



Doctoral Thesis

## Access to large scale terrain and image databases in geoinformation systems

**Author(s):**

Pajarola, Renato

**Publication Date:**

1998

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001931620> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

# *Access to large scale Terrain and Image Databases in Geoinformation Systems*

A dissertation submitted to the  
Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zürich

for the degree of Doctor of Technical Sciences

presented by

Renato Bruno Pajarola  
Dipl. Informatik-Ingenieur ETH Zürich

born May 2, 1969 in Bern

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. P. Widmayer, Examiner  
Prof. Dr. M. Gross, Co-Examiner

# Abstract

In this thesis we investigate efficient access to large scale terrain and image databases which is a crucial aspect in high-performance *geographic information systems* (GIS). We focus on constructing a triangulated terrain surface from a given digital elevation model (DEM), and on finding and retrieving small parts in large compressed raster images such as digital satellite images and aerial photographs. The target applications are retrieval and visualization tools in GIS.

To interactively visualize a large terrain surface it is not sufficient to create any triangulated surface. The DEM must be approximated with as few triangles as possible given a certain approximation error threshold, or level of detail (LOD). This is necessary to reduce and adjust the huge graphics load of large triangulated surfaces to the available computing resources of the visualization system. A data structure for a DEM that supports extraction of a triangulated surface at an arbitrary LOD is called a *multiresolution triangulation model*. Furthermore, for real-time visualization of large terrains efficient *spatial access* to the terrain database must be provided to support the dynamic changes of the visible scene. We present a multiresolution triangulation model based on the restricted quadtree data structure that supports fast adaptive LOD driven triangulation, combined with efficient spatial access to the DEM. For the restricted quadtree we present new construction algorithms, and triangulation performance enhancements. We also introduce a consistent error computation on the restricted quadtree that supports exact error approximations. Furthermore, we explain in detail how the restricted quadtree can be used to manage a dynamic scene that changes rapidly and has varying LODs. Moreover, we show how spatial access can be performed efficiently on a restricted quadtree, and we propose an effective storage data structure for it too.

To reduce the storage space consumption of large satellite images or aerial photographs, these digital raster images are often maintained in compressed form. For most compression methods, access to the actual image data involves *decompression of the whole image* first. However, many applications or operations on images only need to access parts of large images. This is the case for browsing in image archives, retrieving texture information for terrain visualization and for context based image retrieval. Particularly spatial access to a small part of a large satellite image is very inefficient if the entire compressed image has to be loaded from secondary storage and must be processed for decompression. We present a *new compression method that supports spatial access*, and that allows for decompression of small image parts without processing all image data. Our compression method partitions an image into several compact regions that have the same *compressed* size and that can be maintained in a spatial index structure. Furthermore, we also present a *pattern matching* method that allows for retrieving a small pattern in a larger compressed image without performing decompression at all. Note that we restricted our work on operations on compressed images to lossless image compression methods.

Finally we present the experimental interactive visualization system ViRGIS (for *Virtual Reality and GIS*) that provides real-time rendering of large terrain surfaces based on the concepts presented in this work.

# Zusammenfassung

In dieser Dissertation untersuchen wir den effizienten Zugriff auf grosse digitale Gelände-Modelle und digitale Bilder. Schneller Zugriff auf diese Daten ist ein äusserst wichtiger Punkt für leistungsstarke Geoinformationssysteme (GIS). Wir betrachten dabei sowohl die Konstruktion einer triangulierten Geländeoberfläche ausgehend von einem digitalen Höhenmodell (DHM), als auch den Zugriff auf Teile von komprimierten digitalen Satelliten- und Luftbilder. Visualisierungs- und Suchsysteme in GIS sind die Zielapplikationen dieser Untersuchungen.

Für die interaktive Geländevisualisierung ist es nicht ausreichend, irgendeine Oberflächentriangulierung zu haben. Das DHM muss für eine gegebene Genauigkeit mit so wenig Dreiecken wie möglich approximiert werden, um die Rechenbelastung der Graphik zu reduzieren und dem gegebenen System anzupassen. Die Datenstruktur, welche die adaptive Triangulierung eines DHM gemäss einer beliebigen Genauigkeit unterstützt, bezeichnet man als *Multiresolution-Triangulierungsmodell*. Für die Echtzeitdarstellung sehr grosser Geländemodelle ist zudem *räumlicher Zugriff* erforderlich, um die sich andauernd verändernde Szene aktualisieren zu können. Wir zeigen ein auf dem restricted quadtree basierendes Triangulierungsmodell, welches schnelle adaptive Triangulierung erlaubt und diese noch mit räumlichem Zugriff auf das DHM kombiniert. Wir präsentieren sowohl neue Konstruktionsalgorithmen für den restricted quadtree und Effizienzverbesserungen, als auch eine Fehlerberechnungsmethode, die eine exakte Approximation gemäss einer gegebenen Fehlertoleranz zulässt. Des weiteren erklären wir im Detail, wie der restricted quadtree verwendet werden kann um eine dynamische Szene zu verwalten, deren räumliche Lage und Fehlertoleranz sich ständig verändert. Überdies zeigen wir, wie der räumliche Zugriff auf dem restricted quadtree ausgeführt werden kann und wie die Höhendaten effizient gespeichert werden können.

Um den Platzaufwand für grosse Satelliten- und Luftbilder zu reduzieren, werden diese oft in komprimierter Form gespeichert. Der Zugriff auf einzelne aktuelle Bilddaten erfordert bei den meisten Komprimierungsverfahren das vorherige Dekomprimieren des ganzen Bildes. Viele Anwendungen benötigen jedoch nur Teile eines ganzen Bildes, wie etwa die interaktive Suche in Bildarchiven, laden von Texturen in Visualisierungssystemen oder die Mustersuche in Bildern. Insbesondere ist der räumliche Zugriff auf Teile eines grossen Satellitenbildes äusserst ineffizient, wenn das ganze Bild zuerst dekomprimiert werden muss. Wie zeigen ein neues *Komprimierungsverfahren welches räumlichen Zugriff unterstützt* und das Dekomprimieren von einzelnen Bildteilen erlaubt, ohne das ganze Bild zu bearbeiten. Unser Verfahren unterteilt das Bild in Regionen, die eine gleiche komprimierte Datengrösse haben und die effizient in einer räumlichen Datenstruktur verwaltet werden können. Des weiteren zeigen wir auch eine Methode, welche die effiziente Mustersuche auf komprimierten Bildern erlaubt, ohne diese jedoch dekomprimieren zu müssen. Wir beschränken unsere Untersuchungen von Operationen auf komprimierten Bildern auf verlustlose Komprimierungsverfahren.

Schliesslich beschreiben wir noch das experimentelle, interaktive Visualisierungssystem ViRGIS (für Virtual Reality und GIS), welches die Darstellung von grossen Geländemodellen basierend auf unseren Untersuchungen erlaubt.