
Análisis y Diseño de redes viales de transporte urbano usando algoritmos genéticos: Caso Lima Metropolitana

Analysis and design of urban transport road networks using genetic algorithms Andhra Case

Luzmila Pró Concepción, Augusto Cortez Vásquez, Walter Contreras, Lazaro Mota Alva

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Lproc2003@hotmail.com, cortez_augusto@yahoo.fr, lmotaa@unmsm.edu.pe

RESUMEN

el transporte urbano casi en todas las ciudades presenta ciertos problemas como son la congestión y los costos de construcción de redes viales.. el presente estudio trata sobre el análisis y diseño de redes viales de transporte usando algoritmos genéticos. Como una alternativa de solución se pretende minimizar el tiempo total de viaje de los usuarios de la red de transporte, la minimización del costo de construcción de vías o el mejoramiento de vías existentes en rutas donde el tráfico esta muy congestionado. Como caso de estudio se aplicara a la ciudad de Lima, lo cual también se puede aplicar a otras ciudades similares. Como muestra se tomara un área pequeña de la ciudad de Lima.

Palabras clave: red vial, algoritmos genéticos, transporte urbano, cromosoma, nodo, arco

ABSTRACT

Urban transport in almost every city has some problems such as congestion and the costs of construction of road networks. This study deals with the analysis and design of road transport networks using genetic algorithms. As an alternative solution is to minimize the total travel time of users of the transportation network, the minimization of the cost of road construction or improvement of existing roads on routes where the traffic is very congested. As a case study applied to the city of Lima, which is also applicable to other similar cities. As shown were taken to a small area of the city of Lima.

Keywords: road network, genetic algorithms, urban transport, chromosome, node, arc

1. INTRODUCCIÓN

el problema de transporte urbano casi en todas las ciudades presentan ciertos problemas que ocasionan accidentes de tránsito, debido al incumplimiento de las señales de tránsito, así como a las características viales tales como el derecho de vía, ancho de las vías, ancho de separador central, ancho peatonal y número de carriles en las vías expresas y arterias principales que se mantienen en buenas capacidades y condiciones comparativas. sin embargo, en algunos tramos viales no se ha conectado la red vial (existen redes viales no integradas), y se observa una falta de carriles en las vías troncales y arterias principales. estos problemas parecen ser una de las causas de la congestión del tránsito.

2. MARCO TEORICO DEL ESTUDIO

2.1 Algoritmos genéticos

Los Algoritmos Genéticos (AGs) fueron creados por John Holland (1975). Es una técnica de búsqueda aleatoria dirigida, que puede encontrar la solución óptima global en los espacios de búsqueda multidimensionales complejos. Un algoritmo genético es un modelo de la evolución natural que los operadores emplean y que está inspirado por el proceso de evolución natural. estos operadores, conocidos como los operadores genéticos, manipulan a los individuos en una población a lo largo de varias generaciones para mejorar su aptitud gradualmente. Como se tratará en la próxima sección, los individuos son como la población semejante a los cromosomas y es normalmente representado como una cadena de números binarios.

La evolución de una población de individuos se gobierna por el "teorema del esquema" de la población, por lo que se refiere a la similitud de los bits con ciertas posiciones de esos individuos. Por ejemplo, el esquema 1^*0^* que describe un conjunto de individuos cuyo primer y tercer bits son 1 y 0, respectivamente. Aquí, * representa los medios

que cualquier valor sería aceptable. en otros términos, los valores de bits en las posiciones marcadas con *, podría ser 0 o 1 en una cadena binaria. Un esquema se caracteriza por dos parámetros: la longitud definida y el orden. La longitud definida es la longitud entre los primeros y últimos momentos con los valores fijos. El orden de un esquema es el número de bits con los valores especificados. según el teorema del esquema, la distribución de un esquema a través de la población de una generación a la próxima depende de su orden, mientras se ha definido longitud y aptitud.

Los Algoritmos genéticos no utilizan mucho conocimiento sobre el problema que va a perfeccionar y no trata directamente con los parámetros del problema. Trabajan con códigos que representan los parámetros.

Así, el primer problema en una aplicación de algoritmos genéticos es cómo codificar el problema bajo el estudio, es decir, cómo representar los parámetros del problema.

Los algoritmos genéticos operan con una población de posibles soluciones, no sólo una posible solución, y el segundo problema es, por consiguiente, cómo crear la población inicial de posibles soluciones.

el tercer problema en una aplicación de algoritmos genéticos es cómo seleccionar o crear un conjunto adecuado de operadores genéticos. Finalmente, como ocurre con otros algoritmos de búsqueda, los algoritmos genéticos tienen que conocer la calidad de soluciones encontradas para mejorarlas más adelante. Hay una necesidad, por consiguiente, de una interfaz entre el ambiente del problema y los propios algoritmos genéticos y también existe una necesidad de poseer conocimiento de algoritmos genéticos. el diseño de esta interfaz puede considerarse como el cuarto problema.

2.2 Evolución biológica

Todo organismo vivo consiste de células. en cada célula hay el mismo conjunto de cromosomas. Los cromosomas

somas son cadenas de ADN y sirven como modelo del organismo completo. Un cromosoma consiste de genes, bloques de ADN. Cada gen codifica una proteína particular.

Básicamente, podría decirse que cada gen codifica una característica, Por ejemplo color de los ojos, los posibles valores de una característica (azul, cafés) se llama alelos. Cada gen tiene una propia posición en el cromosoma, esta posición se denomina locus.

El conjunto completo del material genético (todos los cromosomas) se llama genoma. Un conjunto particular de genes en el genoma es llamado genotipo. el genotipo va con el desarrollo posterior como la base del nacimiento para el fenotipo del organismo, el cual es la característica (física o mental), como el color de los ojos, la inteligencia etcétera (Darwin 1930).

