

Google Earth 影像辅助的农作物面积地面样方调查

刘 佳, 王利民, 滕 飞, 李丹丹, 王小龙, 曹怀堂

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘 要: 地面样方调查是农作物种植面积遥感监测的重要环节, 一般采用差分 GPS (DGPS, differential GPS) 实地测量的方式实现, 是一项耗时、耗力的业务工作。该文利用经 DGPS 实测点校正后的 Google Earth 影像, 以中国农业科学院 (万庄) 农业高新技术产业园及周边地区范围 (3.1 km×2.0 km) 为研究区域, 探索了基于 Google Earth 影像辅助的农作物面积地面样方调查, 比较了该方法与完全采用 GPS 实地测量在调查精度和效率方面的差异。针对不同的 GE 影像来源, 文中定义基于 GE 客户端 COM API 编程下载后的影像为 A 级影像、经在线 GE 影像校正后的影像为 B 级影像、经 DGPS 实测点校正后的影像为 C 级影像。与实测的检查点相比, 0.5 m 以上空间分辨率的 A 级影像 X、Y 2 个方向中误差 232.7 m, B 级影像中误差 5.4 m, C 级影像中误差 1.0 m。B 级影像中误差符合《数字航空摄影测量 空中三角测量规范》1:25000 平地的平面位置中误差不大于 8.75 m 的要求, C 级影像中误差符合 1:10000 平地的平面位置中误差不大于 3.5 m 的要求。在测区内选择结构组成简单、中等和较为复杂的 3 个样方类型, 量算 B 和 C 级影像的面积量算精度, 与 DGPS 实测面积比较, 平均误差仅有 0.108% 和 0.018%。从样方相对位置确定、地块和农田边界的修正 3 个方面用于地面样方的辅助测量, 在业务工作中进行了初步应用, 陕西省 2015 年冬小麦种植面积地面样方调查的实际效果表明, GE 影像辅助调查比 GPS 实测方法在时间方面减少了 64.2%, 路程节约 82.5%, 调查效率提高了 73.3% 以上。

关键词: 作物; 遥感; 监测; 地面样方; 面积; Google Earth; 差分地理信息系统

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.24.023

中图分类号: TP79; S127

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-24-0149-06

刘 佳, 王利民, 滕 飞, 李丹丹, 王小龙, 曹怀堂. Google Earth 影像辅助的农作物面积地面样方调查[J]. 农业工程学报, 2015, 31(24): 149-154. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.24.023 http://www.tcsae.org

Liu Jia, Wang Limin, Teng Fei, Li Dandan, Wang Xiaolong, Cao Huaitang. Crop area ground sample survey using Google Earth image-aided[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(24): 149-154. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.24.023 http://www.tcsae.org

0 引 言

地面样方调查在农作物种植面积遥感监测中有三方面的作用: 一是用于农作物面积遥感解译标志的建立^[1-2], 二是用于监测结果的质量检验^[3-7], 三是用作无遥感影像覆盖区域的统计抽样样本^[8]。地面样方调查一般是利用差分 GPS (differential GPS, DGPS) 人工实地测量, 采用实时或后差分的方式获得样方内不同地表覆盖的边界, 该方法费时费力, 样方获取效率低。自 2005 年 Google 公司推出 Google Earth (GE) 虚拟地球软件, 用户可以通过互联网实时浏览和下载高空间分辨率卫星影像, 给不同行业的深入应用提供了高分辨率遥感数据。基于 GE 影像, 许多学者在影像定位精度、工程应用、资源监测等方面都进行了不同程度的研究。

在影像定位精度研究方面, 主要是对在线 GE 影像的水平精度和垂直精度进行评价^[9-11], Rusli 等^[12]利用 GE 分平原、山地和丘陵 3 种不同地形提取了马来西亚麻坡河流

