

基于 ArcEngine 的土壤侵蚀抽样调查单元的底图制作

张超^{1,2}, 陶和平¹, 高攀¹, 杨俐¹

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 土壤侵蚀普查是第一次全国水利普查的主要目标之一, 为获得野外调查单元数据, 需充分利用密度抽样方法和大量的野外调查单元底图以辅助野外调查, 并采用空间分析方法从已获取的调查数据中计算各侵蚀因子。但我国幅员辽阔, 土壤侵蚀范围广, 抽样调查点的数量也随之增大, 制图过程中数据量大, 制图流程较为繁杂。运用 C# 语言、Visual Studio 2008 开发工具和 ArcEngine 组件式二次开发实现了土壤侵蚀抽样调查单元底图的自动制图。详细介绍了自动制图过程中各部分功能的设计和实现思路。通过编程实现地图数据的自动裁剪, 计算与分类, 地图排版以及打印输出, 极大减轻了制图工作量。

关键词: 土壤侵蚀; 野外调查单元; 自动制图

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2013)04-0257-03

中图分类号: P283.7

Base Map Fabrication of Sampling Survey Unit in Soil Erosion Based on ArcEngine

ZHANG Chao^{1,2}, TAO Heping¹, GAO Pan¹, YANG Li¹

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu, Sichuan 610041, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Soil erosion survey is one of the main tasks in the first national water resources survey. To obtain the field investigation unit data, substantive ground sampling need to be made, and a large number of base map for field investigation unit are required to assist field investigations. Then spatial analysis will be adopted to get various erosion factors by using the acquired data. Since China has a very vast area and erosion area, the number of field investigation unit base map is huge. The procedures of base map cartography, which involves amounts of data, are usually cumbersome and repetitive. Therefore, this paper studied the implementation of automated mapping on soil erosion sampling survey unit base maps by using C# programming, Visual Studio 2008 and ArcEngine component-based development. By programming, this study achieved automated mapping, as map clipping, calculation, classification, layout and printing could be done automatically. This study also elaborately described the functions and concept in automatic cartography in three sections: map clipping, map projection and map layout.

Keywords: soil erosion; field investigation unit; automated mapping

在土壤侵蚀抽样调查研究中, 通常需要事先确定抽样调查点, 然后根据调查点位确定调查区域, 制作相应的野外调查单元底图。野外调查单元底图可以辅助野外调查, 为野外调查人员提供交通线路分布, 居民点, 水系分布以及地形等相关信息, 方便野外调查人员在底图上勾绘记录土地利用类型、分布范围等信息。调查过程中, 可采用遥感影像勾绘、现场目估勾绘、GPS 定位勾绘 3 种方法, 在调查底图上勾绘地块边界, 根据实际情况结合使用各种方法^[1]。调查单元底图的制作所涉及的数据往往包括多个要素图层,

通常有等高线、居民地、公路、铁路、水系等。根据计算机制图一般过程, 主要包括编辑准备、数据输入、数据处理与图形输出等 4 个阶段^[2]。编辑准备阶段, 需要将调查范围内诸多调查单元的各个类型的多个数据图层拼接成相应类型的整体数据图层。数据输入阶段, 以编辑准备阶段拼接好的各个类型的数据图层作为输入数据。在数据处理过程中, 从整体数据图层中裁剪出调查区域范围内的数据图层, 再进行地图投影。最后在图形输出阶段, 加载各个类别的图层, 调整各图层的叠加顺序(从上到下依次为点、线、面图

收稿日期: 2012-08-12

修回日期: 2012-11-23

资助项目: 第一次全国水利普查水土保持情况普查项目“冻融侵蚀因子计算分析与制图”(SBZX-SBPC-1003)

作者简介: 张超(1989—), 男(汉族), 四川省宜宾市人, 硕士研究生, 主要从事 GIS 二次开发和山地灾害与环境遥感研究工作。E-mail: whumxz@gmail.com。

通信作者: 陶和平(1952—), 男(汉族), 江苏省镇江市人, 研究员, 主要从事地理信息系统方向的研究和工作。E-mail: thp@imde.ac.cn。

层),设置比例尺,要素分类,选择要素符号(包括格式和颜色),加入地图标注,更新标题,制图信息,打印输出等。每制作一幅野外调查单元底图基本上都是严格按照以上步骤重复进行,对于第一次全国水利普查这样大范围的调查研究,往往是以省为单位,野外调查点分布较多,需要制作的野外调查单元底图也相应较多。本研究采用 ArcEngine 二次开发,研究实现了大规模的野外调查单元底图自动制图,避免以往繁杂、重复的人工操作制图,提高野外调查单元底图的制作效率,节省了大量工作时间。并对 GIS 环境中实现野外调查单元底图自动制图从数据批量裁剪、地图自动投影到地图自动排版,最后自动出图的一体化自动制图功能的设计思路及实现过程进行论述。

