

MAPAS ACÚSTICOS EN ZONAS URBANAS MEDIANTE PREDICCIÓN ESTADÍSTICA

PACS: 43.50.Rq

López Quílez, Antonio¹; López Quílez, Eva²; Abellán Andrés, Carlos¹

¹Departamento de Estadística e I.O., Universitat de València

Doctor Moliner 50. 46100 Burjassot. Spain

Tel: 963 543 792

Fax: 963 543 238

Email: Antonio.Lopez@uv.es, Carlos.Abellan@uv.es

²Consultoría Promedio, S.L.

Obispo Jaime Pérez 24-17. 46006 Valencia. Spain

Tel / Fax: 963 361 175

Email: Eva.Lopez@consultoriapromedio.com

ABSTRACT

The noise and its effects on health suppose a current problem in the big cities. Legislation establishes the need of evaluation and management of the environmental noise, affecting in the elaboration of acoustic maps. In an urban zone, multiple noise sources exist, being the principal one the road traffic, which is difficult to characterize. It will be necessary to realize a prediction by means of mathematical or statistical techniques from the measured values. Spatial statistical prediction methods are analyzed as useful tool for the accomplishment of acoustic maps, obtaining estimations of average levels and their errors.

RESUMEN

El ruido y sus efectos sobre la salud es un problema actual de primera magnitud en las grandes ciudades. La legislación establece la necesidad de evaluación y gestión del ruido ambiental, incidiendo en la elaboración de mapas acústicos. En una zona urbana existen múltiples fuentes de ruido, siendo la principal el tráfico rodado, que es difícil de caracterizar aisladamente. Será necesario realizar una predicción mediante técnicas matemáticas o estadísticas a partir de los valores medidos. Se analizan los métodos de predicción estadística espacial como herramienta útil para la realización de mapas acústicos, obteniendo estimaciones de los niveles medios y sus errores.

INTRODUCCIÓN

El ruido, considerado como un sonido indeseado por el receptor o como una sensación auditiva desagradable y molesta, es causa de preocupación en la actualidad, por sus efectos sobre la salud, sobre el comportamiento humano individual y grupal; debido a las consecuencias físicas, psíquicas y sociales que conlleva.

A nivel europeo la preocupación por el problema del ruido se refleja en la aprobación de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, norma que constituye en la actualidad un referente básico, coherente e integrado, de la política comunitaria en esta materia.

El ruido agrava el estrés, perturba el sueño y puede incrementar los riesgos de enfermedad cardíaca. Se estima que las pérdidas económicas anuales en la Unión Europea inducidas por el ruido ambiental se sitúan entre 13.000 y 38.000 millones de euros. Además, el aumento de la población y del tráfico encarecerá las medidas correctoras que se adopten en un futuro.

El Ministerio de Medio Ambiente elaboró y aprobó la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (BOE núm. 276, de 18.11.2003). Se pretende conocer la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruidos y poner a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos. Los mapas acústicos son la representación gráfica de los niveles de ruido existentes en una zona determinada, que permiten dar una visión global de la situación de una manera rápida, sencilla y precisa.

Para poder ofrecer soluciones, es necesario conocer cuál es la situación concreta de una determinada zona, y la herramienta fundamental la constituyen los mapas acústicos, radiografías que dan la verdadera dimensión del problema y que tienen por objeto analizar los niveles de ruido existentes, realizar predicciones globales para dicha zona y posibilitar la adopción de las medidas correctoras más adecuadas.

En la Comunidad Valenciana existen niveles de ruido por encima de los límites máximos admisibles por los organismos internacionales y por la Unión Europea, al superar los 65 dB(A) de nivel equivalente diurno y los 55 dB(A) durante el periodo nocturno. La contaminación acústica es un fenómeno generalizado en todas las zonas urbanas, y constituye un problema medioambiental importante.

La Generalitat Valenciana aprobó la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de Protección contra la Contaminación Acústica (DOGV nº 4394, de 09.12.2002). Tiene por objeto prevenir, vigilar y corregir la contaminación acústica en el ámbito de la Comunidad Valenciana para proteger la salud de sus ciudadanos y mejorar la calidad de su medio ambiente; y en ella se establece la necesidad de elaborar mapas acústicos en los municipios de más de 20.000 habitantes.

En una zona urbana existen múltiples fuentes de ruido, siendo la principal el tráfico rodado por su extensión y variabilidad, creando diferencias entre las distintas vías, e incluso a lo largo de la misma vía. La aplicación de métodos de difusión acústica requieren la identificación de fuentes bien definidas, pero el tráfico de una zona urbana es difícil de caracterizar.



Para conocer la situación acústica de una zona urbana, se realizan mediciones en diferentes puntos, cubriendo el espacio estudiado, haciendo especial énfasis en las aglomeraciones de personas y en las vías de tráfico intenso y/o pesado. En cada punto de observación se efectúan medidas puntuales de duración entre 10 y 15 minutos, en diferentes periodos (festivo día/tarde/noche y laborable día/tarde/noche).

