

A quien corresponda:

Guadalajara, Jalisco, 30 de octubre del 2023

La editorial del Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente CENID A.C, informa que el artículo **“ALGORITMO EVOLUTIVO PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN VEHICULAR”** ha sido aceptado y el mismo será publicado próximamente como capítulo del libro electrónico titulado: **“Encuentro de ideas: Un mosaico de aportaciones interdisciplinarias al conocimiento”**. Con la autoría de: **Juan José Lozano Barrón, Osslan Osiris Vergara Villegas, Salvador Noriega Moralesy Eduardo Rafael Poblano Ojinaga.**

El documento se nos hizo llegar en el mes de octubre, en el mes de noviembre se iniciará con la evaluación por pares para después dar paso a la etapa de revisión orto tipográfica. La entrega del libro en formato electrónico se encuentra programada para el 15 de febrero del 2024.

Se extiende la presente a petición de los interesados, para los efectos legales y formales que convengan.

ATENTAMENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Santillán", written over a light blue rectangular background.The Cenid Editorial logo, consisting of the word "Cenid" in a large, bold, black sans-serif font above the word "Editorial" in a smaller, bold, black sans-serif font.

Dr. Francisco Santillán Campos
Director Editorial CENID



Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente A.C.
Registro definitivo RENIECYT No 1700205 a cargo del CONAHCYT

A quien corresponda:

El Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente, CENID A.C, hace **CONSTAR** que **JUAN JOSÉ LOZANO BARRÓN, OSSLAN OSIRIS VERGARA VILLEGAS, SALVADOR NORIEGA MORALES Y EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA** participaron como autores en la publicación del libro **“ENCUENTRO DE IDEAS: UN MOSAICO DE APORTACIONES INTERDISCIPLINARIAS AL CONOCIMIENTO”** con los registros numéricos nacional e internacional de **ISBN (CENID): 978-607-8830-34-3, ISBN (AEVA): 978-84-09-56176-6**. Con el capítulo titulado: **“ALGORITMO EVOLUTIVO PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN VEHICULAR.”** Publicado por Editorial CENID en el mes de febrero de 2024. La obra fue dictaminada de forma **favorable** por evaluadores externos quienes manifestaron su calidad y utilidad de su contenido en sus áreas del conocimiento.

La descarga del volumen se hace desde el enlace registrado y puede revisarse la obra completa desde el sitio web del CENID www.cenid.org.mx/libros2024.php

Se extiende la presente a petición del interesado, para los efectos legales y formales que convengan.

ATENTAMENTE

Guadalajara, Jalisco a 23 de febrero de 2024



Dr. Francisco Santillán Campos
Director del CENID

Dr. Francisco Santillán Campos
Director Editorial CENID

Guadalajara, Jalisco, diciembre de 2023

La coordinación editorial de la Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente CENID A.C. informa del resultado emitido en arbitraje por pares por parte de evaluadores asignados por el Consejo Editorial, al trabajo titulado: **“Algoritmo Evolutivo para reducir la congestión vehicular.”** de la autoría de: **Juan José Lozano Barrón, Osslan Osiris Vergara Villegas, Salvador Noriega Morales y Eduardo Rafael Poblano Ojinaga.**

Indique si el documento cumple con las siguientes características.

CRITERIO POR EVALUAR	POSITIVO	PARCIAL	N/A
Se evidencia que el tema corresponde al eje temático seleccionado.	x		
El contenido del documento es relevante y actual.	x		
El contenido está sustentado con referencias en todo el documento.	x		
El documento es coherente con el objetivo y las partes principales.	x		
La exposición de las ideas es clara y tiene un hilo conductor que lo cohesiona y le da coherencia.	x		
El documento tiene buena ortografía y se evidencia un uso adecuado de signos de puntuación.	x		
El resumen y abstract incluyen la información necesaria.	x		
La introducción incluye el objetivo del documento.	x		
El desarrollo incluye las partes pertinentes al tipo de documento según la guía de autores.		x	
Las conclusiones (comentarios) son pertinentes y se relacionan con objetivo.	x		
Las referencias, en su mayor parte, son de años recientes.	x		
El aporte de quien(es) escribe(n) se evidencia en el documento mediante una propuesta, la posición teórica, la discusión, un debate, una crítica o la argumentación.	x		
Las referencias cumplen con el formato de la guía de autores (APA)		x	
Contiene las palabras clave	x		
Las imágenes, cuadros, tablas o gráficos referidos en el documento vienen numerados, titulados y con su respectiva fuente.	x		
Incluye todas las referencias bibliográficas	x		
Usa vocabulario inclusivo		x	
Se evidencia los aportes a la investigación educativa y/o aplicaciones en este contexto.	x		

3. Otras observaciones pertinentes: en el proceso de evaluación por parte de los editores se considera que el artículo cumple con los criterios establecidos. En el proceso de revisión editorial se modificaron cuestiones de forma, tales como tablas y figuras (correspondiente a los gráficos) para que tuvieran un estilo similar a las de los otros capítulos cumpliendo con las normas del formato APA. Lo anterior también se realizó con las tablas del apéndice. Algunos párrafos eran cortos, pero por el tipo de documento y la puntualidad de las ideas se dejó de esa forma. En la revisión filológica se señalan problemas de cacofonía y de puntuación los cuales fueron corregidos. Le informamos que el resultado emitido ha sido un juicio favorable de **PUBLICABLE**.

Se extiende la presente a petición de los interesados, para los efectos legales y formales que convengan.

