

Los SIG como herramientas de ayuda en la Generalización Cartográfica bajo demanda.

Jesús Palomar Vázquez

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.
Universidad Politécnica de Valencia
Campus de Vera, 46071 Valencia
Tlf: 963.877.007 (Ext: 5563). e-mail: jpalomav@upvnet.upv.es

Resumen

En esta comunicación se muestra la potencialidad de los Sistemas de Información Geográfica en la automatización de los procesos de generalización cartográfica orientada a la obtención de información cartográfica generalizada para su explotación en sistemas que necesiten una respuesta rápida sin perder las ventajas de los formatos vectoriales. La experiencia realizada consiste en realizar un precálculo de la generalización en saltos de escala controlados para almacenar los resultados en una estructura de la que después pueden extraerse los elementos y atributos asociados con el grado de generalización adecuados a la demanda del usuario.

Palabras clave: SIG, generalización cartográfica.

1. Introducción

La generalización “*on-the-fly*” (en tiempo real o bajo demanda) es una rama de la generalización cartográfica que cada vez está más en boga puesto que son muchas las necesidades de visualizar información a diferentes escalas de forma rápida y reversible, caso por ejemplo de aplicaciones en Internet. Estas son dos de las principales características de una generalización enfocada a la visión en la pantalla de un ordenador y al acceso de un alto número de usuarios que exige rapidez de consulta y visualización “multiescala”, de tal forma que se pueda recorrer hacia arriba o hacia abajo por las distintas escalas, mostrándose en cada caso los datos generalizados adecuados a dicho nivel. Estas consultas son muy importantes en el caso de acceso a través de Internet, como principal medio de comunicación e intercambio de información entre gente de todo el mundo. Las aplicaciones actuales en su mayoría raster para mostrar diversos niveles de generalización cartográfica, apantallando imágenes estáticas a diversas escalas a petición del usuario. La generalización en tiempo real, permitiría un empleo de formatos dinámicos que darían un mayor servicio al usuario final, ya que éste dispondría de la versión generalizada tanto de los datos gráficos como alfanuméricos asociados.

Por lo tanto, este tipo de técnicas estarían dirigidas a solventar el problema que supone el cálculo del comportamiento de cada elemento cartográfico al ser sometido a diferentes cambios de escala. La solución pasa por “pre-calcular” dicho comportamiento y almacenar los diferentes objetos generalizados, mostrando sólo aquellos que se filtren en cada nivel de visualización. Las herramientas y filosofía de trabajo de los Sistemas de Información Geográfica se muestran entonces muy útiles en el tratamiento de la generalización conjunta de datos gráficos y alfanuméricos, eligiéndose esta herramienta de trabajo para realizar esta experiencia.

2. Experiencia

En este trabajo se ha realizado una pequeña experiencia que ayude a comprender estos procesos, centrada en dos cuestiones:

- a) Análisis del comportamiento de los elementos puntuales sometidos a un cambio de escala, teniendo sólo en cuenta la cercanía entre ellos.
 - a.1) Considerando los elementos puntuales como puntos.
 - a.2) Considerando los elementos puntuales como polígonos.
- b) Análisis del comportamiento de los elementos puntuales sometidos además a distintos pesos (según su importancia relativa) en función de sus atributos.

2.1 Datos de partida

Los elementos sobre los cuales han sido realizadas las pruebas son de tipo puntual y representan diversas construcciones aisladas diseminadas alrededor de una red de caminos. Toda la información de partida ha sido recogida a partir de la cartografía a escala 1 / 10.000 del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) sobre una zona perteneciente a la Tinença de Benifassà en la provincia de Castellón.

2.2 Hipótesis de partida

Si analizamos el resultado de una sucesiva reducción visual de los datos de partida conforme a una cambio continuado de escala, admitiremos que los distintos elementos (puntos a partir de ahora) tienden a juntarse cada vez más hasta “fundirse” de forma visual. De esta manera sería lógico pensar que en aquel nivel de escala donde dos puntos se solapasen, deberían suprimirse y ser sustituidos por otro punto en una posición intermedia entre los dos.

En la siguiente tabla vemos cómo afecta el factor de reducción a una distancia entre dos puntos (F o factor de escala es el cociente entre la escala emisora E_e y la escala receptora E_r).

