

山脊线与山谷线的计算机自动检测

余生晨 刘大有

(吉林大学计算机科学符号计算与知识工程国家教委开放研究实验室, 长春 130023)

刘洪

(鞍山师范学院数学系, 鞍山 114000)

摘要 本文通过富里叶变换(Fourier Transform), 在频率域(或波数域), 通过求垂直于山脊线、山谷线的方向导数, 来检测山脊线和山谷线。

关键词 山脊线 山谷线 方向导数 富里叶变换

0 引言

通过地形等高线图来自动检测山脊线、山谷线是地理信息系统、地质学等学科的一项比较重要的任务。本文给出一种在频率域(或波数域), 沿垂直于山脊线、山谷线的方向求一次方向导数、二次方向导数, 并根据此一次方向导数的零值和二次方向导数的正负来确定山脊线、山谷线的方法。这种方法暂且称为方向导数法。对一些特殊情况, 如“鞍点”、“小高原”、“小平原”等, 也给出了处理方法。

1 原理

山脊线: 山脊线是极大值点的连线, 在其两侧方向邻点的高度比山脊点的高度低, 它是一条曲线, 但沿其走向, 是没有什么规律可循的, 所以, 在山脊点处沿山脊线垂直方向, 其一阶方向导数为零, 且二次方向导数为负值。

山谷线: 山谷线是极小值的连线, 在其两侧方向邻点的高度比山谷点的高度高, 它也是一条曲线, 沿其走向, 则高低不平, 无规律可言, 所以, 在山谷点处, 沿山谷线垂直方向, 其一阶方向导数为零, 二阶方向导数为正。

在实际的一幅图中, 可能有各种走向, 弯曲变化的山脊线、山谷线同时出现, 这就给求一阶、二阶方向导数带来了困难。本文采取在某一局部小的区域内, 把山脊线、山谷线用直线来近似的办法, 把整个

区域看成是由许多这种小的区域所组成的。

在实际的一幅图中, 穿过某一区域的山脊线或山谷线的方向可能是 0° — 360° 之间某一确定数值。从理论上讲, 可以在该小区域内求 0° — 360° 之间的所有方向的方向导数, 这其中必有一个方向的方向导数是沿垂直于穿过该小区域的山脊线或山谷线而求的, 这样可达到垂直于山脊线或山谷线求方向导数的目的。本文通过实验发现, 每间隔 5° 求一个方向导数, 其检测山脊线(或山谷线)的精度足以满足一般实际工作需要。

在 0° — 360° 范围内, 每隔 5° 求一个方向导数, 在空间域是很困难的(直接对原始数据求方向导数)。本文通过对原始数据做富里叶变换, 在频率域(或波数域)求方向导数。这样, 求方向导数的问题就变得简单, 易于实现。下面将说明如何在频率域(或波数)中求方向导数。

2 频率域(波数域)中任意方向的方向导数的求法

设 $T(x, y)$ 为点 (x, y) 处的高度值, u, v 分别为 x, y 方向的圆频率(与圆波数相当), $S(u, v)$ 为 $T(x, y)$ 的富里叶正变换, 则有下列的富里叶正变换与逆变换^[1]:

正变换:

$$S_T(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} T(x, y) e^{-i(ux+vy)} dx dy$$

逆变换:

$$T(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S_T(u, v) e^{i(ux+vy)} dudv$$

设 α 为方向角, 则在 α 方向上的一阶方向导数、

二阶方向导数为:

一阶方向导数:

$$T'_\alpha(x, y) = \frac{\partial T(x, y)}{\partial x} \cos\alpha + \frac{\partial T(x, y)}{\partial y} \sin\alpha$$

二阶方向导数:

$$T''_\alpha(x, y) = \frac{\partial^2 T(x, y)}{\partial x^2} \cos^2\alpha + 2 \frac{\partial^2 T(x, y)}{\partial x \partial y} \sin\alpha \cos\alpha + \frac{\partial^2 T(x, y)}{\partial y^2} \sin^2\alpha$$

在频率域内, $T(x, y)$ 在 α 方向的一阶方向导数 $T'_\alpha(x, y)$ 和二阶方向导数 $T''_\alpha(x, y)$ 的富里叶正变换分别为:

$$\begin{aligned} S_{T'_\alpha}(u, v) &= (2\pi i u) S_T(u, v) \cos\alpha + (2\pi i v) S_T(u, v) \sin\alpha \\ &= 2\pi i (u \cos\alpha + v \sin\alpha) S_T(u, v) \\ S_{T''_\alpha}(u, v) &= (2\pi i u)^2 S_T(u, v) \cos^2\alpha + 2(2\pi i u)(2\pi i v) S_T(u, v) \sin\alpha \cos\alpha + (2\pi i v)^2 S_T(u, v) \sin^2\alpha \\ &= -4\pi^2 (u \cos\alpha + v \sin\alpha)^2 S_T(u, v) \end{aligned}$$