ATENTAMENTE



Mtro. Gustavo Toledo Andrade
Coordinador Editorial CENID

Encuentro de ideas: Un mosaico de aportaciones interdisciplinarias al conocimiento

Dedicado al Dr. Adán Valles Chávez
Decano de la DEPI, TecNM – IT de Cd Juárez

María Teresa Martínez Almanza
Carlos Jesús González Macías
Mario Macario Ruiz Grijalva

Coordinadores



María Teresa Martínez Almanza, Norberto Emmerich, Santos Alonso Morales Muñoz, Ma. Guadalupe Mancha Valenzuela, Mario Alberto Herrera Venegas, Victoria Barraza Echeverría, María Nieves González Valles, Alberto Castro Valles, Paulina Calderón Márquez, Manuel Ramón González Herrera, Amelia Márquez Jurado, Edgar Omar García Cardona, Luis Ernesto Orozco Torre, Javier Antonio Lom Hernández, Adán Valles Chávez, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Shehret Tilvaldyev, Arturo Paz Pérez, Edgar Alfonso Muñoz Avitia, Juan José Lozano Barrón, Osslán Osiris Vergara Villegas, Salvador Noriega Morales, Rigoberto Reyes Valenzuela, María Luisa López Roa, Rubén Juárez Rodríguez.



ASOCIACIÓN CIENTÍFICA PARA LA EVALUACIÓN Y
MEDICIÓN DE LOS VALORES HUMANOS



Editorial Cenid

Encuentro de ideas: Un mosaico de aportaciones interdisciplinarias al conocimiento

ISBN México (CENID): 978-607-8830-34-3

ISBN España (AEVA): 978-84-09-56176-6

Primera edición, 2024 Todos los derechos reservados.

© 2024, **coordinadores.** María Teresa Martínez Almanza, Carlos Jesús González Macías, Mario Macario Ruiz Grijalva.

© 2024, **autores.** María Teresa Martínez Almanza, Norberto Emmerich, Santos Alonso Morales Muñoz, Ma. Guadalupe Mancha Valenzuela, Mario Alberto Herrera Venegas, Victoria Barraza Echeverría, María Nieves González Valles, Alberto Castro Valles, Paulina Calderón Márquez, Manuel Ramón González Herrera, Amelia Márquez Jurado, Edgar Omar García Cardona, Luis Ernesto Orozco Torres, Javier Antonio Lom Hernández, Adán Valles Chávez, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Shehret Tilvaldyev, Arturo Paz Pérez, Edgar Alfonso Muñoz Avitia, Juan José Lozano Barrón, Osslán Osiris Vergara Villegas, Salvador Noriega Morales, Rigoberto Reyes Valenzuela, María Luisa López Roa, Rubén Juárez Rodríguez.

Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores. Esta obra cumple con el requisito de evaluación por dos pares de expertos.

Edición y diagramación: Orlanda Patricia Santillán Castillo.

Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC es miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Socio #3758.

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra mediante algún método sea electrónico o mecánico (INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO, la grabación o cualquier sistema de recuperación o almacenamiento de información), sin el consentimiento por escrito del editor.

Indexación de datos

Bases de datos en las que Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente CENID A.C. está indexada: Dialnet (Universidad de la Rioja).

© 2024 Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC Pompeya # 2705. Colonia Providencia C.P. 44670 Guadalajara, Jalisco. México Teléfono: 01 (33) 1061 8187 Registro Definitivo Reniecyt No.1700205 a cargo de Conahcyt.

© 2024 Editorial de la Asociación Científica para la Evaluación y Medición de los Valores Humanos c/ de les cases srt nº 11, C.P. 08193, Bellaterra – Cerdanyola del Vallés (Barcelona).

CENID y su símbolo identificador son una marca comercial registrada.

Impreso en México / Printed in México

Si desea publicar un libro o un artículo de investigación contáctenos.

www.cenid.org

redesdeproduccioncenid@cenid.org



Encuentro de ideas: Un mosaico de aportaciones interdisciplinarias al conocimiento

Coordinadores

María Teresa Martínez Almanza
Carlos Jesús González Macías
Mario Macario Ruiz Grijalva

Autores

María Teresa Martínez Almanza, Norberto Emmerich, Santos Alonso Morales Muñoz, Ma. Guadalupe Mancha Valenzuela, Mario Alberto Herrera Venegas, Victoria Barraza Echeverría, María Nieves González Valles, Alberto Castro Valles, Paulina Calderón Márquez, Manuel Ramón González Herrera, Amelia Márquez Jurado, Edgar Omar García Cardona, Luis Ernesto Orozco Torres, Javier Antonio Lom Hernández, Adán Valles Chávez, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Shehret Tilvaldyev, Arturo Paz Pérez, Edgar Alfonso Muñoz Avitia, Juan José Lozano Barrón, Osslán Osiris Vergara Villegas, Salvador Noriega Morales, Rigoberto Reyes Valenzuela, María Luisa López Roa, Rubén Juárez Rodríguez.

Índice

Reseña	8
Presentación	10
Introducción	11
Sección I: Ciencias Sociales	
Fronteras del Mundo: Migración, Geopolítica y Delincuencia <i>María Teresa Martínez Almanza, Norberto Emmerich, Santos Alonso Morales Muñoz</i>	16
Protocolo de la SCJN para Juzgar con Perspectiva de Género: Origen, aplicación, reflexiones y deficiencias <i>Ma. Guadalupe Mancha Valenzuela, Mario Alberto Herrera Venegas, Santos Alonso Morales Muñoz</i>	30
Reflexiones sobre la protección de Derechos Humanos y res interpretata. <i>Edgar Omar García Cardona, Luis Ernesto Orozco Torres</i>	44
Innovación en la evaluación de competencias laborales en los municipios del Estado de Chihuahua: diseño, creación y validez del instrumento <i>Paulina Calderón Márquez, Manuel Ramón González Herrera, Amelia Márquez Jurado</i>	61
Riesgos psicosociales, la salud mental y física de agentes de policía. Estado del conocimiento actual <i>Victoria Barraza Echeverría, María Nieves González Valles, Alberto Castro Valles, María Teresa Martínez Almanza</i>	73

