

3S 技术在农田基础地图测绘与更新中的集成应用

邝继双, 汪懋华

(中国农业大学精细农业研究中心, 现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为了得到大比例尺、高精度、电子版的农田基础地图作为参照图层, 来分析与处理精细农业研究与实践中采集到的不同数据, 该文讨论了几种利用 3S 技术的测绘方法, 并进行了 GPS 测绘工作。GPS 定位数据在 GIS 系统中经过处理并编辑成图。为了提高测绘和成图的精度, 文中设计并测试了单点重复定位—求平均, 以及连续定位—移动平均等 GPS 数据的处理方法; 测试结果表明测绘精度达到 0.5 m 左右。该文农田基础地图的更新基于经过多项式几何校正与坐标配准后的遥感图像进行。

关键词: 精细农业; GIS; GPS; RS; 农田测绘

中图分类号: S127

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)03-0220-04

1 引言

北京精准农业示范区位于北京市昌平区, 大约东经 116°26'17" ~ 116°27'13", 北纬 40°10'51" ~ 40°11'30" 之间, 是国内最早开展精细农业示范与研究工作的农场之一。示范区耕作面积约 102 hm², 共有 23 块试验田, 实行冬小麦—夏玉米, 或者冬小麦—大豆的轮作制度。自 1998 年开始建设以来, 示范区已经积累了大量的土壤数据、作物产量数据与作物遥感数据。为了满足进一步分析与处理这些数据的需要, 必须得到一个大比例尺、高精度、电子版的示范区农田基础地图作为参照图层^[1]。

“3S”即 GIS (Geographic Information System, 地理信息系统)、GPS (Global Positioning System, 全球定位系统) 和 RS (Remote Sensing, 遥感) 的简称, 都是本世纪 60 年代前后才逐步发展起来的高新技术^[2]。目前利用 3S 技术获取农田基本地图是较常用的方法。与传统的测绘方法相比, 这种方法具有成图周期短、更新速度快、测量精度高等优点^[3]。通过 3S 技术获取农田基本地图主要有三种方式: 一是将已有的图纸进行数字化, 并赋予相应地物的属性值, 转换为 GIS 中的电子地图。二是将几何校正后的正射遥感图像进行坐标配准, 作为底图显示在 GIS 中, 通过屏幕数字化的方法得到农田电子地图。为了保证参考图层的精度, 遥感图像的分辨率一般要达到 1 m 左右。地物的属性可通过遥感图像的光谱分析及实地勘察的方法获得。三是使用 GPS 设备进行测绘, 得到农田地物的空间定位数据, 并同时记录相应的属性数据, 然后在 GIS 中生成电子地图^[4]。

目前, 一般农田都不具备大比例尺、高精度的图纸, 所以通过图纸数字化来获得农田基本地图的方法并不

适用^[4]; 而遥感图像制图的问题在于, 除了屏幕数字化与编辑制图的工作以外, 农田地物的属性信息还需要配合地面抽样调查才能获得, 其工作量较大^[5]; 对于示范区这种小面积区域 GPS 测绘则是一种相对成本较低、速度较快的方法^[3-5]。所以本文研究采用 GPS 测绘的方法来获得示范区的农田基础地图。另外, 考虑到遥感图像具有更新速度快的优点, 本文提出使用遥感图像作为判断农田边界变更的依据, 以辅助进行示范区农田基本地图的更新^[6,7]。

2 试验设备

田间测绘时, GPS 采用差分方式工作。基站使用一台具有基站设置的 Trimble AgGPS132 GPS 接收机; 差分改正信号的发射与接收使用一对 Trimble Trimark III 电台进行; 移动站使用一台 Trimble AgGPS132 GPS 接收机, 通过 RS232 串行口与一台东芝 330DT 便携式计算机相连; GPS 定位数据使用微软公司的超级终端工具软件记录, 记录时间间隔为 1 s, 数据文件以文本文件的格式 (.txt) 保存。差分改正信号的有效覆盖半径约为 10 km, 可以覆盖整个示范区范围, 能够保证 GPS 定位数据具有亚米级的精度^[1,8]。在田间作业过程中记录示范区农田边界、房屋和水井等地物的位置数据以及相应的土地归属、作物类型等属性数据^[9], 将这些数据输入中国农业大学精细农业研究中心研发的 FamGIS 软件中进行处理生成电子地图。