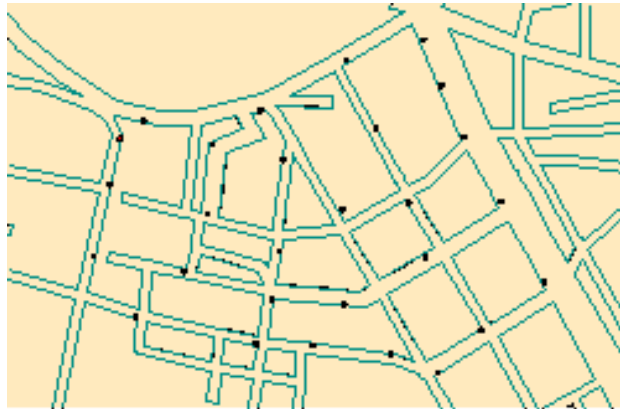
A partir de los valores medidos por el sonómetro en los puntos muestreados, se pretende conocer el nivel de contaminación acústica en toda la zona. Para ello será necesario realizar una predicción mediante técnicas matemáticas o estadísticas.

En este trabajo se pretende analizar las posibilidades que ofrecen los métodos de predicción estadística espacial para la realización de los mapas acústicos. Para ilustrar su aplicabilidad, se presentan los resultados de una experiencia real en un barrio de la ciudad de Valencia.

NIVEL ACÚSTICO EN UN BARRIO DE VALENCIA

Se realizó un estudio preliminar elaborado en un barrio residencial de la ciudad de Valencia. Para conocer la situación acústica del barrio, se han realizado 28 mediciones en diferentes puntos. Se dispone de las coordenadas de la ubicación de las mediciones y el nivel sonoro continuo equivalente L_{eq} observado.

En la imagen siguiente están representadas sobre un mapa de la zona de estudio las ubicaciones de las mediciones realizadas.



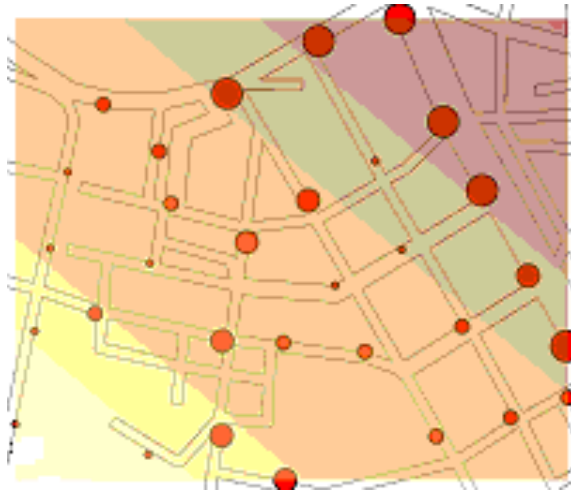
Este barrio es representativo de una zona urbana presentando diferentes tipos de vía con diversas intensidades de tráfico. También incluye el efecto del tráfico ferroviario por el oeste.



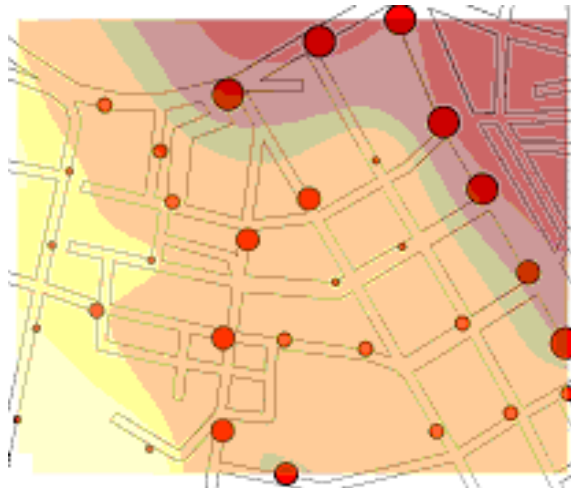
MÉTODOS MATEMÁTICOS DE INTERPOLACIÓN

Asumir la uniformidad a lo largo de cada vía es una simplificación excesiva, pues la variabilidad generada por la regulación del tráfico produce alteraciones apreciables. A partir de los datos recogidos, es necesario obtener predicciones en el resto de la zona. Pueden emplearse distintos procedimientos matemáticos para proporcionar estimaciones a partir de las observaciones.

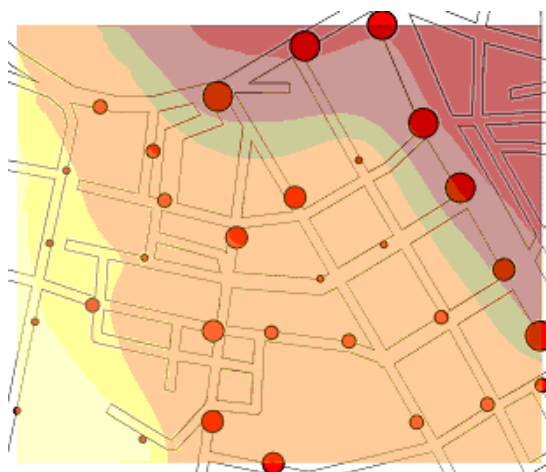
Una primera solución posible es realizar una suavización mediante interpolación global. Consiste en calcular el valor estimado en un punto no observado empleando una ecuación de base dependiente de la distancia entre el punto interpolado y los puntos muestrales vecinos. Este método únicamente está captando la tendencia de los valores. Para calcular las estimaciones mediante una interpolación global pueden emplearse diferentes programas informáticos. Hemos utilizado la extensión "Geostatistical Analyst" del software ArcGIS.