Escala	Factor de escala	Distancia papel (mm)
1 / 10.000	-	10,00
1 / 20.000	0,50	5,00
1 / 30.000	0,67	3,33
1 / 40.000	0,75	2,50
1 / 50.000	0,80	2,00
1 / 60.000	0,83	1,67
1 / 70.000	0,86	1,43
1 / 80.000	0,88	1,25
1 / 90.000	0,89	1,11
1 / 100.000	0,90	1,00

Tabla 1. Efecto del cambio consecutivo de escala sobre una distancia. Distancia original 100 m.

Por otra parte, ¿cuándo consideraremos que dos puntos solapan visualmente? Si partimos de la premisa de que aceptamos como una forma de ver cómodamente que dos puntos continúan sin tocarse si están a más de 0.2 mm (tolerancia visual en papel), entonces, todos aquellos puntos que estén situados a menos de $0.2 * \text{denominador de la escala}$, tendrán que ser sustituidos por un único punto.

En la siguiente tabla podemos ver la distancia en metros para diversas tolerancias en milímetros en diversas escalas:

Escala / Tol	0.2 mm	0.4 mm	0.6 mm	0.8 mm	1 mm	1.2 mm
1 / 10.000	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	12 m
1 / 20.000	4 m	8 m	12 m	16 m	20 m	24 m
1 / 30.000	6 m	12 m	18 m	24 m	30 m	36 m
1 / 40.000	8 m	16 m	24 m	32 m	40 m	48 m
1 / 50.000	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m
1 / 60.000	12 m	24 m	36 m	48 m	60 m	72 m
1 / 70.000	14 m	28 m	42 m	56 m	70 m	84 m
1 / 80.000	16 m	32 m	48 m	64 m	80 m	96 m
1 / 90.000	18 m	34 m	54 m	72 m	90 m	108 m
1 / 100.000	20 m	38 m	60 m	80 m	100 m	120 m

Tabla 2.

Como última consideración a tener en cuenta, también influirá en la sensación visual de colisión o conflicto entre dos puntos el tamaño del símbolo puntual. De esta manera, a la tolerancia gráfica deberá añadirse el tamaño del símbolo para considerar cuándo dos puntos se deben unir.

$$\text{Tol (Tolerancia total)} = \text{Tg (tolerancia gráfica)} + 2t \text{ (tamaño de símbolo)}$$

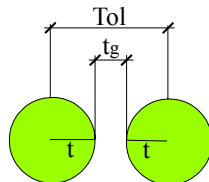


Figura 1.

2.3 Metodología

a) Considerando los elementos puntuales como puntos.

Si consideramos los elementos puntuales como puntos, es decir, como elementos cerodimensionales, sólo tendremos que tener en cuenta en principio la distancia entre los mismos. Por tal motivo, el primer paso en el proceso es determinar el diagrama de mínima distancia (DMD) de todos los puntos. El DMD proporciona una lista de ejes que unen cada punto con su más cercano, lo cual nos da una idea de qué puntos se fundirán antes. En la siguiente figura podemos ver lo que sucede al aplicar reducciones consecutivas de escala (los puntos del mismo color representan el mismo nivel de representación).

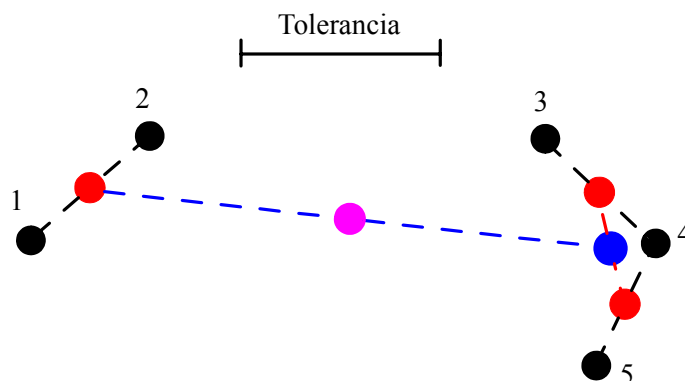


Figura 2.

El algoritmo quedaría como sigue:

Entrada: lista de puntos (lista_puntos)

Salida: lista de puntos generalizados (lista_gen)

```
Crear el DMD con lista_puntos
Mientras que lista_puntos tenga más de un elemento hacer
  Para cada eje en DMD
    Si longitud de eje < Tolerancia entonces
      Nuevo_punto = punto medio de eje
      Eliminar puntos extremos de eje de lista_puntos
      Añadir nuevo_punto a lista_puntos
  Si todos los ejes superan la tolerancia entonces
    Añadir lista_puntos y Tolerancia a lista_gen
    Incrementar la tolerancia
Si no
  Crear el DMD con lista_puntos
```

El incremento de tolerancia lo efectuaremos adecuado a “saltos” de escala uniformes de 10.000, para hacer que el precálculo sea más rápido y por considerarlo de suficiente detalle para este trabajo, aunque es un parámetro que se puede alterar sin dificultad.

