

土地面积计算机量测系统的建立与应用

陈斌飞 陈鸿昭 曹锦铨

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文以长江三峡地区土地资源面积量测工作为例,介绍一种量测速度快、精度高的计算机面积量测系统及其应用的具体方法。

土地资源的数量指标首先是各类土地的面积指标,这是摸清农业家底最基本的指标,但这个指标在我国统计上较为混乱,使区划和规划的科学性与实用性受到了严重影响。因此,如何从土地资源图上高质量地进行面积量测是一个亟待解决的问题。“七五”期间,我们承担了长江三峡地区土地承载能力的研究任务,采用了目前最先进的计算机—数字化面积量测法,获得了较满意的结果。现根据工作实践,就下面几个问题作一介绍。

一、系 统 的 组 成

土地资源面积计算机量测系统系由硬件和软件两部分组成。硬件包括 PSⅡ/30型与 IBMPC/XT 型两台微型计算机,一台 KURTA/A₃幅面的手扶跟踪式数字化仪和 EPSON LQ—1000K行式打印机。数字化仪与计算机相连,经标示器在数字化仪操作台上对土地资源图图块的连续采点,使每一图块的脉冲信号转变成数字信息在计算机屏幕上显示,并存储于计算机的硬盘或软盘上。选用二台兼容的主机,旨在提高工作效率,避免因用机冲突而中断面积量测工作。打印机是系统的输出设备,可用中英文输出所需图表。

软件包括系统软件与应用软件两种。系统软件主要用于计算机的管理、维护与应用软件的开发;应用软件是指用计算机及其提供的各种系统软件写成的解决各类应用问题的程序或软件包,一般用 Basic、Fortran 等“程序语言”来编写。

二、系 统 的 功 能

计算机面积量测系统功能的实现主要是靠软件来完成的。因此,软件功能的完善程度直接关系到量测工作的效率与精度。为了获得比较准确的资源数据,在用于长江三峡地区的土地资源面积计算机量测时,除系统软件外,还设计了如下几个应用程序:

1. 数据采集管理程序 用于将接收到的接口的数据信息,拼接并放置在计算机内存单元内,以待面积计算时调用。

2. 面积计算程序 根据不同图块(图幅、分区、图斑)的量测方式与计算方法,选择相应的面积计算公式,并用 Basic 编写出计算软件以调用贮存的数据信息(封闭曲线上各点的坐标集)进行面积计算,打印或显示出被量测的某一图块的面积测量值,同时进行自动存盘、读盘操作。

3. 分级平差程序 平差就是把量测过程中,由各种因素所造成的某一范围内的图形面积与其理论面积的差值,合理地分配到每一个图块上,以保证量测面积与其实际面积(理论面积)的相同,从而确保成果的可比性。平差时,一般先进行某一范围内的测量值与理论值比较,如相对误差在允许范围内,就依次对整个图幅、图幅内每一小区、每一图斑,按改正值逐一平差;反之,则以声响和屏幕显示的方式告知操作人员有关量测的错误信息,如起点与终点不吻合、误差太大等等。图幅、小区的面积(精度控制面积)由计算与量测获得,图幅、小区、图斑量测的允许误差,根据 1:10 万土地资源图的精度要求与工作进度要求及实际的图斑密度、图形规律而定。

4. 查错纠错程序 用于防止操作错误和系统的外界因素影响,如序号和编码的错误输入、图幅位移、突然停电、图斑内容更改与界线修正等。当出现上述情况时,便可驱使量测系统显示出错信息或自动停机存盘,并经人一机对话进行纠错。

5. 信息分类程序 用于查明某一研究区内的土地类型、数量和质量,便于制图质量反馈与面积量测准确度的检验。计算机磁盘上所贮存的每一个数组,实际上是具有空间特征和质量属性的土地(类型)信息。每一数组由序号、属性编码、数值所组成。它们分别代表该土地类型的空间位置、质量特征和数量大小。