域边界, 经与 20 m 等高线图对比后, 发现 GE、ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) 和 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 得到的流域边界基本一致, 由此认为利用 GE 提取的 DEM 数据与其他方式获得的 DEM 一样可靠。在工程设计方面, 主要是结合 DGPS 实测技术在 GE 影像精度评价基础上进行工程化应用^[13-15]。王一波等^[16]针对铁路建设可研阶段纸质地图陈旧、线路方案比较缺乏直观性等问题, 通过对 GE 影像和三维地形数据正确性、可靠性及精度分析比较, 确定了 GE 资源应用于铁路选线设计的可行性、有效性及具体范围, 认为利用 GE 资源, 可帮助设计人员实现二维选线向三维选线转变, 有效地解决当前铁路选线设计中存在的问题, 提高铁路设计效率, 有着广泛的应用前景。在资源监测方面, 主要是采用不同遥感影像分类方法获取城市分布与扩张^[17-21]、农业灌溉设施^[22]、森林种群分布^[23]、渔捞捕获量^[24-25]和泥石流监测^[26]等空间分布数据, 如 Lu 等^[27]基于 2003 年和 2010 年 Landsat 影像, 采用随机森林算法对昆明市的土地利用动态进行了监测, 在监测过程中利用 GE 影像选取了约 3 000 个样点用以分类训练和验证, 总体精度达到 82% 并得到 2003 年森林覆盖面积较 2010 年降低 1.5% 的结论。为方便使用 GE 资源, 许多学者对 Google Earth 软件进行了二次开发, 主要集中在用户接口^[28]、成果共享^[29]、虚拟路线^[30]以及

收稿日期: 2015-06-03 修订日期: 2015-11-19

基金项目: 高分辨率对地观测系统重大专项“高分农业遥感监测与评估示范系统(一期)”

作者简介: 刘 佳, 女, 汉族, 湖南人, 副研究员, 主要从事农业遥感监测业务运行研究。北京 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 100081。

Email: liujia06@caas.cn

GIS 整合等方面,如 Yang 等^[31]通过将 GE 数据整合到 WebGIS 平台,开发出了血吸虫风险评估系统,具有搜索、评估、风险分析和预测功能,实现了对地方病准实时动态监测和早期预警。

上述研究,对 GE 影像应用重点仍是基于高分辨率影像的分类应用,或者是对在线数据进行精度评价 2 个方面;对地面样方应用的重点是采用 GPS 方式实测,或者基于在线数据进行样点调查。在影像数据定位和面积精度系统分析基础上,进行地面样方辅助制作的研究相对较少。本文采用 GE 影像进行地面样方辅助调查,以期对上述研究进行完善与补充,同时也为提高农情遥感监测业务运行效率提供一个较为可行的应用方案。

1 研究区概况

GE 影像定位及面积的测试区选在中国农业科学院农业高新技术产业园(万庄),其位于河北省廊坊市广阳区万庄镇(图 1),面积大约为 4.2 km×3.1 km。测试区及周边地区地形平坦,平均海拔 25 m,主要干道均为水泥路面,网络规则,控制点清晰可辨。区内田块大而整齐,主要作物有玉米、小麦、苜蓿、大豆、花卉等,为样方准确识别提供了便利。

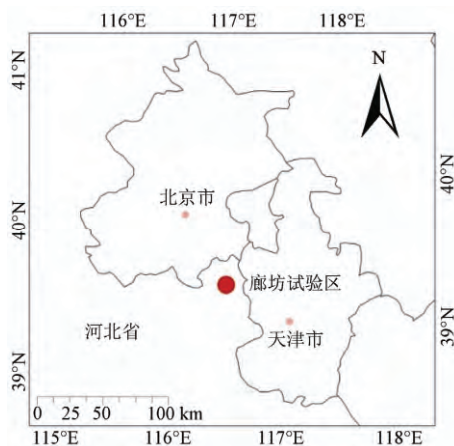


图 1 GE 数据廊坊测试区地理位置

Fig.1 Location of GE data test area in Langfang city

廊坊市位于华北平原东北部,面积 6 429 km²,其中常用耕地面积 373.3 km²,总人口 410 万,其中农业人口近 300 万。廊坊市地处中纬度地带(116°17'~117°04'E, 38°42'~39°59'N),属暖温带大陆性季风气候,光热资源充足,雨热同季,全市无霜期平均 190 d,降水量年均 555 mm,日照时数年均 2 660 h。该市位于华北冲积平原中下流地区,除北部有少量燕山余脉外,大部分地区地势平坦,土地肥沃、气候适宜,适于多种农作物生产。

2 研究方法

2.1 研究思路

对 GE 影像主要采用在线标记、离线缓存、屏幕截图以及数据下载等 4 种应用方式。在线标记是基于互联网模式下使用 GE 客户端提供的工具对感兴趣区域进行线

划图的制作;离线缓存是在没有网络支持下使用存贮在计算机缓存中的影像对感兴趣区域进行线划图的制作;屏幕截图是一种使用截图工具获取当前屏幕显示的图像并对其进行拼接、校正及线划图制作的方法;数据下载是根据 GE 客户端提供的 COM API 接口由客户编程下载影像数据,目前 GE 影像的下载一般是基于这个原理。考虑到 GE 在线坐标、DGPS 实测点坐标进行几何校正 2 种方式能够系统表达上述 4 种方式的几何定位差异,本文对下载数据的几何定位精度采用逐级评价的方式进行研究。

