

Recuperación y análisis de datos espaciales usando tecnología .NET

Miguel F. Mata, Miguel Torres

Laboratorio de Geoprocesamiento
Centro de Investigación en Computación
Instituto Politécnico Nacional
Av. Juan de Dios Bátiz s/n Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"
C.P. 07738, México, D.F., MÉXICO
migfel@sagitario.cic.ipn.mx, mtorres@cic.ipn.mx

Resumen. En este capítulo, se presenta una aplicación basada en Web Mapping para recuperar y analizar información espacial utilizando tecnología .NET, en particular efectuar análisis espacial de buffer en la web. La aplicación esta basada en un componente Net el cual opera sobre un servidor Web, se divide básicamente en dos módulos los cuales son el modulo de análisis Espacial (MAE) y el Módulo de Recuperaciones Espaciales (MRE). Para demostrar la utilidad de la propuesta los análisis y consultas se realizan a partir de una imagen JPG que muestra un mapa de la republica mexicana; además de poder visualizar los datos de forma tabulares trabajo se realizo con base en el modelo cliente-servidor usando un Navegador Web.

1 Introducción

Hoy en día, una de las tendencias de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) esta enfocada hacia el web. Donde el concepto de web mapping se ha referido a la capacidad de ofrecer las funcionalidades básicas de navegación de un SIG, como son: Pan, Zoom, Identify etc. Pero actualmente se ha extendido para que se proporcionen las capacidades de análisis espacial mas comunes de un SIG, el caso de análisis de proximidad es uno de ellos, y por ello este trabajo fue desarrollado para implementar dicho análisis usando Web Mapping, El análisis de Buffer es una función disponible en los SIG como Arcview y ArcInfo [1], actualmente, algunos servidores web de mapas solo realizan análisis de *buffer puntual* [2] y sobre formatos raster, como es el caso de [3]. Las aplicaciones de Web Mapping existentes no proporcionan capacidades de análisis espacial, ya que están enfocados a la navegación, presentación y ejecución de consultas tabulares. Es por ello que esa propuesta se enfoca a implantar el algoritmo de buffer lineal para una aplicación de Web Mapping y con la capacidad de obtener resultados en formato raster y vectorial.

En el área de la Geocomputación, aplicar análisis de *buffer o proximidad*, es efectuar un proceso que consiste de generar un polígono, el cual encerrara una primitiva espacial (punto, línea o polígono) a través de un radio de distancia específica o por medio del valor de un atributo; a esto se le denomina el área de

influencia. Los buffer se generan de acuerdo al tipo de primitiva espacial, por lo cual aplicar un buffer a un dato de tipo puntual, resultara en un buffer puntual, para el caso de la línea en un buffer *lineal*, y finalmente para polígonos en un *buffer poligonal* [4].

El análisis de proximidad depende del radio o longitud establecida, de las primitivas espaciales y del tipo de fenómeno natural sobre el que se aplica. El análisis de proximidad, forma parte de los principales análisis espaciales que ofrece un SIG, su funcionalidad se ha desarrollado en ambientes 3D con lenguajes de programación tales como: Java y VRML [5] la desventaja de estos es que no trabajan sobre formatos propietarios y no realizan buffer. También, el proceso de bufferización se ha implantado para una herramienta SIG de escritorio [6]. Los SIG como Arcinfo [7] ofrecen opciones de configuración para efectuar bufferización, atributos que se encuentran implicados y la distancia del buffer [8].

La aplicación del análisis de Buffer se basa en la longitud o radio de influencia, y una vez aplicado, el resultado consiste en una nueva capa de datos espaciales, la cual esta conformada por los objetos espaciales, de tipo polígono, los cuales cubren o rodean a las objetos espaciales sobre los cuales se aplico el análisis. En esta nueva capa, los objetos que se intersectan, se fusionan para generar un solo objeto de superficie continua, lo cual permite hacer un cálculo del área de proximidad o buffer de los objetos.

