

用数字高程模型和遗传算法确定土地平整设计高程的初步研究

沈掌泉^{1,2}, 毛叶嵘³, 董云奇⁴, 王珂¹

(1 浙江大学农业遥感与信息技术应用研究所, 杭州 310029; 2 浙江大学计算机科学与技术学院, 杭州 310027;

3 浙江省余姚市土地整理中心, 余姚 315400; 4 浙江省桐乡市土地整理中心, 桐乡 314500)

摘要: 土地平整中设计高程的确定和土方量计算是土地整理项目规划设计的重要内容之一, 对开展规划设计、控制总投资及分配资金具有重要意义。该文以数字高程模型为基础, 充分发挥遗传算法的全局优化能力, 应用遗传算法来进行土地平整设计高程的确定和土方量计算; 通过对水平的、有一定坡度的和调入一定土方量这三种平整情况的计算结果, 证明该研究方法是有效和可行的。

关键词: 土地平整; 遗传算法; 设计高程; 土方量计算; 数字高程模型

中图分类号: F311; TP083

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)05-0012-04

沈掌泉, 毛叶嵘, 董云奇, 等. 用数字高程模型和遗传算法确定土地平整设计高程的初步研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 12- 15

Shen Zhangquan, Mao Yerong, Dong Yunqi, et al. Application of digital elevation model and genetic algorithm in determining design elevation in land consolidation project[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(5): 12- 15 (in Chinese with English abstract)

0 引言

土地整理, 是实现耕地总量动态平衡的有效措施, 也是提高土地质量、促进土地集约化利用的重要手段。土地是不可再生性资源, 随着经济的发展, 人口的增加, 积极开展土地整理, 对于缓解人地矛盾, 改善农业生产条件和生态环境, 促进农村现代化建设和经济可持续发展具有极其重要的意义^[1]。

土地整理项目中土地平整工作占有重要的地位, 投入也较大, 其费用有时可达到整个土地整理项目的一半甚至更多, 因此土地平整中高程的设计和土方量的大小与土地平整的投资直接相关; 如何设计出合理的土地平整的设计高程对土方量、控制总投资及分配资金具有重要意义^[1,2]。

传统的土方量计算方法有许多种, 常用的有: 断面法、方格法、散点法及表格法。断面法主要适合山地及高差比较大的地形; 方格法主要适合地形平坦及高差不太大的场地平整; 散点法适用于地形有起伏, 但变化比较均匀, 不太复杂的地形。传统的土方量计算方法手工工作量大, 不易在计算机上实现, 不能有效利用现有的数据资源; 而且, 不同的计算方法均存在计算结果精度低, 结果差异大的问题。许多研究表明, 应用数字高程模型(DEM)能够比较精确地解决土地整理设计中涉及的土方量计算问题^[1-9]。

以数字高程模型为基础, 可以比较简单地计算出土地平整的设计高程, 但如果有一定的附加条件(如设计

平面有一定的坡度, 需要调入或调出一定量的土方等), 则计算的难度就会大大增加。因此, 本研究主要探索在DEM的支持下, 运用遗传算法(Genetic Algorithm, GA)的非线性和全局优化的能力, 来确定在一定条件下土地平整的设计高程的最优解的新方法。

1 算法过程与原理

1.1 算法过程

本研究以实地测量的整理区的田面高程为基础, 建立覆盖整理区的不规则三角网(TIN), 通过TIN插值生成DEM, 根据设定的条件, 用遗传算法确定土地平整的最佳设计高程, 并计算出挖、填的土方量。整个流程见图1。