Al final, lo que conseguimos es una estructura que almacena listas de puntos con la tolerancia (implícitamente el nivel de visualización) a la que se han generalizado.

{ {pto1, pto2, ..., pton, tol1}, {pto1', pto2', ..., pton', tol2}, { ... }, {pto1'', pto2'', ..., pton'', tol*n*} }

Aquí se almacenan todos los niveles y sus generalizaciones, por lo que sólo resta presentar los puntos adecuados de la estructura en cada nivel de visualización.

Evidentemente, no hemos contado todavía con el parámetro del tamaño del símbolo, pero el cambio en el algoritmo inicial es mínimo, porque únicamente tendríamos que sumar el tamaño del símbolo (en unidades reales a cada escala) a la tolerancia gráfica para obtener la tolerancia de partida.

b) Considerando los elementos puntuales como polígonos.

El motivo de considerar los elementos puntuales como polígonos (círculos en este caso) es el de aprovechar el potencial que las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ponen a nuestro alcance en el sentido de la detección de conflictos entre elementos areales (mediante buffers, intersección entre formas, etc.).

De esta manera, la complejidad del algoritmo se reduce a la vez que el código que es necesario generar para implementarlo.

En esta forma de enfocar el problema, sólo habría que preguntarse en cada nivel de visualización qué círculos solapan y sustituirlos por un nuevo círculo en la posición intermedia. Aquí, la reducción de escala se simularía con un sucesivo aumento del radio del círculo en función del nivel actual, llegando al mismo resultado que en el caso anterior.

c) Asignando distintos pesos a los puntos.

En este apartado nos planteamos qué pasa si uno de los puntos ha de mantenerse siempre en cualquier nivel de generalización debido a su importancia para la zona en la que se encuentra. Evidentemente, su peso o importancia con respecto a los demás puntos es mucho mayor, por lo que siempre ha de respetarse.

El problema se soluciona “etiquetando” al punto en cuestión con un peso diferente al resto, de forma que cuando un punto que se debe mantener se tenga que fundir con otro que no debe mantenerse, el punto sustituto será el de mayor peso. En el caso de dos puntos con la misma importancia que debiesen mantenerse, lo justo sería “desplazar” ambos puntos para que quedase una separación visible entre ellos, cuestión esta que no ha sido abordada en este trabajo.

Esta misma dinámica podría aplicarse a las situaciones en que se necesita generalizar los puntos también teniendo en cuenta un atributo temático, de forma que existan subconjuntos de puntos con diferentes pesos. Es este caso, la posición y el peso del nuevo punto se definiría en función de los pesos de cada par de puntos iniciales, de forma que la posición del nuevo punto se acerca más a la posición del punto con mayor peso y el peso del nuevo punto estará entre los pesos del par de puntos iniciales en función de una variación lineal.

Para determinar la posición y el peso del nuevo punto nos vamos a ayudar de un ejemplo. Suponiendo que dos puntos, A y B, situados a una distancia de una unidad, tengan el mismo peso, el punto sustituto P estará en la posición intermedia entre los dos primeros (0.5). Si ahora el peso de B es dos veces el de A, el incremento de peso de un punto a otro es de 2 (peso B / peso A) y el nuevo punto se situará a una distancia de 0.25 del punto con más peso. De esta forma podemos obtener las siguientes relaciones:

$$P_B > P_A \quad \Delta P = \frac{P_B}{P_A} \quad D' = \frac{1}{2^{\Delta P}}$$

$$D'' = D \times D' \quad P_{np} = \frac{(D - D'') \times \Delta P}{D}$$

con P_A y P_B pesos de los puntos, ΔP el incremento de pesos, D' la distancia relativa del nuevo punto desde el punto con mayor peso, D'' la distancia real del nuevo punto al punto con más peso, D la distancia inicial entre los puntos y P_{np} el peso del nuevo punto.