Por otro lado, si se considera el enfoque del Web y la gran variedad existente de formatos espaciales que se encuentran tanto en bases de datos orientados a objetos, como archivos de formato propietario y etc. [9] esto resulta en un problema para recuperar y manejar la información, por lo cual se han generado diversas propuestas y modelos para poder compartir y recuperar los datos, todo ello a través de lenguajes como: XML o GML lo cual facilita el manejo e interoperabilidad de los objetos geográficos en Internet [10] aunque no se han enfocado a los análisis de proximidad. Además, teniendo en cuenta que en el Web es prioridad la capacidad y velocidad de respuesta se opto por un modelo bajo el cual las operaciones se realizan tanto en formato *vectorial* como *raster*, pero los resultados se muestran en un formato de imagen JPEG o GIF, lo cual permite agilizar las respuestas del servidor hacia el cliente, cabe señalar que el sistema proporciona al cliente la opción de obtener el resultado en formato vectorial, y ésta es una alternativa de solución a la limitación de aplicar análisis espacial en una pagina HTML [11].

El resto del documento esta organizado en la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la arquitectura de la aplicación y funcionamiento de la aplicación; la sección 3 describe el proceso de *proximidad*. Se muestran los resultados en la sección 4 y la sección 5 trata sobre las conclusiones del trabajo.

2 Arquitectura de la aplicación

La arquitectura de la aplicación se basa en el modelo cliente – servidor, y en la parte del servidor residen los siguientes módulos: Módulo de Análisis Espacial (MAE), el Módulo de Recuperaciones Espaciales (MRE) quien recibe peticiones del MAE, el MRE se encarga de seleccionar la función correspondiente a las peticiones recibidas.

El MRE trabaja con base en un componente cuya función es desplegar y convertir las unidades del mapa a unidades de pantalla, y efectuar consultas atributivas y espaciales desde una base de datos geográfica o un archivo de formato específico, cabe señalar que estos módulos fueron desarrollados con tecnología Net.

Cuando el MRE ha recuperado los objetos espaciales requeridos para el análisis, estos son enviados al MAE; y de acuerdo a estos resultados, se construye la página HTML, incrustando la imagen que muestra el resultado de la petición. El modelo se ilustra en la Fig. 1.