通过工具下载的 GE 影像与在线实时显示的影像存在定位差别,本文规定原始下载的 GE 影像为 A 级影像,经在线 GE 影像控制点校正后的数据为 B 级影像,经 DGPS 实测点校正后的影像为 C 级影像。以地面 DGPS 实测控制点作为评价依据,参考测绘制图标准,分析 3 个级别 GE 影像的定位精度及制图能力。评价 A、B 和 C 级影像用于地面样方制作的可行性;选择可以用于地面样方制作的 GE 影像进行辅助制图,比较有、无影像辅助下地面样方的调查效率,设计一套适用于高分辨率遥感影像辅助下的地面样方调查方案,为中国农情遥感业务工作中的农作物面积监测服务。

2.2 Google Earth 影像获取及处理

在线发布的国内 Google Earth 影像数据一般包括 0~19 级共 20 级,采用 Web 墨卡托投影(Popular Visualization CRS Mercator),其 0、5、10、15、19 级影像的空间分辨率分别为 156.3×10³, 4.9×10³, 152.9, 4.8 和 0.3 m。本文采用工具软件直接下载的方法获取 GE 影像;为明确表述定位精度与后续通过控制点校正影像精度的差别,将获取的 GE 数据统一规定为 A 级数据,其中 0~19 级的 GE 影像分别称为 A-0 级、A-1 级、……、A-19 级等。本文使用的是 A-19 级影像,空间分辨率为 0.3 m,为表述简洁,下文所说的 A 级影像即表示该数据。

原始获取的 A 级影像与 GE 屏幕实时显示的坐标有偏差,采用一元三次多项式的方法对读取的 GE 实时坐标进行几何精校正,共选择了 12 个控制点,控制点布设如图 2 所示,校正后的影像名为 B 级影像;A 级影像采用 DGPS 实测数据进行几何精校正,也选择了 12 个控制点,点位分布与 B 级影像据控制点位相同,同样采用一元三次多项式的方法进行几何精校正,校正后的影像称为 C 级影像。

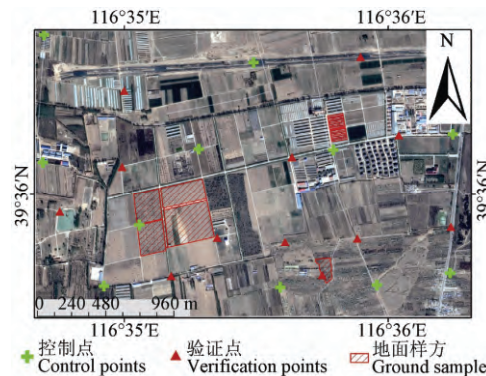


图 2 测区内控制点、验证点和样方的空间分布

Fig.2 Distribution of control points, verification points and ground sample in test area

2.3 Google Earth 影像定位精度评价

在国内的技术规范中对影像制图点位精度检测和评定方法无明确规定,大多数生产单位根据各自的习惯和条件确定其检测方法和质量评定公式,本文以 DGPS 测量模式获取的地面坐标为精度检验坐标(称为参考坐标),采用中误差评价 A、B、C 级影像的几何定位精度。

本次测量基准站采用 Trimble 5700,流动站采用 Trimble R8 GNSS。中误差计算公式为

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_{xi}^2 + d_{yi}^2)}{n}}$$

其中 m 为中误差, d_{xi} 和 d_{yi} 分别为 X 和 Y 方向的校正后坐标与参考坐标的差值, n 为样本数量。

2.4 地面样方制作效率比较

分别统计仅使用 DGPS 采集地面样方和仅使用 GE 影像辅助条件下地面样方获取的时间,比较 2 种获取方式下地面样方获取时间,以单个样方的平均获取时间作为地面样方的制作效率。