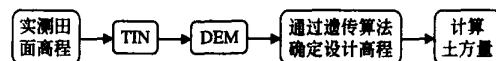


图1 数据处理流程

Fig 1 Flow chart of datum processing

2.2 算法原理

2.2.1 遗传算法简介

遗传算法是模拟生物在自然环境中的遗传和进化过程而形成的一种自适应全局优化概率搜索算法; 它模拟生物界“生存竞争, 优胜劣汰, 适者生存”的机制, 用逐次迭代法搜索寻优。遗传算法具有良好的通用性、并行性、全局优化性能、稳健性、可操作性与简单性, 及适用于高度非线性的不连续多峰函数的优化和无解析表达式的目标函数的优化等特点; 因此它作为一门新兴的交叉学科已在自适应控制、组合优化、模式识别、机器学习、人工生命、管理决策等许多领域得到了广泛应用^[10,11]。

2.2.2 编码方案的确定

应用遗传算法求解问题首先需要确定问题的表示

收稿日期: 2004-09-08 修订日期: 2005-04-18

基金项目: 国土资源部国家投资土地开发整理项目—余姚市土地整理项目(国土资函[2003]441号)资助

作者简介: 沈掌泉(1969-), 男, 副研究员, 高级程序员, 博士生, 从事计算机技术、遥感和GIS的应用研究。杭州市凯旋路268号 浙江大学农业遥感与信息技术应用研究所, 310029

方案,即把问题的搜索空间中的每个可能的点表示为确定长度的特征串,或称为一个染色体。为了方便解决本研究的问题,编码仅包含设计平整高程这一个值,编码方式采用实数编码,取值范围为土地平整区的最低和最高高程。此部分计算在MATLAB中,以Houck等开发的遗传算法工具箱(A genetic algorithm for function optimization: a matlab implementation, GAOT)为基础,经编程实现。在计算过程中,将DEM中各单元的高程信息与染色体所表示的设计平整高程相结合,来计算各个染色体的适应度,从而将DEM与遗传算法结合起来。具体的计算公式见公式(1)~(3)。

2.2.3 适应度函数的确定

应用遗传算法解决问题的另一个关键是确定适应度函数。一个染色体适应度的大小表示其解决问题好坏的程度,可通过适应度来评价一个特定染色体对解决问题的好坏。考虑到在土地平整中挖填土方量是否平衡很重要,因此本研究用挖填土方量差的绝对值来生成适应度函数。由于GAOT工具箱以适应度的大小来评价个体的优劣,适应度越大的个体越优秀,因此,具体计算公式如下

$$V_{挖} = \sum (H_i - H_{i设}) \cdot A, \text{所有高于 } H_{i设} \text{ 的范围} \quad (1)$$

$$V_{填} = \sum (H_{i设} - H_i) \cdot A, \text{所有低于 } H_{i设} \text{ 的范围} \quad (2)$$

$$f = \frac{1}{[abs(V_{挖} - V_{填} + \Delta)] + 1} \quad (3)$$

式中 H_i ——某单元的田面高程(来自DEM),m;
 $H_{i设}$ ——该单元土地平整的设计高程,m; A ——DEM单元的面积,m²; $V_{挖}$ 、 $V_{填}$ ——分别为在此设计高程下的总挖方量和总填方量,m³; Δ ——需要土方调入(-)

或调出(+)量,m³;abs——取绝对值; f ——适应度函数,其取值范围为(0,1),显然,适应度越接近1,则表明总的挖方量和总的填方量越接近,则设计高程越合理。在水平平整的情况下, $H_{i设}$ 为一个固定的值;而在进行倾斜的平整时,确定一个点作为参照,然后按照预先确定的倾斜的方向和坡度,生成一个表示试验区内各单元设计平整高程变化的数组,通过对参考点的设计平整高程的修正来确定各单元的设计平整高程,此时各单元的设计平整高程是不同的。

2.2.4 遗传算法的参数确定

根据已有遗传算法方面的研究,结合试验尝试,本研究的遗传算法的参数确定如下:种群规模为200,进化的最大代数数为200,进化的终止条件为达到最大进化代数,其他的参数均采用GAOT工具箱的缺省值^[12]。

