

APPLICATIONS OF FRACTAL ANALYTICAL TECHNIQUES IN THE ESTIMATION OF OPERATIONAL SCALE

Charles W. Emerson
Department of Geography
Western Michigan University, USA
charles.emerson@wmich.edu

Dale A. Quattrochi
National Aeronautics and Space Administration
Global Hydrology and Climate Center
George C. Marshall Space Flight Center, USA
Dale.Quattrochi@msfc.nasa.gov

KEY WORDS: Fractals, Texture, Autocorrelation, Scale, Resolution, Pattern

ABSTRACT

The fractal dimension of an image is a non-integer value between two and three which indicates the degree of complexity in the texture and shapes depicted in the image. The degree to which an image departs from a theoretical ideal fractal surface provides clues on how much information is altered or lost in the processes of rescaling and rectification. We have observed that for images of homogeneous land covers, the fractal dimension varies linearly with changes in resolution or pixel size over the range of past, current, and planned space-borne sensors. This relationship differs significantly in images of agricultural, urban, and forest land covers, with urban areas retaining the same level of complexity, forested areas growing smoother, and agricultural areas growing more complex as small pixels are aggregated into larger, mixed pixels. Images of scenes having a mixture of land covers have fractal dimensions that exhibit a non-linear, complex relationship to pixel size. Measuring the fractal dimension of a difference image derived from two images of the same area obtained on different dates showed that the fractal dimension increased steadily, then exhibited a sharp decrease at increasing levels of pixel aggregation. This breakpoint of the fractal dimension/resolution plot is related to the spatial domain or operational scale of the phenomenon exhibiting the predominant visible difference between the two images (in this case, mountain snow cover). Fractal analysis of image texture also has the potential to assist image classification, as evidenced in an examination of images of homogeneous land covers in Atlanta, Georgia.

KURZFASSUNG

Die fraktale Dimension eines Bildes ist eine Dezimalzahl zwischen zwei und drei, die den Grad in der Komplexitaet der Texturen und der Formen angibt, die im Bild abgebildet sind. Der Grad um den ein Bild von der theoretisch idealen fraktalen Oberflaeche abweicht, laesst Schluesse darauf zu, wieviel Information durch den Prozess der Reskalierung und Rektifikation veraendert oder verloren gegangen ist.

Wir haben beobachtet, dass die fraktale Dimension fuer Bilder von homogenen Oberflaechenbedeckungen sowohl bei aelteren, heutigen und zukuenftigen Weltraum gestuetzten Scannern in Abhaengigkeit von den Veraenderungen in der Aufloesung oder der Pixel Groesse linear variiert. Diese Relation variiert signifikant in Bildern mit landwirtschaftlicher, urbaner oder forstlicher Oberflaechenbedeckung. Urbane Gebiete behalten den gleichen Grad an Komplexitaet, waehrend forstliche Areale glatter und landwirtschaftliche Flaechen komplexer werden, wenn kleine Pixel in groessere, gemischte Pixel zusammengefasst werden. Bilder von Gelaende mit verschiedenen Oberflaechenbedeckungen haben fraktale Dimensionen, die eine nicht-lineare, komplexe Relation zur Pixel Groesse zeigen. Misst man die faktale Dimension eines Differenz-Bildes, welches von zwei Bildern des gleichen Gebietes mit unterschiedlichem Datum abstammt, dann zeigt sich, dass die fraktale Dimension zuerst stetig steigt, dann aber mit zunehmendem Grad der Pixel Aggregation ein scharfer Rueckgang zu beobachten ist. Dieser Extremwert im fraktalen Dimensionen- / Aufloesungsdiagramm steht in Zusammenhang mit der raeumlichen Dimension oder der Massstabsgroesse des Phaenomens, das die vorherrschende sichtbare Abweichung zwischen den beiden Bildern (in diesem Fall: Schneebedeckung im Gebirge) zeigt. Die fraktale Analyse von Bild-Texturen kann dazu benutzt werden, um Bilder zu klassifizieren. Dies wird in einer Untersuchung am Bilderen mit homogenen Landbedeckungen von Atlanta, Georgia, dargelegt.