

Sitios en la Red Relacionados con Amenazas Naturales

<http://www.colorado.edu/hazards/index.html>

La página de Internet del *Centro de Amenazas Naturales* de la universidad de Colorado, Boulder, EEUU presenta información nacional e internacional, sobre amenazas naturales y adaptación humana a las amenazas y a los desastres. El objetivo principal del centro consiste en incrementar la comunicación entre investigadores de amenazas/desastres y la población, agencias y organizaciones que trabajan activamente en la mitigación de desastres. Su misión se enfoca a cuatro áreas principales: Investigación, difusión de la información, desarrollo de talleres anuales y servicios de biblioteca.

<http://www.preparenow.org/>

El sitio en la red *Preparación Comunitaria* (California, EEUU) es de particular interés porque contiene gran información sobre preparación para

GeoSemántica: Ampliación del concepto de mapas

Diariamente, nos desplazamos sobre el terreno donde transcurren nuestras vidas, ciudades y áreas rurales. Somos conscientes que la supervivencia de los primeros exploradores y aventureros estuvo directamente vinculada con su comprensión de la composición del terreno. Conscientes de la necesidad de manejar la complejidad, los seres humanos desarrollamos numerosas técnicas para ampliar nuestra comprensión del paisaje, discernir patrones y navegar por este espacio. Los mapas juegan un papel único en apoyo de esta comprensión. Muy a menudo los mapas son creados para situar y describir los rasgos físicos existentes en el paisaje y ayudar en la navegación para viajar del punto "A" al punto "B" se requerirá seguir rutas tomando cierta cantidad de tiempo. A lo largo del trayecto, el mapa revela puntos de referencia tales como características naturales o vegetación para señalar el camino correcto hacia el destino deseado.

El mapa, el espacio y el lugar son conceptos ligeramente diferentes. El modo como relevamos el espacio para un mapa topográfico es diferente al modo y significado de un mapa temático de identidad étnica o un mapa histórico de íconos literarios, dónde han vivido o dónde han situado sus novelas. En la medida en que un mapa pueda representar una realidad física, reflejando así una visión compartida y medida del mundo topográfico conocido, también puede reflejar como una persona, o un grupo de personas, entiende el mundo: socialmente, ambientalmente y económicamente. De este modo, un mapa es una forma de representar el sentido del lugar, proporcionar visualmente un contexto y situar a un grupo cultural o social interrelacionándolos entre sí y con su entorno físico

La confección de mapas y la navegación tienen una gran y larga tradición que ha visto la evolución del mapa desde dibujos en la tierra y en la arena hasta las sofisticadas imágenes digitales que son producidas hoy en día. La cartografía o

terremotos, enfocada a personas con discapacidades físicas. La página presenta secciones específicas para cada una de las categorías de discapacidades, además de una sección especial dedicada a la población más vulnerable. Este sitio es de utilidad para personas y empleados discapacitados, planificadores de procedimientos para emergencias, asistentes para discapacitados y organizaciones de servicio social de emergencias. Esta página de la red es [multilingüe](#) con especial énfasis en el idioma Español.

<http://www.sire.gov.co/index.htm>

Sistema de información para la gestión de riesgos y atención de emergencias, SIRE de Bogotá, Colombia es un sistema de información puesto a disposición de la ciudadanía con el fin de contribuir y facilitar información para gestión de riesgos y atención de emergencias. El proyecto se desarrolla a través de un convenio entre varias agencias nacionales y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).

Compilado por Sra. Victoria Mazo-Gray

la elaboración de mapas es al mismo tiempo una ciencia y un arte. Con el tiempo, y con el rápido aumento de la tecnología computarizada a fines del siglo XX, la cartografía se extendió al ambiente digital. Al poco tiempo, se asocia la representación visual del mapa con la tecnología de la base de datos para crear lo que se conoce como un sistema de información geográfico.

El primer sistema de información geográfico (GIS) fue desarrollado en Canadá como sistema de inventario de tierras a fines de los 1960's. El mismo se utilizó como un medio para administrar parcelas de tierra, así el sistema fue el primero en fusionar una representación cartográfica vinculada a una base de datos para proporcionar hechos adicionales para caracterizar una sección de tierra en particular. Desde entonces muchos países del mundo han refinado aún más la tecnología y han desarrollado aplicaciones para mejorar la capacidad de consulta (hacer preguntas) de mapas y documentar, registrar y mantener la información sobre la administración del suelo.