由上面两式可见: 在频率域求 α 方向的一阶方向导数、二阶方向导数(的富里叶正变换), 仅相当于分别乘以因子:

$$2\pi i (u \cos\alpha + v \sin\alpha) \text{ 和 } -4\pi^2 (u \cos\alpha + v \sin\alpha)^2$$

这就使得求任意方向的一阶方向导数、二阶方向导数变得很容易实现。

总结上述, 可把利用富里叶变换求任意方向的一阶方向导数、二阶方向导数的步骤总结如下:

(1) 对高度数值 $T(x, y)$ 作富里叶正变换, 得 $S_T(u, v)$;

(2) 在频率域内, 对 $S_T(u, v)$ 分别乘以一阶方向导数、二阶方向导数因子, 可得其对应的富里叶正变换:

$$\begin{aligned} S_{T'_\alpha}(u, v) &= 2\pi i (u \cos\alpha + v \sin\alpha) S_T(u, v) \\ S_{T''_\alpha}(u, v) &= -4\pi^2 (u \cos\alpha + v \sin\alpha)^2 S_T(u, v) \end{aligned}$$

(3) 对 $S_{T'_\alpha}(u, v)$ 、 $S_{T''_\alpha}(u, v)$ 作富里叶逆变换, 可得空间域内对应的一阶方向导数和二阶方向导数。

3 特殊情况的处理

在实际的一幅地形图中, 可能还存在一些特殊

情况, 如“鞍点”、“小高原”、“小平原”等, 对这些特殊情况, 需要特殊处理。下面将叙述这些特殊情况的处理方法。

3.1 “鞍点”

这种点从一个方向看是山谷点, 而从垂直方向看又是山脊点, 整个形状象个马鞍形, 所以, 称其为“鞍点”。在垂直山脊线的方向上, 该点一阶方向导数为零, 二阶方向导数为负(山脊点的特征); 而在其垂直方向(即平行山脊线方向)上, 该点一阶方向导数为零, 二阶方向导数为正(山谷点的特征)。为了保证所检测的山脊线、山谷线的连续性, 当山脊线穿过“鞍点”时, 把“鞍点”作为山脊线上的一个点来对待; 同理, 当山谷线穿过“鞍点”时, 把“鞍点”作为山谷线上的一个点来对待。这样, 检测山脊线、山谷线的工作可分两次进行。第一次单纯检测山脊线, 并把图上所有的山脊线(这时, “鞍点”仍符合有一个方向、其一阶方向导数为零, 二阶方向导数为负的山脊点的特征, 归属于山脊点系列)都检测出来, 并连成山脊线; 第二次单纯检测山谷线, 并把图上所有的山谷点(这时, “鞍点”仍符合有一个方向、其一阶方向导数为零, 二阶方向导数为正的山谷点的特征, 归属于山谷点系列)都检测出来, 并连成山谷线。图2和图3中的山脊线与山谷线就是这样检测出来的, 在“鞍点”处, 既有山脊线又有山谷线穿过。

3.2 “小高原”或“小平原”

“小高原”: 当用一个水平面截一个山峰的腰部时, 其截面称为“小高原”, 它的特征是所有方向的一阶导数为零、二阶方向导数也为零。

“小平原”: 当一个水平面从山谷的某一个高度穿过时, 与山谷相交的面, 形成所谓的“小平原”, 它的特征仍然是所有方向的一阶方向导数为零、二阶方向导数也为零。

“小高原”的边缘仍然满足山脊点的特征, 即在垂直边缘的方向上一阶方向导数为零、二阶方向导数为负, 所以, 前述的方法可把其边缘作为山脊点来检测。

“小平原”的边缘满足山谷点的特征, 即在垂直边缘的方向上, 一阶方向导数为零、二阶方向导数为正, 所以, 用前述的方法, 可把其边缘作为山谷点来检测。

“小高原”与“小平原”都具有这样的特征: 所有方向的一阶导数、二阶导数都为零。

当检测出一阶方向导数、二阶方向导数均为零的点(“小高原”或“小平原”)后,接着,可把这些点的高程值与某一适当大小邻域内的点的高程值作比较,若邻域内有某个点,其高程值大于该点的高程值,则该点可认为是“小平原”;若邻域内有某个点的高程值小于该点的高程值,则该点可认为是“小高原”。这种比较高程值的邻域可从小到大逐步放大,直到某一适当大小的邻域内有大于或小于该点高程

值的点出现为止。

4 实 例

为了检测本文所提供的方法的正确性,选取了某一地区的地形等高线图来做实验。图 1 是原始地形等高线图;图 2 是用本方法检测的山脊线与等高线图;图 3 是用本方法检测的山谷线与等高线图。