3 结果与分析

3.1 Google Earth 影像定位精度

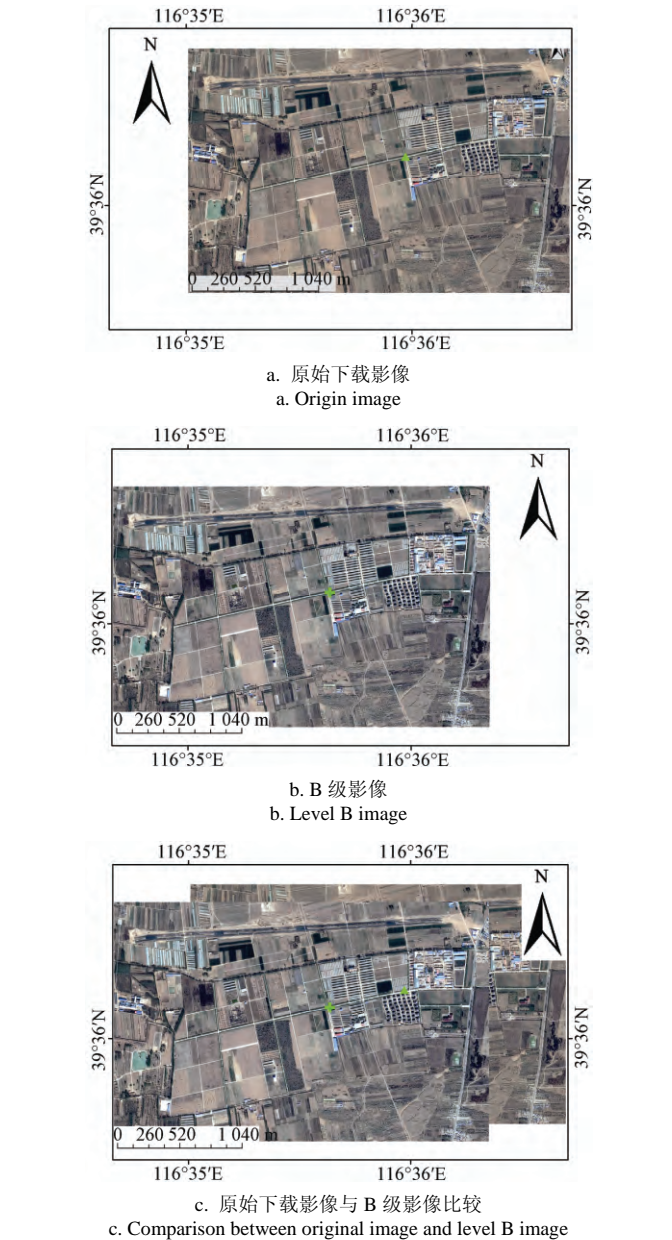
将 DGPS 测点作为对 A、B、C 级影像绝对定位精度评价的依据。获取的 A 级影像与 DGPS 测点比较,在 12 个检查点中, X 方向中误差 482.9 m, Y 方向中误差 112.4 m, XY 方向中误差 232.7 mm; B 级影像(利用 GE 屏幕上实时读取控制点进行几何精校正)与 DGPS 测点比较,在 12 个检查点, X 方向中误差 10.7 m, Y 方向中误差 3.1 m, XY 方向中误差 5.4 m; C 级影像(利用 DGPS 实测的控制点进行几何精校正)与 DGPS 测点比较,在 12 个检查点中, X 方向中误差 1.1 m, Y 方向中误差 1.6 m, XY 方向中误差为 1.0 m, 具体数据如表 1 所示。

表 1 不同级别 Google Earth 影像几何校正结果与 DGPS 实测验证点的中误差

Table 1 Mean error between Google Earth images at different levels and verification points

影像级别 Level	检查点数 Number of verification points	X 方向 Direction X/m	Y 方向 Direction Y/m	XY 方向 Direction XY/m
A	12	482.9	112.4	232.7
B	12	10.7	3.1	5.4
C	12	1.1	1.6	1.0

根据中国《数字航空摄影测量 空中三角测量规范》(GBT 23236-2009)的规定,1:10 000 平地的平面位置中误差不大于 3.5 m,1:25 000 平地的平面位置中误差不大于 8.75 m。图 3 为原始 A 级影像与 B 级影像定位精度图,从图 3 中可以看出,直接获取的 A 级影像定位精度偏差较大,不能满足大比例尺测图的要求;B 级影像可以满足 1:25 000 比例尺测图的要求,C 级影像可以满足 1:10 000 比例尺测图的要求。



注: ▲ 验证点 Verification point; + 验证点 Verification point.
图 3 原始下载影像、B 级影像及原始下载影像与 B 级影像的定位精度比较

Fig.3 Accuracy comparison between origin image and Level B image, original image and level B image