La GeoSemántica es el siguiente capítulo en esta evolución. Proporciona tanto una representación del paisaje como los significados que las personas atribuyen a los lugares que los hacen excepcionales e interesantes. La GeoSemántica se basa en el desarrollo de los sistemas de información geográficos, sistemas de administración de base de datos y en la disponibilidad de información que brinda Internet, a toda hora y en todo lugar. De esta forma, se proporciona acceso creciente y directo a los datos espaciales, o al mapa que se ha elaborado a partir de mediciones aéreas, de relevamientos de campo y de datos satelitales. Además, la GeoSemántica proporciona los medios para conectar el significado que se infunde en ocupa la información a comunicarse, de modo que la comprensión humana sobre el lugar se pueda también transferir junto con las características físicas y los elementos que definen el paisaje.

Sra. Sonia Talwar

Próximos eventos

27 - 29 de enero del 2003:

Conferencia "Cordilleran Roundup" en Vancouver, Canada. MAP:GAC estará representado en este evento en un stand.

10-14 de febrero del 2003:

La gerencia del MAP:GAC visitará el área binacional Ecuador/Perú, que hace parte del proyecto.

9 al 14 de marzo del 2003:

Reunión del Consejo Ejecutivo y Conferencia PDAC en Toronto, Canadá.

Información requerida para estas reuniones:

- Planes de trabajo para el año fiscal 2003/04. Por favor, entregar los planes de trabajo a Mike Ellerbeck antes del 15 de febrero.
- Por favor, enviar los nombres e itinerarios de los participantes de su país a la reunión del Consejo Ejecutivo
- Por favor, enviar sugerencias de temas para la agenda de reuniones del Consejo Ejecutivo a Mike Ellerbeck antes del 28 de febrero

Compilado por Sr. Mike Ellerbeck

Noticias del Geosemántica

El Dr. Murray Journeay y el Sr. Otto Krauth (Sub-división Pacífico del SGC) presentarán una demostración sobre GeoSemántica al Consejo Ejecutivo durante las reuniones en Toronto en marzo del 2003.

Está planeado dictar un curso breve / taller de 3 a 4 días durante el primer trimestre del año fiscal 2003/04 (1° de abril al 30 de junio), el lugar será definido en uno de los países participantes del proyecto.

Durante este mismo periodo cada país recibirá un servidor para GeoSemántica y se espera que se responsabilice en comenzar la creación de la base de datos.

Se espera que cada país presente un "caso de estudio" para uso del sistema en la reunión del Consejo Ejecutivo a mediados de año.

Sr. Mike Ellerbeck

Para más información favor consultar la página WEB del proyecto: <http://www.pma-map.com/gac/>

Boletín informativo producido por la administración del PMA:GCA:

Mike Ellerbeck
Jennifer Getsinger
Monica Jaramillo
Otto Krauth
Victoria Mazo-Gray
Mark Stasiuk
Loretta Wong

y supervisado por la gerente del proyecto

Dr. Catherine Hickson

GSC Vancouver
#101 - 605 Robson Street
Vancouver, BC, Canada
V6B 5J3
Tel: (604) 666-0183
Fax: (604) 666-7507
Email: map@pma-map.com



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

PMA



GCA

Boletín Informativo Interno del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas

<http://www.pma-map.com/gac/>

Vancouver, Canada, Enero 2003

Vol. 2 - No. 6

Serie Geoamenazas No. 2

Este es el segundo artículo de la Serie Geoamenazas. Los lectores habrán observado que el material complementario del primer artículo todavía no ha aparecido en la página web. Esto es debido a que el equipo del proyecto está revisando actualmente gran parte de la página, proceso que tomará aún varias semanas.

Las demandas técnicas para traducir, revisar y editar la Serie Geoamenazas requieren especial atención y por ello estamos en el proceso de mejorar nuestra capacidad. La geóloga Mónica Jaramillo se ha incorporado al equipo del PMA en Vancouver y ayudará en el proceso de edición, el Dr. Fernando Muñoz Carmona se incorpora como nuevo miembro a un pequeño comité editorial. Sucesivas adiciones a este comité se harán hechas en los próximos meses.