El empleo de las ecuaciones de base localmente proporciona un mejor ajuste del problema, pues permite adaptarse mejor a las peculiaridades de cada zona. La interpolación local produce resultados que ajustan mejor los valores de los que disponemos pero que resultan ser demasiado específicos de dichos valores.



Ambos tipos de interpolación pueden combinarse, produciendo resultados intermedios. En la siguiente imagen se muestra el resultado de aplicar la interpolación con un 70% de componente local y un 30% global. Nuevamente se observa la tendencia Suroeste-Nordeste aunque se aprecia el ajuste de valores elevados en el eje central del barrio.

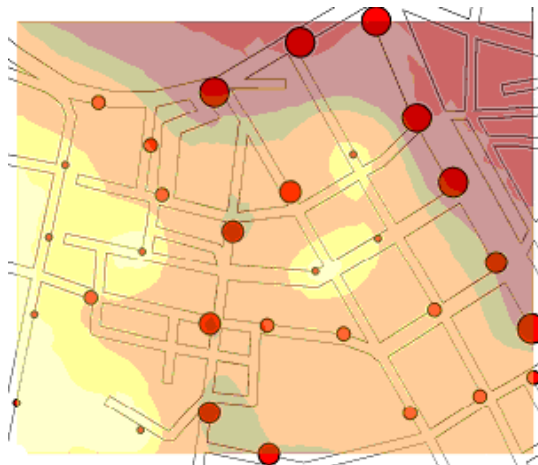


Empleando los métodos anteriores se consigue una superficie interpolada que pasa por las observaciones, pero no proporciona una valoración del error siendo poco completos por tanto como métodos de predicción. La posible presencia de error en la medición o de distorsión del proceso hace que la interpolación sea poco útil. En cambio, la obtención de una superficie suave que se aproxime a los datos proporciona un modelo global que intenta recoger las principales características del fenómeno estudiado.

PREDICCIÓN ESTADÍSTICA

La Geoestadística es un término acuñado para denominar a las técnicas estadísticas aplicadas al análisis geográfico. Los datos pueden verse como una realización parcial del proceso aleatorio por el que se genera el ruido y su variación en una región continua. Se asume que el proceso puede ser expresado como la suma de tres componentes: una componente determinística que define la tendencia general, una componente estocástica espacial que relaciona las observaciones próximas, y una componente residual o de error.

El objetivo principal en la aplicación de la Geoestadística es habitualmente la predicción en un punto o en un conjunto de puntos de la región observada. La técnica de predicción espacial más empleada es el kriging. El kriging consiste en la predicción lineal espacial óptima que produce unos residuos insesgados. La clave fundamental en el kriging es la modelización y estimación del variograma, que recoge la relación espacial en el proceso. Este conocimiento de la variabilidad permite valorar el error producido por la predicción.



El hecho de contar con un error de predicción nos permitirá calcular intervalos de predicción, facilitando así la comparación con los límites acústicos establecidos en la ley vigente.

INTRODUCCIÓN DE INFORMACIÓN ADICIONAL

La información disponible sobre las características de la vía y la presencia de fuentes de ruido identificadas puede incorporarse al procedimiento de predicción estadística mejorando las estimaciones y reduciendo el error de predicción. También los resultados obtenidos por los modelos de difusión acústica pueden ser tenidos en cuenta como covariables en el modelo de regresión espacial.

La combinación de todos estos elementos requiere de una programación apropiada, adaptando las técnicas a cada situación. El lenguaje de programación estadística R y diferentes paquetes de métodos geoestadísticos facilitan las labores computacionales para realizar el análisis. Este software es de libre distribución (<http://cran.r-project.org>).

CONCLUSIONES

La realización de mapas acústicos en zonas urbanas a partir de las observaciones realizadas presenta dificultades debido a las múltiples fuentes de ruido y a la variabilidad de sus efectos. El análisis de estos datos requiere técnicas estadísticas adecuadas que combinen la información de las fuentes y las mediciones obtenidas. Los métodos geoestadísticos proporcionan una suavización de los niveles acústicos y una valoración de la variabilidad que permite estimar la incertidumbre incluso en los puntos no observados.

REFERENCIAS

Cressie, N. (1993). *Statistics for spatial data, segunda edición*. John Wiley and Sons, New York.

Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, New York.

Ripley, B.D. (1981). *Spatial Statistics*. John Wiley and Sons, New York.

R Development Core Team (2000). *An introduction to R*. <http://cran.r-project.org>

Ribeiro JR., P.J. and Diggle, P.J. (2001) geoR: A package for geostatistical analysis. R-News Vol 1, No 2. <http://cran.r-project.org/doc/Rnews>