
XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.

Núcleos espaciados: algoritmo para la determinación de un eje medio a partir de multitrizas GNSS 3D

Paula Gil de la Vega^{a*}, Francisco Javier Ariza-López^a, Antonio T. Mozas-Calvache^a

^a *Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén.*

Resumen

La Información Geográfica Voluntaria (IGV) supone un cambio radical en la obtención y disponibilidad de Información Geográfica. La aportación de millones de usuarios de esta información proporciona un volumen de datos que, usados de forma correcta, es una fuente de un gran valor. En este trabajo se presenta un proceso semiautomático que permite trabajar con este tipo de información, el algoritmo “Núcleos espaciados”. Este algoritmo permite la obtención de un eje medio a partir de un conjunto de multitrizas GNSS 3D tomadas sobre un tramo de carretera. La eficacia del algoritmo ha sido evaluada con un control de calidad posicional del eje obtenido mediante el método de control posicional por elementos lineales de las distancias medias.

Palabras clave: IGV; exactitud posicional; multitrizas GNSS; cluster; eje; elementos lineales

1. Introducción

El importante incremento que se ha producido en el uso de equipos GNSS por parte del público en general a través de distintos dispositivos (navegadores, smartphones, tabletas, etc.) ha aumentado la disponibilidad de datos geográficos aportada por millones de usuarios anónimos en todo el mundo (Información Geográfica

* E-mail: pgil@ujaen.es.

Voluntaria, IGV). Esta es una importante fuente que, usada correctamente, puede reducir, e incluso eliminar, los costes asociados a la captura de datos en la producción cartográfica. Pero para ello habrá que establecer procesos automatizados destinados al aprovechamiento de la IGV para los fines que se pretenden.

La IGV, entre otras aplicaciones, puede ser utilizada para la creación y/o actualización de cartografía, dentro de la cual las vías de comunicación son una componente clave. Una circunstancia importante en este caso es que, por lo general, no se dispone de un único dato para un mismo fenómeno de la realidad. Por ejemplo, para un tramo de una vía de comunicación podemos disponer de cientos de trazas GNSS 3D. En esta situación se plantea una pregunta: ¿qué traza tomar como mejor o más representativa? Para solucionar este problema se ha diseñado el algoritmo “Núcleos espaciados” (en adelante ANE).

La obtención de un eje promedio a partir de multitrazas ya ha sido abordada con anterioridad por Edelkamp y Schrödl, S. (2003) y Schroedl et al (2004) con algoritmos basados en k-medias. En ellos se propone la clasificación de los vértices de las trazas en cluster o grupos cuyos centroides semilla se obtienen de un cartografía previa y son equidistantes. El algoritmo “Núcleos espaciados” difiere de los propuestos por los citados autores en que la naturaleza de los datos que emplea es 3D, en que no usa una cartografía previa para la obtención de las semillas (lo cual no sería posible puesto que no siempre existe una cartografía que disponga de datos en 3D), y en que la disposición de las semillas iniciales no está equiespaciada, sino que procede del propio conjunto de datos.

Este algoritmo es un proceso semiautomático que permite el cálculo de un eje 3D a partir de un haz de trazas GNSS 3D de navegación capturadas sobre una misma calzada. El algoritmo se basa en la agrupación en grupos de los vértices que forman las trazas. Cada grupo tiene asignado un centroide, de manera que cada vértice está más próximo al centroide del grupo al que pertenece que a ningún otro centroide de los grupos restantes. Como centroides de partida se toman los vértices correspondientes a una de las trazas que forman el conjunto. La elección de dicha traza se lleva a cabo de forma manual previa visualización 3D de las mismas teniendo en cuenta dos aspectos; en primer lugar, que la traza seleccionada defina correctamente la geometría del tramo de carretera (prestando especial atención a la definición de las curvas), y en segundo lugar, que sea una traza central, es decir, no esté alejada de donde se concentran la mayoría de las trazas (aunque el análisis cluster es una técnica estadística consolidada que se basa en un proceso iterativo de aproximación y, en general, para un conjunto de datos dado, la “calidad” de las semillas afecta más a la convergencia (tiempo) que al resultado).