En el primer artículo presentamos una introducción sobre asuntos a tener en cuenta en la selección de técnicas de medición y monitoreo geofísico y la posición tomada en el proyecto al respecto. En este artículo, describimos los métodos de creación y aplicaciones de los modelos digitales de elevación.

Las opiniones expresadas en los artículos de la Serie Geoamenazas, a menos que se especifique lo contrario, son las opiniones de los autores y no representan la visión oficial del equipo de gerencia del proyecto PMA:GCA, ni de los países participantes.

Topografía: Base de la evaluación de amenazas naturales

Introducción

Las amenazas geológicas están íntimamente controladas por la topografía. La estabilidad de las laderas está determinada en gran medida por su pendiente y forma. La morfología del paisaje revela áreas con desarrollo de inestabilidad de laderas tanto en el pasado como en el presente, así como fallamientos recientes y rasgos volcánicos. La forma tridimensional de las laderas determina cómo la lluvia escurrida y se infiltrará a través del terreno, activando desprendimiento de detritos y causando variaciones de la presión del agua en los poros. La forma particular del fondo del valle controla el anegamiento de detritos y agua que acompañan la ocurrencia de muchas amenazas naturales. La forma y el tamaño de terrazas y riberas determinarán áreas que pueden considerarse relativamente seguras del impacto de flujos de detritos, remoción en masa, flujos de lava y flujos de piroclastos, en contraste con

Del escritorio de la Gerencia - Enero 2003

Espero que al leer esta carta estén leyendo esto después hayan pasado de una alegre y tranquila temporada festiva. Nuestros mejores deseos de todo corazón para ustedes y los suyos en el 2003. Pasé la mayor parte de diciembre estuve de vacaciones, viajando por la espectacular costa del sur de Chile, dando la vuelta al Cabo de Hornos y explorando el sureste de Argentina. Comenzamos el viaje comencé en Valparaíso, Chile y terminamos en Buenos Aires, Argentina. El cruce fue maravilloso, modo resultando apasionante de poder observar la espectacular geología de esta parte del mundo poco visitada y conocer los miles de pingüinos que habitan el área.

Mientras estaba de vacaciones vacacionaba, el resto del equipo del PMA:GAC estaba continuó trabajando duro y progresando en diferentes áreas. El Sr. Otto Krauth y el grupo de GeoSemántica han seguido progresando, de manera continua, en el desarrollo del programa. Ellos y esperan haber realizado contar con avances significativos para la reunión del Consejo Ejecutivo en marzo.

El sistema de gestión administrativo MAP:GAC (MAPAS) está ahora trabajando sin

problemas gracias a los esfuerzos hechos en noviembre. La información financiera referente a gastos realizados a favor de cada país puede ser solicitada en cualquier momento (a través del Sr. Mike Ellerbeck). El sistema identifica la responsabilidades y asegura que los registros financieros puedan ser consultados de un modo rápido y eficiente para todos los miembros del Proyecto. De aquí en adelante, MAPAS reducirá considerablemente el tiempo en producir informes. Para aquellos países que hayan solicitado copias del programa, su distribución se hará después que la documentación final del sistema esté lista.

La Srta. Mónica Jaramillo ha ingresado al equipo PMA:GCA por un término de tres meses y colaborará con el Dr. Mark Stasiuk en la parte del Proyecto relacionada con modelamiento de amenazas. Mónica Jaramillo tiene un pregrado en Geología de la Universidad Nacional de Colombia y ha trabajado en la investigación de amenazas geológicas durante varios años. La búsqueda del Especialista en procesos de remoción en masa continúa. Tengo esperanza que, en enero, encontremos al candidato adecuado.

Dra. Catherine Hickson

aquellas áreas con probabilidad de ser devastadas. Se podrían citar más ejemplos que demuestran que una adecuada evaluación de amenazas no puede hacerse sin una buena información topográfica.