Sección II: Ingeniería

La neurociencia y la validación de identidad en línea: ¿Cómo pueden las instituciones de educación superior mejorar la seguridad en los exámenes de nuevo ingreso? <i>Rigoberto Reyes Valenzuela, María Luisa López Roa, Rubén Juárez Rodríguez</i>	86
Iniciativas gubernamentales para I4.0 y su evolución de MDG a SDG <i>Javier Antonio Lom Hernández, Adán Valles Chávez Eduardo Rafael Poblano Ojinaga</i>	102
Impacto de los winglets en ángulo recto en la generación de vibraciones por prototipo de ala con perfil aerodinámico simétrico <i>Shehret Tilvaldyev, Arturo Paz Pérez, Edgar Alfonso Muñoz Avitia</i>	111
Algoritmo Evolutivo para reducir la congestión vehicular <i>Juan José Lozano Barrón, Osslán Osiris Vergara Villegas, Salvador Noriega Morales, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga</i>	136
Curriculums Autores	150

Algoritmo evolutivo para reducir la congestión vehicular

Evolutionary Algorithm to reduce traffic congestion

Juan José Lozano Barrón

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

al194485@alumnos.uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6101-2417>

Osslan Osiris Vergara Villegas

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

overgara@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6572-6596>

Salvador Noriega Morales

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

snoriega@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7813-5835>

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

pooe_65@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

Resumen

Uno de los grandes problemas en cualquier ciudad es el tráfico vehicular y su solución no es fácil, aunque sí es necesaria. Lo primero que se debe realizar es un análisis del tráfico para comenzar a plantear soluciones donde se presentan las congestiones. Existen herramientas disponibles para llevar a cabo el análisis, como la función de tráfico de Google Maps, que permite revisar la saturación vehicular en determinados horarios. Por tanto, en el presente artículo, se muestra una propuesta para desarrollar un algoritmo evolutivo que pronostique la saturación de tráfico vehicular. Para ello, primero se explica la conceptualización del algoritmo, después se presenta su aplicación, desde la captura de los datos hasta los pronósticos. Posteriormente, se ofrecen explicaciones de las pruebas realizadas para evaluar el desempeño del algoritmo en comparación con el estado actual del tráfico, para finalmente realizar una recomendación de uso. Después de las pruebas, los resultados obtenidos muestran la cantidad de iteraciones realizadas para obtener el resultado, así como el estado del tráfico.

Palabras clave: Algoritmo evolutivo, Visión por computadora, Matlab, Pronóstico de carga vehicular, Análisis de tráfico vehicular.

Abstract

One of the big problems in any city is vehicular traffic and its solution is not easy, although it is necessary. The first thing that has to be done is a traffic analysis, to start proposing solutions where congestion occurs. There are tools available to carry out the analysis, such as the traffic function of Google maps, where traffic saturation is checked at certain times. This article shows a proposal to develop an evolutionary algorithm to forecast vehicular traffic saturation. First, the conceptualization of the algorithm is explained. Afterwards, the application of the algorithm is presented from the capture of the data to the forecasts. Subsequently, explanations of the tests carried out are offered to evaluate the performance of the algorithm in comparison to the current state of traffic, to finally make a recommendation for use. After the tests, the results obtained show the number of iterations carried out to obtain the result, as well as the traffic status.

Keywords: Evolutive algorithm, Computer vision, Matlab, Vehicle load forecasting, Vehicle traffic analysis.

Introducción

En la actualidad, la logística y el transporte desempeñan funciones vitales para el funcionamiento de una sociedad que se halla en constante crecimiento (Boukerche *et al.*, 2020). Sin embargo, debido a una infraestructura que no responde a esas exigencias, la congestión de tráfico se ha vuelto parte de la vida diaria de las personas en las ciudades, lo cual tiene un impacto negativo en la economía, el medio ambiente y la calidad de vida de las personas (Ravish y Swamy, 2021).

Esa congestión de tráfico generalmente se produce por la situación anormal en las carreteras y calles debido al exceso de vehículos, lo que provoca un movimiento lento o detenido del tráfico vehicular (Manogaran *et al.*, 2022). Esto puede explicarse por varios factores, entre ellos, el aumento en la cantidad de vehículos en la carretera, la falta de infraestructura adecuada para soportar el flujo de tráfico, los accidentes de tráfico, los cambios climáticos adversos o los eventos especiales (Muhammad *et al.*, 2022).

Para abordar este problema de las ciudades, se aplican diversas tecnologías, desde la sincronización de semáforos hasta la instalación de semaforización inteligente, además de otras medidas como la mejora de la infraestructura vial y el fomento del uso del transporte público, de bicicletas y del caminar (Banishree, 2020). En el estado del arte, se han desarrollado sistemas de gestión de tráfico inteligente y la aplicación de análisis de datos para mejorar la planificación y gestión del tráfico. Sin embargo, en la práctica, el problema persiste y con complejidad creciente (Zhang *et al.*, 2023).

Revisión de literatura

Un algoritmo evolutivo se basa en principios y procesos biológicos para resolver problemas de manera eficiente y efectiva (Bangui y Buhnova, 2022). Por ejemplo, Matlab es un *software* de programación que se puede utilizar para implementar algoritmos evolutivos y resolver problemas complejos en una variedad de campos, como la optimización, la inteligencia artificial y la robótica.

En este sentido, Shaikh *et al.* (2022) llevaron a cabo un estudio referente a la aplicación de algoritmos evolutivos e inteligencia de enjambre para resolver el problema de señalización de tráfico, en el cual demostraron que se pueden reducir los tiempos de espera en las intersecciones entre el 15 % y el 35 % en comparación con las condiciones actuales, mientras que con la inteligencia de enjambre se reduce en promedio un 26 %.