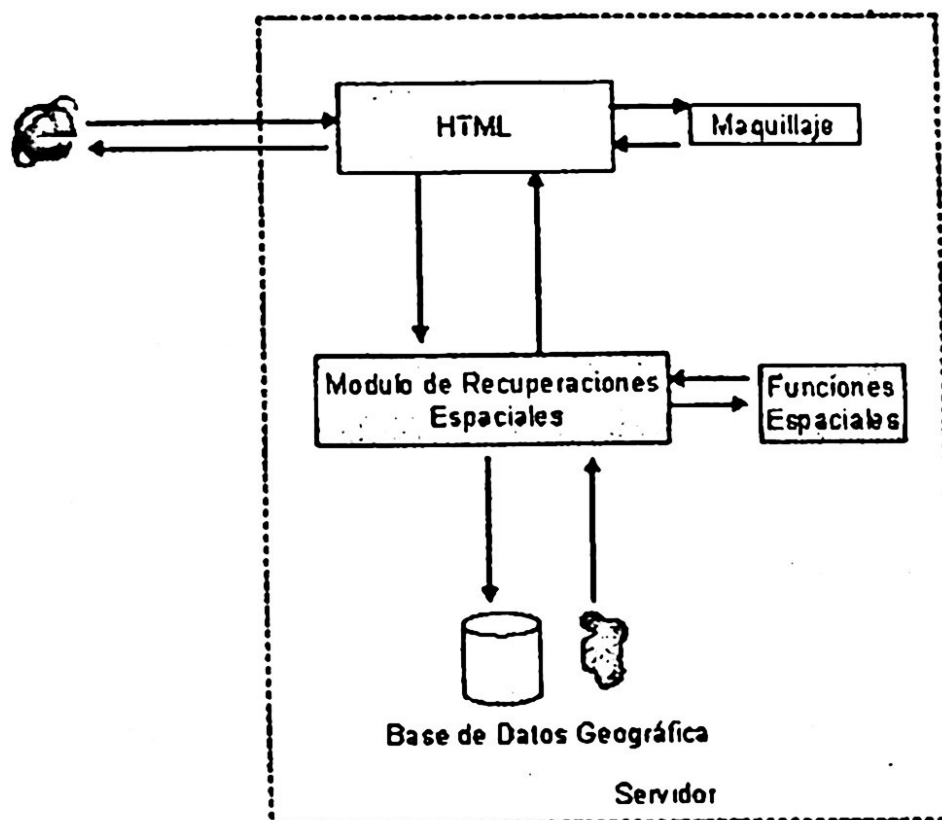


Fig. 1. Arquitectura del Servidor Web de Mapas

En la Fig. 1 se puede apreciar que el Módulo de Recuperaciones Espaciales (MRE) es la parte principal en el modelo. Entre sus funciones esta el proceso para hacer el análisis espacial requerido por el cliente. Una vez que se ha seleccionado la función, se recuperan los datos, construyendo la consulta espacial necesaria para acceder a la información, geométrica o topológica, que esta en alguna fuente de datos. La consulta es ejecutada y el MRE, envía los resultados obtenidos generando la imagen del mapa y construyendo la página HTML.

El modelo para análisis de buffer se muestra en la Fig. 2. El MRE una vez que selecciona el tipo de operación espacial a realizar, hace la llamada a las funciones implicadas para obtener los resultados requeridos y enviarlos.

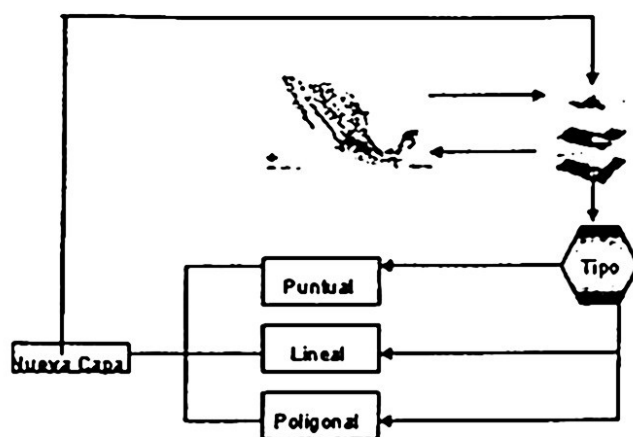


Fig. 2. La operación de MROE

En la Fig. 2, Se muestra el funcionamiento del MRE respecto al análisis de proximidad, donde lo primero que se realiza es determinar el tipo de capa sobre la cual se pide efectuar el buffer, el tipo de capa se determina a través del tipo de primitiva de representación espacial y una vez que se conoce esto se aplica el proceso de *bufferización* correspondiente. El proceso de *bufferización* genera una nueva capa espacial en base a los parámetros de influencia que sean considerados en el análisis. Este mecanismo se encarga de generar la nueva capa de datos (capa buffer de datos), en base al siguiente proceso:

- Se aplica el buffer a cada capa de datos seleccionada.
- Se genera una nueva capa de datos buffer.
- Se exporta a formato shapefile para que pueda presentarse como una capa de datos nueva en el sistema y sea posible procesarla de manera independiente.

3 Proceso de bufferización

Para efectuar el proceso de *bufferización* es necesario conocer el tipo de primitiva de representación: puntos, líneas o polígonos. A continuación se describe el proceso que se efectúa para realizar la *bufferización* lineal, ya que la puntual consiste únicamente de generar un círculo cuyo radio esta en función de un atributo o distancia específica, siendo el proceso muy sencillo, además la *bufferización* lineal es la base de la *bufferización* poligonal.

Para efectuar la *bufferización* es necesario trabajar con la topología de las capas. Para iniciar, se asignan a cada arco de línea (delimitado por nodos) el ancho de buffer apropiado, (puede ser fijo o mediante una tabla de pesos). Dicho ancho de buffer lo denominaremos radio Buffer b ; es necesario que cada arco se procese de manera individual, para hacer un proceso iterativo. Entonces considerando la Fig. 3, tendremos que cada segmento de línea tiene un nodo inicial definido por $(E_1, N1)$ y un nodo final definido por $(E_2, N2)$.