3 算例

3.1 试验区概况

本研究的试验区位于浙江省余姚市一个土地整理项目区内,是20世纪70年代围垦的,属于滨海平原的地貌类型,区块内地形总体变化比较平缓,但局部起伏较明显,区内高程最低处为2.2m,最高处为6.3m。

3.2 试验区DEM的建立

为了土地整理工作的需要,按照1:2000的成图要求,进行了实地测量,图2a为在本试验区范围内的高程点的分布情况;图2b是利用实测的高程点(图2a),在Arcview 3.2中建立的不规则三角网(TIN);图2c是根据图2b的TIN获得的栅格化的DEM,根据柳长顺等的研究结果^[3]和出于计算便利性的考虑,本试验中DEM的栅格单元的大小取1m×1m。

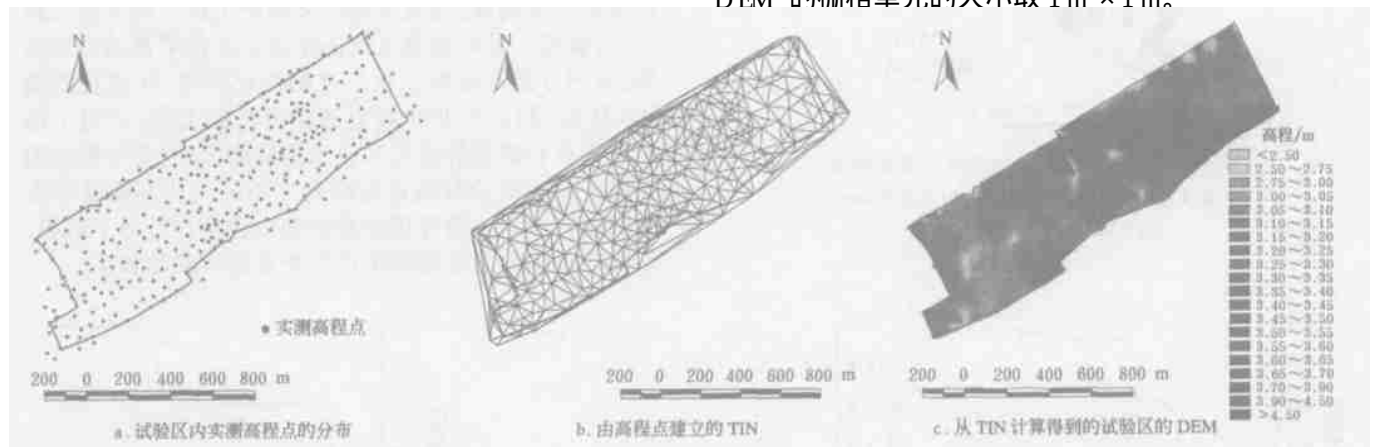


图2 试验区DEM的建立

Fig 2 Development of digital elevation model (DEM) in the study areas

3.3 计算结果

1) 试验1: 将整理区块进行水平平整的情况

假定需要将本整理区平整为一个水平的田块,通过运算,在进化到第200代时,最佳个体的适应度达到0.998616,已经非常接近最大适应度,得到土地平整的设计高程为3.345m,填方量为59816.6957m³,挖方量

为59816.6943m³,可见挖填土方量已经平衡;从图3的填挖土方的空间分布可以看到,除少数区域需要大的土方调整外,大部分区域移动的土方量均较小,这与本整理区块的地形起伏不大有关。

2) 试验2: 平整为东高西低、坡度为1/5000的情况
 余姚是有名的榨菜生产地,大量种植榨菜,如果本

区块经土地平整后, 主要以榨菜等旱作为主, 因此需考虑田块的排水问题, 假定需将本区块整理为东高西低, 以最西面为土地平整的设计基础高程, 坡度为 $1/5000$ 的旱地。经过运算, 在进化到第 200 代时, 最佳个体的适应度达到 0.999864, 十分接近最大适应度, 得到试验区最西面的设计平整高程为 3.173 m, 填土量为 67888.3525 m^3 , 挖方量为 67888.3524 m^3 , 挖填土方量几乎相等; 从图 4 的填土和挖土的空间分布可以看出, 由于是平整为东高西低有一定坡度的情况, 因此东部以填土为主, 而西部以挖方为主。