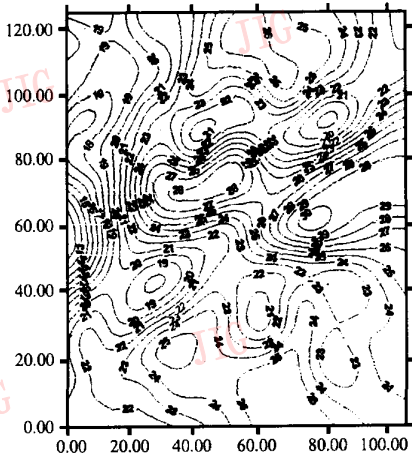


图 1 原始地形等高线图

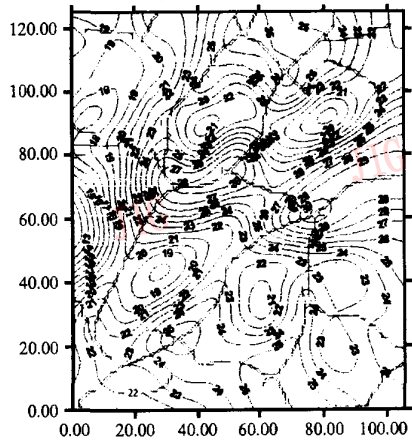


图 2 用本方法检测的山脊线与等高线图

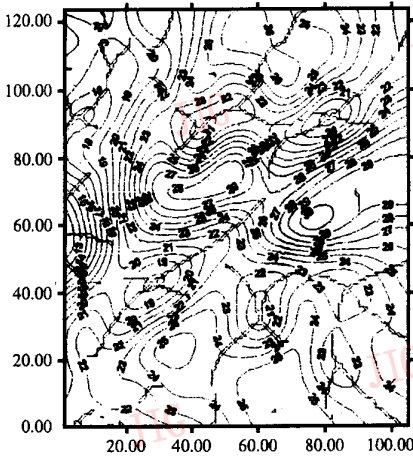


图 3 用本方法检测的山谷线与等高线图

比较图 1、图 2、图 3 可见,本文所提供的方法(频率域方向导数法)检测的山脊线和山谷线是较准确的。

参 考 文 献

1 Brigham E O. The Fast Fourier Transform. Prentice-Hall, 1974.



余生晨 现为吉林大学计算机系博士、副教授。主要研究方向为图形图像处理,模式识别,人工智能和地图的输入识别等。



刘大有 现为吉林大学计算机系教授、博士生导师。主要研究方向为模式识别,分布式人工智能和知识工程等。



刘洪 1967年生。1989年毕业于东北师范大学数学系,现任鞍山师范学院数学系讲师。主要研究方向为数值计算。发表论文 6 篇。

Auto-Recognizing Ridge lines and Ravine Lines by Computer

Yu Shengchen, Liu Dayou

(Computer Department, Jilin University, Changchun 130023)

Liu Hong

(Mathematics Department, Anshan Normal University, Anshan 114000)

Abstract Ridge Lines and ravine lines are extracted automatically from terrain contour map, by acquiring directional derivations vertical with ridge line and ravine line with Fourier Transform in frequency (wave domain) domain.

Keywords Ridge line, Ravine line, Directional derivation, Fourier Transform

康柏牢居 MCAD 市场份额第一

在市场调研公司 Dataquest 最近发布的 1998 年机械 CAD/CAM/CAE 行业报告中,康柏电脑公司牢居市场榜首。康柏在全球机械计算机辅助设计(MCAD)^①工作站市场已成为最大的供应商。在 Microsoft Windows NT MCAD 市场,康柏的市场份额占 18.2%,比最接近的工作站竞争对手高出 60%。

这一结果表明康柏工作站在至关重要的 CAD 和工程设计市场正稳步增长。今天,采用著名的 Pro/E (Bench99)和 CATIA (CATBench99)CAD 行业基准测试进行衡量,康柏的工作站应用性能已居于业界领先地位,而且康柏还与业界领先的 ISV 建立了强大的战略联盟。这两方面都将为康柏在未来的继续发展奠定坚实的基础。

PTC 战略联盟副总裁 Ron Locklin 说:“就新安装的授权数量来看,康柏是 PTC Windows NT 业务的第一大平台,超过最接近的 Windows NT 竞争对手几乎两倍。Pro/ENGINEER 2000i 的客户实施行为建模显示:PTC 软件和康柏专用工作站结合,可为机械工程师提供一款优秀的解决方案。”

Autodesk 公司设计解决方案部执行副总裁 Dominic Gallelo 说:“我们的客户正在逐渐转向功能强大的 IA/NT 工作站(如康柏系统),以提高其工作效率,并在竞争激烈的设计领域获得领先的优势。康柏将继续保持其在工作站市场的领导地位,同时也是 Autodesk 及其客户的重要战略合作伙伴。”

^① Laurie Balch “1998 年全球机械 CAD 和 AEC 应用市场份额”,1999 年 5 月 31 日。