

梯田 DEM 快速构建方法研究

祝士杰¹, 汤国安¹, 张 维¹, 赵卫东^{1,2}

(1 南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210046)

2 合肥工业大学 资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230009)

Rapid Modeling Method for Terrace Digital Elevation Model

ZHU Shijie, TANG Guoan, ZHANG Wei, ZHAO Weilong

摘要: 以梯田建设较为典型的陕北黄土高原为例, 研究基于国家大比例尺 DEM 数据快速构建梯田 DEM 的方法, 所采用的约束特征线控制地形的方法能快速构建试验样区内不同类型梯田 DEM。试验结果表明, 梯田 DEM 实现了对梯田地形的真实有效表达, 为数字地形分析在梯田地区的应用提供了数据基础。

关键词: 梯田; DEM; 快速构建

一、引言

梯田系指分布在丘陵、山区坡地上沿等高线方向修筑的条状台阶形田块^[1]。将坡地修成梯田, 不仅改变了坡面的小地形, 而且可以使地形坡度减缓, 并缩短坡长, 从而有效地治理坡耕地水土流失, 提高山区粮食产量。梯田已经成为山丘地区具有经济效益与生态效益的土地资源。目前, 我国在大力推进部分山丘地区的“坡改梯”工程, 已在梯田质量评价与稳定性^[2-3]、梯田监测与建模方法^[4-5]、梯田对水土保持的作用^[6-7]等方面取得了重要的研究成果。以上成果对于梯田的规划、修建与管理起到重要的作用, 并在国家有关部门的相关生产建设标准中得到应用。但是, 在强化推进土地资源管理数字化、信息化的今天, 对梯田的数字化表达还存在很大的困难。

我国虽然已经完成了从 1:1 万到 1:100 万比例尺地形数据库的建设, 同时也有学者运用晕渲等多种方法对基于 DEM 的地形表达效果进行了一系列的改进^[8-9], 然而, 各类 DEM 均只反映连续光滑的自然地面, 在地形分析与应用中无疑造成对地形描述的较大失真, 如图 1 所示, 所构建的 DEM 无法实现对梯田的描述与表达。因此, 如何在现有大比例尺 DEM 数据的基础上, 通过对数据的改造, 构建出顾及梯田的 DEM, 是必要且迫切的。本文将充分顾及坡面梯田的存在, 并将能对其进行有效描述的数字高程模型称为梯田 DEM。



(a) 包含梯田的实际地表(航空影像)



(b) DEM表面(光照晕渲图)

图 1 现实表面与 DEM 模拟表面对比图

二、梯田地形的基本特性

梯田地表作为一种特殊的、经人工深度影响的地貌形态, 具有如表 1 所示的基本特性。梯田 DEM 的构建, 须有效地反映这些基本特性, 并要以此作为梯田 DEM 建模设计的准则。

收稿日期: 2011-11-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40930531, 40801148)

作者简介: 祝士杰 (1983—), 男, 浙江杭州人, 博士生, 主要研究方向为 DEM 数字地形分析与应用。

表 1 梯田地形基本特征及梯田 DEM 建模要求

特性	特征描述	建模要求
继承性	梯田地面虽然在很大程度上改变了实际地面的坡度与坡长,但是,任何梯田都是在原始坡面起伏变化的大格局下,在坡面的最表层,对地面微观形态进行改造。梯田的出现,并没有改变原始地形的基本的起伏格局	改造原始 DEM,在保证原始 DEM 能够有效提取地面起伏的基本格局基础上,通过细化表达,获得包含梯田的 DEM
规整性	首先,为有利于农业耕作生产活动的开展,梯田田坎一般是沿着水平方向延展;其次,在一定的土地利用类型单元地块内,梯田的各阶层田坎高度基本一致	用特征线表示梯田的田坎,用特征约束线的方法对梯田形态进行抽象重构
多样性	根据其纵剖面形态,可以分为水平梯田、坡式梯田、反坡梯田以及隔坡梯田。其中水平梯田指梯田的田面水平;坡式梯田指田面依据原始地表坡度,由里向外具有一定角度倾斜;反坡梯田指田面由外向里具有一定角度倾斜	通过不同的方法,实现多种形态梯田模型构建
易变性	梯田会随着土地利用类型发生变化而改变,其形态与分布随时间存在一定的不稳定性	建模需要简便、易行,在必要的情况下,可以方便地进行修正和重构