Por su parte, Jiang *et al.* (2017) utilizaron el algoritmo evolutivo para encontrar los pesos y el valor umbral en la red neuronal que se aplica al control de semáforos. De acuerdo con los datos históricos de flujo de tráfico de un cruce, se pronostican los datos de flujo de tráfico del siguiente nodo. Debido a los datos previstos, la frecuencia del semáforo se puede reajustar para mejorar la congestión del tráfico y otros problemas de tráfico. Los resultados obtenidos muestran que la conexión del algoritmo evolutivo con la red neuronal tiene un buen efecto en la optimización del semáforo (Sun *et al.*, 2020).

Algunos ejemplos de algoritmos bioinspirados que se pueden implementar en Matlab son los siguientes:

- Algoritmos genéticos: Los algoritmos genéticos se basan en la selección natural y la evolución biológica para encontrar soluciones óptimas a un problema dado. Matlab tiene una serie de herramientas y funciones que sirven para la implementación de algoritmos genéticos, lo que permite la búsqueda de soluciones óptimas a problemas de optimización complejos (Zhou y Luan, 2018).
- Redes neuronales artificiales: Las redes neuronales artificiales se basan en el funcionamiento del cerebro humano y se utilizan para la clasificación, el reconocimiento de patrones y el pronóstico. Matlab tiene una amplia gama de herramientas y funciones para la implementación de redes neuronales artificiales, lo que permite la resolución de problemas en áreas como la visión por computadora y la inteligencia artificial (Balu y Priyadharsini, 2019).
- Enjambre de partículas: Los algoritmos de enjambre de partículas se basan en el comportamiento de los animales que se mueven en grupo, como las bandadas de pájaros y los bancos de peces. Matlab tiene una serie de herramientas y funciones para la implementación de algoritmos de enjambre de partículas, lo que permite la optimización de problemas de alta dimensionalidad y la búsqueda de soluciones óptimas en espacios de búsqueda complejos (Shahri *et al.*, 2023).

Matlab es un *software* de programación utilizado en muchos campos, incluyendo la gestión del tráfico, y ofrece una amplia gama de herramientas y funciones para procesamiento de imágenes, señales y análisis de datos, lo que lo hace muy útil para abordar problemas de congestión de tráfico (Tamimi *et al.*, 2019; Tiberio *et al.*, 2022). Algunas formas en que Matlab se puede utilizar para abordar la congestión de tráfico son las siguientes:

- Análisis de datos de tráfico: Creación de modelos de pronóstico de congestión de tráfico en una determinada área. Los datos pueden ser obtenidos a través de sensores de tráfico, cámaras de vigilancia y otros sistemas (Meena *et al.*, 2020).

- Simulación de tráfico: Modelados de una determinada área, lo que puede ayudar a evaluar el impacto de diferentes soluciones de gestión de tráfico (Cao y Luo, 2019).
- Optimización de la señalización de tráfico en intersecciones y en carreteras para mejorar el flujo de tráfico y reducir la congestión (Karaduman y Akin, 2022).
- Análisis de las imágenes de tráfico: Captura de imágenes por cámaras de vigilancia, para detectar y seguir vehículos, y para analizar el flujo de tráfico en una determinada área (Shahri, 2023).

• Por otra parte, Google Maps es una aplicación de mapas en línea que también proporciona información de tráfico en tiempo real en muchas ciudades de todo el mundo. Para ello, emplea una variedad de fuentes de datos para determinar el tráfico en tiempo real, incluyendo información de sensores de tráfico, dispositivos móviles, datos de GPS y contribuciones de sus usuarios (Google, 2023).

Al utilizar Google Maps, se puede obtener información actualizada sobre las condiciones de tráfico en una determinada área, lo que les permite tomar decisiones informadas sobre sus rutas de viaje. Además, la aplicación proporciona detalles sobre la velocidad promedio de tráfico, el tiempo de viaje estimado y las rutas alternativas en caso de congestión de tráfico, por lo que brinda una vista en tiempo real en carreteras principales y autopistas (Google, 2023).

Metodología

La metodología es un proceso de siete etapas; en la primera, se explican los detalles para la detección del tráfico de la aplicación de Google Maps y en la segunda se implementa el algoritmo para el pronóstico de la carga vehicular. Los materiales utilizados para son Matlab y Google Maps. Para desarrollar un algoritmo evolutivo en Matlab que utilice Google Maps función objetivo (1) es:

$$EMA = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N (y_1^p - y_1^a) \quad (1)$$

Donde el error medio absoluto del dato (EMA) es la sumatoria entre los datos pronosticados (y_1^p) menos los datos reales (y_1^a) en función del tiempo. Se propone la metodología que se presenta en la figura 1, la cual consta de siete etapas:

Figura 1. Metodología propuesta de algoritmo evolutivo para pronóstico de tráfico



Fuente: Elaboración propia

- Adquisición de imágenes: Utilizando Google Maps y Matlab se toman muestras del tráfico para obtener el estado actual y guardar la información.
- Preprocesamiento: Aplicando el método de Otsu, se obtienen los diferentes umbrales necesarios para segmentar la imagen. El cálculo del umbral es muy importante para extraer las características del objeto por detectar. El umbral k^* que maximiza la varianza entre clases σ_B^2 se calcula mediante la ecuación 2.

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k \leq L} \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (2)$$

donde μ_T es la media total de la imagen original, $\omega(k)$ es la probabilidad de ocurrencia de una clase, y $\mu(k)$ es la media de la clase.