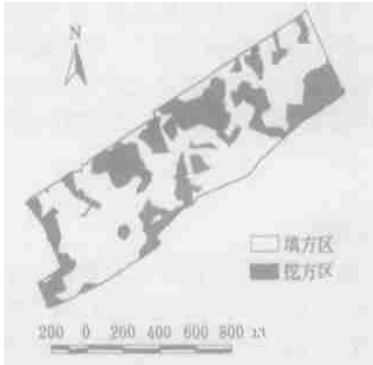


图 3 试验 1 的填方和挖方的空间分布图

Fig 3 Spatial distribution of filling and digging in the first case

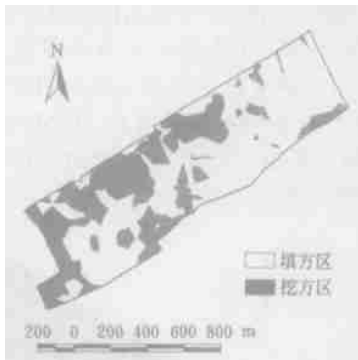


图 4 试验 2 的填方和挖方的空间分布图

Fig 4 Spatial distribution of filling and digging in the second case

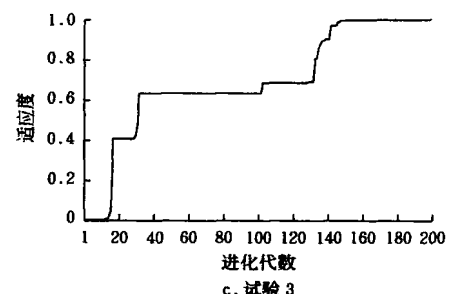
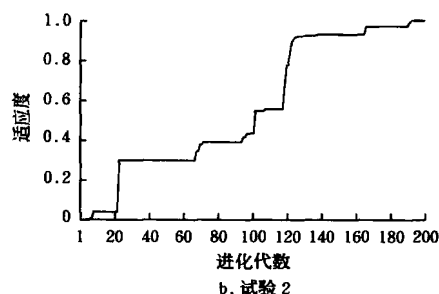
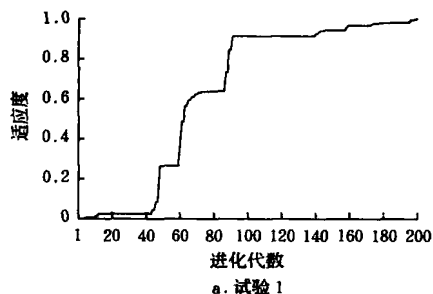


图 6 在进化过程中三个试验的最佳适应度的变化情况

Fig 6 Changes of maximum fitness of the three cases in evolving process

3) 试验 3: 从相邻区块调入 30000 m^3 土方并进行水平平整的情况

由于本整理区块与周围的区块相比, 相对来说比较低, 假如需要从周围的地块调入土方 30000 m^3 , 以适当抬高本区块的田面高程。在此条件下, 通过运算, 在进化到第 200 代时, 最佳个体的适应度达到 0.999983, 非常接近适应度的最大值, 得到土地平整的设计高程为 3.377 m, 与试验 1 的设计高程相比有所提高, 挖土量为 48319.1797 m^3 , 填土量为 78319.1797 m^3 , 减去调入的土方量, 填土和挖土的土方量相等。从图 5 填方和挖方的分布图可以看到, 填土的区域大大超过了挖方的区域。