FamGIS 软件是一个农田地理信息系统。此系统使用 Visual Basic 6.0 编程语言开发, 可以在 Windows 98 或更高版本的 Windows 操作系统上运行。系统中使用 Shapefile 文件 (.shp) 进行空间数据存储。另外, 系统中集成了一个地理信息系统功能组件—MapObjects 2.0, 用来完成空间数据的访问、地图的编辑与显示等基本操作。FamGIS 能够提供 GPS 数据制图、电子地图更新、空间插值、统计分析、条件查询等功能。

3 GPS 测绘与数据处理

虽然经过差分后 AgGPS132 GPS 接收机定位精度的平均水平能够达到亚米级, 但由于受到云层、风、建筑

收稿日期: 2003-01-14

基金项目: 国家发展计划委员会高技术产业化示范工程项目, 北京精准农业示范工程 (A 00300100584)

作者简介: 邝继双, 博士生, 从事农田地理信息系统研究。北京海淀区清华东路 17 号 中国农业大学 (东区) 63 信箱, 100083。

Email: k_jishuang@263.net

物和树木等许多因素的影响, 定位数据中还会产生一些误差较大的定位数据点^[10]。在本文研究中, 根据对点、线、面等不同地物的测绘需要, 设计了不同的数据处理方法, 以减小定位数据误差的影响。

进行单点定位测量时, 为了避免随机误差对测量结果产生较大影响, 本文采用一种重复定位—求平均的方法, 即在待测点的位置上重复采集定位数据, 然后将这些定位数据的平均值作为这一点位置的测量值。

为验证这一方法的有效性, 本文对一个位置已知点分别进行 30 次、120 次、600 次与 2 300 次的定位数据采集, 并分别对这些定位数据求平均, 其测量结果如表 1 所示。从表 1 中可以看出, 随着参与平均计算的定位数据从 30 个增加到 2 300 个, 测量误差从 1.21 m 减小到了 0.25 m, 呈不断减小趋势。另外, 从测量结果中还可以看出, 当定位数据从 30 个增加到 120 个时, 测量误差从 1.21 m 减小到了 0.62 m, 测量精度提高了 48.8%, 耗费的时间增加了 1.5 min; 当定位数据从 120 个增加到 600 个时, 测量误差从 0.62 m 减小到了 0.36 m, 测量精度提高了 41.9%, 耗费的时间增加了 6 min; 当定位数据从 600 个增加到 2 300 个时, 测量误差从 0.36 m 减小到了 0.25 m, 测量精度只提高了 30.6%, 但耗费时间却增加了 28.3 min。这说明随着参与平均计算的定位数据个数的增加, 测量误差减小速度越低。根据这一特点, 本文认为在单点定位测量时, 没有必要

表 1 单点定位测绘结果

Table 1 Point feature mapping results

待测点 位置坐标	定位数 据个数	定位数据 平均坐标	绝对测量 误差/m
(3 25, 8 44)	30	(4 11, 7 58)	1.21
	120	(3 84, 7 78)	0.62
	600	(3 50, 8 18)	0.36
	2300	(3 43, 8 26)	0.25

表 2 直线、折线与梯形的测绘结果

Table 2 Line, polyline and trapezia feature mapping results

待测地物	实际值	测绘方法	测量值	绝对测量误差	相对测量误差/%
直线(长度)/m	24.00	端点 120 次重复定位—求平均	24.47	0.47	1.96
		沿地物连续定位	25.34	1.34	5.58
		沿地物连续定位—移动平均	25.02	1.02	4.25
折线(长度)/m	84.00	端点/顶点 120 次重复定位—求平均	82.49	1.51	1.80
		沿地物连续定位	86.19	2.19	2.61
		沿地物连续定位—移动平均	85.82	1.82	2.17
梯形(面积)/m ²	408.00	120 次重复定位—求平均	403.77	4.23	1.04
		沿地物连续定位	395.30	12.70	3.11
		沿地物连续定位—移动平均	396.68	11.32	2.77