- Extracción de características: La información arrojada de Google está definida en 4 colores, los cuales se utilizan para representar el estado actual del tráfico. Luego se hace una clasificación de los colores (figura 2) asignados por Google Maps, del siguiente modo:

Figura 2. Código de colores de Google Maps para el tráfico



Fuente: Google (2023)

- Captura de datos: En Matlab se recopilan datos de tráfico en tiempo real para una determinada ubicación. En el caso de estudio se utiliza el mismo código de colores (figura 3), y se almacena la descripción, con fecha y hora de captura.

Figura 3. Código de colores asignado

Color	Tráfico
	Bajo
	Medio
	Alto
	Muy alto

Fuente: Elaboración propia

1. Procesamiento: Utilizando los datos de tráfico recopilados, se define una función objetivo que evalúe la eficacia de una solución dada en la reducción de la congestión vehicular.
2. Procesamiento: Se generan aleatoriamente una población de soluciones potenciales en el espacio de búsqueda.
3. Algoritmo: Se utiliza la función objetivo definida para evaluar la aptitud de cada solución en la población.
4. Algoritmo: Se seleccionan aleatoriamente un conjunto de padres de la población en función de su aptitud.
5. Algoritmo: Se utilizan operadores de cruce para combinar los genes de los padres seleccionados y generar nuevos hijos.
6. Algoritmo: Se utilizan operadores de mutación para introducir pequeñas variaciones en los genes de los hijos generados.

7. Algoritmo: Se evalúa la aptitud de los nuevos hijos generados utilizando la función objetivo definida.
8. Algoritmo: Se seleccionan los individuos más aptos de la población actual y de los nuevos hijos generados para formar la nueva población.
9. Pronóstico: Se presenta el estado de tráfico de acuerdo con el día y la hora seleccionados.

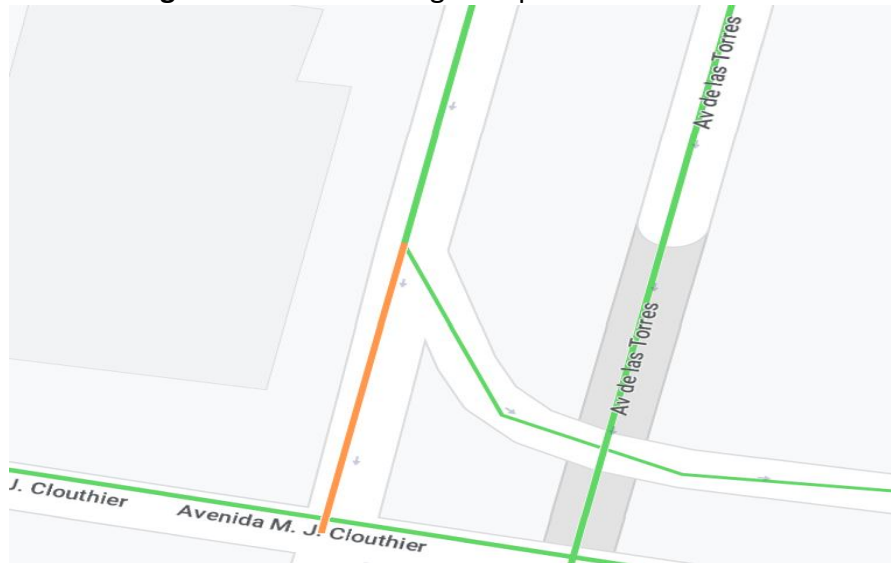
Repetir los pasos 4 al 9 hasta que se alcance un criterio de terminación. La eficacia del algoritmo dependerá de la calidad de la función objetivo, la configuración adecuada de los operadores de selección, cruce y mutación, y la inicialización adecuada de la población. Para la implementación de un algoritmo genético en Matlab se sigue este proceso:

- Recopilación de datos: Se recopilan los datos de tráfico en tiempo real o de simulaciones de tráfico para establecer la base para el diseño del algoritmo genético.
- Definición del problema: Se define el problema de optimización que se desea resolver utilizando el algoritmo evolutivo. En este caso, el problema es eliminar la congestión vehicular en una determinada área.
- Definición del espacio de búsqueda: Se define el espacio de búsqueda, que es el conjunto de soluciones posibles para el problema.
- Codificación de las soluciones: Las soluciones se codifican como cromosomas, que son secuencias de genes que representan las diferentes variables de la solución.
- Evaluación de la aptitud: Se define una función de aptitud que evalúa la calidad de cada solución en el espacio de búsqueda. En este caso, la función de aptitud es una combinación del tráfico y la cantidad de congestión.
- Selección de soluciones: Se utilizan técnicas de selección para elegir las soluciones más aptas para la reproducción en la siguiente generación.
- Operadores genéticos: Se aplican operadores genéticos, como la mutación y el cruce, para crear nuevas soluciones a partir de las soluciones seleccionadas.
- Evaluación de la población: Se evalúa la nueva población de soluciones generadas en la etapa anterior.
- Convergencia: el algoritmo se ejecuta durante varias iteraciones hasta que se alcanza una solución aceptable o se agota el tiempo de ejecución.

Resultados

Una vez extraídas las imágenes de Google Maps en modo tráfico (figura 4), las cuales proporcionan información en tiempo real en el momento de la consulta y se actualizan cada segundo, se permite tener datos casi en tiempo real. Utilizando Matlab, se crea una rutina para realizar consultas de tráfico mediante comandos de Java, ya que Matlab por sí solo no cuenta con las funciones necesarias para llevar a cabo la adquisición de imágenes.

Figura 4. Toma de Google Maps utilizando tráfico



Fuente: Google (2023)

Luego se continúa con el preprocesamiento, donde se pasa la imagen a escala de grises utilizando la función RGB2GRAY de Matlab (figura 5).

Figura 5. Imagen con escala de grises



Fuente: Elaboración propia

Aplicando el algoritmo de Otsu, se obtiene el umbral utilizado para realizar la binarización de la imagen con base en la variación de intensidad de los píxeles (figura 6).

