



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109035179 A

(43)申请公布日 2018. 12. 18

(21)申请号 201811084396.7

(22)申请日 2018.09.18

(71)申请人 南京师范大学

地址 210024 江苏省南京市鼓楼区宁海路  
122号

(72)发明人 徐诗宇 李安波 董甜甜 闫国年

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 冯艳芬

(51)Int.Cl.

G06T 5/00(2006.01)

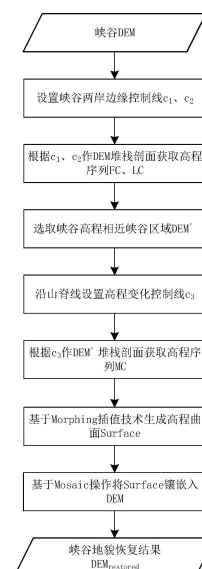
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

## (54)发明名称

一种基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法

## (57)摘要

本发明公开了一种基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,包括:(1)基于待恢复峡谷的DEM,在峡谷边缘两侧设置边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ ;(2)基于边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ ,作峡谷DEM的堆栈剖面,得到 $c_1$ 、 $c_2$ 所经过格网单元的高程序列FC、LC;(3)根据高程序列FC、LC获取待恢复峡谷的高程相近邻近区域DEM',并沿山脊线设置高程变化控制线 $c_3$ ,作DEM'的堆栈剖面,得到 $c_3$ 所经过格网单元的高程序列MC;(4)基于Morphing技术,根据高程序列FC、LC和MC,生成插值曲面Surface;(5)将插值曲面Surface镶嵌至待恢复峡谷的DEM上,得到恢复后的峡谷地貌DEM<sub>restore</sub>。本发明采用的DEM数据易于获取,自动化程度高,且恢复结果支持三维展示。



1. 一种基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,其特征在于该方法包括:

(1) 基于待恢复峡谷的DEM,在峡谷边缘两侧设置边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ ;

(2) 基于边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ ,作峡谷DEM的堆栈剖面,得到 $c_1$ 、 $c_2$ 所经过格网单元的高程序列FC、LC;

(3) 根据高程序列FC、LC获取待恢复峡谷的高程相近邻近区域DEM $\hat{\phantom{c}}$ ,并沿山脊线设置高程变化控制线 $c_3$ ,作DEM $\hat{\phantom{c}}$ 的堆栈剖面,得到 $c_3$ 所经过格网单元的高程序列MC;

(4) 基于Morphing技术,根据高程序列FC、LC和MC,生成插值曲面Surface;

(5) 将插值曲面Surface镶嵌至待恢复峡谷的DEM上,得到恢复后的峡谷地貌DEM $_{\text{restore}}$ 。

2. 根据权利要求1所述的基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,其特征在于:步骤

(1) 具体包括:

(1-1) 读取待恢复峡谷的DEM数据并进行二维图像显示;

(1-2) 在峡谷的二维图像一侧,绘制一条长度比峡谷长度长3至5个像素的线状要素,作为边缘控制线 $c_1$ ;

(1-3) 在峡谷的二维图像另一侧,绘制一条与边缘控制线 $c_1$ 长度相等的线状要素,作为边缘控制线 $c_2$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,其特征在于:步骤

(2) 具体包括:

分别采用边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ 对DEM作堆栈剖面,得到高程序列 $FC = \{fc_i | i = 0, 1, 2, \dots, N-1\}$ 、 $LC = \{lc_i | i = 0, 1, 2, \dots, N-1\}$ ;其中, $fc_i$ 、 $lc_i$ 分别为采用 $c_1$ 、 $c_2$ 得到的堆栈剖面中第 $i$ 个格网单元的高程值, $N$ 为序列FC、LC的元素个数。

4. 根据权利要求1所述的基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,其特征在于:步骤

(3) 具体包括:

(3-1) 分别获取高程序列FC中最大值 $\max_1$ 和LC中最大值 $\max_2$ ,将两者中较大者记为 $e_{\max}$ ,较小者记为 $e_{\min}$ ;

(3-2) 从待恢复峡谷的DEM中,提取出高程位于区间 $[0.9 * e_{\min}, 1.1 * e_{\max}]$ 的子集,记为DEM $\hat{\phantom{c}}$ ;

(3-3) 在DEM $\hat{\phantom{c}}$ 上,沿山脊线绘制一条长度与峡谷宽度相等或相近的高程变化控制线 $c_3$ ;

