

## ANIMACION DE IMAGENES DE SATELITE

Vicenç PALA

Institut Cartogràfic de Catalunya. Balnes 209-211. 08006 BARCELONA

### RESUMEN

Dentro de la línea de animación por ordenador, el Institut Cartogràfic de Catalunya ha desarrollado una aplicación que permite generar vídeos que simulan vuelos sobre la topografía en base a imágenes digitales de satélite y Modelos de Elevación del Terreno (MET). Presentamos aquí la metodología utilizada, así como equipos y futuros trabajos a desarrollar en dicha línea.

**Palabra clave:** Procesado de imágenes, Animación, Perspectivas, Interpolación.

### ABSTRACT

In connection with computer animation, the Institut Cartogràfic of Catalunya has been developing software able to create sequences of frames simulating flights over the topography by using digital satellite images and Digital Terrain Models (DTM). This paper deals with the methodology and equipment used and the future works related to this area.

**Key words:** Image processing, Animation, Perspectives, Interpolation.

## 1. INTRODUCCION

La generación de perspectivas del relieve está, cada vez más, siendo utilizada como herramienta de control y de presentación. La generalización de su utilización, apoyada en gran medida por los avances tecnológicos, puede tener grandes repercusiones sobre determinadas especialidades, entre ellas la cartografía. Para ésta, la preocupación por la percepción de la topografía se ha plasmado durante largo tiempo en la creación de mapas o cartas en relieve.

La generación de vuelos simulados utilizando imágenes digitales proporciona una alternativa a la necesidad de tener una representación tridimensional de nuestro planeta. Estos han sido utilizados con anterioridad para el estudio de la dinámica atmosférica (Hussey, 1986) y para aumentar la comprensión de la información contenida en los Modelos de Elevación del Terreno (MET) así como para efectuar un balance de las técnicas de extracción automática de los mismos (Muller, 1988).

No es utópico pensar que en un futuro cercano dichos vuelos podrán ser generados en tiempo real por las nuevas generaciones de ordenadores, aunque no debemos olvidar que en el presente dichas animaciones o simulaciones suponen elevados costos en términos de tiempo de computación. En cualquier caso la metodología software está servida, siendo ésta el objeto de la presente comunicación.

## 2. DATOS

Disponemos de información tridimensional, representando la superficie de una determinada zona de la Tierra, almacenada en dos bancos de datos separados.

El primero corresponde a la información planimétrica de carácter radiométrico, es decir, el color y textura de la superficie. Es una imagen digital, procedente de un satélite de observación de la Tierra (LANDSAT, SPOT, NOAA), o de una imagen de avión, ya sea digitalizada a partir de una fotografía, ya sea captada directamente por un scanner a bordo. En general, se dispone de diversas bandas espectrales captadas simultáneamente, cada una correspondiente a la visión de la escena dentro de una región de longitudes de onda.

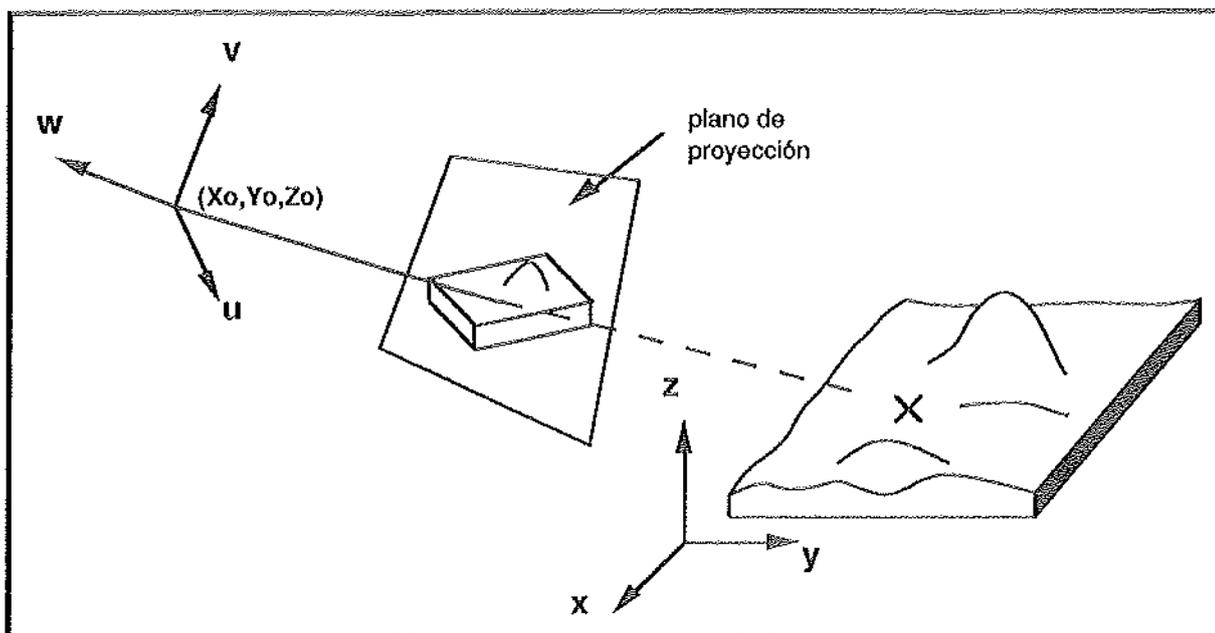
El segundo es un Modelo de Elevación del Terreno (MET), que contiene las altitudes para cada nudo de una malla regular dispuesta sobre una determinada área. Puede provenir de la digitalización de las curvas de nivel de un mapa topográfico, con la posterior densificación y paso a malla, o bien de la restitución estereoscópica, analógica o digital, a partir de fotografía aérea o imagen de satélite. Las altitudes son almacenadas en aritmética real.