1 整体框架构建

野外调查单元底图的制作主要包含 3 个部分,分别是地图裁剪、地图投影和地图排版。在进行野外调查单元底图自动批量制作之前,需要准备用于制图的相关数据。通过图层拼接将所研究区域内的所有单幅地形图数据按类别分别拼接为一个完整的数据图层,然后根据野外调查点和调查范围,生成边界线和裁剪框,最后将所有拼接好的数据图层、边界线图层以及裁剪框图层放入一个地图文档中统一加载到制图程序中进行裁剪。进行裁剪之前,需要设置好地图模板、制图结果输出位置、投影方式等制图参数。地图裁剪的同时会进行一系列的信息提取,包括用于生成输出文件目录的县名、用于修改地图标题的调查点编码、用于计算计曲线的等高线梯度值等。当每个调查点范围内的图层裁剪完成之后,程序自动加载本次裁剪得到的多个数据图层进行地图排版,然后生成制图结果,制图结果包括 PDF 地图、MXD 地图文档以及裁剪得到的多个 Shapefile 文件。程序会根据裁剪图层中的裁剪框数量循环完成每一个野外调查点的底图,自动制图。

2 关键技术实现思路与方法

调查单元底图自动制图程序的关键技术主要包括 3 大部分:一是地图裁剪,主要实现对研究区域的地形图数据进行批量裁剪,数据归类,为后续的地图制图准备好图层数据;二是地图投影,根据调查点的经纬度坐标计算 UTM(universal transverse mercator)投影带,将裁剪结果数据投影为相应分带下的 UTM 投影坐标;三是地图排版,主要实现对裁剪好的地图数据进行图层组织、符号设置、计曲线计算、要素标注等,制作出准确的地形图。

2.1 地图裁剪

地图裁剪是在一定的研究范围和尺度下,将给定范围以外的数据信息舍弃,保留特定区域的地图数据进行研究。就矢量数据而言,其裁剪与普通的图形裁剪有所不同,在裁剪时不仅要考虑坐标信息,同时也要保留矢量地图数据的属性信息^[3]。在地图裁剪过程中,需要实现高效率的图层裁剪、大数据量的批量裁剪以及裁剪后各图层的分带投影。

2.1.1 高效率的地图裁剪 ArcEngine 中有多种地图裁剪方式,其中比较常用的是 IBasicGeoprocessor 和 Geoprocessor,两者都能实现地图裁剪,所不同的是 IBasicGeoprocessor 中的 Clip 方法是将裁剪对象转化为 ITable 进行裁剪,对于小数据量的单幅图层这种裁剪方法简单,比较容易实现。但对于批量裁剪中所使用到的大数据量图层如果转化为 ITable 会直接降低效率,导致程序无法继续运行。通过实验发现对于几个 GB 以上的等高线图层,如果采用 IBasicGeoprocessor 方法,大量的数据将无法转化成 ITable 进行裁剪。因此对于批量裁剪大型的地图图层,本研究主要选用 Geoprocessor 与 AnalysTools 包下的 Clip 相结合进行裁剪的方式。这种方式是将裁剪图层和被裁剪图层分别作为一个 Layer 进行空间叠置,裁剪出相交区域,不会因为数据量增大而降低裁剪效率。

2.1.2 大数据量的批量裁剪 裁剪地图之前,首先需要根据野外调查点图层生成一个 600 m 范围的裁剪框图层。裁剪时,程序根据裁剪框图层,每次读取一个裁剪框将其转化为一个只包含一个裁剪框的临时图层,然后将该图层与诸多被裁剪图层作为图层参数传递给裁剪函数进行裁剪,同时裁剪框中还包含了地形图的图幅编号,县名等属性信息,用于对裁剪结果进行文件归类以及在地图排版时修改地图标题。每次裁剪完成之后程序自动清除临时图层,转入下一个裁剪框进行裁剪,直到裁剪框图层中的最后一幅地图裁剪完成。

2.1.3 地图投影 用于地图排版的图层数据必须经过准确的投影,程序在裁剪每一幅地图的同时会对裁剪结果进行投影。在 ArcEngine 中通过 Geoprocessor 和 Project 对象对地图图层进行投影,投影过程中在 Project 对象中设置投影参数和投影对象,Project 作为 ArcToolBox 中的投影工具的方式在 Geoprocessor 中执行。本研究中采用 UTM 投影,UTM 投影是一种等角横轴割圆柱投影,它将北纬 84°到南纬 80°的地球表面,自东经 180°起每隔经差 6°自西向东将地球划分为 60 个投影带^[4]。自动制图时,投影参数主要取决于两部分,一部分是裁剪开始前输入的投影文件信息,主要标明 ArcGIS 中预定义的投影文

