

MODELO DE DATOS Y USO DE LA APLICACIÓN DE RUTEO

INTRODUCCION

La aplicación de Ruteo es una herramienta de apoyo para la planificación de las visitas o distribución de recursos, a un gran número de direcciones o lugares, dentro de una ciudad.

Por una parte están el personal encargado de visitar o distribuir ciertos recursos, los vehículos de transporte y las direcciones que representan los lugares o puntos de la ciudad a visitar, y por la otra parte están los mapas digitales con la información de toda la infraestructura vial de la ciudad, con los nombres y el rango de la numeración de las vías.

La aplicación de Ruteo divide los puntos a visitar en grupos, de acuerdo a una sectorización geográfica previa de la ciudad, entregando como resultado el visitador y la secuencia de recorrido de los puntos de cada grupo que minimiza una función objetivo, en función del tiempo, distancia recorrida y costos asociados a la distribución.

MODELO DE DATOS

El modelo de datos de la aplicación de Ruteo contempla datos de carácter permanente, asociados a la red vial utilizada, y datos de carácter dinámico, que corresponden a los puntos a visitar. A estos últimos se les debe generar la secuencia de recorrido, de manera que la distancia, el tiempo y costo incurrido en efectuar el recorrido resultante sea el más conveniente.

1. Datos Permanentes

Los datos permanentes o que su frecuencia de cambio es una o dos veces al año, es la siguiente:

a. Puertas Georeferenciadas

Es un conjunto o capa de puntos geográficos correspondiente a la información georeferenciada de todas las direcciones o "puertas de una ciudad" (direcciones de casas, edificios, centros comerciales, etc.) o las direcciones de todos los clientes de una empresa o institución.

b. Sector Geográfico

Un sector geográfico corresponde a un conjunto o capa de polígonos, donde el contorno de cada polígono coincide con un eje vial, encerrando un área que un Visitador puede recorrer a pie o en un vehículo, en el transcurso de una jornada laboral. Luego, el trazado de los polígonos debe ser elegido de tal forma que en su interior no contemple, en lo posible, cruzar avenidas anchas u otro obstáculo geográfico difícil de cruzar. Otro criterio complementario para elegir la extensión o

área cubierta por un polígono, es por la cantidad de puertas o clientes incluidos en su interior.

c. Visitadores

Los visitadores son las personas encargadas de efectuar el recorrido necesario para visitar los puntos o clientes que fueron seleccionados para un día determinado. Cada visitador está asociado a un sector geográfico específico.

d. Red Vial

La red vial corresponde a líneas imaginarias interconectadas, cuyo trazado coincide con los ejes viales de una ciudad. La red vial contiene la información de la infraestructura vial de ésta, formando una red de arcos o líneas, con nodos en los arcos que se interceptan (no existen nodos en los cruces de vías en distintos niveles).

La información de la red vial de interés para la aplicación de ruteo y de georeferenciación de direcciones es la siguiente.

- Topología, es decir, la conectividad entre los arcos viales y sus nodos.
- Sentido de tránsito de las vías.
- Virajes en la intersección de vías.
- Impedancias o costos asociados al tránsito de vehículos o personas, por cada arco vial, en función de la velocidad promedio de circulación, cobro de peajes y restricciones viales entre otros.
- Impedancias o costos asociados a las detenciones, es decir, la cantidad de tiempo que dura la detención y el pago de estacionamiento(parquímetro).
- Numeración de inicio y término de cuadra, tanto la numeración par como impar.
- Nombre de las vías.
- Tipificación de las vías(calle, avenida, pasaje, etc.).
- Pertenencia comunal de los ejes viales.