(3-4) 采用高程变化控制线 $c_3$ 对DEM $\hat{\phantom{c}}$ 作堆栈剖面,得到高程序列 $MC = \{mc_i | i = 0, 1, 2, \dots, M-1\}$ ;其中, $mc_i$ 为堆栈剖面中第 $i$ 个格网单元的高程值, $M$ 为序列MC中的元素个数。

5. 根据权利要求1所述的基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,其特征在于:步骤

(4) 具体包括:

(4-1) 创建插值曲面 $Surface = \{e_{uv} | u = 0, 1, 2, \dots, N-1; v = 0, 1, 2, \dots, M-1\}$ ;其中, $e_{uv}$ 为曲面Surface上第 $u$ 行 $v$ 列格网单元的高程值, $N$ 为Surface的行数, $M$ 为Surface的列数;

(4-2) 基于Morphing技术,根据高程序列FC、LC、MC计算插值曲面Surface上各格网单元的高程值 $e_{uv}$ 。

6. 根据权利要求5所述的基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,其特征在于:步骤

(4-2) 具体包括:

(4-2-1) 根据高程序列FC、LC、MC分别计算高程差 $hs_v$ 、 $he_v$ :

$$\begin{cases} \text{hs}_v = \text{fc}_v - \text{mc}_0, v = 0, 1, 2, \dots, M-1 \\ \text{he}_v = \text{lc}_v - \text{mc}_{M-1} \end{cases}$$

式中,高程序列MC中元素个数, $\text{fc}_v$ 、 $\text{lc}_v$ 分别表示高程序列FC、LC中第 $v$ 个元素, $\text{mc}_0$ 、 $\text{mc}_{M-1}$ 分别表示高程序列MC的第一个元素和最后一个元素;

(4-2-2) 根据下式计算各格网单元的高程值 $e_{uv}$ :

$$e_{u,v} = \text{mc}_u + \frac{\text{hs}_v + \text{he}_v}{2}, u = 0, 1, 2, \dots, N-1, v = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

式中, $\text{mc}_u$ 表示高程序列MC的第 $u$ 个元素。

## 一种基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地理信息技术应用领域和地貌学领域,尤其涉及一种基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法。

### 背景技术

[0002] 地貌是沉积体发育的基础,地貌的恢复不仅能够还原原始地貌的形态,还有助于人们认识地理、生物的分布以及构造演化特征,揭示物源、沉积体系的发育特征和空间配置关系,并为构造分析、地质勘探提供依据。

[0003] 峡谷是指谷坡陡峻、深度大于宽度的山谷。它通常发育在构造运动抬升和谷坡由坚硬岩石组成的地段。当地面抬升速度与下切作用协调时,最易形成峡谷。峡谷作为一种典型的地貌类型,是修建水库大坝的理想部位,并在地球表面形成了众多独特的自然景观。峡谷地貌自动恢复方法研究,在地貌学研究、地貌景观资源开发与利用、水资源开发与利用等诸多方面具有一定的研究意义和实用价值。

[0004] 目前,峡谷地貌的恢复,主要是地貌专家运用专家知识进行概要模型构建或示意性图解制作,研究不够深入,且自动化程度低。

### 发明内容

[0005] 发明目的:本发明针对现有技术存在的问题,提供一种基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法,该方法以DEM为数据源,通过峡谷两岸边缘控制线的设置、邻近区域山脊线的选取、基于Morphing技术的三维插值等环节,有效实现峡谷地貌的自动化恢复。

[0006] 技术方案:本发明所述的基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法包括:

[0007] (1) 基于待恢复峡谷的DEM,在峡谷边缘两侧设置边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ ;

[0008] (2) 基于边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ ,作峡谷DEM的堆栈剖面,得到 $c_1$ 、 $c_2$ 所经过格网单元的高程序列FC、LC;

[0009] (3) 根据高程序列FC、LC获取待恢复峡谷的高程相近邻近区域DEM',并沿山脊线设置高程变化控制线 $c_3$ ,作DEM'的堆栈剖面,得到 $c_3$ 所经过格网单元的高程序列MC;

[0010] (4) 基于Morphing技术,根据高程序列FC、LC和MC,生成插值曲面Surface;

[0011] (5) 将插值曲面Surface镶嵌至待恢复峡谷的DEM上,得到恢复后的峡谷地貌DEM<sub>restore</sub>。

[0012] 进一步的,步骤(1)具体包括:

[0013] (1-1) 读取待恢复峡谷的DEM数据并进行二维图像显示;

[0014] (1-2) 在峡谷的二维图像一侧,绘制一条长度比峡谷长度长3至5个像素的线状要素,作为边缘控制线 $c_1$ ;

[0015] (1-3) 在峡谷的二维图像另一侧,绘制一条与边缘控制线 $c_1$ 长度相等的线状要素,作为边缘控制线 $c_2$ 。

[0016] 进一步的,步骤(2)具体包括:

[0017] 分别采用边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ 对DEM作堆栈剖面,得到高程序列 $FC = \{fc_i | i=0, 1, 2, \dots, N-1\}$ 、 $LC = \{lc_i | i=0, 1, 2, \dots, N-1\}$ ;其中, $fc_i$ 、 $lc_i$ 分别为采用 $c_1$ 、 $c_2$ 得到的堆栈剖面中第 $i$ 个格网单元的高程值, $N$ 为序列 $FC$ 、 $LC$ 的元素个数。

[0018] 进一步的,步骤(3)具体包括:

[0019] (3-1) 分别获取高程序列 $FC$ 中最大值 $max_1$ 和 $LC$ 中最大值 $max_2$ ,将两者中较大者记为 $e_{max}$ ,较小者记为 $e_{min}$ ;

[0020] (3-2) 从待恢复峡谷的DEM中,提取出高程位于区间 $[0.9 * e_{min}, 1.1 * e_{max}]$ 的子集,记为 $DEM^*$ ;

[0021] (3-3) 在 $DEM^*$ 上,沿山脊线绘制一条长度与峡谷宽度相等或相近的高程变化控制线 $c_3$ ;

[0022] (3-4) 采用高程变化控制线 $c_3$ 对 $DEM^*$ 作堆栈剖面,得到高程序列 $MC = \{mc_i | i=0, 1, 2, \dots, M-1\}$ ;其中, $mc_i$ 为堆栈剖面中第 $i$ 个格网单元的高程值, $M$ 为序列 $MC$ 中的元素个数。

[0023] 进一步的,步骤(4)具体包括:

[0024] (4-1) 创建插值曲面 $Surface = \{e_{uv} | u=0, 1, 2, \dots, N-1; v=0, 1, 2, \dots, M-1\}$ ;其中, $e_{uv}$ 为曲面 $Surface$ 上第 $u$ 行 $v$ 列格网单元的高程值, $N$ 为 $Surface$ 的行数, $M$ 为 $Surface$ 的列数;

[0025] (4-2) 基于Morphing技术,根据高程序列 $FC$ 、 $LC$ 、 $MC$ 计算插值曲面 $Surface$ 上各格网单元的高程值 $e_{uv}$ 。

[0026] 进一步的,步骤(4-2)具体包括:

[0027] (4-2-1) 根据高程序列 $FC$ 、 $LC$ 、 $MC$ 分别计算高程差 $hs_v$ 、 $he_v$ :

$$[0028] \quad \begin{cases} hs_v = fc_v - mc_0 \\ he_v = lc_v - mc_{M-1} \end{cases}, v = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

[0029] 式中,高程序列 $MC$ 中元素个数, $fc_v$ 、 $lc_v$ 分别表示高程序列 $FC$ 、 $LC$ 中第 $v$ 个元素, $mc_0$ 、 $mc_{M-1}$ 分别表示高程序列 $MC$ 的第一个元素和最后一个元素;

[0030] (4-2-2) 根据下式计算各格网单元的高程值 $e_{uv}$ :

$$[0031] \quad e_{u,v} = mc_u + \frac{hs_v + he_v}{2}, u = 0, 1, 2, \dots, N-1, v = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

[0032] 式中, $mc_u$ 表示高程序列 $MC$ 的第 $u$ 个元素。

[0033] 有益效果:本发明与现有技术相比,其显著优点是:本发明以DEM为数据源,通过峡谷两岸边缘控制线的设置、邻近区域山脊线的选取、基于Morphing技术的三维插值等环节,有效实现峡谷地貌的自动化恢复,本发明采用的DEM数据易于获取,自动化程度高,且恢复结果支持三维展示。

## 附图说明

[0034] 图1是本发明提供的一种基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法的流程示意图;

[0035] 图2是峡谷DEM的二维图像;

[0036] 图3是设置峡谷边缘控制线的示意图;

[0037] 图4是设置高程变化控制线的示意图;