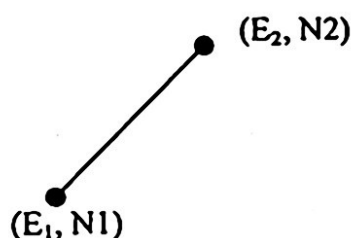
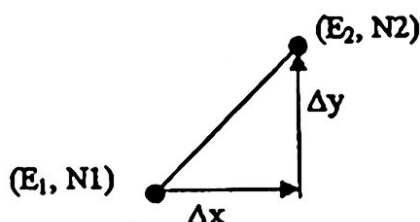


Fig. 3. Nodos iniciales de un arco de línea

En el siguiente paso, utilizaremos las coordenadas de cada nodo, para calcular Δx y Δy entre los dos puntos a ser computarizados, esto se muestra en la Fig. 4.

Fig. 4. Cálculo de Δx y Δy

En el tercer paso se determinan los puntos finales de las líneas buffer, las cuales se posicionan a los costados del segmento de línea original, a una distancia perpendicular b . En la Fig. 5 se ilustra este proceso; las ecuación 1 se aplica para determinar los valores correspondientes.

$$E_1 \pm b * \text{Sen} \left[\text{Tan}^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right) \right] \quad (1)$$

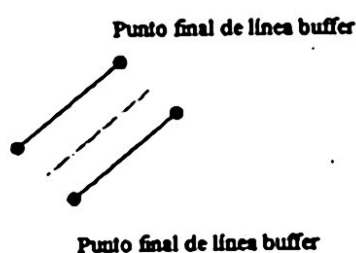


Fig. 5. Puntos finales de las líneas buffer

Para el caso en el que la línea sea horizontal o vertical con respecto al eje de coordenadas la formula se simplifica. Es entonces cuando se efectúa el siguiente paso: examinar el valor de la tangente al segmento de línea, para determinar si los incrementos al este o al norte son sumados o restados dependiendo de la dirección de la línea., una vez que las dos nuevas líneas paralelas de buffer, han sido identificadas,

se repite el proceso al siguiente segmento de línea. El quinto paso consiste en identificar las intersecciones de las líneas paralelas de buffer de cada segmento y las nuevas coordenadas son asignadas a los vértices comunes.

Estos pasos son repetidos hasta que último segmento de línea ha sido procesado. El sexto paso implica definir la terminación del buffer (en los puntos de inicio y los puntos finales de la línea). La Fig. 6 muestra estos puntos.

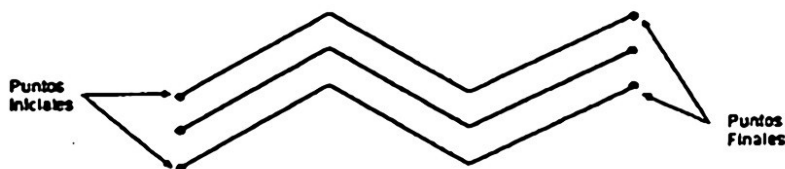


Fig. 6. Puntos iniciales y finales de las líneas de buffer

Para finalizar el buffer, se procede a encerrar el punto de inicio y el punto final de la línea con un semicírculo o un buffer de radio b , el cual se muestra en la Fig. 7.

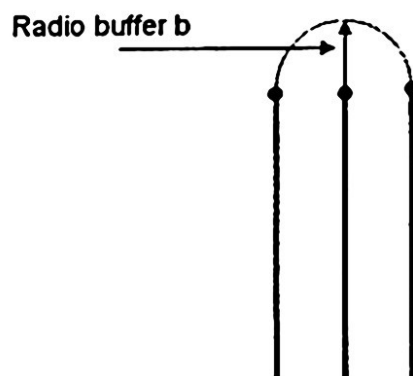


Fig. 7. Buffer de radio b

3.1 Buffer para datos tipo punto

Dentro de las 3 primitivas espaciales existentes para un Shapefile, aplicar buffer puntual, es el proceso más sencillo, ya que solo se necesita generar un polígono circular alrededor de cada punto con un radio igual al ancho del buffer. Es posible que existan múltiples puntos en la capa a la que se le aplicará el buffer, por lo que se deben verificar las sobreposiciones que se produzcan. Las secciones que se superpongan deberán ser fusionadas, ya que el resultado de la operación será una capa de polígonos, la cual representa el área cubierta por los buffer superpuestos. Este proceso implica dos operaciones conocidas como: *Intersección* y *Disolución*.