6. 预处理程序 依据制图综合特点,评估土地信息的损失值,以正确分割复区成份,计算某一类型区的土地非利用系数。

7. 结果输出程序 实施系统的中文制表和统计图的制作。可按不同专业要求进行屏幕显示和打印输出。

三、系统的操作运行

1:10 万长江三峡地区土地资源评价图共计 52 幅,覆盖面积为 60496 平方公里,东起湖北省宜昌县,西至四川省江津县,南北以小分水岭为界,包括川、鄂两省的 38 个县市的全部或一部分。用计算机对土地资源评价图进行面积量测的过程如图 1 所示。

1. 量测前准备 包括选用工作地图,计算图幅理论面积(精度控制面积)。供面积量测用的底图,要求图面整洁、轮廓线清晰,图块周界闭合,注记清楚。根据工作进度可采用作者原图或打样图。

三峡地区土地资源评价图系以国家测绘局编制的 1:10 万地形图为基础,因此,可按照经纬差计算或直接查阅测绘手册,获得所需 1:10 万地形图各图幅的理论面积。表 1 即为采用 B—P 法计算所得的三峡地区 1:10 万土地资源评价图的理论面积。由表 1 可知, H—49—27 图幅(竹园坪幅)理论面积为 1762 平方公里。

计算不足一幅图的理论面积有二种方法。一是视图幅的空白区域为该图幅的一个特殊精度控制分区,经分区量测与平差后得该图幅实际制图区域的理论面积;二是以多次($n \geq 4$)等精度量测的算术平均值作为其实际面积。一般在图幅的空白区域不大时,宜采用第一种方法;反之,则用第二种方法。

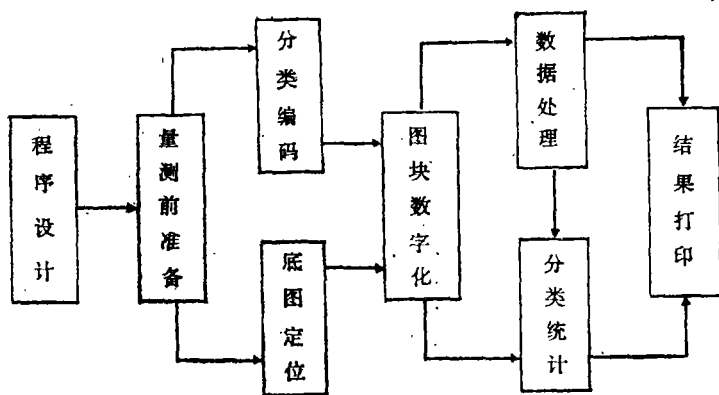


图1 面积量测流程

表1 三峡地区 1:10 万土地资源评价图
图幅理论面积

代号	H-48-X	II-49-Y	B(φ)	P (km ²)
1	—	2, 3, 4	32°00′—31°40′	1750
2	—	13—19	31°40′—31°20′	1756
3	36	25—31	31°20′—31°00′	2762
4	48	37—43	31°00′—30°40′	1768
5	59, 60	49—51, 55	30°40′—30°20′	1774
6	71—72	61—62	30°20′—30°00′	1780
7	81—84	73	30°00′—29°40′	1786
8	93—96	—	29°40′—29°20′	1791
9	105—106	—	29°20′—29°00′	1797
10	—	—	29°00′—28°20′	1803
11	—	—	28°40′—28°20′	1808
12	—	—	28°20′—28°00′	1814

2. 图斑分类编码 图斑分类编码的目的在于通过引入特征码技术,把图幅上形状、大小、类型不同的图块方便而有规律地输入计算机,以针对不同要求由计算机进行复杂的土地分类统计工作。图块的分类编码包括操作顺序编码、空间位置编码和图块属性编码三种。操作顺序编码,旨在避免操作人员在量测图块时出现重复或遗漏的错误,可用阿拉伯数字直接标注在图块上;空间位置编码,旨在确定图块的相对空间位置,方便土地资源分区的自动生成,以满足土地分析的区域性要求;属性编码,主要反映图块的土地类型特征,包括土壤类型与利用现状等,通常可参照并引用图例系统。