El algoritmo presentado en este trabajo ha sido aplicado a un caso real, concretamente a dos tramos de carretera. Así pues, se han determinado los ejes medios de dos conjuntos de trazas GNSS 3D tomadas con un navegador convencional (Columbus V990) y se han comparado con los ejes obtenidos de un levantamiento preciso con un equipo topográfico y geodésica (Leica 1200) para determinar la precisión posicional del eje obtenido por el algoritmo.

2. Metodología, materiales, datos y herramientas

El algoritmo “Núcleos espaciados” está diseñado para el cálculo del eje promediado obtenido a partir de un conjunto multitrazas GNSS 3D de navegación capturadas sobre un mismo elemento lineal (calzada). Las hipótesis de partida para la aplicación del algoritmo son:

- La información de partida es un conjunto (T) de trazas (t_i) formadas por vértices (V_j) tridimensionales:

$$T \{ t_1, \dots, t_n \}$$

$$t_i \{ V_1, \dots, V_{ni} \}$$

$$V_j \{ X_j, Y_j, Z_j \}$$

- Todas las trazas que forman el conjunto T corresponden al mismo elemento lineal y tienen principio y un fin próximo.
- Las operaciones que se llevan a cabo sólo atienden a aspectos geométricos de los datos (no se tienen en cuenta la velocidad, la orientación, la calidad de las observaciones, etc.)

El ANE está basado en la agrupación espacial. Los datos se organizan en grupos o clusters, de tal forma que los elementos del mismo grupo son similares entre sí y diferentes de los otros (Cangrejo & Agudelo, 2011). El conjunto de datos se divide en un número de grupos que no se superponen (un dato se asigna al grupo más cercano basado en la proximidad).

Los datos de entrada son los vértices de las multitrizas GNSS 3D. Éstos se agrupan (Figura 1) y tienen asociados un centroide, de manera que cada vértice forma parte del cluster cuyo centroide es más próximo. Para establecer el número de grupos y centroides, se toma una cualquiera de las trazas del conjunto multitrizas, de modo que cada vértice de la traza es un centroide y el número de vértices, por lo tanto, es el número de clusters. La selección de esta traza podría ser automática, o basarse en algún tipo de criterio (longitud de la t_{inicio} cercana a la longitud promedio del conjunto T, mayor densidad de vértices, etc.). En nuestro caso, se han visualizado y la traza de inicio se ha seleccionado bajo el criterio de centralidad, por ello, en este caso el algoritmo se considera semiautomático.

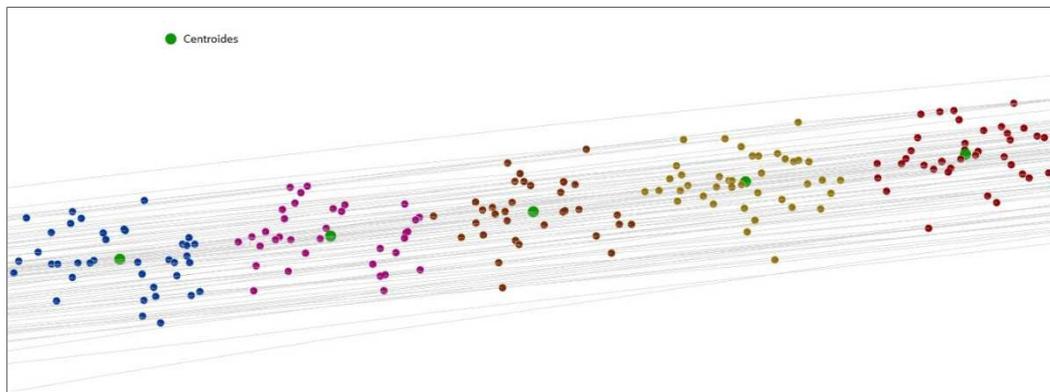


Fig. 1. Ejemplo de agrupación de los vértices al cluster con centroide más cercano.