Previamente a la obtención de perspectivas, se realiza un cierto pretratamiento de la información. En cuanto a la imagen, aplicamos un filtro Laplaciano para remarcar los contornos, seguido de un realce del contraste. El MET es filtrado para eliminar los picos o valles puntuales. Tanto la imagen como el MET han de estar debidamente registrados y deben corresponder a una determinada proyección cartográfica.

### 3. GENERACION DE PERSPECTIVAS

#### 3.1. PARAMETROS

Consideramos que la superficie de la Tierra está en un sistema de coordenadas tridimensional  $(X, Y, Z)$ , que llamaremos espacio objeto, donde el centro de proyección tendrá coordenadas objeto  $(X_0, Y_0, Z_0)$ . A la vez definiremos un sistema de coordenadas local  $(U, V, W)$ , que llamaremos espacio imagen, de tal modo que el plano de proyección sea paralelo al plano  $U, V$  a una distancia focal  $f$  y el centro de proyección corresponderá al centro de coordenadas  $(0, 0, 0)$ .



La orientación de la cámara depende de tres ángulos  $(w, f, k)$  que definen la matriz de rotación  $R$  que permite pasar del espacio imagen al espacio objeto y viceversa. Definimos también que una perspectiva estará formada por aquellos puntos sobre el plano de proyección incluidos en un cuadrado de dimensiones  $1 \times 1$ , centrado en el punto  $(0, 0, -f)$ .

Los parámetros que el usuario deberá proporcionar para obtener una perspectiva son:

- $X_0, Y_0, Z_0$ : Centro de proyección.
- $f$ : Longitud focal o distancia del centro de proyección al plano.
- $w, f, k$ : Ángulos de rotación.
- Resolución de la perspectiva resultante (p.e.  $512 \times 512$ ).
- Factor de exageración vertical o acentuación del relieve (1 en caso de no desear exageración alguna).

Es posible seleccionar una ventana cualquiera de la perspectiva. Esto posibilita la creación de perspectivas de gran tamaño, por ejemplo 3.000 x 3.000 pixels, que no podrían ser generadas en una única ejecución del programa por insuficiencia de espacio en memoria.

### 3.2. PROYECCION

Las ecuaciones de colinearidad, que escribimos a continuación, relacionan los dos sistemas de coordenadas imagen-objeto:

$$U = -f \frac{r_{11}(X_0 - X) + r_{12}(Y_0 - Y) + r_{13}(Z_0 - Z)}{r_{31}(X_0 - X) + r_{32}(Y_0 - Y) + r_{33}(Z_0 - Z)}$$

$$V = -f \frac{r_{21}(X_0 - X) + r_{22}(Y_0 - Y) + r_{23}(Z_0 - Z)}{r_{31}(X_0 - X) + r_{32}(Y_0 - Y) + r_{33}(Z_0 - Z)}$$

donde:

$r_{ij}$  son los elementos de la matriz de rotación R.

La perspectiva puede ser obtenida de dos modos diferentes: proyectando cada punto (X, Y, Z) sobre el plano de proyección (Dubayah, 1986) o, para cada punto (U,V) de dicho plano, obteniendo el punto asociado del terreno utilizando la técnica llamada Ray Tracing (Hussey, 1986).

