

Optimización de itinerarios turísticos aplicando métodos determinísticos y metaheurísticos

Autores

José Manuel Dávila Mancilla | a01732887@tec.mx
Samantha Ruelas Valtierra | a01704564@tec.mx
Gerardo Ramírez Chávez | a01368693@tec.mx
Sofía Alvarez Sandoval | a01656059@tec.mx

Asesor:

Dr. Fernando Elizalde Ramírez | ferezalde@tec.mx

Resumen

La industria del turismo en México es una de las más importantes en nuestro país debido a su contribución económica, por lo que se requiere de apoyarla en búsqueda del rendimiento óptimo al garantizar la mejor experiencia posible para todos los visitantes. Una experiencia clave para los turistas es la planificación adecuada de sus recorridos a fin de que puedan visitar todos los lugares de interés dentro de un tiempo apropiado, gastando el menor tiempo posible en desplazamientos. Por lo tanto, nuestra propuesta consiste en un modelo que, a través de diferentes algoritmos, genera planes de visita turística para los visitantes en Cholula, Puebla, que maximizan la satisfacción del usuario cuando los dos factores principales considerados (la ocupación esperada y los tiempos de viaje entre ubicaciones) son bajos. El problema involucra una planificación de varios días, siendo un Problema de Enrutamiento de Vehículos Capacitados (CVRP) con ventanas de tiempo, lo que complica su solución con técnicas determinísticas. Al implementar algoritmos metaheurísticos y estocásticos, se generaron rutas progresivamente más cercanas a los valores objetivo bajo las restricciones establecidas. A pesar de ser enfoques complejos, se lograron niveles aceptables de satisfacción en tiempos de computación relativamente bajos.

Introducción

Para 2024, se estima que el turismo en México generará ingresos de más de 30 mil millones de dólares, contribuyendo aproximadamente con 8.6% del PIB. Aunque los principales destinos en 2023 fueron playas, los turistas también buscan otro tipo de destinos, como alguno de los 132 Pueblos Mágicos. Cholula, en Puebla, es uno de estos lugares, teniendo una rica herencia cultural prehispánica y colonial. Aquí, los turistas enfrentan problemas comunes como múltiples lugares de interés, presupuesto limitado y tiempo insuficiente para visitar todos los sitios deseados. Este estudio propone un método para maximizar la satisfacción del turista mediante la planificación de rutas personalizadas que optimizan el tiempo del recorrido y el tiempo que pasan en cada uno, priorizando una baja concurrencia. Dada la complejidad del problema planteado, se busca resolverlo mediante algoritmos apropiados que generen resultados satisfactorios, cumpliendo las restricciones pertinentes, y dentro de un tiempo computacional bajo.

Objetivos

- Generar rutas que sean fáciles de seguir para los turistas y que mejoren su experiencia.
- Diseñar un algoritmo de ruteo eficiente y con la menor complejidad computacional posible.
- Reducir tiempo gastado en tránsito entre lugares y de espera para ingresar a los sitios.

Justificación & relevancia

Dada la importancia del turismo en México, es necesario contribuir a esta industria desde nuestras áreas de trabajo. Así, mediante la aplicación de diferentes algoritmos es posible buscar alternativas que se adapten a las necesidades e intereses de los turistas, asegurando que su experiencia sea lo más satisfactoria posible. Si bien el caso abordado es sencillo, esperamos que sirva de punto de partida para escenarios más complejos

Resultados

El algoritmo genético sin pausas obtuvo la mayor satisfacción promedio, mostrando una distribución equilibrada de eventos entre los dos días y un tiempo de ejecución relativamente bajo. Los otros enfoques también mostraron resultados aceptables, el modelo con pausa es el que tiene mayor satisfacción por tiempo recorrido y el codiciosos es el que visita más lugares. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Método	Satisfacción Promedio	Tiempo Total Viernes	Tiempo Total Sábado	Tiempo de Ejecución Promedio
Sin Pausas	26.907	6.337 hr	6.0349 hr	5.3644 s
Con Pausas	24.099	3.8437 hr	2.5847 hr	176.7364 s
Codicioso	20.898	7.115 hr	6.318 hr	5.8056 s

Metodología

El proceso de optimización de itinerarios se abordó como un Problema del Viajante (TSP), generando rutas óptimas que maximizan la satisfacción del turista al visitar ubicaciones en momentos de menor afluencia. Se implementaron tres algoritmos: un algoritmo genético sin pausas, un algoritmo genético con pausas y un algoritmo genético codicioso. Los modelos matemáticos utilizados incluyeron restricciones de tiempo de viaje y estancia, utilizando datos obtenidos de Google Maps y otros recursos para estimar tiempos y coeficientes de satisfacción.

$$s_i = c_1 e^{-1/r_i}$$
$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij} * t_{ij} \leq 15$$
$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij} * a_{ij} \leq 480$$
$$\max z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij} * b_{ij}$$
$$b_{ij} = \frac{s_{ij} * r_i}{w}$$

s_i : Coeficiente de satisfacción Lugar
 c_1 : Calificación Lugar
 r_i : Cantidad de Calificaciones dadas

sujeito a:

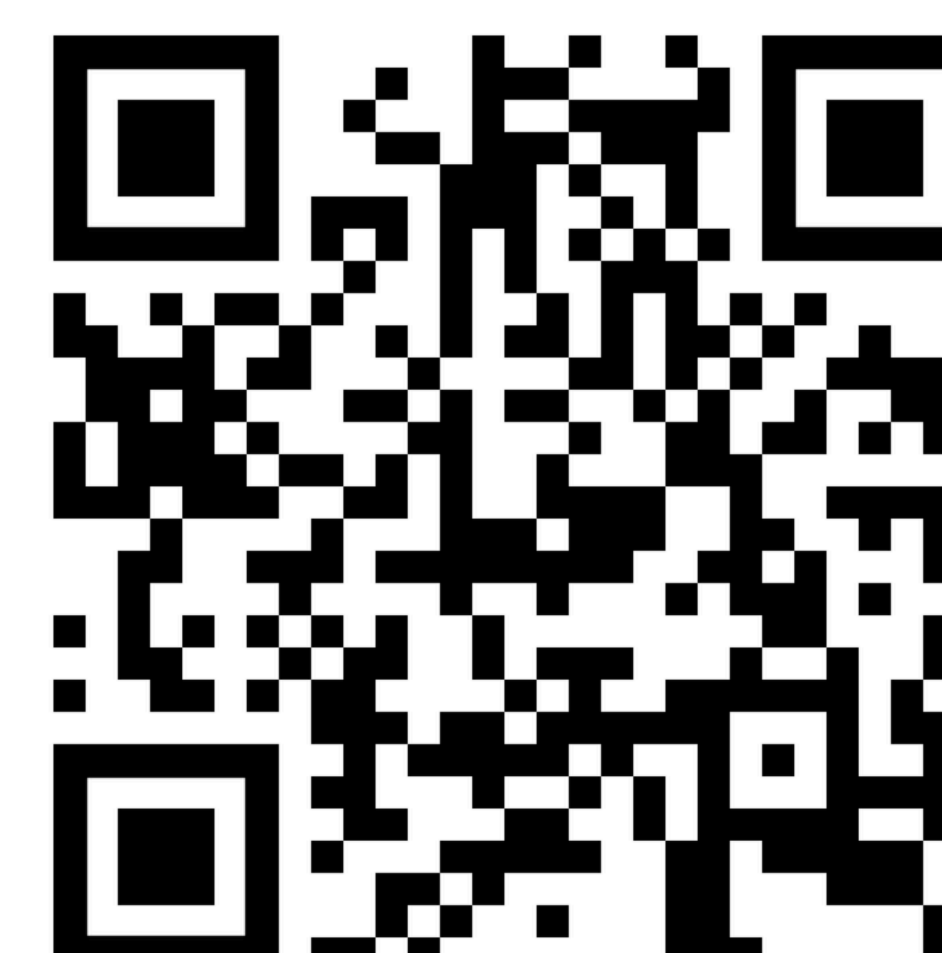
$$\forall i \sum_j x_{ij} = 1$$
$$\forall j \sum_i x_{ij} = 1$$
$$u(i) - u(j) + N(i)x_{i,j} \leq N(i) - 1$$
$$\forall i, j | i > 1, j > 1, i \neq j$$

Hora	Viernes	Sábado
7:00		
8:00		Zona Arqueológica de Cholula
9:00	Parque de las 7 culturas	Museo Regional de Cholula
10:00	Convento de San Gabriel Arcángel	Santuario Señora de los Remedios
11:00	Los Portales	Museo casa del Caballero Águila
12:00		
13:00		
14:00		Plaza de la Concordia
15:00		Museo de Sitio de San Andrés Cholula
16:00	Balneario Puerto Escondido	
17:00	Parroquia de Cholula	
18:00		Capilla Real de Naturales
19:00		Jardín Etnobotánico

Conclusión

El algoritmo genético sin pausas demostró ser el más efectivo para maximizar la satisfacción del turista en tiempos de ejecución razonables. Los enfoques metaheurísticos son adecuados para abordar problemas complejos de planificación turística, proporcionando una base sólida para futuras implementaciones a mayor escala. Este proyecto destaca la importancia de combinar métodos determinísticos y estocásticos para obtener soluciones diversificadas y óptimas en la planificación de itinerarios turísticos.

QR VIDEO



Referencias

- Secretaría de Turismo: Pueblos Mágicos de México. (2020). Referencias can take up a lot of space. so cite only the key references used in the study.
- Secretaría de Turismo: México captará 31 mil 141 millones de dólares por visitantes internacionales en 2024. Referencias can take up a lot of space. so cite only the key references used in the study.
- Dantzig, G., Fulkerson, R., Johnson, S.: Solution of a large-scale traveling-salesman problem. Journal of the operations research society of America 2(4), 393-410 (1954)
- Noe, J.: Conoce los 10 increíbles Pueblos Mágicos del estado. Sol de Puebla (2021). Referencias can take up a lot of space. so cite only the key references used in the study.
- Gudiño Paredes, M., Aguayo Lorenzo, E.: Competitividad y satisfacción turística en las regiones del Estado de Michoacán (México). International journal of scientific management and tourism 1(1), 289-296 (2015). Referencias can take up a lot of space. so cite only the key references used in the study.
- Google Maps. Referencias can take up a lot of space. so cite only the key references used in the study.
- Secretaría de Turismo: Cholula, Puebla. (2019). Referencias can take up a lot of space. so cite only the key references used in the study.

