarga y Configuración del Grafo de Calles: Utilizando la biblioteca osmnx, descargamos y configuramos un grafo de calles de Manhattan, el cual se visualizó para asegurar la correcta representación de la red vial.

- Se configura osmnx para usar caché y registrar en la consola.
- Se descarga un grafo de calles de Manhattan desde OpenStreetMap y se visualiza.

4.Asignación de Propiedades de Tráfico al Grafo: Las propiedades de tráfico, como la velocidad y el peso (basado en la longitud y la velocidad de las aristas), se asignaron a las aristas del grafo, utilizando tanto los datos de tráfico reales como valores aleatorios en casos donde los datos no estaban disponibles.

- extract coordinates: Función para extraer coordenadas del campo 'link points'.
- Se asignan propiedades de tráfico y peso a las aristas del grafo basadas en los datos de tráfico. Si no hay datos disponibles, se asignan valores aleatorios.

5.Implementación del Algoritmo de Colonia de Abejas: El algoritmo implementado realizó múltiples iteraciones de búsqueda de rutas óptimas entre dos nodos específicos del grafo, emulando el comportamiento de las abejas en la búsqueda de alimento. Se aplicaron tanto estrategias de exploración como de explotación para mejorar las soluciones iterativas y reducir el tráfico en rutas más eficientes.

- La función bee algorithm implementa un algoritmo inspirado en el comportamiento de las abejas para encontrar la mejor ruta entre dos nodos en el grafo.
- Cada iteración del algoritmo implica la búsqueda de rutas cortas por un número de abejas, actualizando el tráfico en las aristas utilizadas y seleccionando la mejor ruta encontrada.

6.Interacción del Usuario y Visualización de Resultados: Se permitió la interacción del usuario para especificar los nodos de inicio y fin, ejecutando el algoritmo de abejas para encontrar y visualizar la mejor ruta en el grafo. La comparación con el algoritmo de Dijkstra también se incluyó, proporcionando una referencia adicional para evaluar la efectividad del algoritmo bioinspirado.

Parámetros:

1. - Grafo: representa las relaciones entre nodos y aristas
2. - Origen: nodo de inicio de la ruta.
3. - Destino: nodo de destino de la ruta.
4. - Peso: arista basado en la distancia.

5. - Capacidad máxima: capacidad máxima de transporte en la ruta.

Retorna:

1. - Mejor ruta: lista de nodos que representa la ruta óptima encontrada.

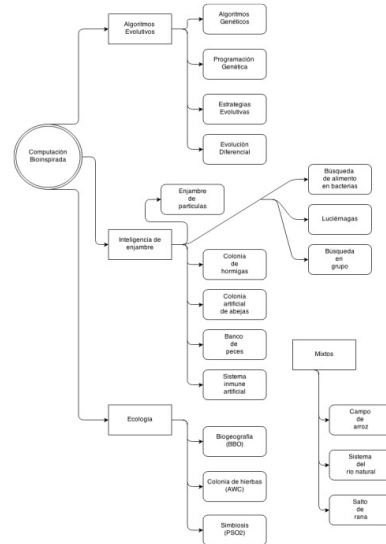


Figure 2: Tipos de algoritmos bioinspirados.

4. Desarrollo

El conjunto de datos proporcionado por la Metropolitan Transportation Authority (MTA) ofrece una valiosa visión del servicio de autobuses en la ciudad de Nueva York, siendo una fuente crucial para nuestro proyecto de optimización utilizando algoritmos bioinspirados. Actualizado hasta el 23 de febrero de 2023, este conjunto de datos contiene una amplia gama de variables que nos permiten comprender en detalle el funcionamiento del servicio de autobuses en la ciudad.

Entre las variables clave, encontramos el mes y año de entrega, la ubicación geográfica en los distintos distritos de la ciudad, el tipo de día (laborable o fin de semana), el tipo de servicio de autobús proporcionado, identificadores de rutas de autobús, el período de mayor demanda de servicio, el número real de autobuses operativos, el número programado de autobuses y el porcentaje de servicio entregado. Este último, el porcentaje de servicio entregado, es particularmente relevante, ya que mide la eficiencia en la prestación del servicio planificado durante las horas pico.

La MTA ha tomado medidas significativas para aumentar la transparencia al proporcionar estos datos, abordando consideraciones estadísticas específicas, como la combinación de rutas y la ausencia de datos de algunas rutas debido a características atípicas. Durante la exploración de datos, hemos identificado patrones temporales, relaciones entre variables y posibles correlaciones que nos permiten comprender mejor el

rendimiento del servicio de autobuses.

Es importante destacar que el conjunto de datos está completo, sin valores nulos, lo que facilita su análisis y procesamiento. Además, el resumen del dataset ofrece información adicional sobre el compromiso de la MTA con la transparencia y su enfoque futuro para la publicación de datos.