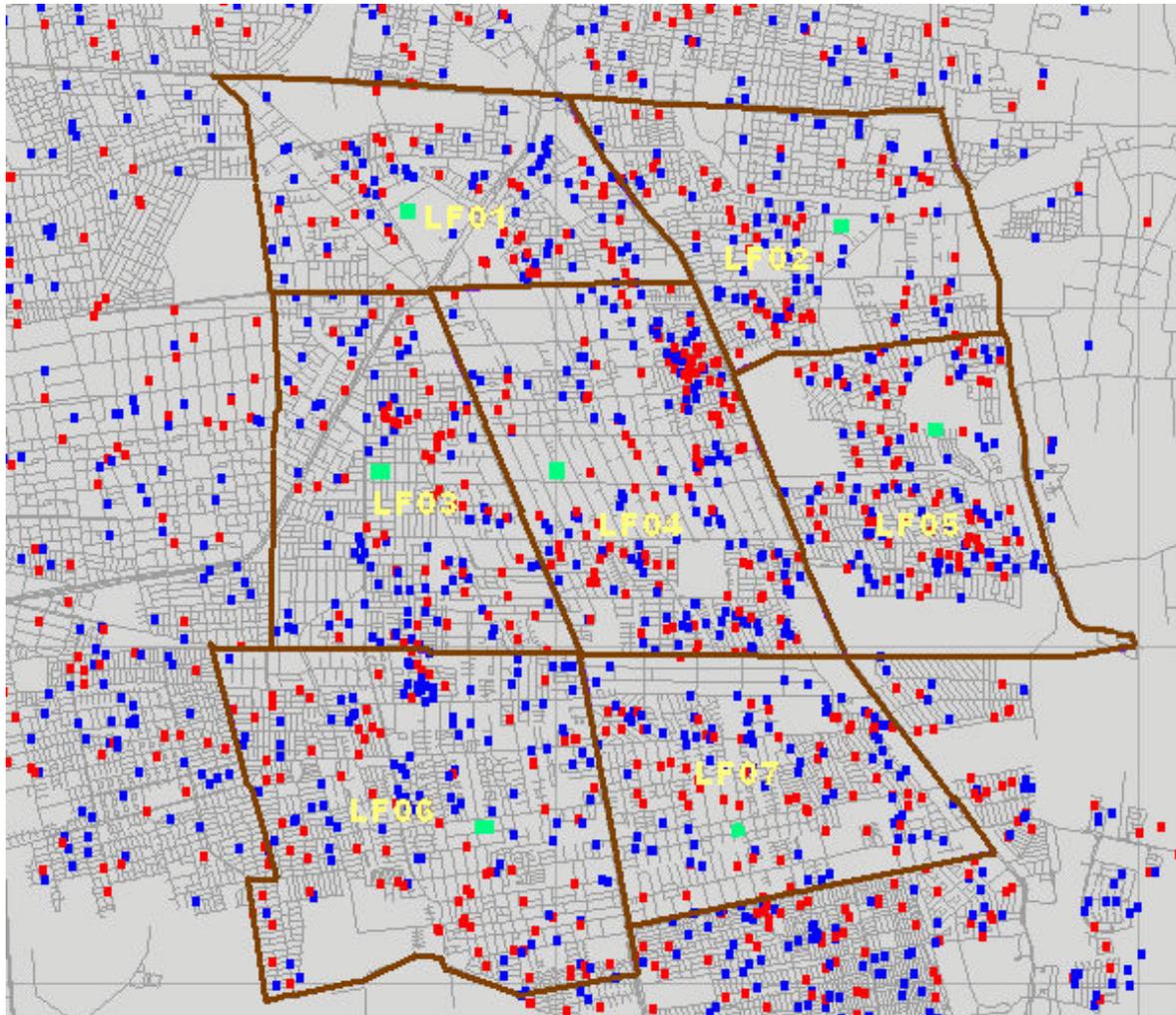
2. Datos Dinámicos

Los datos dinámicos corresponden principalmente a los puntos o clientes a visitar diariamente, los cuales son un subconjunto de las puertas georeferenciadas o de los clientes de una empresa. En el caso de nuevos clientes o puertas, esta información debe ser agregada a la cobertura correspondiente, previa a ser incluida en la información de visitas diarias.

En la Figura N ° 1 se muestra una representación gráfica del modelo de datos para ruteo.

Figura N ° 1

Representación Gráfica del Modelo de Datos Para Ruteo



- y ■ representan el universo de clientes o puertas
- representan los clientes o puertas seleccionadas para visitar en un día
- representan el punto de salida del visitador de cada sector
- representa el contorno de los sectores geográficos
- representa un conjunto de caracteres para identificar cada sector geográfico
- representa el trazado de la red vial

3. Descripción de la Información de los Datos Para Ruteo

La Información contenida en los datos para ruteo se detalla a continuación:

a. Información Contendida en Las Puertas Georeferenciadas

Existe un registro por puerta. En el caso de los edificios la puerta sigue siendo una sola, aunque en su interior existan varios departamentos u oficinas.