Paradójicamente, la importancia de tener información topográfica contrasta claramente con la carencia de datos, y con el costo generalmente alto para adquirirlos. Los datos topográficos han sido generados tradicionalmente por organizaciones gubernamentales responsables de la cartografía y levantamientos, pero su prioridad está generalmente enfocada a la cobertura nacional más que a la cobertura de alta resolución en áreas específicas. Esta situación está cambiando rápidamente con el desarrollo de nuevos métodos. Recientemente, hemos examinando esta situación para nuestros proyectos de amenazas geológicas en Canadá, y hemos desarrollado una metodología que está funcionando bien y que será propuesta para algunas de las áreas del proyecto PMA-GCA. Este método usa un software que automáticamente obtiene datos topográficos de pares estereoscópicos de fotografías aéreas. Estas están ajustadas con puntos de control en el terreno, mediante uso de

GPS diferencial. En este artículo describimos varios métodos de levantamiento para obtener topografía, sus costos, ventajas y limitaciones, y exponemos la base para la metodología que proponemos.

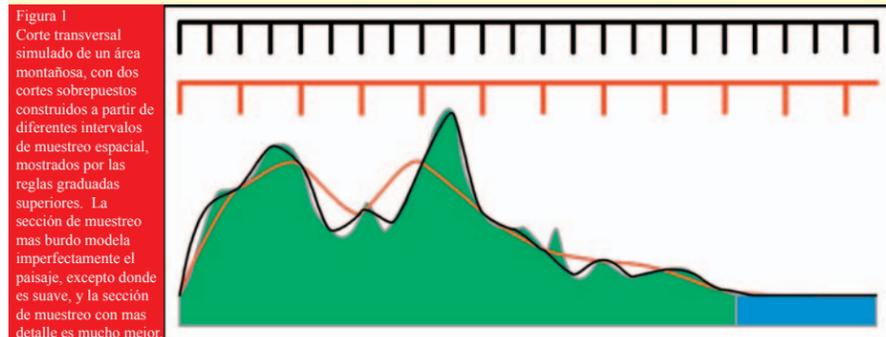
Modelos digitales de elevación: Consideraciones

Los datos topográficos, según los utilizan las computadoras en aplicaciones de SIG, deben estar en formato digital. El término más usado para referirse a un mapa topográfico digital es Modelo Digital de Elevación (MDE), aunque también se utiliza a menudo el Modelo Digital de Terreno (MDT). Los MDT contienen usualmente información adicional del terreno tal como la ubicación de cambios repentinos como por ejemplo orillas de lagos, riberas y acantilados. Un MDE básico, sin embargo, es simplemente una expresión numérica de una superficie. El formato más común es una matriz numérica de dos dimensiones, donde cada posición x-y corresponde a una posición horizontal (por ejemplo latitud y

longitud) y el número representa la elevación de la superficie en ese punto. Además de esta información el MDE debe contener datos que referencien la matriz al mundo real; por ejemplo, la latitud y la longitud de la esquina inferior izquierda de la matriz y el espaciamiento horizontal de los valores de elevación. El espaciamiento horizontal a menudo se llama resolución. Un buen MDE debe estar acompañado además por una descripción de cómo fueron obtenidos los datos y un estimativo de los errores horizontales y verticales. La calidad de un MDE es medida por su resolución y errores.

Los MDE son “modelos” porque representan una aproximación de la superficie real. Usualmente, la aproximación comienza con la colección de datos, en la cual las elevaciones se obtienen para una serie de puntos que no están en una cuadrícula regular. Las elevaciones son entonces interpoladas a posiciones en una cuadrícula regular para producir el MDE. Cuando un SIG utiliza el MDE para crear una imagen, la superficie visualizada puede ser similar o muy diferente a la real, dependiendo de la resolución del MDE, de los errores, del método de interpolación de puntos del MDE que utiliza el software, y de la complejidad de la superficie original. Particularmente importante es el balance entre la resolución del MDE y la complejidad de superficial real. La figura 1 muestra un corte transversal simulado de un sistema montañoso con llanuras costeras adyacentes y el océano. La línea graduada de color rojo sobre el paisaje muestra la ubicación de puntos de elevación tomados para formar el corte transversal, y la sección interpolada que resulta esta representada por la curva roja sobrepuesta en el corte transversal real. La curva roja modela imperfectamente el paisaje montañoso, cortando cerros importantes, pasando por encima de valles, y suavizando áreas con variados accidentes topográficos. Tales MDE tan espaciados también tienden a desplazar los cambios bruscos, tales como las líneas costeras. Disminuyendo a la mitad el espaciamiento horizontal, como lo muestra la línea graduada de color negro y la resultante curva negra, se crea otro modelo, el cuál es una representación más cercana a la realidad, particularmente en áreas con leves cambios topográficos. El análisis de series temporales proporciona una regla importante para el muestreo apropiado de datos continuos: para alcanzar una representación precisa de los datos, la frecuencia de muestreo (resolución) debe ser aproximadamente la mitad de la longitud de onda característica o menor, de lo contrario se perderán detalles. Esto significa, por ejemplo, que si deseamos visualizar con precisión en nuestro MDE rasgos tales como pequeños canales de 10 metros de ancho, la resolución espacial del MDE debe ser 5 metros o menor. La figura 1 también ilustra la importancia del tipo de interpolación entre los puntos. La interpolación lineal simple producirá una superficie dentada, mientras que la interpolación curvilínea (por ejemplo interpolación cuadrática) producirá superficies mas suaves, de aspecto mas natural. Sin embargo, cualquier rasgo topográfico súbito, como acantilados, tenderá a ser suavizado.