Figura 6. Imagen binarizada

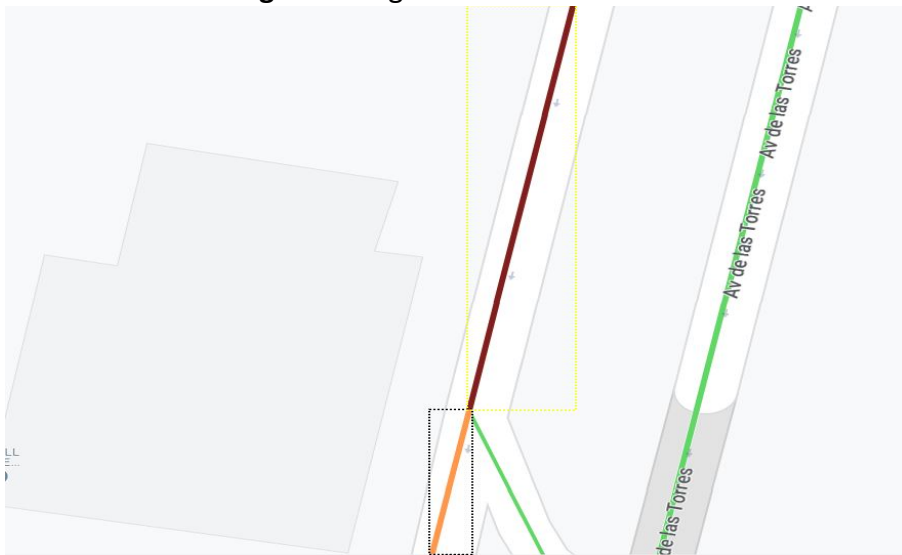


Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, es importante destacar que este algoritmo no se utiliza directamente en imágenes de tráfico; por ello, esto forma parte del desarrollo del programa para la identificación de los píxeles dentro de la imagen.

Para diferenciar el tráfico se coloca un recuadro que ayuda a visualizar la condición actual de tráfico (figura 7) con el objetivo de determinar el estado del tráfico al momento de la consulta.

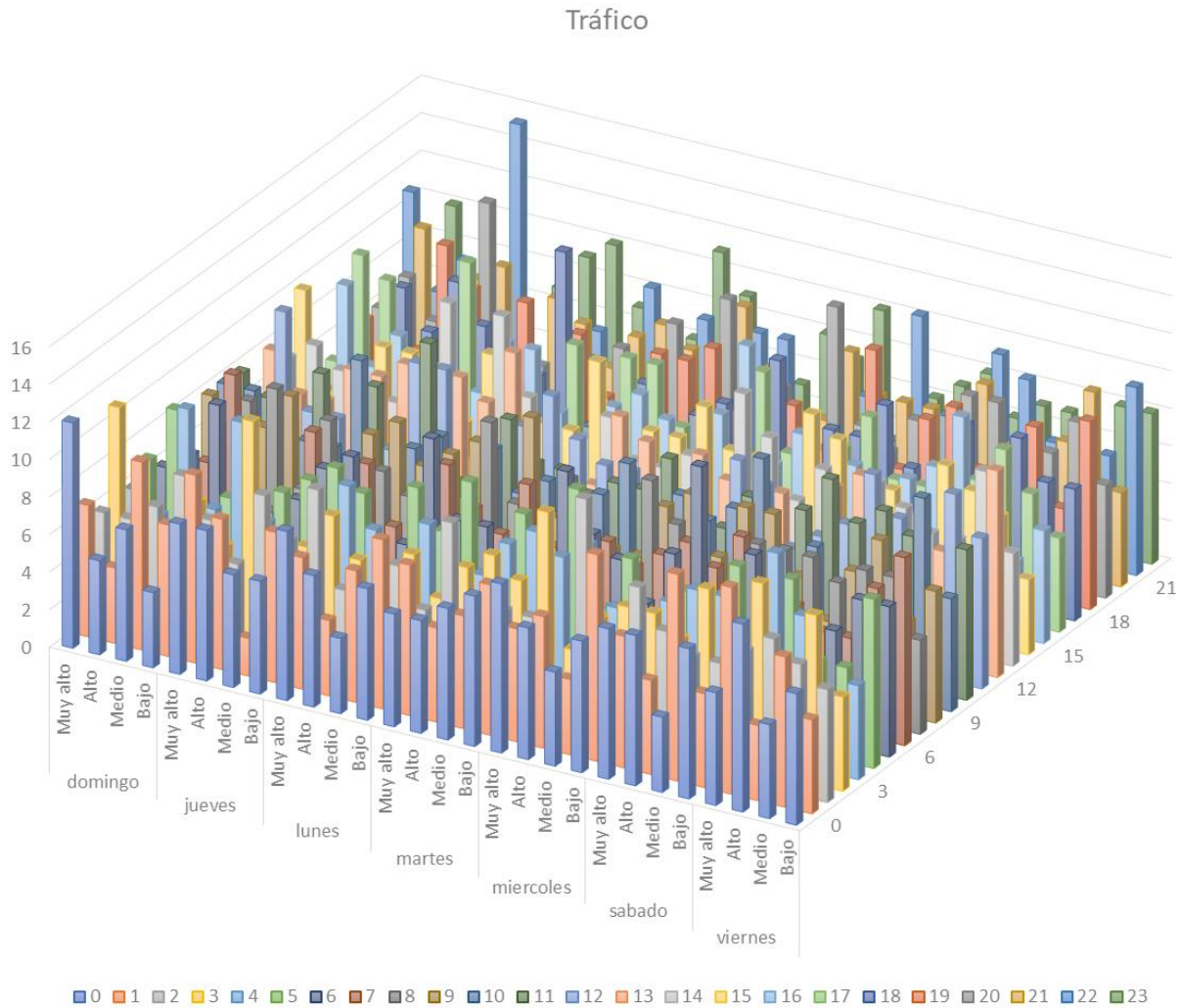
Figura 7. Segmentación del tráfico



Fuente: Elaboración propia

Con la captura de los datos, y una vez almacenados en archivos CSV para facilitar su manejo, se sigue con el procesamiento de datos (figura 8), donde se muestran los resultados de una manera gráfica. Estos resultados son los que se utilizan para entrenar el algoritmo evolutivo.