表 3 弧线与圆形的测绘结果

Table 3 Arc and circle feature mapping results

待测地物	实际值	测绘方法	测量值	绝对测量误差	相对测量误差/%
弧线(长度)/m	125.66	沿地物连续定位	126.31	0.65	0.52
		沿地物连续定位—移动平均	126.07	0.41	0.33
圆形(面积)/m ²	1256.64	沿地物连续定位	1264.81	8.17	0.65
		沿地物连续定位—移动平均	1264.23	7.59	0.60

进行太长时间的定位数据重复采集, 只需达到测量的精度要求即可。在本文测绘工作中, 单点定位测量时重复采集 120 个定位数据, 测量误差一般在 0.5 m 左右, 能够满足农业应用的精度要求。

测绘直线时, 可以将直线两个端点的位置采用重复定位—求平均的方法测量出来, 然后根据两个端点位置来绘制这一直线。对于折线和多边形也可以采用这一方法进行测绘。

测绘弧线、圆形或鱼塘等不规则地物时, 需要沿着地物边界进行连续定位。然后使用一种移动平均方法, 依次对每 3 个相邻点的定位数据求平均, 根据平均后的定位数据绘制图形。使用这种连续定位—移动平均的方法绘制图形时, 由于经过平均, 图形的尖锐部分将会被钝化而变得圆滑。所以对于图形尖锐部分进行 GPS 定位测量时应适当放慢行进速度, 多采集一些定位数据。对于直线、折线和多边形地物的测绘, 除了可以采用重复定位—求平均的方法以外, 也可以采用连续定位—移动平均的方法。

直线、折线与梯形地物的测量结果如表 2 所示。从表 2 中可以看出, 对于直线、折线与梯形采用沿地物连续定位的方法进行测绘时, 其测量误差最大; 使用沿地物连续定位—移动平均的方法测绘虽然可以减小测量误差, 但是效果并不十分明显; 而端点/顶点 120 次重复定位—求平均方法的测量精度则明显高于另外两种方法的测量精度。所以, 对有明显顶点、端点的地物进行测绘时, 应该尽量采用重复定位—求平均的方法。

对于弧线、圆形等地物进行测绘时, 只能采取沿地物连续定位的方法。表 3 是对弧线与圆形地物的测绘试验结果, 从中可以看出对于弧线和圆形的测绘, 连续定位—移动平均方法的测量误差都小于连续定位方法的测量误差。

4 坐标系转换

A gGPS132 GPS 接收机所接收的定位数据使用的是 WGS1984 大地坐标系, 用经纬度和高程来表示^[8]。虽然这种表示方法可以精确指明地球表面上的任何一个位置, 但是使用大地坐标系会给距离与面积的计算带来很大难度^[14]。所以在使用当中一般要用投影的方法将三维的球面大地坐标系转换为二维的平面直角坐标系。

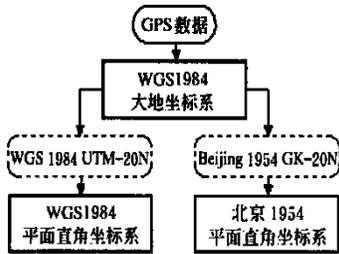


图 1 坐标系转换

Fig 1 Coordinate transform

如图 1 所示, FamGIS 中提供了 2 种坐标转换方法, 使用 WGS1984 UTM - 20N 方法可以将 WGS1984 大地坐标系转换为 WGS1984 平面直角坐标系。而使用 Beijing1954GK - 20N 方法则可以将 WGS1984 大地坐标系转换为北京 1954 平面直角坐标系。国内的地图一般使用北京 1954 平面直角坐标系, 经过 Beijing1954GK - 20N 坐标转换后, 示范区的地图可以和国内其它地图进行叠加使用^[11]。图 2 为 GPS 测绘所得到的示范区电子地图以北京 1954 平面直角坐标系在 FamGIS 中显示。