En la Fig. 8 se puede apreciar el resultado de la operación de intersección, los puntos de intersección son marcados gráficamente en color amarillo, para poder

observar la siguiente operación de eliminación de líneas que no son necesarias en el buffer. La operación de intersección ayudará a eliminar las líneas que no serán necesarias debido a que se cruzan entre sí. La Fig. 9 muestra la operación de eliminación.

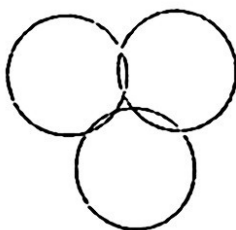


Fig. 8. Operación de intersección

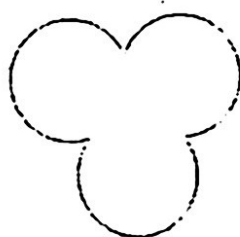


Fig. 9. Operación de eliminación a partir de la intersección

Una vez que se han eliminado las líneas de intersección, se aplica la operación de disolución, la cual genera un cuerpo sólido con las líneas que forman el buffer. La Fig. 10 ilustra el resultado de esta operación.

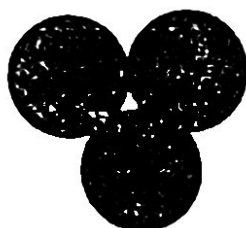


Fig. 10. Operación de disolución

El proceso de buffer da como resultado una nueva capa de datos de tipo polígono, los cuales representan las zonas de buffer (por distancia fija o por pesos). La tabla de polígonos resultante tendrá identificadores para cada uno de los polígonos generados en el proceso de buffer, y un atributo adicional que indica si el polígono en particular está dentro o fuera de la zona de influencia. En la Fig. 11 se muestra este proceso, donde 1 indica que el polígono está dentro de la zona de buffer y 0 indica lo contrario.

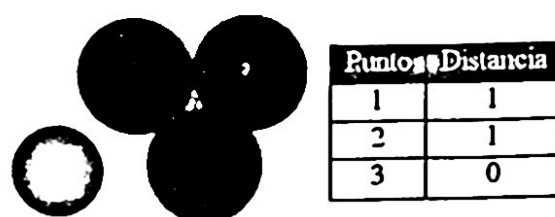


Fig. 11. Resultado del buffer final

4 Resultados

Haciendo una solicitud al servidor Web de mapas podemos consultar datos espaciales de acuerdo a los parámetros requeridos. Y utilizar la herramienta de buffer para aplicar *bufferización* en las capas de datos sobre las cuales trabajemos. Los datos espaciales de la República Mexicana fueron utilizados para realizar las pruebas correspondientes. A continuación se ilustran resultados de los análisis efectuados. La Fig. 12 muestra una capa espacial de México, donde se aprecian las carreteras del estado de Baja California y de Sonora.



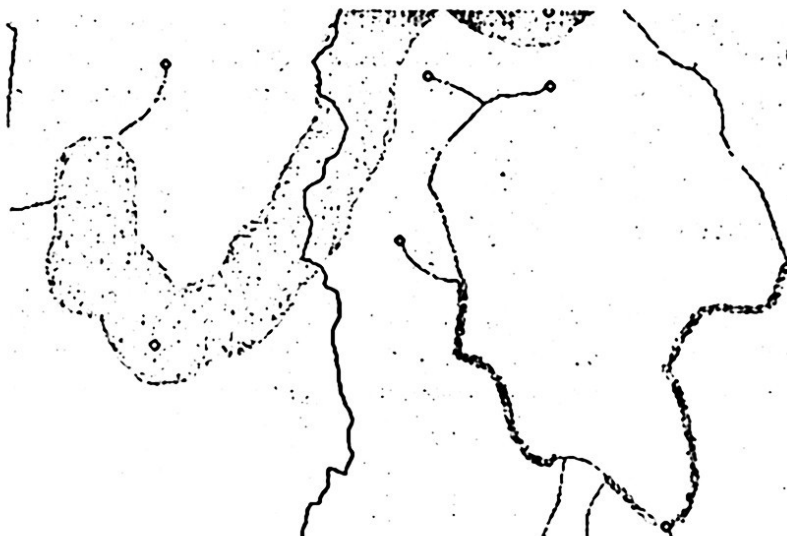
Fig. 12. Carreteras en el estado de Baja California y Sonora

Sobre la capa de datos espaciales presentada en la figura 12 se aplica un análisis de buffer para determinar las áreas de afectación por ruido, el resultado se aprecia en la Fig. 13.