Figura 8. Representación gráfica de los datos obtenidos



Fuente: Elaboración propia

Para la implementación de un algoritmo genético en Matlab con el objetivo de reducir la congestión vehicular, se sigue el siguiente proceso: se definen como entradas el día de la semana, la hora del día y la cantidad de tráfico. Además, se establecen los parámetros del algoritmo genético, tales como operadores, mutación y cruce. Como salidas, se obtienen el número de iteraciones y la cantidad de tráfico (figura 9).

Figura 9. Resultados de pronóstico de carga vehicular

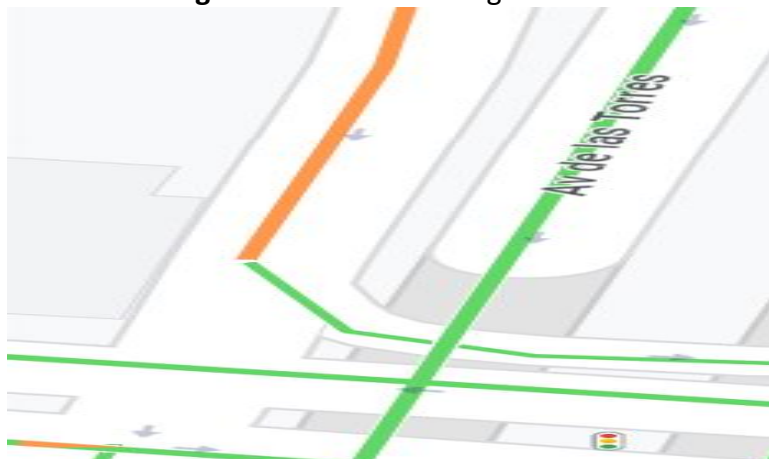
```
>> Result
Ingrese día de la semana (Lunes - Domingo)
Viernes
Seleccione la hora del día (0-23)
18
Número de iteraciones: 31
Alto
>> Result
Ingrese día de la semana (Lunes - Domingo)
Domingo
Seleccione la hora del día (0-23)
9
Número de iteraciones: 23
Medio
```

Fuente: Elaboración propia

Los resultados pueden compararse con el estado actual del tráfico en la intersección seleccionada, en este caso, el domingo 28 de mayo a las 9:46 (figura 10).

En cada iteración del algoritmo evolutivo, las soluciones se evalúan en función de su aptitud. Las soluciones más aptas tienen mayores probabilidades de ser seleccionadas para la reproducción, lo que permite que las características prometedoras se transmitan a las siguientes generaciones. Los operadores genéticos, como la recombinación y la mutación, introducen variación y exploración en la población en busca de nuevas soluciones potencialmente mejores.

Figura 10. Tráfico domingo 9 a. m.



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar tráfico medio en la intersección descrita en el problema, de la cual se obtuvieron los datos. A partir de esto, se nota que el resultado arrojado en la iteración 23 para el día domingo a las 9 a. m. es de tráfico medio, por lo que esta información puede ser utilizada para dar preferencia a otros usuarios. De hecho, la aplicación de este algoritmo se puede extender a una intersección completa con el objetivo de dar paso a la intersección que presenta mayor afluencia de vehículos.

Discusión

Google Maps y Matlab son dos herramientas muy útiles para abordar la reducción del tráfico en una determinada área, ya que, en conjunto, proporcionan información detallada en tiempo real. Para ello, primero se recopilan datos de tráfico en tiempo real mediante Google Maps, los cuales luego se analizan con Matlab. Estos datos se utilizan para crear modelos de pronóstico de congestión de tráfico y para identificar puntos de congestión en la red de carreteras, lo cual permite una planificación y gestión más efectiva del tráfico a largo plazo.

Conclusiones

La combinación de un algoritmo evolutivo y la visión por computadora se presenta como una estrategia prometedora para abordar la saturación del tráfico vehicular en entornos urbanos. A lo largo de esta investigación, se logró conceptualizar y aplicar un algoritmo capaz de realizar pronósticos significativos basados en la captura de datos de tráfico. De hecho, los resultados obtenidos evidencian la efectividad del algoritmo para pronosticar la carga vehicular en la intersección estudiada. No obstante, se observó la influencia de factores imprevistos como accidentes, cierre de calles y emergencias, los cuales pueden afectar la precisión del pronóstico. Estos elementos impredecibles subrayan la complejidad del entorno urbano y la necesidad de considerar variables dinámicas en el modelado.

Aun así, la cantidad eficiente de iteraciones realizadas para obtener resultados resalta la capacidad del algoritmo para ofrecer pronósticos en tiempo real. La comparación con datos proporcionados por Google Maps en la misma área de estudio aporta validez a los resultados obtenidos, aunque se reconoce la importancia de replicar el estudio en diferentes intersecciones para evaluar la eficacia del algoritmo.

Por último, en el análisis final este enfoque integrador se presenta como una herramienta valiosa para la gestión del tráfico urbano. Sin embargo, se subraya la necesidad de continuar investigando y perfeccionando el algoritmo, así como de considerar la variabilidad inherente a eventos impredecibles para lograr una implementación más robusta y generalizable en diversas condiciones urbanas.