[0038] 图5是峡谷区域三维插值的高程曲面 $Surface$ ;

[0039] 图6是峡谷地貌恢复前后的DEM对比(其中,图a为巫峡峡谷地貌恢复前的DEM,图b为巫峡峡谷地貌恢复后的DEM<sub>restore</sub>)

### 具体实施方式

[0040] 下面对本发明技术方案进行详细说明,本实施例采用的实验数据是30M分辨率的巫峡DEM数据。区域内的巫峡峡谷,是长江三峡中最为陡峭的一段。下面结合附图,并通过描述一个具体的实施例,来进一步说明。

[0041] 如图1所示,本实施例的基于Morphing技术的峡谷地貌恢复方法包括以下步骤:

[0042] (1) 基于待恢复峡谷的DEM,在峡谷边缘两侧设置边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ 。具体包括:

[0043] (1-1) 读取待恢复峡谷的DEM数据并进行二维图像显示,如图2所示;

[0044] (1-2) 在峡谷的二维图像一侧,绘制一条长度比峡谷长度长3至5个像素的线状要素,作为边缘控制线 $c_1$ ;

[0045] (1-3) 在峡谷的二维图像另一侧,绘制一条与边缘控制线 $c_1$ 长度相等的线状要素,作为边缘控制线 $c_2$ 。具体在绘制边缘控制线 $c_2$ 时,可以先复制边缘控制线 $c_1$ ,然后移到另一侧就可以了,绘制的边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ 如图3所示。

[0046] (2) 基于边缘控制线 $c_1$ 、 $c_2$ ,作峡谷DEM的堆栈剖面,得到 $c_1$ 、 $c_2$ 所经过格网单元的高程序列 $FC = \{f_{ci} | i=0,1,2,\dots,N-1\}$ 、 $LC = \{l_{ci} | i=0,1,2,\dots,N-1\}$ ;其中, $f_{ci}$ 、 $l_{ci}$ 分别为采用 $c_1$ 、 $c_2$ 得到的堆栈剖面中第 $i$ 个格网单元的高程值, $N$ 为序列 $FC$ 、 $LC$ 的元素个数。在本实施例中, $N=106$ , $FC = \{170,167,164,\dots\}$ , $LC = \{260,267,276,\dots\}$ ;

[0047] (3) 根据高程序列 $FC$ 、 $LC$ 获取待恢复峡谷的高程相近邻近区域 $DEM'$ ,并沿山脊线设置高程变化控制线 $c_3$ ,作 $DEM'$ 的堆栈剖面,得到 $c_3$ 所经过格网单元的高程序列 $MC$ 。具体包括:

[0048] (3-1) 分别获取高程序列 $FC$ 中最大值 $\max_1$ 和 $LC$ 中最大值 $\max_2$ ,将两者中较大者记为 $e_{\max}$ ,较小者记为 $e_{\min}$ ;本实施例中,序列 $FC$ 中高程最大值 $\max_1=471$ 米、序列 $LC$ 中高程最大值 $\max_2=521$ 米,相应的 $e_{\min}=471$ 米、 $e_{\max}=521$ 米;

[0049] (3-2) 从待恢复峡谷的 $DEM$ 中,提取出高程位于区间 $[0.9 \cdot e_{\min}, 1.1 \cdot e_{\max}]$ 的子集,记为 $DEM'$ ;在本实施例中, $DEM'$ 的高程区间为 $[424, 573]$ ;

[0050] (3-3) 在 $DEM'$ 上,沿山脊线绘制一条长度与峡谷宽度相等或相近的高程变化控制线 $c_3$ ;如图4所示;

[0051] (3-4) 采用高程变化控制线 $c_3$ 对 $DEM'$ 作堆栈剖面,得到高程序列 $MC = \{m_{ci} | i=0,1,2,\dots,M-1\}$ ;其中, $m_{ci}$ 为堆栈剖面中第 $i$ 个格网单元的高程值, $M$ 为序列 $MC$ 中的元素个数。在本实施例中, $M=46$ , $MC = \{495,498,502,\dots\}$ 。

[0052] (4) 基于Morphing技术,根据高程序列 $FC$ 、 $LC$ 和 $MC$ ,生成插值曲面 $Surface$ 。具体包括:

[0053] (4-1) 创建插值曲面 $Surface = \{e_{uv} | u=0,1,2,\dots,N-1; v=0,1,2,\dots,M-1\}$ ;其中, $e_{uv}$ 为曲面 $Surface$ 上第 $u$ 行 $v$ 列格网单元的高程值, $N$ 为 $Surface$ 的行数, $M$ 为 $Surface$ 的列数;

[0054] (4-2) 基于Morphing技术,根据高程序列 $FC$ 、 $LC$ 、 $MC$ 计算插值曲面 $Surface$ 上各格网单元的高程值 $e_{uv}$ ,具体计算过程为:

[0055] (4-2-1) 根据高程序列 $FC$ 、 $LC$ 、 $MC$ 分别计算高程差 $hs_v$ 、 $he_v$ :

$$[0056] \quad \begin{cases} hs_v = fc_v - mc_0 \\ he_v = lc_v - mc_{M-1} \end{cases}, v = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

[0057] 式中,高程序列MC中元素个数, $fc_v$ 、 $lc_v$ 分别表示高程序列FC、LC中第 $v$ 个元素, $mc_0$ 、 $mc_{M-1}$ 分别表示高程序列MC的第一个元素和最后一个元素;在本实施例中,计算得到的 $hs_0 = -140$ , $hs_0 = -143$

[0058] (4-2-2) 根据下式计算各格网单元的高程值 $e_{uv}$ :

$$[0059] \quad e_{u,v} = mc_u + \frac{hs_v + he_v}{2}, u = 0, 1, 2, \dots, N-1, v = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

[0060] 式中, $mc_u$ 表示高程序列MC的第 $u$ 个元素。例如,本实施例中计算得到的 $e_{0,0} = 353$ , $e_{1,0} = 356$ ,最终生成的插值曲面Surface如图5所示。

[0061] (5) 将插值曲面Surface镶嵌至待恢复峡谷的DEM上,得到恢复后的峡谷地貌 $DEM_{restore}$ ,如图6所示。

[0062] 以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已,不能以此来限定本发明之权利范围,因此依本发明权利要求所作的等同变化,仍属本发明所涵盖的范围。