Datos de partida	Resultados
$D = 10$ $P_A = 1$ $P_B = 3$	$\Delta P = 3$ $D' = 1 / 2^3 = 0.125$ $D'' = 10 * 0.125 = 1.25$ $P_{np} = (10 - 1.25) * 3 / 10 = 2.62$

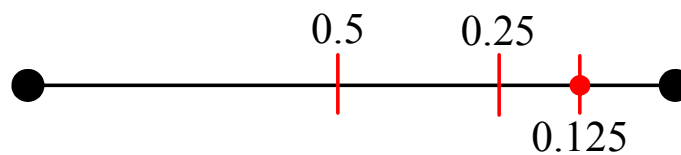


Figura 3.

3. Resultados

Todas las pruebas han sido realizadas bajo el entorno de ArcView 3.1 y la implementación de los diferentes algoritmos realizada en el lenguaje de programación Avenue.

Tras el precálculo de todo el proceso de generalización a diferentes escalas, se ha diseñado una sencilla interfaz gráfica desde donde se puede cambiar fácilmente la escala y ver inmediatamente el resultado, puesto que ahora sólo han de leerse los puntos correspondientes a la escala que estamos visualizando.

En las siguientes figuras se puede ver una simulación del proceso:

Parámetros de partida

Número de puntos: 17

Tolerancia gráfica: 0.2 mm

Tamaño del símbolo: 8 puntos \approx 0.8 mm

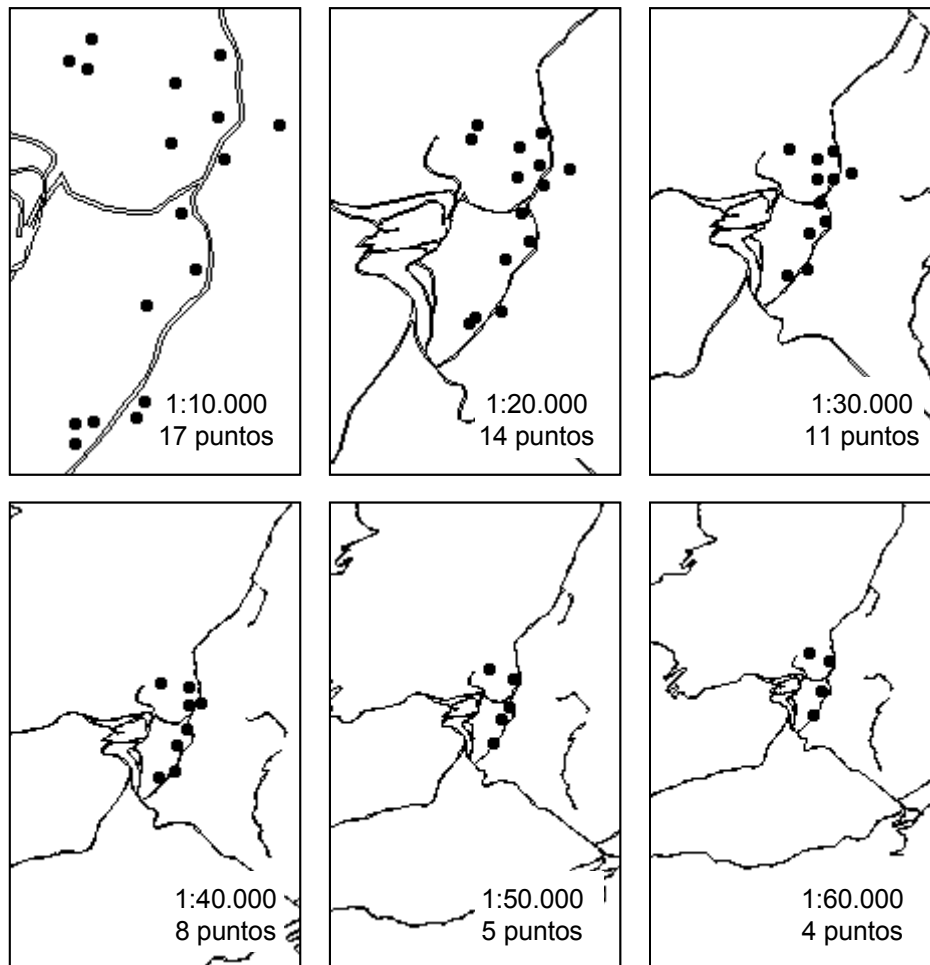


Figura 4.

En la siguiente figura vemos cómo podemos controlar la “permanencia” de un punto a través de la asignación de un peso mayor que al resto de los puntos (la flecha roja indica el punto con un peso más grande).