Durante la reproducción, lo primero que ocurre es la **recombinación / cruzamiento** (crossover). Los genes padres se combinan para formar un nuevo cromosoma. el retoño generado puede mutar. Las mutaciones son pequeñas variaciones en los elementos del ADN. La aptitud de un organismo se mide por el éxito de dicho organismo en su vida para sobrevivir. <http://www.inforg.uniovi.es/ia/Archivos/Apuntes%20y%20t/Algoritmos-Geneticos.pdf> Se muestra en la figura 1 célula y la tabla 1 significado de valores siguientes:

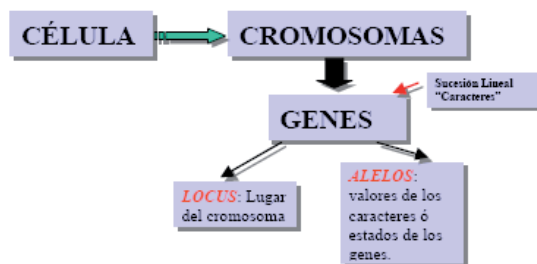


Figura 1. Célula.

A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin.

en la naturaleza los individuos de una población compiten entre sí en la búsqueda de recursos tales como comida, agua y refugio. Incluso los miembros de una misma especie número de descendientes. Por el con-

Tabla 1. Significado de valores.

Algoritmo Genérico Cromosomas (cadena, individuo)	Significado Solucion (código)
Genes (bits)	Parte de la solución
Locus	Posición del Gen
Alelos	Valor del Gen
Fenotipo	Solución decodificada (Apariencia externa)
Genotipo	Solución Codificada (Estructura interna)

trario individuos poco dotados producirán un menor número de descendientes. Esto significa que los genes de los individuos mejor adaptados se propagarán en sucesivas generaciones hacia un número de individuos creciente. La combinación de buenas características provenientes de diferentes antepasados, puede a veces producir descendientes "súperindividuos", cuya adaptación es mucho mayor que la de cualquiera de sus ancestros. De esta manera, las especies evolucionan logrando unas características cada vez mejor adaptadas al entorno en el que viven. (2)

2.3 Representación

Normalmente se representa la optimización de parámetros que van a ser perfeccionados en un formulario de una cadena de operadores genéticos que son adecuados para este tipo de representación. el método de representación tiene un gran impacto en la actuación de algoritmos genéticos. Los esquemas de la representación diferentes podrían causar las actuaciones diferentes lo que se refiere a la exactitud y tiempo del cómputo. Hay dos métodos de representación más comunes para los problemas de optimizaciones numéricos (Davis 1991). El método preferido es el método de representación de cadena binaria. La razón para este método que es popular es que el alfabeto binario ofrece el número máximo esquemático por binarios en comparación con otras técnicas codificadas. Varios binarios que sí codifican los esquemas pueden encontrarse en el texto; por ejemplo, el código uniforme y el código de escala de Gray. el segundo método de la representa-

ción es utilizado para un vector de enteros o números reales, con cada entero o número real representado sólo el parámetro. Cuando un esquema de la representación binaria es empleado, un problema importante es decidir el número de bits utilizados en el código de parámetros que se va a optimizar. Cada parámetro debería codificarse con el número óptimo de bits que cubren todas las posibles soluciones, cuando se utilizan pocos o demasiados bits que podría afectar el rendimiento del sistema.

2.4 Creación de la población inicial

Al inicio de la optimización, los algoritmos genéticos requieren un grupo de soluciones iniciales o población inicial. Hay dos maneras de formar esta población inicial. La primera consiste en utilizar las soluciones aleatorias producidas al crear un generador del número aleatorio. este método es preferido para los problemas que no tiene a priori el conocimiento que existe o por evaluar la actuación de un algoritmo. el segundo método emplea el conocimiento a priori sobre el problema de optimización dado. Utilizando este conocimiento, se obtiene un conjunto de requerimientos y se coleccionan soluciones que satisfacen esos requerimientos para formar una población inicial. en este caso, los algoritmos genéticos empiezan la optimización con un conjunto de soluciones aproximadamente conocidas y, por consiguiente, converge a una solución óptima en menos tiempo que con el método anterior.

2.5 Operadores genéticos

El diagrama de flujo de algoritmos genéticos simple se muestra en la figura 2.. Hay tres operadores genéticos comunes: de **selección**, de **cruzamiento**, y de **mutación**. el operador de la reproducción adicional la inversión. También a veces se aplican algunos de estos operadores que estaban preparados por la naturaleza, y en la literatura pueden encontrarse muchas versiones de estos operadores. No es necesario emplear todos estos operadores en un algoritmo, porque cada una de las funciones es independiente de las otras. La opción o plan de operadores dependen del problema y la representación formal de los planes empleados. Por ejemplo, no puede utilizarse operadores diseñados para las cadenas binarias directamente en cadenas codificadas con enteros o números reales.

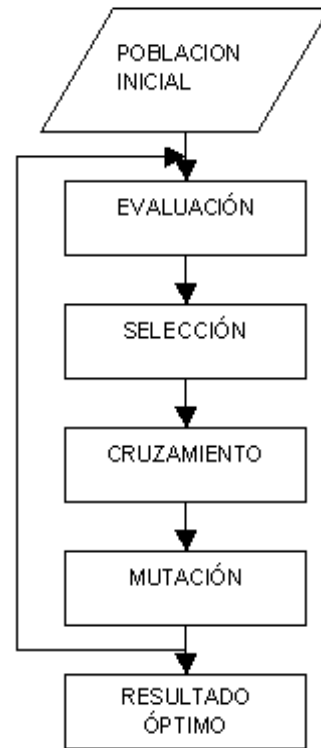


Figura 2. Diagrama de flujo de algoritmos genéticos simple.