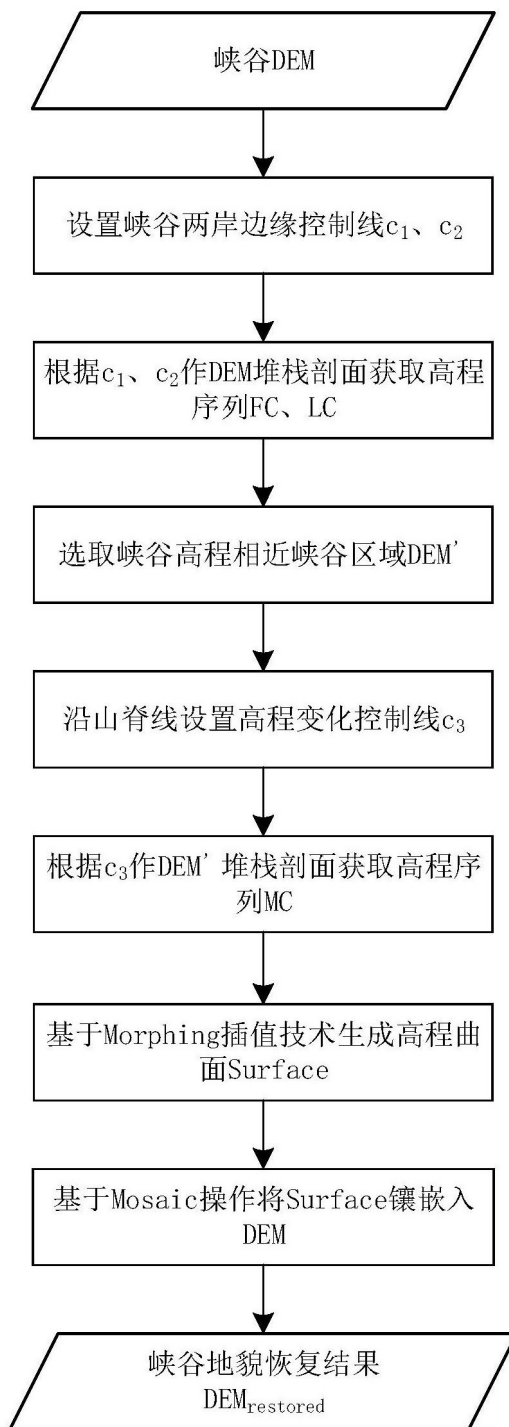


图1



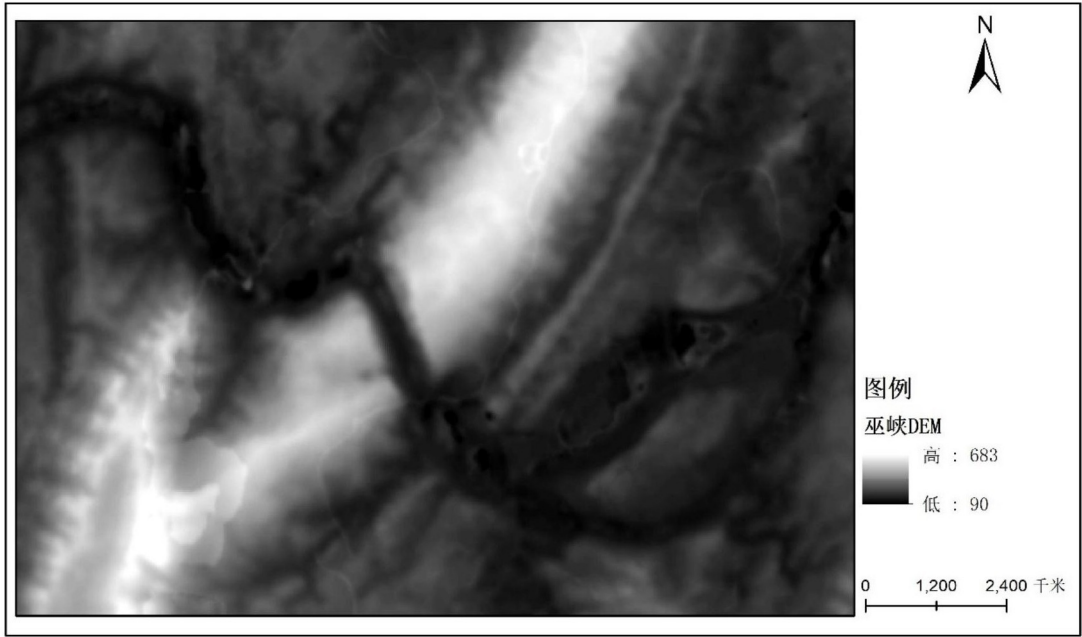