Para propósito de la evaluacione de amenazas geológicas, los MDE deben modelar las características relevantes a aquellas amenazas, por ejemplo depósitos de flujos de detritos, cauces, terrazas aluviales, depósitos de flujos de lava, rasgos de



deslizamientos rotacionales de laderas, etc. Estos rasgos pueden ser muy grandes, pero también ocurren comúnmente en pequeña escala de apenas algunos metros de ancho y profundidad. Sin embargo pequeños rasgos pueden representar amenaza, por lo tanto son de interés, y deben estar representados en un adecuado MDE. Esto significa tener una resolución espacial de algunos metros o menor, y errores de 1 a 2 metros en las medidas de elevación. Todos estos requerimientos van considerablemente más allá de las características de las bases de datos disponibles al público o de bajo costo.

Fuentes de datos y métodos

Un MDE de alta resolución puede costar mucho dinero, a pesar de la abundancia de esta clase de información disponible sin costo. La base de datos GTOPO30 es gratis y cubre todo el planeta, pero la resolución es aproximadamente 1000 metros y por lo tanto de poca utilidad. Bases de datos, moderadamente costosas, provenientes de sensores remotos tales como imágenes estereoscópicas ASTER y RADARSAT, se pueden utilizar para obtener MDE, pero las resoluciones espaciales alcanzan solo 10 a 20 metros y los errores verticales son generalmente del orden de 5 a 10 metros (la resolución depende de la longitud de onda de la luz usada). La percepción remota es un campo que avanza rápidamente y esperamos próximos años ver mejoras en los que nos permitan alcanzar resoluciones requeridas, a un costo accesible. Entre tanto se requieren métodos alternativos.

Para obtener un MDE de alta resolución es necesario ya sea pagar el servicio de un levantamiento detallado para cada área específica según se requiera, o adquirir la capacidad para generar los datos a bajo costo directo, después de una inversión inicial en software, hardware y capacitación. Es necesario enfatizar costo “directo” porque la generación de datos significa gastos indirectos en el tiempo del personal. La realidad es que la mayoría de los servicios geológicos nacionales tienen fondos insuficientes para asumir grandes costos directos tales como contratos de servicio, pero pueden permitirse el costo indirecto del tiempo del personal. Otra ventaja aún mayor, de poder crear un propio MDE (in-house) es que permite el control de calidad y se prodrán nuevos datos cuando sea necesario, por ejemplo ante la ocurrencia de un proceso de remoción en masa importante con el fin de medir cambios.

Hay numerosos métodos de levantamiento que se pueden utilizar para generar MDE, pero lo que se requiere es un balance entre tiempo, costo, resolución y precisión. Actualmente el método es el LIDAR (detección y selección óptica), que es equivalente a un SONAR para sondeo de profundidad pero usa láser. Este método puede ser aerotransportado (helicóptero, aeroplano o vehículo espacial) o terrestre. Los sistemas comerciales actuales pueden producir MDE con resolución espacial y errores verticales de decenas de centímetros, y pueden recopilar 10.000 puntos de elevación por segundo. Quizás lo más notable es que el laser genera reflexiones de la vegetación y de la superficie de tierra subyacente, así que es posible medir la altura de la vegetación así como quitar sus efectos para producir un MDE del “terreno desnudo”. LIDAR es el único método con esta capacidad. El principal problema de este método es su costo. Producir un MDE para una modesta área (25 km²) cuesta decenas de miles de dólares americanos. A pesar de esto, la calidad de los datos está impulsando su desarrollo y podemos esperar una disminución de costos en el futuro. Por el

momento, LIDAR no es un método realista para uso extensivo en PMA:GCA, pero se podría proponer en aplicaciones específicas. En Norteamérica, ha sido posible el uso limitado de LIDAR formando consorcios de instituciones con necesidades de información comunes, reduciendo así el gasto para cada organización. Podrían considerarse tales consorcios para ciertas áreas en PMA:GCA, pero se necesitaría un análisis cuidadoso e inversión de tiempo en su organización.