为进一步说明 GE 影像自身的能力,为简化后续应用中地面实际测量的工作流程提供依据,本文采用 GE 影像在线坐标作为精度验证点(共 12 个检查点)对 B 级影像相对校正精度进行了分析。针对 B 级别数据,读取检查点位置的在线坐标,采用检查点数据对几何校正后精度进行比较,平均最小中误差为 0.5 m,平均最大中误差为 1.0 m, XY 方向的平均中误差为 0.5 m;如果以相对精度来衡量,B 级数据符合 1:2 000 测图规范的要求。农作物面积样方调查中更注重年度间相对变化量的比较;如果采用制图的方法进行样方调查,就是更注重两个年度间影像的相互匹配精度能否满足测图需要,如果不考虑绝对对标精度,仅说明年度间变化趋势,B 级数据自身形变误差更小,表明采用相对精度的 GE 影像具有更高的制图能力。

3.2 Google Earth 影像面积测量精度

在廊坊测区 B 和 C 级定位影像上,选择较大地块(种植结构简单)、中等地块(种植结构相对复杂)、地块较小(种植结构复杂)的 3 种地块类型进行面积量算,与 DGPS 地面实际测量面积进行比较并进行面积量算精

度分析。3 类地块的分布见图 2, 3 类地块的面积量算结果与精度见表 2。由表 2 可见, C 级 GE 影像进行面积量测的平均误差只有 0.018%, 且具有田块面积越大、量算精度越高的趋势, 说明该方法在区域地面样方调查中的精度是可以保证的。

表 2 基于 Google Earth 影像的农作物地块面积测量精度
Table 2 Measuring accuracy of crop field acreage based on Google Earth image

地块编号 Series	斑块数量 Field number	GPS 实测面积 Measuring acreage/m ²	B 级 Level B		C 级 Level C	
			量算面积 Calculation acreage /m ²	误差 Error/%	量算面积 Calculation acreage/m ²	误差 Error/%
1	1	7406.0	7413.0	0.095	7371.9	0.460
2	7	128533.2	128758.7	0.175	128618.2	0.066
3	19	11807.3	11590.7	1.834	11773.6	0.285
平均值 Mean	9	49248.8	49254.1	0.108	49254.6	0.018

3.3 Google Earth 影像辅助下的样方调查效率

为了检验上述方法在大范围农作物种植面积地面调查中的适用性, 将该方法应用于陕西省 2015 年冬小麦地面样方调查中, 与采用 DGPS 实测的传统方法进行了比较。

试验区域位于陕西省中部平原冬小麦主产区, 较均匀地设置了 59 个地面样方, 样方平均面积为 $224.1 \times 10^3 \text{ m}^2$, 最小面积为 $58.6 \times 10^3 \text{ m}^2$, 最大面积为

$426.7 \times 10^3 \text{ m}^2$; 每个样方平均有 22.8 个图斑, 最少的 1 个, 最多的 94 个。其中第 31 和 41 号样方如图 4 所示。采用 DGPS 实测方式进行调查, 平均耗时 41.3 min, 最少 25.0 min, 最多 90.0 min; 采用 GE 影像辅助的方式调查, 平均耗时 14.8 min, 最少 5 min, 最多 35.0 min。2 种方法的对比结果表明(表 3), GE 影像辅助调查比 GPS 实测方法在时间方面减少了 64.2%, 调查路程缩短 82.5%, 从而使调查效率提高了 73.3% 以上。

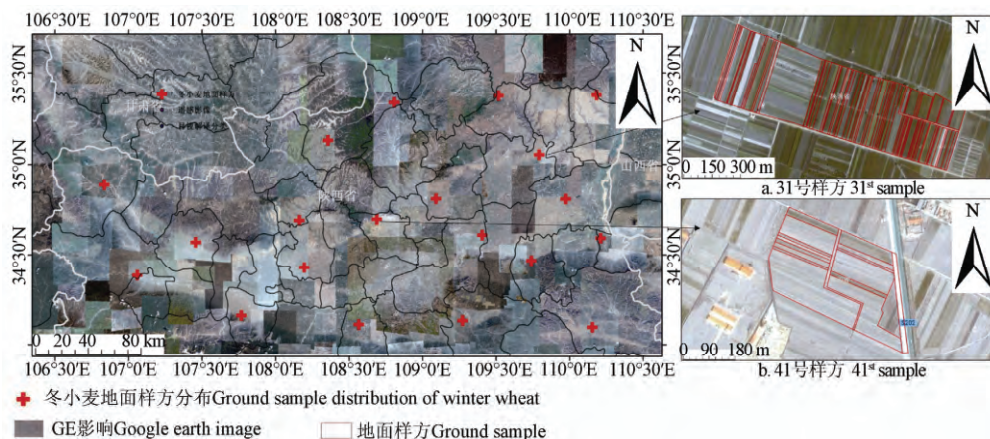


图 4 陕西省关中平原区域 2014—2015 年度冬小麦地面调查样方分布

Fig.4 Ground investigation sample distribution of winter wheat in Shaanxi Guanzhong plain area during 2014-2015