DIR: Tabla de Direcciones Normalizadas

Idxy: identificador único de cada puerta
 Nombvia: nombre de la vía o calle
 Tipo: tipo de vía (calle, avenida, pasaje, etc.)
 Pref: indica que el número de la dirección comienza con o sin "0"
 Nro: número de la dirección de la puerta
 Comuna: comuna a la que pertenece la puerta

TAP: Tabla de Atributos de las Puertas

Idxy: identificador único de cada puerta
 Nombre: nombre del edificio, condominio, centro comercial, casa, etc.
 Símbolo: número a una tabla de símbolos
 Comuna: comuna a la que pertenece la puerta
 Sector: sector geográfico al que pertenece la puerta
 Indgeo: índice de indexación geográfica

En la tabla de PROPIEDADES existe un único registro por cada casa independiente, departamento, oficina, local, departamento, casa dentro de un condominio, etc. Se repite el valor del campo Idxy para todas las propiedades dentro de un edificio, condominio, centro comercial, etc.

PROPIEDADES: Tabla de Propiedades

Idp: identificador único de cada propiedad
 Idxy: este identificador se repite para cada departamento, oficina, local, etc.
 Rut: es el rut de la persona o empresa
 Nombre: nombre de la persona o empresa
 Fono:
 Torre_Block:
 Dpto_Local:
 Piso_Nivel:
 Vía_Interior: nombre de la vía interior en el caso de condominios

COR: Tabla de Coordenadas

Idxy: identificador único de cada puerta
 Coord_Este: coordenada Este del punto o puerta
 Coord_Norte: coordenada Norte del punto o puerta

La tabla VINCUDRV enlaza las coordenadas de las puertas con la red vial

VINCUDRV: Tabla Enlace Red Vial

Idxy: identificador único de cada puerta
 Id_Eje_Vial: identificador del arco vial que calza con el punto o puerta
 Id_Nodo_Vial: identificador del nodo de la red vial que calza con el punto o puerta
 Tramo_Vial: número de tramo del arco vial que calza con el punto o puerta
 Coord_Este_Tramo: coordenada este asociado al tramo del punto o puerta

Coord_Norte_Tramo: coordenada norte asociado al tramo del punto o puerta

b. Información contenida en los Sectores Geográficos

La información asociada a los sectores geográficos, además del trazado, es la siguiente tabla:

TAPPOL: tabla de polígonos asociada a los sectores geográficos

Idpol: identificador del sector

Cod_Sec: código o nombre del sector

Color: color de pintado del sector

Achurado: tipo de achurado del sector

c. Información contenida en los Datos de los Visitadores

Cada visitador tiene asociada dos puertas o puntos, una puerta de inicio, que representa el punto de inicio de su recorrido(puede ser su domicilio, bodega o centro de reparto), y una puerta de fin, que representa el punto final de su recorrido(puede ser o no el mismo punto de inicio). La estructura de los datos de las puertas de inicio y fin de los visitadores es muy similar a la información de las puertas. Las tablas de datos de los visitadores son exactamente iguales a las de las puertas, sólo son diferentes las tablas TAP y PROPIEDADES, las cuales se detallan a continuación.

TAP: Tabla de Atributos de las Puertas

Idx: identificador único de cada puerta

Nombre: nombre del visitador o código

Símbolo: número a una tabla de símbolos

Comuna: comuna a la que pertenece la puerta

Sector: sector geográfico al que pertenece la puerta

Sector_Asig: sector asignado al visitador donde realiza su recorrido(puede ser o no igual al sector de la puerta de inicio)

Indgeo: índice de indexación geográfica

PROPIEDADES: Tabla de Propiedades

Idp: identificador único de cada propiedad

Idx: este identificador se repite para cada departamento, oficina, local, etc.