Fig. 13. Poblaciones (puntos en color rojo) que se verían afectadas por el ruido ante la cercanía de una carretera, el área buffer esta en color magenta

En la Fig. 14 se muestra el radio de afectación de las refinerías situadas en Tampico, Salamanca, Tula y Minatitlán de la Republica Mexicana. Aquí se aplicó el análisis espacial de buffer para conocer el radio de influencia por contaminación de la refinería.



Otros resultados están enfocados a los segmentos de línea, los cuales pueden representar avenidas o carreteras. A estos segmentos se les aplican buffers de un peso

inicial. Estos atributos han sido calculados por la presencia y ausencia de flujo de tráfico en las carreteras. (Por ejemplo el promedio del número de autos por minuto). Cada línea es identificada por un número o color y la tabla (conocida como tabla de pesos) indicara los pesos mencionados, ver Fig. 15.

La Fig. 15 muestra el buffer aplicado a una capa de carreteras, donde cada carretera tiene asignado un peso específico, como se observa la carretera con un mayor peso, en consecuencia un mayor índice de tráfico, implica que el buffer genere un polígono de radio mayor mientras que en las de menor peso el radio es menor, y entonces también el área de afectación es menor.

5 Conclusiones

En el presente trabajo se ha presentado una aplicación en Web con capacidad de hacer análisis espacial, en particular análisis de proximidad y algunos de sus casos de uso. Utilizando la aplicación es posible analizar datos espaciales en formato shapefile o base de datos geográfica y los resultados obtenerlos en una nueva capa de datos, la cual puede ser obtenida en formato vectorial para posteriores análisis. Es así, como la aplicación puede acceder, manipular y analizar datos en formato vectorial, raster y desde una base de datos geográfica. La especificación definida en la aplicación de buffers existe solo en herramientas SIG de escritorio y las comerciales, por lo cual este modelo tiene como ventaja que los datos pueden ser consultados y manejados vía un navegador Web de los mas comunes.

La facilidad de acceder a shapefiles o bases de datos geográficas, nos evita problemas de interoperabilidad, ya que la información puede ser convertida a otras especificaciones para su análisis.

El uso de un componente de tecnología Net da una mayor capacidad de respuesta para el usuario, y el navegador no necesita de requerimientos adicionales, y permite que las operaciones de accesos y recuperación de datos se realice de manera sencilla.

Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen al Instituto Politécnico Nacional y a la Centro de Investigación en Computación por el apoyo brindado a este trabajo; así como a los revisores de este trabajo por sus pertinentes comentarios.

Referencias

1. ArcInfo y Arcview, ESRI, Environment research institute , <http://www.esri.com>
2. Moreno M., "La Generalización Automática de la Información Geográfica Multiescala", Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. (2001) 123-145
3. Kyong-Ho K., Kiwon L. & Jong-Hun L., "3D Geographical Analysis within JAVA/VRML-based on GIS: Lantern Operation", Proceedings of International

-
- Conference on Geographical Information Systems and Spatial Theory, Orlando, Florida, USA (2000) 167-178
4. Torres M., "Herramienta SIG de Escritorio para la Recuperación Manejo y Análisis de Datos Espaciales", Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., (2001) 45-61
 5. ArcInfo de ESRI, <http://www.esri.com>
 6. Hong Y., "Exploring Spatial Analysis in GIS", OnWordPress, Thompson Learning, USA (1997) 89-117
 7. Rigaux P., Scholl M. & Voisard A., "Spatial Databases with Application to GIS", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA., USA (2001) 76-85
 8. Openshaw S. & Openshaw C., "Artificial Intelligence en Geography", John Wiley & Sons, New York, USA (1997) 91-123
 9. Torres M., Moreno M., Menchaca M. & Levachkine S., "Making Spatial Analysis with a Distributed Geographical Information System", Proceedings of IASTED International Conference on Databases and Applications, Innsbruck, Austria, February (2003) 1234-1240