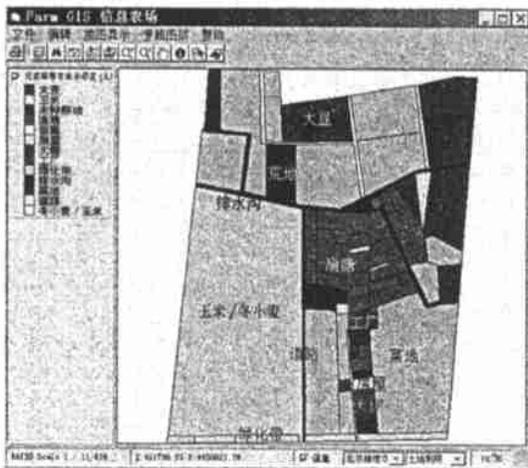


图 2 示范区电子地图

Fig 2 Electric map of Beijing Demo Fam

5 基于 RS 图像的地图更新

目前示范区仍然在建设中, 电子地图需要根据实际情况随时进行更新。为了减少人力物力的投入, 并保证地图的更新速度, 本文研究了应用遥感图像作为参考底

图进行地图更新的方法。用户可以首先根据遥感图像判断农田边界等地物是否发生了变化, 然后通过有针对性的 GPS 测绘对于地物变化的部分进行地图更新^[3]。另外, 用户也可以直接根据高分辨率的遥感图像对电子地图直接进行修改编辑。

5.1 RS 图像几何校正

本文中使用的遥感图像为真彩色航片, 分辨率为 0.2m。由于航片经常会产生几何变形, 所以在使用前需要对其进行几何校正从而得到正射遥感图像^[12]。FamGIS 中遥感图像的几何校正使用一个二次多项式模型实现, 计算公式如式(1)所示^[13]。

$$\begin{cases} X_i = a_0 + a_1x_1 + a_2y_i + a_3x_1y_i + a_4x_1^2 + a_5y_i^2 \\ Y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2y_i + b_3x_1y_i + b_4x_1^2 + b_5y_i^2 \end{cases} \quad (1)$$

式中 X_i, Y_i ——校正后遥感图像中的像元坐标; x_1, y_1 ——校正前遥感图像中的像元坐标; $a_0 \sim a_5, b_0 \sim b_5$ ——多项式系数, 可以通过测量 6 个以上地面控制点的坐标, 并带入公式(1), 经过计算求得。

5.2 RS 图像坐标配准

将校正后的遥感图像作为底图使用之前, 遥感图像的坐标需要与地理信息系统中所使用的坐标相匹配。遥感图像的坐标配准有多种方法。例如, 当式(1)中校正后的像元坐标为地理信息系统中的地图坐标时, 经过式(1)的运算后遥感图像就能够和地理信息系统中的地图坐标配准。

对于没有地理参考或者地理参考坐标系与地理信息系统中坐标系不一致的正射遥感图像进行坐标配准, 还可以使用参数文件的方法进行。遥感图像在地理信息系统显示过程中, 首先读取参数文件中的参数, 然后将遥感图像按照参数所定义的坐标系进行显示。

FamGIS 中提供一种使用参数文件的遥感图像坐标配准方法, 所使用的参数文件中共包括 6 个参数, 按照 A、D、B、E、C、F 的顺序排列, 参数之间的关系如式(2)所示^[14]。

$$\begin{cases} X = Ax + By + C \\ Y = Dx + Ey + F \end{cases} \quad (2)$$

式中 X, Y ——遥感图像像元 x 坐标与 y 坐标的计算值; x, y ——遥感图像像元所在的栅格列数与行数; A, E ——遥感图像在 x 坐标方向上与 y 坐标方向上的缩放因子; B, D ——遥感图像的旋转因子; C, F ——遥感图像在 x 坐标方向上与 y 坐标方向上的平移因子。这 6 个参数可以通过测量地面控制点的坐标并带入式(2), 经过计算求得。

图 3 为经过几何校正与坐标配准的示范区遥感图像与农田基础地图在 FamGIS 中叠加显示, 用于农田基础地图的更新。从图中可以明显看出示范区西南部分农田边界的变化情况, 以及示范区东北部分排水渠的变化情况。采用遥感图像作为参考底图来判断农田的变化情况, 可以使农田基础地图的更新更加具有针对性与目的性。