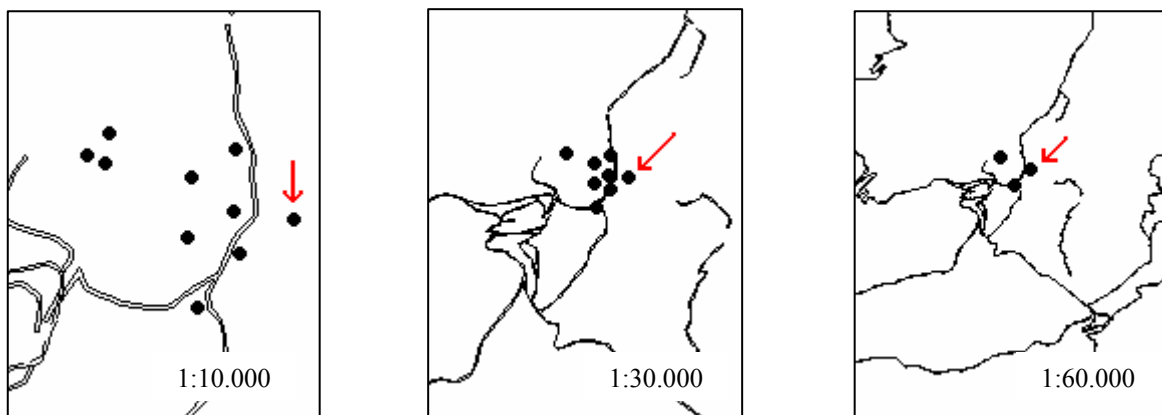


Figura 5.

4. Conclusiones

Evidentemente, esta experiencia es sólo una pequeña parte del trabajo. Ahora sería el momento de añadir nuevos criterios de comportamiento, tanto entre elementos del mismo rango (fusión de atributos) como en comportamientos derivados de la relación entre elementos de distintos rangos (conflicto de coexistencia con otros elementos cartográficos como caminos, hidrografía, toponimia, etc.), así como también generalizar los contenidos temáticos asociados a los elementos gráficos.

Independientemente de estas consideraciones, parece claro que esta dinámica de “pre-calcular” el diferente comportamiento de los objetos cartográficos para distintos niveles o “saltos” de escala prefijados es buena de cara al coste nulo de cálculo en el posterior proceso de presentación de los datos, ya que en una sola estructura almacenamos toda la información generalizada con sus atributos y sólo lanzamos aquella que nos interese en función del nivel al que nos interese visualizarla. Esto, como ya se comentó en la introducción, es muy válido para medios de difusión cartográfica en los que se necesite un apantallamiento rápido de información “multiescala”, teniendo en cuenta además que la información estaría en formato vectorial con todas las ventajas que supone de acara a establecer posibilidades de interactividad con el usuario.

Por último diríamos que los Sistemas de Información Geográfica tienen un papel importante en la generalización automatizada, puesto que son sistemas que reúnen características importantes a la hora de abordar estos procesos, como pueden ser la orientación a objeto, la observancia de las relaciones topológicas entre los elementos espaciales y el análisis múltiple de datos gráficos y alfanuméricos conjuntamente.

5. Referencias

- Baella, B.; Pla, M.(1999): *Eines de Generalització Automàtica utilitzades a l'Institut Cartogràfic de Catalunya*. Congreso ICA. pp: 54-62
- Bernabé Poveda, Miguel A.; Iturrioz Aguirre, teresa.(1995): *Elementos del diseño cartográfico*. Universidad Politécnica de Madrid. 305 p.
- Bertin, J.(1973): *Sémiologie Graphique*. Gauthier-Villars. París. 431 p.
- Buttendfield, B.P.; McMaster, R.B. (1991): *Map Generalization: Making rules for knowledge representation*. Ed. Longman Scientific & Technical. 245 p.
- García Balboa, J.L.; Ureña Cámara, M.; Reinoso Gordo, J.F.; Ariza López, F.J.(1999): *Comparación entre dos algoritmos de generalización de elementos lineales: Douglas-Peucker y Visvalingam*. XI International Congress of Graphics Engineering, Logroño. Vol. II. pp : 1003-1010.
- Liqiu Meng (1997): *Automatic generalization of geographic data*. Swedish Armed Forces.
- Schneider, Markus.(1997): *Spatial data types for database systems. Finite resolution geometry for gis*. Springer-Verlag. 275 p.
- Van Oosterom, P. (1995): *The GAP-tree, an approach to 'on-the-fly' map generalization of an area partitioning*. *Gis and Generalization, methodology and practice*. Ed. Taylor & Francis. pp: 120-132.