a) La selección

el objetivo del procedimiento de la selección es producir más reproducciones de individuos cuyos valores de aptitud son más altos que aquellos cuyos valores de aptitud son bajos. el procedimiento de la selección tiene una influencia significativa en manejar la búsqueda hacia un área prometedora y las soluciones buenas encontradas en un corto tiempo. sin embargo, debe mantenerse la diversidad de la población y evitar la convergencia prematura y se debe alcanzar la solución óptima global. en los algoritmos genéticos hay dos procedimientos de la selección principalmente: la selección proporcional y la selección de clasificación jerárquica, basada en (Whitley 1989). La selección proporcional normalmente se llama la "**rueda de la ruleta**", la selección desde que su mecanismo es recordativo del funcionamiento de una rueda de la ruleta. es valorada la aptitud de individuos representantes de las anchuras de hendiduras en la rueda. Para seleccionar a un individuo para la próxima generación, los individuos en las hendiduras con anchu-

ras grandes que representan los valores de aptitud altos tendrán una oportunidad más alta de ser seleccionados después de un conjunto aleatorio de la rueda. Una manera de prevenir la convergencia rápida es limitar el rango de ensayos asignados a un solo individuo, para que ningún individuo genere demasiados descendientes. La clasificación jerárquica tiene como base el procedimiento de la producción de idea planteada. según este procedimiento, cada individuo genera un número esperado de descendientes que se basa en la línea de su valor de aptitud.

b) Cruzamiento

se considera que esta operación es lo que hace a los algoritmos genéticos diferente de otros algoritmos, como la programación dinámica. se utiliza para crear dos nuevos individuos (los niños) de dos individuos existentes (los padres), que son escogidos de la población actual para la operación de la selección. Hay varias maneras de hacer esto. Algunas operaciones de cruzamientos comunes son: un cruzamiento de punto, dos cruzamientos de puntos, cruzamiento de ciclo y cruzamiento uniforme.

El cruzamiento de un punto. es la operación de cruzamiento más simple. se selecciona dos individuos al azar como los padres de una familia de individuos formados por el procedimiento de la selección, y se cortará al azar un punto escogido. Las colas son las partes después del punto cortante, y dos nuevos individuos (los niños) se producen.

Notamos que esta operación no cambia los valores de los bits. se muestran los ejemplos en la tabla 2.2 especificados de (i, ii, iii, iv) para las operaciones de cruzamientos diferentes.

Tabla 2.2. Cruzamiento de cromosomas.

i) Un cruzamiento al punto.

Padre 1	10001001111
Padre 2	01101100011

La cadena nueva 1	10001100011
La cadena nueva 2	01101001111

De (i) de un cruzamiento al punto, el padre 1 tiene once bits de ceros y unos, sea la longitud de 11 bits, como la fórmula $L-1 = L$ puntos de cruce, y aplicando de (i) se tiene $11-1 = 10$ puntos; entonces, se debe generar número aleatorio de 1 al 10. está vez se ha tomado el número 5, es decir, del padre 1 se toma los 5 bits primeros de 10001 y del padre 2 se toma los 6 bits últimos de 100011 y se une ambos bits; entonces se tiene la cadena nueva 1 de 10001100011 de punto de cruzamiento. Del padre 2 se toma los 5 primeros bits de 01101 y del padre 1 se toma los 6 últimas bits de 001111 y se une ambos bits; entonces se tiene la cadena nueva 2 de 01101001111 de punto de cruzamiento.

c) La mutación

En este procedimiento, se verifican todos los individuos en la población, bit por bit, y los valores de bits se invierten al azar según una proporción especificada. El cruzamiento diferente es una operación monádica, es decir, una cadena de niño se produce de una sola cadena de padre. el operador de la mutación obliga al algoritmo a investigar las nuevas áreas. en el futuro, ayuda a los algoritmos genéticos a evitar la convergencia prematura y encuentra la solución óptima global. Un ejemplo se muestra en la tabla 2.3 siguiente:

Tabla 2.3. Mutación de cromosomas.

La cadena vieja	11000101110
La cadena nueva	11001101110

se puede tener uno o más operadores de mutación para nuestra representación; introducir variable genética en la población a través de la mutación. se muestra en la figura 2.4 mutación del individuo. Algunos aspectos importantes a tener en cuenta son:

- Debe permitir alcanzar cualquier parte del espacio de búsqueda.
- el tamaño de la mutación debe ser controlado.
- Debe producir cromosomas válidos.

La inversión. este operador adicional es empleado para varios problemas descritos en este tema, incluso el problema de la colocación celular, problemas del diseño y el problema del viajante de comercio. También opera a un individuo en un momento dado. se selecciona dos puntos al azar de un individuo y la parte de

la cadena entre esos dos puntos se invierte, según se muestra en la tabla 2. siguiente:

Tabla 2. Inversión de un segmento de la cadena binaria.

La cadena vieja	1011001110
La cadena nueva	1000111110

2.6 Parámetros de control

Los parámetros de control importantes de los algoritmos genéticos simples incluyen el tamaño de la población y el número de individuos en la población; los cruzamientos tasan y proporcionan la mutación. Varios investigadores han estudiado el efecto de estos parámetros de rendimiento de los algoritmos genéticos (Schaffer 1989), (Grefenstette 1986, Fogarty 1989). Las conclusiones principales han sido consideradas los medios de tamaño de población grandes para el manejo simultáneo de varias soluciones e incremento del tiempo de cómputo por la iteración; sin embargo, desde muchas muestras del espacio de búsqueda se ha visto que la probabilidad de convergencia a una solución óptima global es más alta que al usar un tamaño pequeño de la población. La proporción de cruzamiento determina la frecuencia de operación de cruzamiento. es útil en la salida de optimización al descubrir una región prometedor. Una frecuencia de cruzamiento baja disminuye la velocidad de convergencia a un área. si la frecuencia es demasiado alta, lleva a la saturación alrededor de una solución. La operación de mutación se controla por la proporción de la mutación. Una proporción de la mutación es alta si introduce la diversidad alta en la población y podría causar la inestabilidad. Por otro lado, normalmente es muy difícil para los algoritmos genéticos encontrar una solución óptima global con una proporción demasiado baja de mutación.