图2

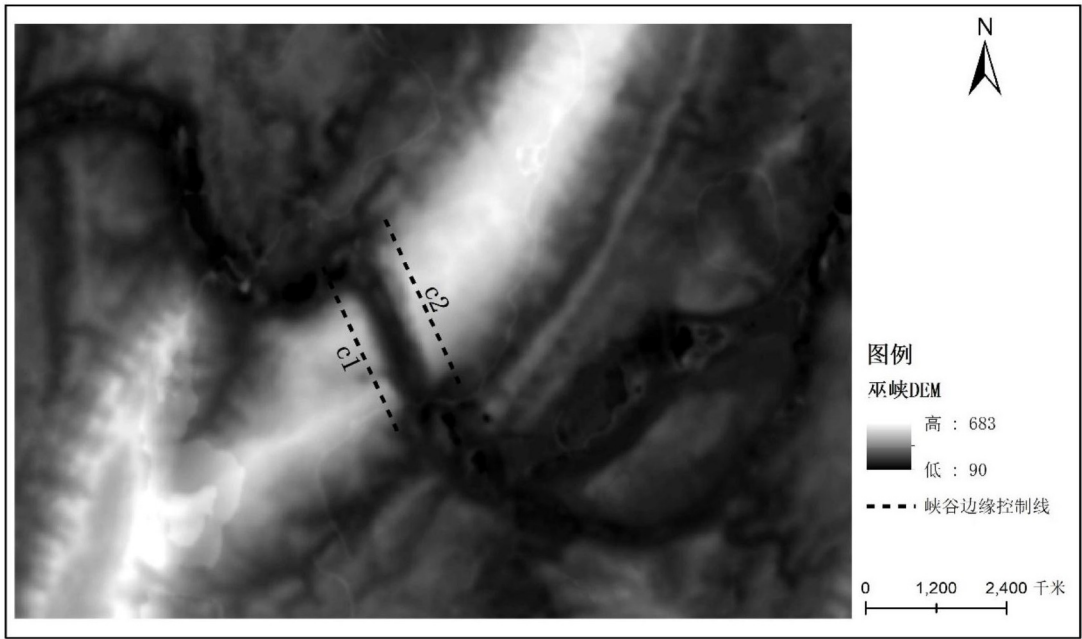


图3

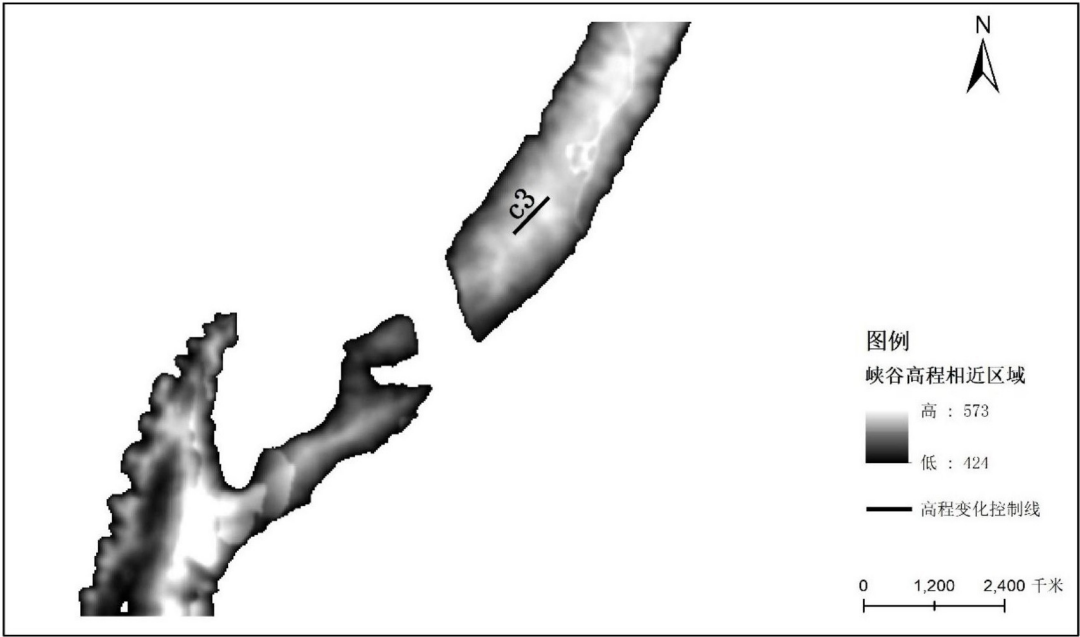