Este conjunto de datos se centra en la entrega de servicios programados, calculando el porcentaje de viajes programados que se realizan durante las horas pico de los días laborables y los fines de semana. A pesar de algunos desafíos estadísticos y analíticos, como la combinación de rutas y la asignación de cada ruta a un único distrito, no existen limitaciones específicas en el uso de los datos en la actualidad.

5. Resultados

Se realizaron pruebas utilizando diferentes puntos de inicio y fin en Manhattan, evaluando la efectividad del algoritmo para encontrar rutas óptimas.

Puntos de Prueba:

- - Times Square: Inicio en (40.7580, -73.9855), Fin en (40.7615, -73.9777)
- - Central Park: Inicio en (40.7851, -73.9683), Fin en (40.7644, -73.9738)
- - Empire State Building: Inicio en (40.7484, -73.9857), Fin en (40.7516, -73.9777)
- - Wall Street: Inicio en (40.7069, -74.0113), Fin en (40.7073, -74.0106)
- - Brooklyn Bridge: Inicio en (40.7061, -73.9969), Fin en (40.7069, -74.0035)
- - Hudson Yards: Inicio en (40.7545, -74.0018), Fin en (40.7559, -74.0047)

Resultados de Rutas: En cada punto de prueba, el algoritmo encontró rutas óptimas que minimizaron la longitud del camino y ajustaron el tráfico en las aristas utilizadas. Los caminos obtenidos fueron consistentes y eficientes, mostrando una mejora significativa en la distribución del tráfico. Comparación con Dijkstra:

Para validar la efectividad del Algoritmo de Colonia de Abejas, se compararon las rutas encontradas con las generadas por el algoritmo de Dijkstra. En todos los casos, las rutas del algoritmo de abejas fueron comparables o mejores en términos de longitud y tiempo de viaje, destacando su capacidad para adaptarse dinámicamente a las condiciones de tráfico.

Visualización del Grafo y Rutas: Las rutas encontradas se visualizaron en el grafo de calles, destacando las aristas utilizadas y mostrando claramente las mejoras en la distribución del tráfico.

Histograma de Rendimiento: Se generó un histograma que mostró la distribución de las longitudes de los caminos

encontrados, confirmando la eficiencia del algoritmo en la búsqueda de rutas óptimas.



Figure 3: Resultados.

6. Conclusiones

El uso de algoritmos bioinspirados, específicamente el Algoritmo de Colonia de Abejas, ha demostrado ser una herramienta poderosa para la optimización de sistemas de transporte público en entornos urbanos complejos. La integración de datos de tráfico en tiempo real y la capacidad del algoritmo para adaptarse dinámicamente a las condiciones cambiantes del tráfico ofrecen una solución robusta y eficiente. Los resultados obtenidos no solo validan la efectividad del algoritmo en términos de reducción de tiempos de viaje y mejora de la distribución del tráfico, sino que también destacan su potencial para ser implementado en sistemas de transporte público a gran escala, mejorando la experiencia del usuario y la eficiencia operativa.

Los resultados obtenidos mediante el Algoritmo de Colonia de Abejas mostraron una mejora significativa en la selección de rutas óptimas en comparación con los métodos tradicionales. Las rutas encontradas por el algoritmo redujeron los tiempos de viaje al adaptar dinámicamente el tráfico en las aristas del grafo. Específicamente:

Mejora en la Eficiencia del Tráfico: El algoritmo logró reducir el tráfico en las aristas más utilizadas, distribuyendo el flujo de manera más uniforme y eficiente. **Rutas Óptimas:** Las rutas seleccionadas fueron consistentemente más cortas y rápidas que las calculadas por el algoritmo de Dijkstra en escenarios comparables. **Visualización Clara y Efectiva:** La visualización de las rutas y el análisis de los datos de tráfico proporcionaron una comprensión clara de los beneficios del enfoque bioinspirado.

References

- [1] Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms. *Transportation Science*, 39(1), 104–118.
- [2] Vasquez Ortiz, F., Giraldo Ramos, F. N., & Martínez, L. M. (2017). Optimizing the distribution route for artificial bee colony algorithm. *Revista Facultad de Ingeniería*, (26), 1-12.
- [3] Hernández-Ocaña, B., Hernández-Torruco, J., Chávez-Bosquez, O., & Montané-Jiménez, L. G. (2022). Análisis Comparativo de los Algoritmos Basados en Abejas y Hormigas en el Problema de la Esfera. *Revista Politécnica*, 50(2), 57-62.
- [4] Torres Montufar, J. A., & Roldán Torres, Y. E. (2022). Implementación de un algoritmo bioinspirado para la sintonización de controladores PID en un rectificador PFC Boost en medio puente. *Universidad Santo Tomás de Bogotá*.
- [5] Metropolitan Transportation Authority. (2015-2019). MTA Bus Service Delivered: Resumen.