2.7 Función de evaluación de aptitud

La unidad de evaluación de aptitud actúa como una interfaz entre los algoritmos genéticos y el problema de optimización. Los algoritmos genéticos evalúan las soluciones para su calidad según la información producida por esta unidad y no utilizando la información directa sobre la estructura. se diseña el plan de problemas, los requisitos funcionales están especificados por el diseñador que tiene que producir una estructura de rendimiento que realiza las funciones deseadas

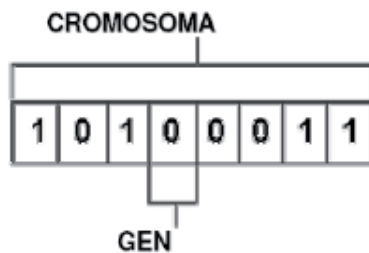
dentro de las restricciones predeterminadas. La calidad de una solución propuesta es usualmente calculada dependiendo del resultado de la solución que realiza las funciones deseadas y satisface las restricciones dadas. en el caso de los algoritmos genéticos, este cálculo debe ser automático y el problema es cómo inventar un procedimiento que calcule la calidad de soluciones. Las funciones de evaluación de aptitud podrían realizarse manualmente dependiendo de cuan complejos o simple sea el problema de optimización. Donde una ecuación matemática no puede formularse para esta tarea, se puede construir un procedimiento de regla basado para el uso como una función de aptitud o en algunos casos en que los dos pueden combinarse. Donde hay pocas restricciones que son muy importantes y no pueden violarse, las estructuras o soluciones pueden eliminarse de antemano diseñando apropiadamente el esquema de la representación.

2.8 Funcionamiento de algoritmos genéticos

Se parte de una función $f(x)$ muy sencilla de:

$f(x) = x^2$ si se desea encontrar el valor de x que hace que la función $f(x)$ alcance su valor máximo, sin embargo, restringiendo a la variable x a tomar valores comprendidos entre 0 y 31. Aún más, a x sólo le vamos a permitir tomar valores enteros, es decir: 0, 1, 2, 3, ..., 30, 31. Obviamente el máximo se tiene para $x = 31$, donde f vale 961. No se necesita saber algoritmos genéticos para resolver este problema, sin embargo, su sencillez hace que el algoritmo sea más fácil de comprender. Lo primero que se debe hacer es encontrar una manera de codificar las posibles soluciones (posible valores de x). Una manera de hacerlo es con la codificación binaria. Con esta codificación un posible valor de x es: (0, 1, 0, 1, 1) ¿Cómo se interpreta esto? Muy sencillo: multiplica la última componente (un 1) por 1, la penúltima (un 1) por 2, la anterior (un 0) por 4, la segunda (un 1) por 8 y la primera (un 0) por 16 y a continuación haz la suma: Resulta 11. Observa que (0, 0, 0, 0, 0) equivale a $x = 0$ y que (1, 1, 1, 1, 1) equivale a $x = 31$. Por ejemplo, se muestra en la figura 3 operación de cromosoma.

A cada posible valor de la variable x en representación binaria le vamos a llamar individuo. Una colección de individuos constituye lo que se denomina población y el número de individuos que la componen es el tamaño de la población.



El fenotipo podría ser un entero

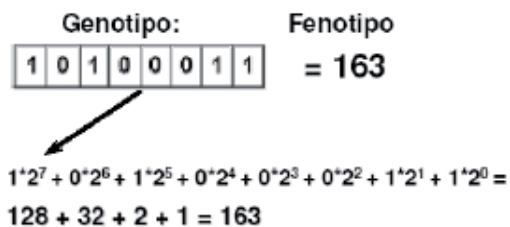


Figura 3. Operación de cromosoma.

Una vez que se tiene codificada la solución, debemos escoger un tamaño de población. Para este ejemplo ilustrativo vamos a escoger 6 individuos.

Debemos partir de una población inicial. Una manera de generarla es aleatoriamente: se coge una moneda y se lanza al aire; si sale cara, la primera componente del primer individuo es un 0 y en caso contrario un 1 cruz. Repetir el lanzamiento de la moneda y tendremos la segunda componente del primer individuo (un 0 si sale cara y un 1 si sale cruz). Así hasta 5 veces y se obtendrá el primer individuo. Repetir ahora la secuencia anterior para generar los individuos de la población restante. en total se tiene que lanzar $5 \cdot 6 = 30$ veces la moneda.

Nuestro siguiente paso es hacer competir a los individuos entre sí. este proceso se conoce como selección, es que los individuos después de la selección y el cruce son mejores que antes de estas transformaciones.

el siguiente paso es volver a realizar la selección y el cruce tomando como población inicial esta manera de proceder se repite tantas veces como número de iteraciones que se fijen, y ¿cuál es el óptimo? En realidad los algoritmos genéticos no garantizan la obtención del óptimo resultado, sin embargo, si está bien construido, proporcionará una solución razonablemente buena. Puede que se obtenga el óptimo, sin embargo, el algo-

ritmo no confirma que lo sea. Así que nos quedaríamos con la mejor solución de la última iteración. También es buena idea ir guardando la mejor solución de todas las iteraciones anteriores y al final quedarse con la mejor solución de las exploradas.(6)