El ANE es iterativo. Una vez se ha realizado la primera agrupación, se recalculan los centroides utilizando un valor medio de los vértices que forman cada cluster. El proceso de agrupación y cálculo de nuevos centroides se repite hasta que la distancia máxima entre los centroides de una iteración y los centroides de la iteración anterior es inferior a una tolerancia predeterminada (p.e. 20cm). Una vez finalizadas las iteraciones, los centroides de cada cluster serán los vértices que forme el eje medio de la solución promediada.

Para evitar la influencia de los valores atípicos, se establece una distancia máxima entre los vértices y los centroides de los grupos. Si la distancia entre un vértice y un centroide es mayor que esa distancia máxima, el vértice no se clasifica dentro de ningún grupo. En la Figura 1 puede observarse como las trazas exteriores no tienen vértices asignados a ningún cluster.

Este algoritmo ha sido probado mediante un ensayo sobre dos tramos de la carretera JV-2227 entre Cárcel y Carchelejo en la provincia de Jaén (Figura 2). Uno de los tramos define una recta de 124m, mientras que el otro es una curva de 210m de longitud. Estos dos tramos han sido capturados con un levantamiento cinemático con el navegador Columbus V990 (Tabla 1) instalado sobre un vehículo múltiples veces para obtener un conjunto multitrizas GNSS 3D.

Tabla 1. Características de las características GNSS

EQUIPO	FRECUENCIA (Hz)	CORRECCIONES	POSTPROCESO	APLICACIÓN	PRECISIÓN*
Columbus V990	1	Ninguna	No	Levantamiento cinemático	3.0 m CEP 30-50% 5.0 m CEP 95%
Leica	20	Correcciones diferenciales	Sí	Levantamiento RTK	1cm (horizontal) 2cm (vertical)

*Precisión nominal de los equipos extraída de las especificaciones técnicas del fabricante.

Para evaluar la calidad del resultado del ANE, en este caso desde una perspectiva posicional 3D los dos tramos se capturaron con un método y con un equipo de mayor precisión. Se realizó un levantamiento RTK con el equipo topográfico y geodésico Leica 1200 (Tabla 1) recibiendo correcciones diferenciales a través de una conexión GPRS desde la estación de referencia UJAE de la Red Andaluza de Posicionamiento. Los datos obtenidos fueron procesados posteriormente con el software Leica Geo Office. El eje que se obtiene con este levantamiento preciso se toma como eje de control del eje medio obtenido con el ANE a partir del conjunto multitrizas y se aplica un método de control posicional por líneas (Mozas A. , 2007)

Para analizar la calidad posicional del eje obtenido se utiliza el método de las distancias medias. Este método fue desarrollado por McMaster (1986) para analizar la calidad del proceso de generalización de líneas y, posteriormente, Mozas y Ariza (2010) lo emplearon para la evaluación posicional. La métrica consiste en la determinación de todas las distancias entre los vértices de la línea a controlar y la línea de control y la determinación de un valor promedio de desplazamiento.



Fig. 2. Tramos de carretera utilizados en el ensayo metodológico. Ortofotografía procedente del Instituto Geográfico Nacional.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en este estudio son presentados en la Tabla 2. Se observa que la exactitud del eje en la curva es mucho peor que en la recta, dado que se trata de una geometría más compleja y, por lo tanto, es más difícil de modelar. Además, la zona de la curva presentaba un talud en uno de esos márgenes, lo que afecta al horizonte de satélites, haciendo que las coordenadas que se obtienen sean menos precisas al ser afectadas del efecto multicamino. Tales diferencias pueden apreciarse también en la Figura 4, donde se observa que el eje discurre por el centro de la carretera en recta, mientras que en la curva el eje está desplazado hacia el exterior.

Tabla 2. Resultados del control posicional de los ejes obtenidos con el algoritmo “Núcleos espaciados”

	Distancias medias
Tramo curvo	6.012 m
Tramo recto	1.307m

A la vista de la Figura 3, puede observarse que, salvando el desplazamiento con respecto al eje ya comentado y cuantificado en la Tabla 2, la geometría en sí de los ejes es correcta respecto al eje obtenido con el levantamiento preciso. Los ejes determinados con ANE se aproximan bastante a la forma que la carretera toma en cada tramo.