图 3 使用遥感图像进行农田基础地图更新

Fig 3 Using RS image for field base map update

6 结 论

通过在北京精准农业示范区的试验, 提出了应用 3S 技术进行农田基础地图测绘与更新的方法。该方法与传统方法相比较具有以下优点。

1) GPS 测绘不仅速度快, 而且可全天候作业, 测量操作简便。结合单点重复定位——求平均, 以及连续定位——移动平均等数据处理方法可以保证 0.5 m 左右的测量精度。

2) 利用 RS 图像可以主动发现农田基础地图的变化信息, 确定地块变化的大致区域, 降低地图更新成本, 缩短地图更新周期。

3) 使用 GIS 可以方便进行空间数据与属性数据的管理, 不仅能够完成地图的生成、编辑与显示等操作, 而且能够对空间数据与属性数据进行分析与处理, 为精细农业的研究与实践提供信息。

致谢: GPS 试验工作得到了中国农业大学精细农业研究中心刘卉、张漫的帮助, 北京精准农业示范区的 GPS 测绘工作是在北京农业信息技术研究中心孟志

军、杨敏华, 中国农业大学精细农业研究中心刘刚、张漫、刘卉、孙要夺等人的共同合作下完成的, 在此表示衷心感谢。

[参 考 文 献]

- [1] Lange, Arthur F. Differential GPS for precision agriculture applications[A]. Proc Trimble User Conference 1998 CDROM [C]. USA, 1998, 48~ 53
- [2] 周乐群, 杨 岚. 基于“3S”技术的国土资源与生态环境动态监测[J]. 华南地质与矿产, 2000, (4): 40~ 46
- [3] 张显峰, 崔伟宏. 运用差分 GPS 动态获取高精度土地资源变化数据的新技术[J]. 地球科学进展, 2000, (5): 609~ 613
- [4] Arellano, Brian. GPS mapping solutions at PNM [A]. Proc Trimble User Conference 1998 CDROM [C]. USA, 1998, 446~ 451.
- [5] 周清波, 唐华俊, 等. GPS 技术在土地资源动态监测中的应用——以四川省乐至县仙鹤乡为例[J]. 中国农业资源与区划, 1998, (5): 49~ 51.
- [6] 李崇贵, 斯 林, 等. 以“3S”为基础的森林蓄积动态监测系统研究[J]. 林业科学研究, 2001, (2): 223~ 226
- [7] 张显峰, 崔伟宏. 运用 RS、GPS 和 GIS 技术进行大比例尺土地利用动态监测的实验研究[J]. 地理科学进展, 1999, (2): 137~ 146
- [8] 李 军. GPS 动态技术在公路测设中的应用研究[J]. 中南公路工程, 2002, (2): 84~ 86
- [9] 王晓栋, 崔伟宏. GPS 技术在县级土地利用动态监测中的应用[J]. 遥感学报, 1999, (4): 318~ 323
- [10] 薛鸿印, 王广运. GPS 高精度动态测量[J]. 舰船科学技术, 1998, (2): 54~ 59
- [11] 何 勇, 方 慧, 等. 基于 GPS 和 GIS 的精细农业信息处理系统研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 145~ 149
- [12] Zhang N, et al. Making GIS a versatile analytical tool for research in precision farming [J]. Computers And Electronics in Agriculture, 1999, (22): 2~ 3: 221~ 231.
- [13] 仇肇悦, 李 军, 等. 遥感应用技术[M]. 武汉: 武汉测绘大学出版社, 1995, 73
- [14] ESR I Building Applications with MapObjects[M]. Redlands, CA, USA, 1999.

Application of GIS, GPS and RS for field surveying, mapping and data updating

Kuang Jishuang, Wang Maohua

(Research Centre for Precision Agriculture, China Agricultural University; Key Laboratory for Modern

Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: For manipulating mass and various datum of precision agriculture gathered from different datum sources, an accurate, large scale, digital field base map is needed as a reference. In order to obtain this kind of field base map, several mapping methods were compared and the GPS mapping was carried out. The GPS data were processed and the map was generated in a field-level GIS. For increasing the map accuracy, single point repeated positioning-averaging, and continuously positioning-moving averaging methods of data processing were designed and tested. The test result shows that the map accuracy is about 0.5 m. The map updating was based on RS images. Methods of RS image multinomial digital geometric correction, and RS image coordinate register for field base map updating were introduced.

Key words: precision agriculture; GIS; GPS; RS; field mapping