2.8.1 Consideraciones para algoritmos genéticos

en problemas reales en los que se aplican los algoritmos genéticos, existe la tendencia a la homogenización de la población, es decir, a que todos los individuos de la misma sean idénticos. esto impide que el algoritmo siga explorando nuevas soluciones, con lo que podemos quedar estancados en un mínimo local no muy bueno.

existen técnicas para contrarrestar esta “deriva genética”. el mecanismo más elemental, aunque no siempre suficientemente eficaz, es introducir una mutación tras la selección y el cruce. Una vez que se ha realizado la selección y el cruce se escoge un número determinado de bits de la población y se altera aleatoriamente. en nuestro ejemplo consiste simplemente en cambiar alguno(s) bit(s) de 1 a 0 ó de 0 a 1.

en conclusión, en este capítulo trata de conceptos básicos que comprende un conjunto de conocimientos relacionados de algoritmos de genéticos; esta teoría que permitirá conocer la estructura, comportamiento de individuos y la población en la aplicación de proceso de tarea en la red, para optimización de procesos de tareas en servidor intranet y/o web.

Tienen la capacidad de resolver problemas con un grado de dificultad muy elevado con eficiencia y exactitud. Reducen el costo computacional, es decir, el tiempo de cálculo y el consumo de recursos es menor.

se puede ver la gran ventaja que da trabajar con algoritmos genéticos, por su sencillez.

La programación mediante algoritmos genéticos supone un nuevo enfoque que permite abarcar todos aquellas campos de aplicación donde no se sabe como resolver un problema, sin embargo, si debemos ser conscientes de que soluciones son buenas y cuales son malas.

3 PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE URBANO

La problemática del transporte urbano reúne una serie de problemas que pueden ser una de las causas de la congestión del tránsito como:

- a) Muchas intersecciones en las vías arteriales son desarrolladas a nivel.
- b) Muchas intersecciones a nivel, incluyendo las intersecciones de tipo rotario no cuentan con señales de tránsito ni carriles para doblar a la izquierda, en estas intersecciones hay una gran congestión del tránsito y propician elevados accidentes de tránsito.
- c) Las condiciones de mantenimiento de las señales horizontales en los carriles, tableros de información del tránsito y tableros de control y regulación del tránsito son deficientes. Estos problemas son una de las principales causas de la congestión del tránsito y los accidentes de tránsito.

Por ejemplo en Lima Metropolitana que es el caso de estudio:

- a) A pesar de los 8 millones de habitantes aproximadamente en el área de Lima Metropolitana y Callao, el transporte público no funciona como sistema.
- b) La infraestructura ferroviaria, con alrededor de 10.2 Km de longitud, y estaciones y centros de control ha sido construida parcialmente. sin embargo, la operación aún no se ha implementado.
- c) Las rutas operativas de los buses están concentradas en las vías troncales. Éste es uno de los motivos de la congestión del tránsito.
- d) Casi toda la flota operativa de los buses o parque automotor es bastante vieja (más de 15 años), y las emisiones de estos buses son uno de los factores principales que aumentan la contaminación del aire.
- e) Desde el año 1980, las Municipalidades de Lima y Callao han preparado varios planes de mejoramiento del transporte público y planes ferroviarios; sin embargo, la realización de estos planes o proyectos no se ha concretado.
- f) No existe una política de condiciones y restricciones de tránsito para que el tráfico sea más fluido. Para lo cual se propone:
 - f.1) El transporte pesado o de carga puede ser restringido su tránsito o circulación por la ciudad en horas punta en que si solo estaría permitido para transporte público y privado, considerando que las horas punta son: 08:00 a 09:00 Horas y 18.00 a 20:00 horas.
 - f.2) El transporte pesado y ómnibus de pasajeros interprovinciales debería llegar a Lima antes

de las 06:00 horas y la salida sería a las 22:00 Horas.

4 ANTECEDENTES

existen modelos clásicos de transporte los que trabajan en cuatro etapas o cuatro submodelos que reflejan la oferta y la demanda del transporte, considerando la generación y atracción de viajes y la distribución de viajes y la partición modal conforme la etapa de transporte mientras que la etapa de asignación corresponde a la oferta de transporte.

entre otros antecedentes se pueden citar los siguientes:

- Diseño de redes viales urbanas utilizando algoritmos genéticos, este estudio utiliza los algoritmos genéticos para apoyar el diseño de redes de transporte urbano de acuerdo a un modelo de optimización.
www.inf.udec.cl/revista/edición/edunom10/map01
- Optimización de rutas de transporte usando algoritmos genéticos, modelo de viajes en el sistema de transporte público urbano de pasajeros. estudios realizado en Ingeniería Industrial UNMSM.
industrial.unmsm.edu.pe/.../trab_aceptados.htm
- Diseño y optimización de rutas y frecuencia en el transporte realiza una toma de decisiones para el diseño de sistemas de transporte público urbano colectivo utilizando Algoritmos Genéticos.
www.feng.ery.uay/inco/pediciba/bibliote/repetec/TR0307
- Recorridos óptimos de líneas de transporte público usando algoritmos genéticos.
www.inf.udec.cl/revista/down09.html
- Modelo de asignación de recursos de rutas en el sistema de transporte, es un estudio de sistemas de transporte que trata de proveer rutas más eficientes a los viajeros utilizando algoritmos genéticos
www.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com

4.1. justificación del estudio

La razón por la que se propone el estudio es que aún Lima es una ciudad que no cuenta con una verdadera red vial que solucione sus problemas de transporte y

que el estudio además se verá enriquecido con el uso de los algoritmos genéticos que permitirá optimizar la presente propuesta de análisis y diseño de redes viales de transporte urbano usando Algoritmos Genéticos. para el Caso de Lima Metropolitana, por lo que se pondrá para un área pequeña de la ciudad.

4.2. Hipotesis

el sistema de transporte urbano mediante el uso de los algoritmos genéticos se optimizará, para el caso de la ciudad de Lima tomando en cuenta un área pequeña.