最好在综合分析专业内容与底图要素的基础上,

寻找某一图幅所涉及的自然小区、面积量测精度控制分区、土地潜力分区、行政区之间的相互关系,使操作顺序编码与空间位置编码尽可能协调统一,减少图块的注记负荷量。以竹园坪幅分类编码为例,该图幅共有 776 个图斑,其操作顺序编码为 1—776 号,分别归属于 16 个自然小区、10 个面积量测精度控制分区、3 个行政县(云阳、巫溪和奉节县)和 2 个土地潜力分区。它们包含了北纬 31°00′—31°20′,东经 109°—109°30′ 之间 1762 平方公里范围内的全部土地信息。

3. 系统开启与数字化仪分辨率的设置 按一定规则接通稳压源,启动微机和数字化仪,几分钟后,整个系统处于稳定状态。KURTA 数字化仪外侧,设有 3 组开关共 24 个拨口。每个拨口分上、下两种设置,经选择不同方式的拨口组合,可得所需的通信口及数字化仪的有效幅面、分辨率、坐标记录方式(绝对或相对)。

4. 底图定位 A₀幅面的 KURTA 数字化仪最大的有效数字化幅面大小为 12×17(吋×吋)。因此,对图幅、精度控制分区、自然小区、图斑的数字化操作,均在此范围内才有效。操作无方向限制,因而十分方便。

5. 面积量测 经调用系统运行程序,选择所需菜单功能,包括图幅、分区、图斑的 量

测。量测的第一步是由键盘或数字化仪的标示器与 11 个功能键(F_1 — F_{11})输入特征码;随后进行具体的图块面积量测。图幅、分区、图斑等图块的面积量测,须以其轮廓线上清晰折点为起始点,按下标示器上的起点按钮,以记录图块周界的起点位置。沿图形界线移动标示器上的十字交点,读取(记录)尽可能接近的下一个折点或明显的曲率交换点,直到图块轮廓线的终点即起始点,按终点按钮以记录终点位置。若起始点与终点不符,则计算机提示出错并自动开始第一次数化;反之,则进行第二次量测。若 n 次($n \geq 2$)量测误差太大,则计算机提示量测不可行并自动开始重新量测。因此,为确保工作质量,宜按规则操作,同一图块做等次数($n \geq 2$)的反方向量测,在量测的允许误差范围内,取 n 次量测的平均值作为该图块的实测值。

经对竹园坪整图幅的 4 次量测,得其实测值为 1778.35km^2 ;同理,得其 10 个精度控制分区和 776 个图斑的量测值,它们的实测值之和分别为 1782.23 和 1786.57km^2 。

6. 数据存盘 若工作终止,则需经规定程序退出量测系统,使量测结果自动存盘,以供下一步平差时调用。存盘时应运行查错和纠错程序,以保证存盘数据的质量。

7. 数据平差 若一个或所有分区及其图斑的面积量测完毕,则经运行平差程序,输入相应的图块理论面积,就可完成数据平差。例如,经对竹园坪幅图块的量测值平差,依次可得该图幅 10 个精度控制分区和 776 个图斑的面积实测值及其对应的理论值。平差结果自动存盘的同时,也可以屏幕显示或打印方式输出。

四、系统质量评估

系统的质量评价,包括面积量测的精度与效率两项内容。

1. 用马利科夫(М.Маликов)判据公式检查数字化仪的性能 打开面积量测系统,对图上一块 110 平方毫米(S)的长方形图块进行 16 次量测,得测量值 $S_i (i=1, 2, \dots, 16)$ 。设

$$\text{随机误差为 } \Delta_i = S_i - S_0, \text{ 判据 } D = \sum_{i=1}^N \Delta_i - \sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N \Delta_i, (N=16), \text{ 经分析(表 2), 判据 } D =$$