Hay una variedad de métodos alternativos de levantamiento, menos costosos y de tecnología menos sofisticada que puede ser



Figura 2: Helicóptero con la antena del GPS diferencial unida sobrevuela un afloramiento distintivo, usado como punto de control de tierra para la creación de un MDE. La colección de datos en este punto tomó cerca de 10 segundos.

utilizada. Por ejemplo, los datos topográficos pueden medirse muy fácilmente usando un teodolito, una estación completa o un sistema de alta precisión de GPS diferencial, pero en todos estos casos cada punto de elevación requiere por lo menos de una medición específica. El más rápido de estos métodos es el sistema GPS, que puede medir en segundos una sola posición con una precisión de hasta 1 metro. Sin embargo, la obtención del

MDE completo significaría el transporte del equipo sobre toda el área de interés, lo cual es poco realista y requeriría gran cantidad de tiempo. Para un MDE con 5 metros de resolución espacial en un área de 10 x 10 kilómetros, tendrían que recolectarse aproximadamente 4 millones de puntos de elevación.

La fotogrametría aérea es un método comprobado que permite producir MDE con la resolución y de precisión requeridas. Para este se utilizan pares fotográficos estereoscópicos de bajo costo. Sin embargo este es un método lento y subjetivo. En lugar, proponemos una versión de esta técnica automatizada en computadora que alcanza la misma resolución y exactitud, pero permite obtener datos objetivamente sobre un área mayor mucho más rápido.

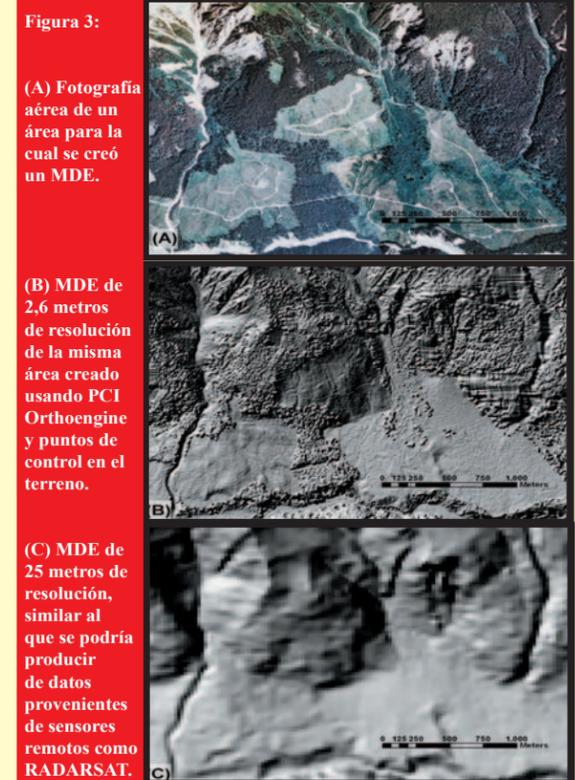
El concepto de extraer automáticamente datos topográficos de las fotografías no es nuevo y de hecho es bastante simple. La técnica se basa en principios geométricos. Dos fotografías del mismo paisaje son tomadas desde diferente lugar. Puntos de control en tierra (puntos visibles en ambas fotografías con localización conocida) se utilizan para proporcionar un marco espacial de referencia, y así se puede calcular la ubicación de otros puntos visibles en ambas fotografías. En principio este método no requiere fotografías aéreas verticales. También se pueden utilizar fotografías oblicuas tomadas en tierra pueden. Además, tomando tres fotografías, se pueden utilizar los mismos principios para determinar la topografía sin necesidad de conocer la localización del fotógrafo. Estos principios se han aplicado para producir un programa gratuito para la creación de un MDE para áreas pequeñas, disponible en la página web de la Universidad de Dartmouth:

<http://www.cs.dartmouth.edu/farid/research/phototop/>

La técnica fotográfica de 3-imágenes es una buena opción si el área de interés es pequeña ya que esto implica un trabajo significativo en la selección de puntos comunes; para áreas más grandes es necesario un método automatizado. Todas estas técnicas fotográficas requieren visibilidad y rasgos reconocibles, y por lo tanto no pueden generar datos en mal tiempo, donde hay sombras profundas o superficies sin rasgos distintivos tales como hielo y nieve. Tampoco permiten observar a través de densa vegetación y por lo tanto tienden a considerar la superficie superior de los bosques como la superficie del terreno. Afortunadamente, muchas áreas sujetas a amenazas geológicas tienen escasa vegetación.

Todas las técnicas de levantamiento fotográficas requieren puntos de control en el terreno, y la exactitud y el número de éstos determinarán la precisión del MDE final. Los puntos de control en el terreno deben ser puntos claramente visibles en las fotografías y que tienen una localización conocida exacta. Pueden ser derivados de puntos ya levantados por otra organización, pero en áreas remotas tales puntos probablemente no existan. Al aplicar el método, elegimos nuestros propios puntos de control en el terreno usando el GPS diferencial. El GPS diferencial será descrito en detalle en el artículo siguiente de esta serie. Para alcanzar precisión de 1 metro, es posible obtener un punto por segundo. Para nuestro trabajo, teníamos un área significativa a cubrir, así que usamos la antena del GPS a un helicóptero, y entonces sobrevolamos los puntos que habían sido seleccionados previamente en las fotografías aéreas (Figura 2). Otros puntos adicionales se recogieron usando el mismo equipo y transportándolo en vehículo y a pie. El proceso entero tomó 4 días. Posteriormente utilizamos los puntos de control de tierra con imágenes escaneadas de las fotografías aéreas estereoscópicas de módulos del software PCI Geomatica Orthoengine (Modelo de Aerofotografía), para producir el MDE de un área cercana a Vancouver. La figura 3 muestra una porción del MDE generado en una área de 10 km² y las correspondientes fotografías.

El MDE de alta resolución de la figura 3 muestra ambos, la capacidad y las limitaciones de nuestra técnica. Ya que el método no puede captar a través del bosque, la superficie superior de la vegetación se incorpora como parte de la superficie del terreno modelado, visible en la imagen debido a que parcelas del bosque han sido taladas. Adicionalmente hay vacíos en los datos en áreas donde el software no pudo determinar la elevación debido a sombras profundas o superficies de nieve sin rasgos distintivos. Estos han sido “adicionados” por interpolación y se ven como partes suaves, casi veladas de la superficie del MDE. Es importante estar consciente de estas áreas interpoladas para evitar interpretaciones morfológicas de detalle en zonas donde no hay datos. A pesar de las limitaciones, gran parte de la superficie de la tierra está modelada con adecuado detalle. La trayectoria levemente plana del camino en grava que serpentea encima de la rivera es claramente visible en el MDE, así como los cambios sutiles y frecuentes en las laderas de la superficie del terreno.



El costo de adquirir el método de extracción automática de un MDE es menor que el costo de un solo levantamiento LIDAR. Requiere la compra del software (PCI Geomatica Orthoengine, aproximadamente Cdn\$ 11.000), un escáner digital de precisión (aproximadamente Cdn\$2,500), una computadora de alta calidad (aproximadamente Cdn\$5,000), y el entrenamiento de un técnico de SIG (aproximadamente Cdn\$1000). Para los puntos de control en tierra, el equipo GPS diferencial puede ser alquilado cuando sea necesario, o comprado y utilizado para otros usos tales como monitoreo de la deformación del terreno (esta técnica será discutida en el artículo siguiente). Una vez que una institución adquiera la metodología, tiene la gran ventaja de poder generar adicionales MDE a bajo costo ya que requerirá solamente comprar las fotografías aéreas, cubrir el costo del trabajo para colección de puntos de control en el terreno, disponer del tiempo para escanear las fotografías y para procesar los datos. Estimamos que, con experiencia, el tiempo para recolectar puntos de control en el terreno y procesar los datos (producir el MDE) de un área montañosa de 10 km por 10 km puede llevar 1 a 2 meses de dedicación de dos personas.