Fig. 3. Ejes obtenidos con el ANE.

Hay que indicar que con los navegadores convencionales como el que se ha utilizado para realizar el ensayo, las trazas presentan un gran número de valores atípicos, puesto que este tipo de equipo siempre están midiendo, independientemente de la precisión que pueda alcanzarse en cada momento. Aunque el algoritmo toma una medida para evitar que los valores atípicos afecten a los cálculos con la introducción de una distancia máxima para la clasificación de los vértices en cada centroide, los valores próximos a dicha distancia máxima siguen introduciendo ruido en la determinación de los vértices que forman el eje.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un algoritmo para la determinación de un eje medio a partir de un conjunto de multitrazas GNSS. La aplicación sobre un tramo de carretera real, determinando su exactitud posicional respecto a un eje obtenido con un levantamiento de mayor precisión ha permitido comprobar la operatividad y viabilidad de del algoritmo “Núcleos Espaciados” para la obtención de ejes medios a partir de conjuntos multitrazas GNSS, una información cada vez más abundante gracias a la IGV. Algoritmos de este tipo permiten utilizar la abundante IGV para la actualización y/o creación de cartografía de vías de comunicaciones, tanto 2D como 3D con un bajo coste, si bien no debe olvidarse la exactitud de los datos de partida, estando su utilización limitada al propósito de la cartografía donde pretendan incorporarse los ejes obtenidos.

A la vista de los resultados, cabría establecer tres mejoras para el algoritmo. Por un lado, sería interesante la detección y eliminación de valores atípicos previa a la aplicación del algoritmo, eliminando la posible influencia que estos pudieran tener en el resultado, ya que como ya se ha comentado, en los navegadores convencionales suelen ser habituales la presencia de este tipo de datos. Por otro lado, se debería plantear algún tipo de suavizado del eje obtenido para evitar las oscilaciones que, sobre todo en altimetría, se producen en las zona de curvas. Por último, como forma de dar continuidad al trabajo se están desarrollando criterios para la selección automática, en lugar de la selección manual de la traza semilla, en un entorno de trazas más diverso, donde puedan existir trazas conflictivas (p.e. con presencia de puntos y/o secciones atípicas, trazas con discontinuidades, etc.).

Agradecimientos

Esta investigación se ha realizado dentro del proyecto de investigación “Evaluación 3D de elementos lineales de información geográfica (E3DLING)” del Ministerio de Economía y competitividad (BIA2011-23271). Igualmente, se agradece a la Junta de Andalucía la financiación económica del Grupo de Investigación Ingeniería Cartográfica (PAIDI-TEP-164) desde 1997 hasta la fecha.

Referencias

- Biagioni, J., & Eriksson, J. (2012). Inferring Road Maps from Global Positioning System Traces. Survey and comparative Evaluation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2291), 61-71.
- Cangrejo, D., & Agudelo, J. G. (2011). Minería de datos espaciales. *Avances en Sistemas e Informática*, 8(3), 71-77.
- Edelkamp, S., & Schrödl, S. (2003). Route Planning and Map Inference with Global Positioning Traces. En R. Klein, H. W. Six, & L. Wegner, *Computer Science in Perspective* (Vol. 2598, págs. 128-151). Berlin: Springer.
- McMaster, R. B. (1986). A statistical analysis of mathematical measures for linear simplification. *The American Cartographer*, 13(2), 103-116.
- Mozas, A. (2007). *Control de la calidad posicional en cartografía por elementos lineales*. Jaén: Universidad de Jaén.
- Mozas, A., & Ariza, F. J. (2010). Methodology for positional quality control in cartography using linear features. *The Cartographic Journal*, 47(4), 371-378.
- Schroedl, S., Wagstaff, S., Rogers, P., Langley, P., & Wilson, C. (2004). Mining GPS Traces for Map Refinement. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(1), 59-87.