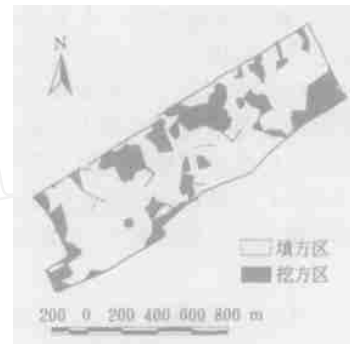


图 5 试验 3 的填方和挖方的空间分布图

Fig 5 Spatial distribution of filling and digging in the third case

4 结 论

从本研究的结果可以看到, 在数字高程模型 (DEM) 的支持下, 针对土地平整中可能出现的三种比较典型的情况, 应用遗传算法来确定土地平整的设计高程, 均取得了试验整理区块内挖填土方量平衡的合理结果; 从图 6 运算过程中适应度的变化可知, 在进化到第 200 代时, 均已经非常接近适应度的最大值, 证明了遗传算法具有极强的优化和全局搜索能力, 它对于解决像土地平整中的设计高程的确定之类的优化问题是非常有效的; 当然, 本研究仅对假定的三种情况进行了试验, 需要在实际的土地整理中进行更多的实践和验证。

[参 考 文 献]

- [1] 柳长顺, 杜丽娟 Arcview 在土地整理项目土方量计算中的运用[J] 农业工程学报, 2003, 19(2): 224- 227.
- [2] 柯晓山, 张 玮, 王荣静, 等 采用不规则三角网插值进行土地整理项目前期平整土方量的计算[J] 农业工程学报, 2004, 20(3): 243- 247.
- [3] 柳长顺, 齐 实, 杜丽娟 土地整理项目土方量计算方法[J] 中国水土保持科学, 2003, 1(6): 77- 79
- [4] 毛 泓, 王秀兰 数字地形模型在土地整理中的应用[J] 华中农业大学学报(社会科学版), 2000, (4): 55- 56, 64
- [5] 张新东 土地平整测量计算方法的探讨[J] 北京测绘, 2002, (2): 42- 44
- [6] 杨安库 DEM 在土方量计算中的应用[J] 测绘标准化, 2003, 19(3): 18- 19
- [7] 周越轩, 刘学军, 杨治洪 基于DTM 的土方工程计算与精度分析[J] 长沙交通学院学报, 2000, 16(4): 39- 43
- [8] 何宝恕 解方程计算平整土地的设计高程及土方量[J] 工程勘察, 1994, (5): 61- 63
- [9] 朱成立, 张展羽, 莫建兵 农田土地平整设计中几个问题的探讨[J] 水利水电科技进展, 2003, 23(6): 54- 56
- [10] 云庆夏, 黄光球, 王战权 遗传算法和遗传规划——一种搜索寻优技术[M] 北京: 冶金工业出版社, 1997: 1- 57
- [11] 周 明, 孙树栋 遗传算法原理及应用[M] 北京: 国防工业出版社, 1998, 1- 64
- [12] Houck C R, Joines J A, Kay M G A genetic algorithm for function optimization: a matlab implementation[R] Technical Report NCSU -IE-TR-95-09, North Carolina State University, Raleigh, NC (1995).

Application of digital elevation model and genetic algorithm in determining design elevation in land consolidation project

Shen Zhangquan^{1,2}, Mao Yerong³, Dong Yunqi⁴, Wang Ke¹

(1. Institute of Remote Sensing and Information System Application, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;

2 College of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 3 Center of Land Consolidation and Rehabilitation, Yuyao 315400, China; 4 Center of Land Consolidation & Rehabilitation, Tongxiang 314500, China)

Abstract: Determining design elevation and calculating earthwork are one of the main tasks in planning and design of land consolidation projects, which is of great significance to land planning and design, the control of total investment and allocating fund. In this study, a new method for optimizing design elevation and calculating earthwork using genetic algorithm based on Digital Elevation Model (DEM) was introduced. Three different calculating examples were taken as cases to validate the method, and the results showed that the method was feasible and effective.

Key words: land consolidation; genetic algorithm; design elevation; earthwork calculation; digital elevation model