Rut: es el rut de la persona o empresa

Nombre: nombre de la persona o empresa

Fono:

Pto_Ini_Fin: debe tomar los valores "Inicio" o "Fin", dependiendo si corresponde a la puerta de inicio o fin de su recorrido

Torre_Block:

Dpto_Local:

Piso_Nivel:

Vía_Interior: nombre de la vía interior en el caso de condominios

d. Información Contendida en los Datos de las Puertas o Clientes Seleccionados Para Ser Visitados

Partiendo de la base que las puertas o clientes seleccionados para ser visitados diariamente es el resultado de un proceso externo, la única información que se requiere conocer para las puertas a visitar es el número único identificador(Idxy) de cada puerta, puesto que:

- Las puertas a visitar son un subconjunto del total de puertas o clientes georeferenciados.
- Cada puerta tiene la información del sector geográfico al que pertenece.
- Cada visitador tiene la información del sector geográfico que atiende.

USO DE LA APLICACIÓN DE RUTEO

La aplicación de ruteo es un módulo del software MapInter (mapa interactivo), que tiene todas las herramientas para crear y actualizar la información para ruteo, descrita anteriormente. En consecuencia, no explicaremos como se crea la información necesaria para ruteo, sólo se explicará como se ingresa la información, que procesos se ejecutan y cuales son los resultados.

1. Ingreso de la Información Para Ruteo

Al seleccionar el módulo de ruteo, el software va solicitando que se ingrese la carpeta y nombre de los archivos y capas de información necesarias para efectuar el ruteo de los puntos a visitar, en el siguiente orden:

- Puntos o clientes a visitar
- Capa de puntos que contiene todas las puertas de la ciudad o clientes de la empresa
- Capa de visitantes

2. Procesos que se Ejecutan Automáticamente

Los procesos que se ejecutan en forma automática son los siguientes:

- a. Agrupación sectorial de los puntos o clientes a visitar
Se realiza una intersección espacial entre los puntos a visitar y los sectores geográficos. Luego, los puntos se agrupan por sector geográfico que los contiene. El resultado de este proceso es la cantidad de grupos creados y los puntos contenidos en cada grupo.
- b. Preparación de la información para ruteo para cada grupo de puntos
Para cada grupo de puntos, se selecciona el visitador que atiende el sector geográfico correspondiente, agregando como primer punto del grupo, el punto de inicio de recorrido del visitador, y agregando como último punto del grupo, el punto de fin de recorrido.
- c. Cálculo de la matriz de impedancia o de costos de viaje
Para cada grupo de puntos, se calcula la matriz de costos de viaje. Cada elemento C_{ij} de la matriz es igual al costo de viaje para ir desde el punto "i" al punto "j". Note que el costo de viaje para ir desde el punto "i" al punto "j" es distinto al costo de viaje para ir desde el punto "j" al punto "i".
El algoritmo utilizado para calcular la ruta óptima (costo de viaje mínimo, con la restricción de sentido de tránsito y de viraje) entre el punto "i" y el punto "j" es el creado por E. W. Dijkstra.
- d. Cálculo de la secuencia de recorrido más conveniente de los puntos a visitar
Para determinar la secuencia de recorrido óptima de los puntos a visitar, habría que calcular el costo de todas las secuencias alternativas de recorrido (n factorial), para quedarse con la secuencia de recorrido de menor costo, lo cual implica una demora de varias horas de proceso (por ejemplo, para visitar 15 puntos, existen $1,3 \times 10^{12}$ secuencias alternativas para visitarlos).
En consecuencia, para mejorar los tiempos de proceso y una vez calculada la matriz de costos de viaje, se inicia un proceso iterativo de generación de alternativas de secuencias de recorrido de los puntos a visitar, utilizando la técnica de algoritmos genéticos, llegándose a encontrar una secuencia de recorrido que tiende a minimizar el costo de viaje para visitar cada grupo de

puntos o clientes. El resultado de este proceso es una secuencia de recorrido conveniente para cada grupo de puntos.

3. Resultados del Proceso de Ruteo de Puntos o Clientes

Una vez terminado el proceso de ruteo de los puntos para todas las agrupaciones sectoriales que se crearon, a cada registro del archivo de puntos o clientes a visitar ingresado al inicio, se le agrega la siguiente información:

- Sector geográfico que contiene a la puerta o cliente a visitar
- Visitador que realiza el recorrido dentro del sector
- Secuencia de recorrido de la puerta dentro del sector, que significa en que orden deben ser visitados los puntos o clientes del sector pertinente.

Luego, el archivo de salida contiene la siguiente información:

Idx, Rut, Campo1 al Campo10, Secuencia, Sector geográfico, Visitador

Santiago, 17 de agosto de 2004

Carlos Mardones Ramírez