Cada método ofrece una serie de ventajas e inconveniente. Por lo que respecta al primero, la dificultad reside en el tratamiento de las partes ocultas y la integración de todos aquellos puntos que queden proyectados sobre el mismo pixel en la imagen de salida. Como contrapartida se puede tratar la imagen de entrada (usualmente de grandes dimensiones) y el MET de forma secuencial, por lo cual no es preciso que residan en memoria principal.

El segundo método utiliza un algoritmo iterativo para calcular la intersección de la recta de proyección asociada a un elemento (U, V) con la superficie. Tiene grandes limitaciones de memoria ya que, como mínimo, el MET debe estar residiendo en ella. Se simplifica el problema de la eliminación de las partes ocultas. Por el contrario se presenta un problema adicional (especialmente grave si orientamos el plano de proyección de manera que observe el horizonte), debido a que pixels vecinos intersectan la superficie en posiciones muy distantes entre sí. Esto es grave pensando en secuencias animadas, puesto que provoca una gran oscilación o vibración en la secuencia.

Después de probar ambos métodos escogimos el primero, básicamente por el tema de la ocupación de memoria y la comodidad en la paralelización del algoritmo.

## 4. VISTAS PREVIAS

Resulta difícil tener una idea previa de la visión o perspectiva que obtendremos con unos parámetros concretos. Por esta razón desarrollamos un programa con la finalidad de reducir el número de ensayos necesarios.

El programa muestra en la pantalla del procesador de imágenes la imagen digital y, a continuación, permite al usuario introducir valores concretos para cada uno de los parámetros. Se parte de la hipótesis de que la proyección inversa de la mitad inferior de la perspectiva siempre cae dentro de la imagen de entrada. De este modo, cuando el usuario altera cualquier parámetro, automáticamente se dibuja sobre la imagen de entrada el trapecio formado por los puntos de proyección asociados a los vértices de esta mitad, siempre que queden todos ellos proyectados dentro de la imagen. Al mismo tiempo, se dibuja una sección con el centro de proyección y el ángulo de visión vertical. En todo momento se conocen los valores de los parámetros.

## 5. INTERPOLACION

Para generar una secuencia es preciso obtener los parámetros de proyección para todas las perspectivas que van a intervenir. Para ello se generan una serie de perspectivas intermedias, asociando a cada una de ellas una variable adicional de velocidad. Se define el número de perspectivas por segundo de animación y, seguidamente, por interpolación (splines), creamos un fichero con los parámetros para todas las perspectivas de la secuencia.

Este fichero es utilizado directamente por el programa de generación de perspectivas, que crea a la vez un fichero imagen para cada una de ellas.

Así, por ejemplo, a partir de la interpolación de los parámetros  $(X_0, Y_0, Z_0)$  se genera la trayectoria de vuelo; los ángulos de orientación permiten simular los giros durante el mismo; y el efecto "zoom" se obtiene fácilmente interpolando el parámetro de longitud focal.

## 6. EQUIPOS Y REALIZACION

Para la generación de secuencias animadas, el Instituto Cartogràfic de Catalunya dispone, en el momento actual, de un VAX-750, un procesador de imágenes IVAS-12S de 1.024 x 1.024 píxels de resolución, y un "array processor" CSPI.

La aplicación ha sido desarrollada en FORTRAN. La generación de una perspectiva cuesta, en término medio, unos 5 minutos de presencia, sin carga adicional en el sistema.

Debido a problemas de sincronismo, no ha sido posible registrar directamente la señal video que proporciona el procesador de imágenes. Por este motivo se ha optado por almacenar las perspectivas en banda magnética para ser procesadas posteriormente por una empresa de animación cuya misión ha sido pasar de cinta magnética a cinta de video.

Han sido elaborados dos vuelos simulados sobre el litoral catalán a partir del mosaico digital 1:250.000 TM y el MET de la Defence Mapping Agency. El primero, de 1 minuto de duración, es un vuelo a gran altura y velocidad, mientras que el segundo, de 3 minutos de duración, reproduce un vuelo a menor altura y velocidad, permitiendo una mejor observación del territorio.

## BIBLIOGRAFIA

- Dubayah, R.O. and Dozier, J. 1986. Orthographic terrain views using data derived from digital elevation models. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 52: 509-518.
- Hussey, K.J., Hall, J.R. and Mortensen, R.A. 1986. Image processing methods in two and three dimensions used to animate remotely sensed data. En **IGARSS'86**, Zurich, pp. 771-776.
- Muller, J.C. et al. 1988. Visualization of topographic data using video animation. En **ISPRS'88**. Edinburgh. pp. 602-615.