4.3. Objetivo del estudio

- Analizar la situación actual del transporte en la ciudad de Lima
- Realizar los estudios y propuestas de solución al problema
- Utilizar los Algoritmos Genéticos como una alternativa de solución
- Minimizar el tiempo total de viaje de los usuarios de la red de transporte
- Minimizar el costo de construcción de vías o el mejoramiento de vías existentes o en rutas donde el tráfico está muy congestionado y por lo tanto reducir los costos de construir nuevas rutas y modificar las que ya existen.

Como resultado esperamos proponer una alternativa de mejora para que el transporte urbano sea más óptimo.

se propone el estudio para mejorar el transporte en ciudades como Lima u otras ciudades de similitud en tráfico.

4.4. Metas específicas

Como resultado de estudio se propone una alternativa de mejora para que el transporte urbano sea más óptimo.

se propone el estudio para mejorar el transporte en ciudades como Lima u otras ciudades de similitud en tráfico

Las metas específicas son las siguientes:

1. estudio de Teorías de Modelos de Transporte
2. estudio de Algoritmos Genéticos

3. Análisis de la situación actual del sistema de transporte en Lima Metropolitana
4. Presentación del Informe Parcial
5. estudio de Propuestas de solución al problema o alternativas de solución
6. Diseño de la solución al sistema de transporte en Lima
7. Utilización de los Algoritmos Genéticos en la solución al problema
8. Resultados del estudio
9. Informe Técnico Final

4.5 Contribución e impacto

el presente estudio trata sobre transporte urbano, que al presentar una propuesta de mejoramiento a este problema mediante los Algoritmos Genéticos, se contribuye de diversas formas:

- Aporte científico y tecnológico porque se utilizarán en el estudio los Algoritmos Genéticos que es una técnica de optimización
- Aporte social porque contribuirá a tener una ciudad más ordenada con mejores vías de transporte
- Aporte económico tanto para los usuarios como para el gobierno o municipalidad ya que los usuarios gastarían menos tiempo en viajes y con menor costo y podrían viajar de un punto a otro y por otra parte económico para el gobierno o municipalidad porque una vía bien construida y con buen mantenimiento de vías ya existentes.

4.6 Metodología del estudio

La Metodología de desarrollo del estudio es como sigue:

- estudio de diversas Teorías, Métodos y Modelos de Transporte
- estudio de los Algoritmos Genéticos
- Análisis de la situación actual del transporte en la ciudad de Lima
- Realizar los estudios y propuestas de solución al problema
- Realizar el Diseño de la red vial que mejorará el transporte urbano
- Utilizar los Algoritmos Genéticos como una alternativa de solución a fin de:

- Minimizar el tiempo total de viaje de los usuarios de la red de transporte
- Minimizar el costo de construcción de vías o el mejoramiento de vías existentes o en rutas donde el tráfico esta muy congestionado y por lo tanto reducir los costos de construir nuevas rutas y modificar las que ya existen.
- Presentar un resultado de la propuesta, como una alternativa de mejora para que el transporte urbano sea mas óptimo.

Se propone el estudio a fin de de proponer una mejora en el transporte en ciudades como Lima u otras ciudades de similitud en trafico.

4.7. Tipo de estudio- relacion con otros estudios de investigacion - localizacion

el estudio es de tipo aplicativa y adaptativa

el estudio es un estudio preliminar que se esta iniciando.

Localización del estudio es en la ciudad de Lima Metropolitana pudiendo ser Lima -Cercado (como materia de estudio).

5. CASO DE ESTUDIO

5.1 Objetivos:

- Analizar la situación actual del transporte en la ciudad de Lima.
- Realizar estudios y propuestas de solución al problema
- Utilizar ls Algoritmos genéticos como una alternativa de solución
- Minimizar el tiempo total de viaje de los usuarios de la red de transporte
- Minimizar el costo de construcción de vías o el mejoramiento de vías existentes o en rutas donde el tráfico esta muy congestionado y por lo tanto reducir los costos de construir nuevas rutas y modificar las que ya existen.
- Como resultado esperamos proponer una alternativa de mejora para que el transporte urbano sea más óptimo.
- se propone el estudio para mejorar el transporte en ciudades como Lima u otras ciudades de similitud en trafico.

5.2 Propuestas de mejora en el transporte urbano

- Conocer la problemática forma organizacional y administrativa del transporte de cada área.
- solucionar el problema de transporte lo más adecuado posible.
- a) Desarrollar y mantener la red funcional vial, y conectar la red vial que aún no está conectada para mitigar la congestión del tránsito y mantener un flujo constante del mismo.
- b) Desarrollar intercambios viales en las principales intersecciones de las vías troncales y arteriales para mitigar la congestión del tránsito y reducir los accidentes.
- c) Reforzar la información del tránsito y los sistemas de tableros de guía, para controlar el flujo constante del tránsito y disminuir los accidentes.
- d) Sistemas de transporte masivo deben ser introducidos para mitigar la congestión del tránsito y contribuir a la activación de las actividades socioeconómicas.
- e) Los sistemas existentes de buses deben ser mejorados para mitigar la congestión del tránsito y mantener la seguridad del tránsito.
- f) Las instalaciones ferroviarias existentes deben ser usadas para reforzar el sistema de transporte público masivo.
- g) Un sistema de transporte masivo debe ser introducido para disminuir los efectos de la contaminación del aire y mantener los buenos aspectos ambientales socioeconómicos en las ciudades.
- h) Un sistema de transporte público funcional debe introducirse a la brevedad posible.
- i) Mejoramiento de las flotas de buses para introducir GNC como combustible de los buses para mitigar la contaminación del aire en el área metropolitana.
- j) Introducción del sistema TDM para disminuir la demanda del tránsito y los efectos de la contaminación del aire.
- k) La introducción de pases gratuitos para el transporte público debe ser examinada en función a las leyes y reglamentos.
- l) Deben examinarse las rutas de los buses para mejorar los servicios de transporte público para la población de bajos ingresos.
- m) Debe reforzarse un sistema de transporte no motorizado