图4

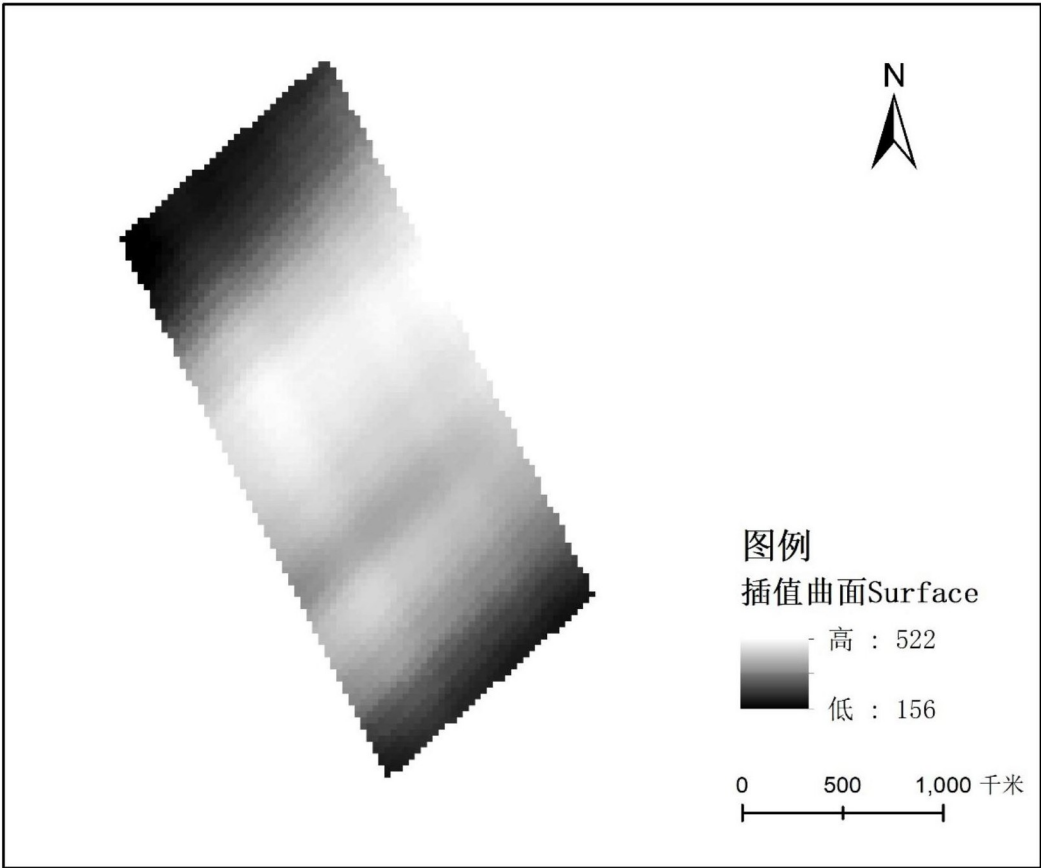


图5

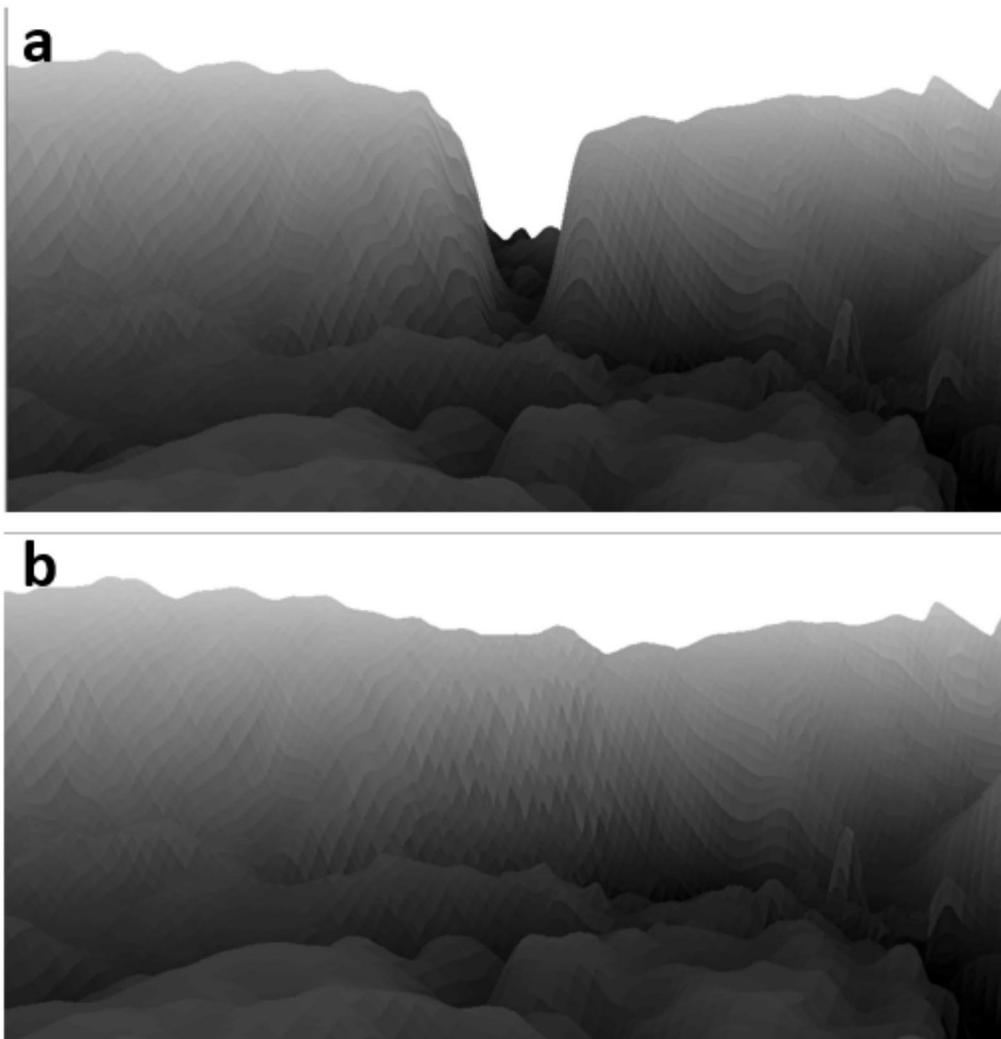


图6