件位置;另一部分是程序在裁剪过程中从裁剪框里读取的裁剪的野外调查单元点位的经纬度范围,由经纬度范围计算投影带,选择对应的 UTM 投影带。确定投影信息后,投影文件与结果图层一并传给投影函数进行地图投影。以实验数据中的攀西地区为例,攀枝花市位于北纬 $26^{\circ}05'$ — $27^{\circ}21'$,东经 $101^{\circ}08'$ — $102^{\circ}15'$ 。根据 UTM 投影的计算规则,攀枝花市位于北半球中纬度带,在 96° — 102° 的范围内,属于 UTM 投影中的北半球第 47 带,程序自动读取投影文件中名为 WGS_1984_UTM_Zone_47N.prj 预定义投影坐标文件作为目标投影,在 102° — 108° 的范围内,属于 UTM 投影中的北半球第 48 带,程序自动读取投影文件中名为 WGS_1984_UTM_Zone_48N.prj 预定义投影坐标文件作为目标投影。

2.1.4 地图排版 裁剪完成得到可用于制图的各调查单元图层数据,需要从结果文件中加载各类图层进行地图排版。地图排版的目的在于以色彩、符号等形式为手段,将地图内容的特征及其层次关系等显示得既符合实际情形又清晰易读^[5]。地图排版过程需要实现的关键技术有计算曲线、图层符号与标注、地图打印输出。(1) 计算曲线。地形图制图中需要对等高线进行特殊处理,根据等高线图层的高程值和等高距,计算并标注曲线。等高线图层的曲线计算主要涉及到两个参数,第一个是等高线高程值,第二个是等高距。自动制图程序在地图排版过程中加入等高线图层后,从等高线图层中读取每一条等高线的高程值并将其记录在一个数据集合中,剔除相等高程值,然后对数据集合进行排序,算出等高距。然后对等高距和高程值进行求余运算,每隔 4 条取一条曲线并将此结果写入等高线图层的曲线字段中,用于分类标注。(2) 图层符号与标注。针对裁剪结果中的不同图层需要选用不同的图层符号与标注形式,对于等高线图层需要对曲线和非曲线进行分类标注,对于点、线、面图层需用不同类型的地图符号。ArcEngine 中有多种图层渲染方式, IUniqueValueRenderer 可以采用多种颜色着色,依据要素图层的要素中某个数值字段的值,给每类要素一个单独的颜色,因此将其用于对等高线图层的渲染^[6]。居民地、公路、水系、铁路等普通图层主要采用 ISimpleRenderer 进行简单渲染。渲染过程中,主要是根据不同图层加载 ArcGIS 中预先定义好的图层符号。除了渲染地图图层外,还需要采用标注集对象对等高线图层中的曲线进行高程值标注,主要采用 IAnnotationLayerProperties 接口中的 WhereClause 属性设置一个 SQL 语句,选择性地标注曲线。(3) 地图打印输出。地图排版完成后,需要采用 IExport 接口

将已制作好的地形图导出为 PDF 或者是 JPG 格式,然后将地图文档保存为 MXD 格式,便于查看制作其他地图。导出前,根据裁剪过程中获得的调查单元属性信息自动更新地图标题,包括地名、野外调查点编号等信息。导出过程中需要设置地图尺寸,输出范围,分辨率等信息。最后,所有的 Shapefile 裁剪结果图层都放在 shp 文件夹下,PDF 地图和 MXD 地图文档统一放置在 basic 文件夹下。shp 和 basic 文件夹放置在以野外调查点编码命名的文件中,最上层是以县名命名的文件目录,包含多个野外调查点的地图文件。自动制图程序会根据野外调查点的属性信息自动生成各类文件目录和子目录,当第二次进行裁剪时会自动覆盖前一次裁剪的结果。

3 结果讨论

由地形图自动制图得到的地形图与手动制图的结果完全一致,其中的 PDF 文件可直接打印存档,裁剪得到的各 Shapefile 图层可用于其他专题图制作。在 MXD 文档中,通过坐标配准,可以叠加该地区的遥感卫星影像生成水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀的野外调查单元底图,用于针对冻融侵蚀的野外抽样调查。基于 ArcEngine 实现的野外调查单元底图自动制图在很大程度上提高了工作效率,减少了繁杂的手动制图工作量,在实际的水土保持调查中也得到了很好的应用。

4 结论

(1) 基于 ArcEngine 实现的野外调查单元底图自动制图可以批量自动制图,大量节省重复工作时间,提高制图效率,适用于大区域,大数据量的批量野外调查单元底图制图。

(2) 利用自动制图方法生成的野外调查单元底图质量与人工操作制作的野外调查单元底图基本一致,通过准确的裁剪算法能有效控制大量人工数据处理过程中带来的误差。

(3) 本研究所提出的利用野外调查单元底图自动制图方法在第一次全国水利普查中得到了实际应用,主要应用于川西地区野外调查单元底图的制作,其有效性和实用性得到了检验。