- n) Construir vías de acceso como puentes de una avenida a otra, o puentes que conecten vías de transporte y den agilidad al tráfico, es reduzcan el congestionamiento o cuellos de botella.
- o) Construir vías de acceso como puentes de una avenida a otra, o puentes que conecten vías de transporte y den agilidad al tráfico, es reduzcan el congestionamiento o cuellos de botella.
- p) Los transporte de carga o omnibus de transporte de pasajeros interprovinciales deben tener un horario establecido que no cruce con horas punta del tráfico de horas punta de transporte público y privado en la ciudad de Lima.

6. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS EN EL ESTUDIO

6.1 El clásico modelo de transporte

el clásico modelo de transporte representa transporte demanda en tres fases: Recorrido de atracción y generación, recorrido de distribución y el modelo partido, se4a de transporte público o privado. el problema de transporte en la parte del diseño involucra asignamiento público y propiamente transporte privado.

6.2 Modelo de transporte usando algoritmos genéticos

el Modelo de transporte el cual utiliza algoritmos genéticos se realiza en los siguientes pasos:

- Población: Numero total que se espera "individuos en este caso una colección válida de caminos o rutas viales en la red.

Individual: es un objeto simple de la población existente a ser evaluado, en este caso una ruta de la red vial sinónimo con cromosomas de algoritmos genéticos

Mutación: es un operador genético que altera uno o mas valores de genes en un cromosoma del estado inicial . la mutación puede ser adicionada completamente a nuevos valores de la población,

Crossover o Cruzamiento: Proceso de emparejamiento es decir dos cromosomas padres producen nuevos cromosomas hijos.

Arco: es un sección de camino o ruta vial que se juntan en un punto geografico o ciudad.

Track o pista es la capacidad de dos puntos geográficos

Hipótesis es una red vial valida pero no necesariamente optima.

el modelo se inicia creando una población inicial de caminos o red vial valida. el resultado de generación de múltiples caminos o redes viales (hipótesis) es para obtener diversos pero razonables soluciones. Para generar conexiones de redes viales solamente, el modelo primero crea un mínimo de conectado de red vial con nodos que corresponden a puntos geográficos o ciudades . esta adición pausable de de arcos producen la red vial urbana, esta red vial tiene las características. Ambos arcos y nodos tienen una real representación geográfica, así este modelo no tiene componentes simuladas.(1)

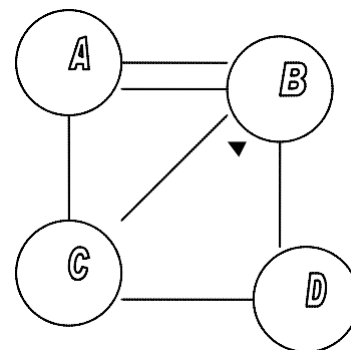
El modelo aplica modificaciones a cromosomas para los actuales individuos y genera la siguiente población semejante a la estrategia de actualización en el cual el tamaño de la población es fijada. El objetivo es usar una lista estrategia para producir la próxima población , que va cambiando a la siguiente generación. el modelo produce el 80 % de una población de los mejores individuos después de aplicar el operador crossover

El fitness o la capacidad de evaluar la calidad de un red vial es según un criterio de flujo . para ejecutar esta función. El modelo con fitness feedback, sobre la base de origen – destino la matiz (O-D) que provee el flujo

La Representación de una red vial urbana se puede realizar mediante grafos

el grafo de una red vial urbana para este caso ejemplo va se va proponer un grafo dirigido y etiquetado

ejemplo sea un grafo dirigido y etiquetado de 4 nodos y seis arcos o aristas.



El grafo G se le orienta a fin de que sea dirigido y etiquetado representa una red de transporte válido, esta área de 4 nodos representa una conexión de arcos Para el estudio es necesario considerar de La Teoría de Grafos para representar la red de transporte.

supongamos el grafo se compone 4 nodos como el presentado en la figura, la distancias se indican con las etiquetas siguientes:

- el arco de A a B es etiquetado con 1
- el arco de B a A es etiquetado con 4
- el arco de C a A es etiquetado con 7
- el arco de B a d es etiquetado con 6
- el arco de D a C es etiquetado con 12
- el arco de C a B es etiquetado con 8

La representación de los cromosomas para el grafo dirigido es representado mediante dos vectores:

Vector de conexión de arcos: 6, 12, 7, 1

Vector de Arcos auxiliares : 4, 8, 0,0,0,0,0

De este modo son considerados todos los arcos de las otras subareas que conforman la ciudad.

se considera un área pequeña de la ciudad como un grafo de 4 nodos o puntos geográficos que pueden ser recorridos desde un punto geográfico de origen a otro de destino (O - D)

La ciudad completa estaría conformada por un conjunto de sub áreas

Arco: es una sección de camino o ruta que une dos puntos geográfico

Track o Pista: es la capacidad del camino o ruta para juntar puntos geográficos.

Hipótesis: es una red de transporte válida pero no necesariamente optima;

Expresando este grafico mediante los Algoritmos Genéticos se obtiene:

Vectores: Conexión de Arcos

6	12	7	1
---	----	---	---

Vectores: Conexión de Arcos auxiliares

4	8	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Así de este modo el grafo representa una red de tipo vial en este caso N = (P,A)

Donde P representa el sitio geográfico (esta es la intersección de dos puntos cuya distancia entre estos puede ser mayor o igual a 1.

sea A el conjunto de rutas de la red, si hay dos rutas que convergen en un punto P, cada a es un arco del Grafo, donde a pertenece a A, a especifica un valor que puede ser el costo o la capacidad o numero de pistas.