$0.0047 \leq 0.005$ 。可见仪器性能良好,系统随机误差对面积量测结果的精度影响可忽略不计。

2. 误差设置 图块面积量测时,测量值之间及测量值与理论值之间难免产生误差,这就需要设置误差。一般图幅量测 3~5 次,允许的相对误差为 1%;图幅平均实测值与其理论面积的允许相对误差为 4%。自然小区、精度控制分区,原则上可视为特殊的图斑,由于图斑面积的量测总与图斑的边缘周界分不开。因此,图斑面积量测误差与其周界显著相关。据对一定数量样本统计实验,在等精度量算情况下,一些具特定图形的图斑面积量算(随机)误差分布与大小有如下规律:量算图斑面积的误差大小(绝对值)与图斑周界长度成正比;较小图斑量算面积的相对误差大于大图斑量算面积的相对误差;图斑周界相等,面积不同,不论形状如何,所产生的相对误差大致相等。因此,在反复统计验证的基础上,对分区与图斑的面积量测允许相对误差,采取了分类设置的办法,其划分的等级有 <50 、 $50-100$ 、 $100-300$ 、 $300-400$ 、 $400-1000$ 、 $1000-3000$ 、 $3000-5000$ 和 >5000 等 8 种(单位为平方毫米),由此保证分区与图斑的实测值相对误差分别不大于 1.0% 和 2%、实测值与理论值的相对误差分别小于 1.5% 和 2%。

表2

数 字 化 仪 性 能 测 试 与 分 析

测试次数	图块实测值 S_i	Δ_i 误差 ($S_i - S_0$)	判据 D ($n = 16$)
1	110.5312	总计 $A = 5.9349$	$D = \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} \Delta_i -$ $\sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N \Delta_i = A - B$ $= 0.0047$
2	110.9063		
3	111.1524		
4	111.1953		
5	110.7239		
6	110.3242		
7	110.2969		
8	110.8047		
9	111.2109	总计 $B = 5.9302$	
10	110.4219		
11	110.5000		
12	110.2227		
13	110.5508		
14	110.7852		
15	110.9922		
16	111.2465		

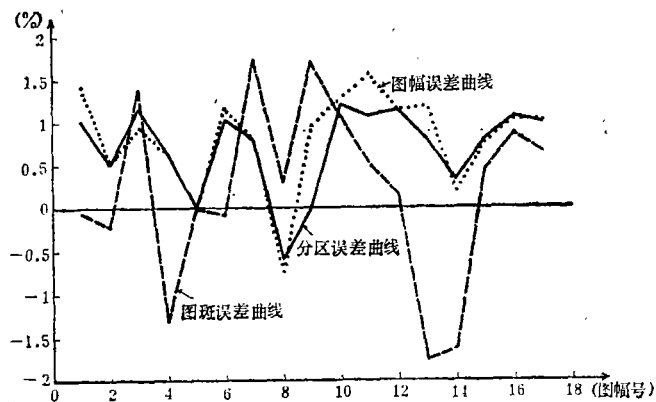


图2 不同图块面积实测值与其理论值的相对误差(%)

3. 精度分析与效率评估 三峡地区土地资源评价图实际量测的最小土地信息单元有86985个, 每一图块的实测值记录及其理论面积, 提供了丰富的精度分析材料。以竹园坪幅为例, 其理论面积为1762平方公里, 共有图斑776块, 隶属于16个自然小区、10个精度控制分区、3个县市和2个土地潜力分区。图幅4次量测的相对误差为 $9.92E-04$, 4次量测平均值 1778.35km^2 与其理论面积 1762km^2 的相对误差为 $9.28E-03$; 分区和图斑的最大实测误差分别为1.5%和2%, 10个精度控制分区与776块图斑的总面积分别为 1782.23km^2 和 1786.57km^2 , 与其理论面积的相对误差分别为1.15%和1.39%。

经对其余图幅图块进行同样误差计算, 即可得知三峡地区1:10万土地资源评价图面积量测的精度概况, 即所有图幅、分区、图斑的多次($n \geq 2$)实测值间的相对误差分别小于1‰、1%和2%; 所有图幅、分区、图斑的平均实测值与其理论值(理论面积)的相对误差分别在1.41%、1.2%和1.76%以下(图2)。因此, 运用计算机—数字化仪进行面积量测, 不但操作方便, 精度高, 而且费时少(平均50小时/幅)。