Futuras líneas de investigación

El campo de aplicación de la visión por computadora e inteligencia artificial es amplio y dinámico, de modo que ofrece espacio para innovaciones significativas en la mejora de la movilidad urbana y la reducción de la congestión del tráfico.

Además de los sistemas de transporte inteligente, donde se pueden aplicar algoritmos bioinspirados como el enjambre de abejas, colonias de hormigas, redes neuronales, sistemas inmunológicos y colonias de bacterias, este enfoque se limita a la parte de inteligencia artificial. Por el lado de la visión por computadora, se abordó específicamente la sección de monitoreo de vehículos, aunque también se pueden considerar aspectos como el manejo de emergencias,

detección de accidentes, optimización de carriles, controles de acceso, análisis de flujo de tráfico, clasificación de vehículos y peaje inteligente.

Adicionalmente, se identifican áreas de oportunidad, como la optimización de rutas, simulación y modelos predictivos, coordinación entre vehículo y vehículo, y modelado de comportamiento del conductor.

Referencias

- Balu, S. y Priyadharsini, C. (2019). *Smart Traffic Congestion Control System*. 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), 689-692. doi: <https://doi.org/10.1109/ICCMC.2019.8819759>
- Bangui, H. y Buhnova, B. (2022). Lightweight intrusion detection for edge computing networks using deep forest and bio-inspired algorithms. *Elsevier*, 100(0045-7906), 1-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107901>
- Banishree, G. (2020). *Intelligent Mobility for Minimizing the Impact of Traffic Incidents on Transportation Networks*. CRC Press. eBook ISBN: 9781003006817 doi: <https://doi.org/10.1201/9781003006817>
- Boukerche, A., Tao, Y. y Sun, P. (2020). *Artificial intelligence-based vehicular traffic flow prediction methods for supporting intelligent transportation systems*. Computer Networks. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107484>
- Cao, H., y Luo, J. (2019). *Research on VISSIM-MATLAB Integrated Traffic Simulation Platform Based on COM Interface Technology*. 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), 305-309. doi: <https://doi.org/10.1109/ITNEC.2019.8729156>
- Google (2023, June 12). *Google maps* Recuperado el 12 de diciembre del 2023. <https://www.google.com.mx/maps/@31.6588474,-106.3865797,20z/data=!5m1!1e1?entry=ttu>
- Jiang, L., Li, Y. y Liu, Y. C. (2017). *Traffic signal light control model based on evolutionary programming algorithm optimization BP neural network*. 7th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication, 564-567. doi: <https://doi.org/10.1109/ICEIEC.2017.8076629>
- Karaduman, G., y Akin, E. (2022). *A New Approach Based on Predictive Maintenance Using the Fuzzy Classifier in Pantograph-Catenary Systems*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 4236-4246. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3042997>
- Manogaran, G., Alrayes, I., Alshaikhi, A. y Rawat, D. (2022). *Pre-Predictive Congestion-Based Data Allocation for Sixth Generation Cooperative Intelligent Transportation Systems*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 18655-18667. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3198806>
- Meena, G., Sharma, D., y Mahrishi, M. (2020). *Traffic Prediction for Intelligent Transportation System using Machine Learning*. 2020 3rd International Conference on Emerging Technologies in Computer Engineering: Machine Learning and Internet of Things (ICETCE), 145-148. doi: <https://doi.org/10.1109/ICETCE48199.2020.9091758>
- Muhammad, S., Sagheer, A., Taher, M., Muhammad, A., Nizar, S. y Munir, A. (2022). *Smart cities: Fusion-based intelligent traffic congestion control system for vehicular networks using machine learning techniques*. Egyptian Informatics Journal, 23(3), 417-426. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eij.2022.03.003>
- Ravish, R. y Swamy, R. (2021). *Intelligent Traffic Management: A Review of Challenges, Solutions, and Future Perspectives*. Transport and Telecommunication Journal, 22(2), 163-182. doi: <http://dx.doi.org/10.2478/ttj-2021-0013>
- Shahri, P., HomChaudhuri, B., Pulugurtha, S., Mesbah, A. y Ghasemi, A. (2023). *Traffic Congestion Control Using Distributed Extremum Seeking and Filtered Feedback Linearization Control Approaches*. IEEE Control Systems Letters, 1003-1008. doi: <https://doi.org/10.1109/LCSYS.2022.3229267>
- Shaikh, P., El-Abd, M., Khanafer, M. y Gao, K. (2022). *A Review on Swarm Intelligence and Evolutionary Algorithms for Solving the Traffic Signal Control Problem*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 23(1), 48-63. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3014296>
- Sun, Z., Wang, P., Wang, J., Peng, X. y Jin, Y. (2020). *Exploiting Deeply Supervised Inception Networks for Automatically Detecting Traffic Congestion on Freeway in China Using Ultra-Low Frame Rate Videos*. IEEE Access, 21226-21235. doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2968597>

- Tamimi, A. A., Tawalbeh, A. y Saleh, K. (2019). *Intelligent Traffic Light Based On Genetic Algorithm*. 2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT), 851-854. doi: <https://doi.org/10.1109/JEEIT.2019.8717401>
- Tiberio, J., Vicerra, E. y Jose, J. B. (2022). *Density-Based Optimization Approach for Coordinated Traffic Management on a Simplified Traffic Model using Genetic Algorithms*. TENCON 2022 - 2022 IEEE Region 10 Conference (TENCON), 1-8. doi: <https://doi.org/10.1109/TENCON55691.2022.9977766>
- Zhang, T., Xu, J., Cong, S., Qu, C. y Zhao, W. (2023). *A Hybrid Method of Traffic Congestion Prediction and Control*. IEEE Access, 36471-36491. doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3266291>
- Zhou, L. y Luan, W. (2018). *A Two-level Traffic Light Control Strategy for Preventing Incident-Based Urban Traffic Congestion*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 13-24. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2016.2625324>