Los cromosomas en el grafo de la figura de la red se representan por lo arco los cuales se encuentran interconectando las pistas de la red vial, los cromosomas naturales son realidad heterogéneos, en el caso del modelo se ejecuta en dos pasos de operaciones de transformación. en la primera parte el cromosoma original entra a una permutación de (O-D) nodos asociados con la participación de los arcos. este paso asegura .que al aplicar un operador tal como el de cruzamiento, el modelo pueda generar subredes a partir de los arcos inicialmente dados, Para la segunda parte el modelo aplica un operador simple de cruzamiento. De este modo el algoritmo progresa y la selección con el operador picks up con una longitud del cromosoma y dependiendo que parte del cromosoma se esta modificando.

Asignamiento del viaje o recorrido: Aplicando los algoritmos géticos para el asignamiento de viaje o recorrido requiere una nueva representación. Y codificación y el diseño del dominio específico de los operadores genéticos, esto también requiere la formalización de funciones que aseguran el individual fitness o la individual capacidad en términos de dominio del conocimiento. (1)

4.3 Evaluación del modelo propuesto:

Para evaluar la calidad de cada red generada se define una función de evaluación que permita asegurar el grado con el cual el H (candidato a ser red) minimiza ambos como al usuario del viaje o recorrido entre una red y el costo de construir o modificar una ruta o nuevo arco y la existencia de adicionar nuevas pistas. en función de H. La función evaluador4a se propone del siguiente modo:

$$F(H) = aT + b(\text{const}1 * C)$$

Donde:

H : es la red candidata

T: tiempo total que recorre cada vehiculo por la red

C: Costo de construir un nuevo arco

Luego a y b: son pesos que impactan en el recorrido o viaje y es el costo de generar rutas que siempre suman 1.

el modelo al funcionar realizará un conjunto de iteraciones con los operadores genéticos, el número de iteraciones puede ser entre 500 a mil iteraciones con la finalidad de encontrar mejores soluciones y el número de nodos que intervienen en este conjunto de iteraciones suman alrededor de 200 nodos o puntos geográficos, en cuanto al tiempo de recorrido donde algunas significativo que el al interconectar los diferentes nodos o puntos geográficos. El modelo a fin de solucionar algunos problemas presenta soluciones alternativas como recorridos en diagonal entre cuatro nodos es decir desde el nodo origen al nodo destino.

7. DISCUSION y CONCLUSIONES

se han realizado estudios y presentado alternativas de solución al transporte urbano de Lima Metropolitana y se muestran los siguientes:

1. A través de la creación de los sistemas de información geográfica en transporte pueden ser de gran utilidad en diversos organismos de gobierno, de educación, de investigación y de consultoría. en este sentido, los resultados alcanzados tienen un uso inmediato en las municipalidades como organismo de gobierno local encargados del área física de estudio y, por ende responsable de la planificación y gestión del transporte urbano.
el sistema de información en transporte para el caso de Lima Metropolitana, es un instrumento de trabajo para la municipalidad de Lima y las diferentes municipalidades de los demás distritos que conforman la ciudad de Lima, la cual puede hacer uso de la data y de los mapas temáticos con fines de planificación y gestión de su sistema de transporte urbano. es posible también, que las municipalidades de acuerdo a sus intereses, defina otros análisis o salidas (no incluidas en la investigación) que puedan ser obtenidas mediante consultas al SIG-T diseñado. el SIG-T
2. Otra alternativa es utilizar los Algoritmos Genéticos para lo cual se ha realizado el análisis y diseño de un modelo que ayuda a mejorar el transporte urbano como disminuir los tiempos de viaje que debe hacer un pasajero desde su origen a su destino y por tanto disminuir sus costos y otros que implican

el transporte. Para lo cual se presenta un modelo de red pequeña que se va auto generando mediante los algoritmos genéticos, y esta mejora es evaluada mediante una función de evaluación.

3. Ambas propuestas de solución son buenas. Pero para el caso del estudio se considera como mejor la de los algoritmos genéticos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Pininghoff, M, Contreras, R y otros; "Using Genetic Algorithms to Model Road Networks", ACM Computer Diciembre 2008, pags: 60-67.
2. Goldberg, D.; "Genetic Algorithms in search optimization and machine learning"; Addison Wesley 1989.
3. Koza, J.; "Genetic Programming on the Programming of Computer by means of natural selection, Cambridge Mass. The MIT Press 1992.
4. Mattheu, e.; "Diseño optimo de redes urbanas utilizando algoritmos genéticos"; Universidad Concepción Chile 2003
5. Ortuzar, J. ; "Modelo de Demanda de Transporte"; Universidad Católica de Chile 1994.
6. Pro, L. ; Base de Datos Distribuidos usando Algoritmos Genéticos para optimización de proceso transacción en la Web
7. Ortuzar, J. ; "Modelos de transporte Ed, Universidad de Cantabria 2008.
8. Cendero, B.; el transporte, aspectos y tipología, Delta publicaciones 2008.

WEB:

- W1. www.inf.udec.cl/revista/edición/edunom10/map01
- W2. www.industrial.unmsm.edu.pe/.../trab_aceptados.htm
- W3. www.feng.eru.uy/inco/pedibca/bibliote/repetec/TR0307
- W4. www.inf.udec.cl/revista/down09.html
- W5. www.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com
- W6. www.scielo.org.pelimg/revistas/rinsd/v27n2/a15tab01.jpg
- W7. <http://2.bp.blogspot.com/6Siaso1iyKM/TDDYZ7bEAU/AAAAAAAAANmM/x1DigLmwfDw/s1600/Transporte+Urbano.jpg>