三、梯田 DEM 的实现

1 梯田 DEM 的构建流程

梯田 DEM 的构建技术流程如图 2 所示。

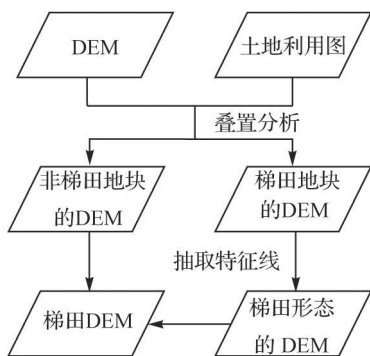


图 2 总体技术流程图

1) 根据土地利用图得到梯田范围并与 DEM 图层进行叠置,进而将所有的实际地面分为梯田与非梯田两类。

2) 在非梯田地块保持原始 DEM 不变的前提下,重建梯田地块的 DEM。其中,约束线的提取与确定是建模的关键步骤。即采用所展布的梯田台阶边沿线(简称台沿线)为约束线,控制梯田地块 DEM 的构建。

3) 将梯田区域 DEM 与非梯田区域 DEM 进行有效整合,获得能够实现自然坡面与人工坡面一体化表达的梯田 DEM。

2 梯田 DEM 的建模方法

根据梯田模型构建的复杂程度,针对不同的约

束线提取方法,本文提出参数构建法、简易构建法两种建模方法。

(1) 参数构建法

依据《基本农田建设设计规范》梯田修筑参数主要包括田坎外侧坡度、田坎高度、田面坡度、田面宽度等。如图 3 所示, α 为田坎外侧坡度; β 为田面坡度; H 为田坎高度; L 为田面宽度。利用所给定的梯田参数,恢复梯田形态,确定其约束线的位置与高程,进行梯田 DEM 构建。

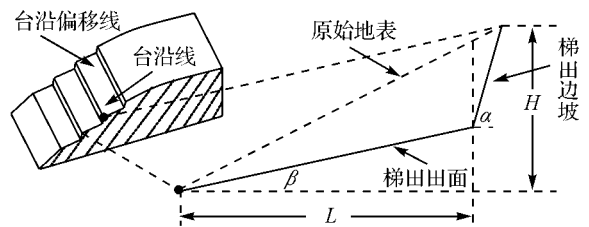


图 3 梯田台阶剖面示意图

假设最低的田坎高程为 E , 约束线提取具体计算方法如下:

1) 台沿线约束线提取。采用 DEM 自动提取等高线方法,以 E 为初始高程, H 为等高距,在梯田范围进行台沿线约束线提取。

2) 台沿线偏移约束线提取。 h 为偏移约束线的原始高程。则有

$$\frac{L}{L + H \cot \alpha - L \tan \beta \cot \alpha} = \frac{h}{H} \quad (1)$$

根据式(1)得

$$h = \frac{IH}{L + H \cot \alpha - L \tan \beta \cot \alpha} \quad (2)$$

以 $(E + h)$ 为初始高程, H 为等高距, 在梯田范围进行台沿线偏移约束线提取。

3) 修正台沿线偏移约束线高程。 Δh 为高程修正值

$$\Delta h = h - L \tan \beta \quad (3)$$

将台沿线偏移约束线高程降低 Δh 。当 $\beta = 0$ 时, 梯田类型为水平梯田; 当 $\beta > 0$ 时, 梯田类型为坡式梯田; $\beta < 0$ 时, 梯田类型为反坡梯田。

4) 以其高程为内插属性, 依据两组约束线构建 TN, 并转化为格网 DEM, 生成梯田地块的 DEM。

(2) 简易构建法

在某些区域, 由于在土地利用图上获得梯田参数往往有一定的难度, 在一些区域无法获取全面的参数值, 难以运用参数构建法实现梯田模型的构建。在此, 可通过估算梯田田坎高, 直接构建梯田模型。该方法简单, 便于快速实现。具体方法如下:

1) 台沿线约束线提取。采用 DEM 自动提取等高线方法, 以 E 为起始高程, H 为等高距进行等高线自动提取, 获得梯田区域的台沿线约束线。

2) 台沿线偏移约束线提取。以 $(E + h)$ 为起始高程 (h 为高程偏移值, 且 $h < H$), H 为等高距, 再次进行等高线自动提取。

3) 对该提取结果等高线的高程进行修正, 将其所有等高线高程降低修正值 Δh 。当高程修正值 $\Delta h = h$ 时, 则构建的梯田类型为水平梯田; 当 $\Delta h > h$ 时, 则构建出反坡梯田; 当 $\Delta h < h$ 时, 则构建出坡式梯田模型。

4) 以其高程为内插属性, 对两种约束线构建 TN, 并转化为格网 DEM, 生成梯田地块的 DEM。

3 梯田建模的可视化分析

将原始 DEM 与梯田 DEM 进行叠置分析, 获得既能表达原始自然地形, 又能表达梯田这一人工地形的 DEM。对比 3 类梯田的光照模拟图, 进行可视化分析, 可以较为清晰地分辨各类梯田的形态特征, 图 4 为陕北黄土高原试验样区的梯田 DEM。

在参数构建法构建梯田 DEM 时, 由于参数可以更精准地明确梯田的形态, 在构建中可以较为真实地反映梯田的层次结构, 在工程建设, 如水土保持建设土方量计算等方面, 可以得到较好应用。简易梯田模型构建方法能够快速对所选定的区域进行梯田建模, 亦可以在梯田规划与管理中得到很好应用, 但相比参数梯田模型构建方法, 其精度略显不足。在实际的梯田建设中, 梯田未必完全按照等高

线方向进行修筑, 而是会根据地形地势以及地质条件等不同, 进行适当的修正。如果具有梯田的约束线数据, 构建中可根据已有的专题线划矢量数据, 选取梯田部分的约束线, 将其转化为 3D-Line 即线状段中每个节点都有一个高程属性, 对其构建 TN 并转化为格网 DEM。对于梯田区域与非梯田区域的 DEM 进行叠置分析, 完成梯田模型的构建。

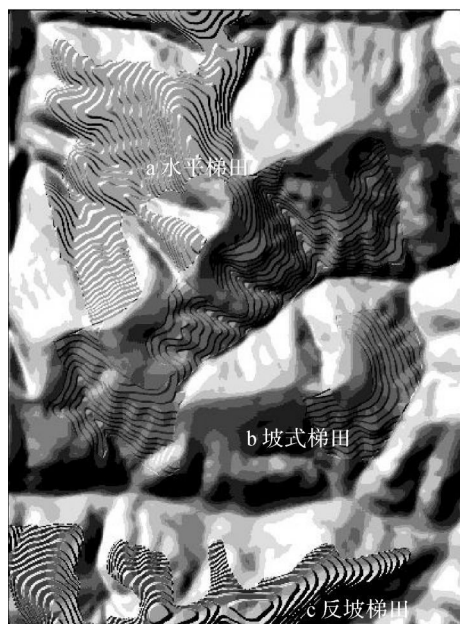


图 4 梯田光照晕渲图

四、结束语

梯田地形是典型的自然与人工复合的地貌形态, 梯田 DEM 的有效构建, 有望作为一种解决自然与人工复合地貌条件下 DEM 构建的成功探索, 对于完善 GIS 数字地形分析的科学与方法体系, 对于多梯田地区的生产建设规划与管理, 都具有十分重要的意义。

本文所重构的梯田 DEM 克服了原有 DEM 无法表达梯田的问题, 构建结果可较为准确且直观地反映梯田地形的特征, 提高 DEM 对微观地形的表达能力。今后须进一步加强在多种复杂地形条件下梯田模型的构建试验, 特别须提出梯田 DEM 地形分析的模式与方法, 推进其应用技术的完善与拓展。