(4) 野外调查单元底图制图往往需要制图人员主观的判断,融入更多艺术元素,增强地图的美观性。本文只是研究如何通过自动批量制图节省工作时间,提高制图效率,且只研究了对于 Shape 文件格式的地图图层裁剪与制图,对于其他数据格式的裁剪和更多样的地图自动制图还有待于进一步研究。

(下转第 263 页)

3 结论

对于番茄种植而言,在开花坐果期土壤含水率下限控制在60%的田间持水率,结果盛期土壤含水率下限控制在75%的田间持水率,是产量与水分利用效率最佳的水平;同时,0—10 cm和10—20 cm土层的土壤含水率与计划湿润层内土壤水分关系较为密切,但0—10 cm的土壤含水率受周围环境因素影响较大,不建议将土壤水分传感器埋于此层,因此10—20 cm的土壤含水率更能很好地代表计划湿润层内的平均土壤含水率,把土壤水分传感器埋设于此土层深度是比较合理的。

[参 考 文 献]

- [1] 汪懋华. “精细农业”发展与工程技术创新[J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 1-8.
- [2] 袁光辉. 农田灌溉中需要探讨的几个问题[J]. 灌溉排水, 2004, 13(4): 19-21.
- [3] Coelho E F, Or D. Flow and uptake patterns affecting soil water sensor placement for drip irrigation management[J]. Soil Science Society of America Journal, 1996, 39(6): 1039-1049.
- [4] 罗锡文, 臧英, 周志艳. 精细农业中农情信息采集技术的研究进展[J]. 农业工程学报, 2006, 22(1): 167-171.
- [5] 李加念, 洪添胜, 冯瑞珏, 等. 基于真有效值检测的高频电容式土壤水分传感器[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 216-221.
- [6] Jones S B, Blonquist J J M, Robinson D A, et al. Standardizing characterization of electromagnetic water content sensors(Part 1): Methodology[J]. Vadose Zone Journal, 2005, 4(4): 1048-1058.
- [7] Benganem M. Low cost management for photovoltaic systems in isolated sitewith new IV characterization model proposed[J]. Energy Conversion and Management, 2009, 50(3): 748-755.
- [8] 曾辰, 王全九, 樊军. 初始含水率对土壤垂直线源入渗特征的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 24-30.
- [9] 王凤新, 康跃虎. 用负压计拟定滴灌马铃薯灌溉计划的方法研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 58-64.
- [10] Shock C C, Feibert Erik B C, Saunders L D. Irrigation criteria for drip-irrigated onions[J]. Scientia Horticulturae, 2000, 35(1): 63-66.
- [11] Shae J B, Steele D D, Gregor B L. Irrigation scheduling methods for potatoes in the Northern Great Plains [J]. Transactions of the ASAE, 1999, 42(2): 351-360.
- [12] 汪羽宁, 樊军, 李世清, 等. 小麦实时控制灌溉的土壤水分含量探头合理埋设深度研究[J]. 灌溉排水学报, 2009, 28(5): 10-11.
- [13] Esen H, Ozgen F, Esen M, et al. Artificial neural network and wavelet neural network approaches for modeling of a solar air heater[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(8): 11240-11248.
- [14] 田义, 张玉龙. 温室地下滴灌灌水控制下限对番茄生长发育、果实品质和产量的影响[J]. 干旱地区农业科学, 2006, 24(5): 88-92.
- [15] Georges T D, Leif T, Ali R. Yield and quality of tomato fruit under watertable management[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1997, 122(4): 491-498.
- [16] 诸葛玉平, 张玉龙. 塑料大棚渗灌灌水下限对番茄生长和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 767-771.
- [17] 李建明, 邹志荣. 灌溉土壤水分上限对温室番茄开花坐果期生理指标的影响[J]. 西北农业学报, 2000, 9(4): 71-74.
- [18] 李波, 任树梅, 杨培岭, 等. 供水条件对温室番茄根系分布及产量影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 39-44.

(上接第259页)

[参 考 文 献]

- [1] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 水土保持情况普查[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [2] 廖克. 现代地图学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 罗胜, 郭海涛, 张保明. 矢量地图图幅裁剪技术研究[J]. 测绘工程, 2007, 16(4): 56-59.
- [4] 浦天宏, 娄雅斌. GIS采用高斯—克里格地图投影技术的研究[J]. 鞍山师范学院学报, 2008, 10(2): 38-41.
- [5] 王家耀, 孙群, 王光霞, 等. 地图学原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [6] 邱洪钢, 张青莲, 路绍强. ArcGIS Engine开发从入门到精通[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.