参考文献:

- [1] 规划设计委员会. 基本农田建设设计规范 [EB/OL]. 2009-05-30. <http://wenku.baidu.com/view/0e9d560a79563c4c5da7122.htm>

(下转第 82 页)

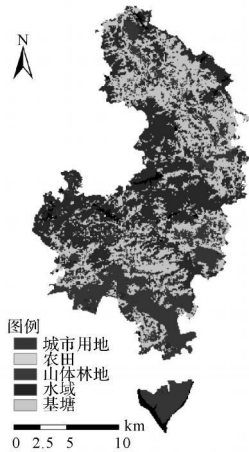


图 3 2010年萝岗区城市用地模拟



图 4 2015年萝岗区城市用地模拟

四、萝岗区城市用地扩展可持续发展对策

通过本文的研究分析,萝岗区城市用地扩展存在城市用地扩展过快、空间分布不平衡、格局较为分散,土地集约化程度不高等问题。因此,要使萝岗区城市用地可持续发展,政府可从以下几方面着

手:①强化规划编制,优化城市空间布局;②适应经济发展,构建新的城市用地结构;③完善政府对土地资源配置的干预机制,引导城市适度发展。

五、结束语

本文根据已收集的萝岗区城市用地扩展资料,研究其用地扩展规律,并采用BP神经网络,预测了萝岗区2010年、2015年的城市用地情况,虽未能对2010年城市用地模拟进行精度对比分析,但依然可以看出萝岗区未来几年内城市用地迅速扩张,北部地区将成为萝岗区未来开发的重点区域,应加强区域南北方向的交通联系。因而,合理规划城市布局,能指导萝岗区合理、有序发展,是提高全区土地利用效率的重要手段。

参考文献:

- [1] 陈述彭. 城市化与城市地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 11-13.
- [2] 葛美玲, 蔺启忠. 基于遥感图像的城市形态分维计算网格法的实现[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2007, 43(4): 517-522.
- [3] 朱英明, 姚士谋. 我国城市化进程中的城市空间演化研究[J]. 地理学与国土研究, 2000, 16(2): 12-16.
- [4] 华楠, 江景波. 城市土地利用系统动态分析模型[J]. 同济大学学报, 1997, 25(1): 92-97.
- [5] 黎夏. 珠江三角洲发展走廊 1988~1997年土地利用变化特征的空间分析[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 307-315.
- [6] 刘盛和. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 43-50.
- [7] 刘小平, 黎夏. Fisher判别及自动获取元胞自动机的转换规则[J]. 测绘学报, 2007, 36(1): 112-118.
- [8] 黎夏, 叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005, 24(1): 19-27.

(上接第 70页)

- [2] 刘洪波, 菅瑞卿, 郑合英. 黄丘一区水平梯田田坎侧坡的稳定性研究[J]. 中国水土保持, 2005(11): 39-40.
- [3] 陈勇, 刘京, 刘举. 黄土高原梯田质量评价系统设计研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 227-230.
- [4] 寇权, 吴永红, 慕志龙, 等. 基于 SPOT 5 卫星影像的梯田监测方法研究[J]. 中国水土保持, 2006(10): 65-66.
- [5] 杨蕾, 李天文, 王伟星, 等. 黄土高原微地貌之梯田三维建模方法探讨[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2006, 36(2): 321-324.

- [6] 杨封科. 半干旱黄土丘陵区梯田集水增产效应研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5): 130-132, 161.
- [7] CAO Shixiong, CHEN Lij, FENG Qij et al. Soft riser Bench Terrace Design for the Hilly Loess Region of Shaanxi Province, China[J]. Landscape and Urban Planning, 2007(80): 184-191.
- [8] 王晓延, 郭庆胜. 基于 DEM 的地貌晕渲表达方法探讨[J]. 测绘通报, 2003(8): 48-50, 54.
- [9] 周毅, 汤国安, 王春, 等. 基于 DEM 增强黄土典型地貌表达效果的方法研究[J]. 测绘通报, 2009(11): 34-36.