表 3 陕西省关中平原区域 2015 年度冬小麦样方调查效率比较
Table3 Investigation efficiency contrast of winter wheat sample in Shaanxi Guanzhong plain area in 2015

样方内容 Ground samples	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean
样方数量 Sample number	59	59	59
样方面积 Sample acreage/m ²	58541.3	426634.5	224063.2
行走距离 Distance/m	1734.9	10775.2	2698.9
图斑数量 Field number	1	94	22.8
图斑面积 Field acreage/m ²	2101.6	188903.0	19113.6
实测耗时 Investigation consuming time/min	25.0	90.0	41.3
GE 耗时 GE consuming time/min	5.0	35.0	14.8

3.4 讨论

在应用 Google Earth 影像辅助进行作物地面样方调查的工作实践当中, 发现该方法在保持较高的调查精度的同时, 提高了样方调查效率、降低了调查费用, 有效地扩充了作物样方调查的方法。但是, 也发现了该方法存在一定的局限性, 在进行应用时需要注意:

1) 由于影像更新的问题, GE 影像不能完全反映样方的实时变化, 因此本文讨论的方法主要是作为地面调查的辅助手段。辅助调查前需要根据影像对样方位置、样方边界、样方内地块单元进行室内预判读; 在预判读的基础上进行野外调绘, 调绘的内容包括控制点的 DGPS 测量、地块单元的变化, 以及地块内农作物类型等项内容。除少数需要轮换的样方, 农作物面积地面样方一般

是固定的,对于已经调查过的样方 DGPS 测量可以省略,对于新增样方则需要测量;地块与农作物面积变化频率较高,需要在实地对变化的边界与类型进行标注。

2) 由于 GE 影像原始数据生产过程用户无法获知,因此不同区域定位精度无法用局部获取的验证结果表示。较为稳妥的方法是,一旦采用更新的 GE 影像,就采用 DGPS 实测的方式进行验证;或者采用屏幕坐标进行分析,在精度确认的基础上再进行应用就能保证农作物面积样方的制作精度。事实上,在进行地面样方调查时,采用 DGPS 建立控制点是一项常规的工作,并且可以一次建立多年使用,不是影响该项工作的一个关键步骤。以往地面样方调查的问题是地块破碎时容易混淆、步行里程的增多造成的劳动强度高问题,本文提出的方案较好的解决了这个问题,并在实际中得到应用。

4 结 论

在农业部已开展的全国农作物种植面积遥感监测中,地面样方调查是一项重要的工作内容,为在保证样方调查需求的情况下尽可能节约人力、物力和财力,本研究充分运用了 Google Earth 提供的大量免费、高分辨率、高精度的卫星影像数据进行作物面积地面样方调查工作,取得了一定的成果:

1) Google Earth 辅助地面样方调查的方法具有很高的定位精度和样方面积获取精度。与采用 DGPS 实测的检查点相比,A 级影像 XY 方向中误差 232.7 m, B 级影像中误差 5.4 m, C 级影像中误差 1.0 m; B 级和 C 级影像的面积量算精度,与 DGPS 实测面积比较,误差分别为 0.108% 和 0.018%。

2) 从样方相对位置确定、地块和农田边界的修正 3 个方面用于地面样方的辅助测量,在业务工作中进行了初步应用,陕西省 2015 年冬小麦种植面积地面样方调查的实际效果表明,GE 影像辅助调查比 GPS 实测方法在时间方面减少了 64.2%,调查路程缩短了 82.5%,从而使调查效率提高了 73.3% 以上。

本文采用 GE 影像主要是数据源获取相对容易,当样方面积相对较小时,可以采用屏幕拷贝的方式获取原始影像,再进行校正也可以获得同样的效果。随着高空间分辨率卫星影像、航空和无人机影像越来越多,在实际应用中可以综合采用这些影像进行辅助测量,在使用前应对不同数据源的造成的误差进行评估。

[参 考 文 献]

- [1] 黄琪,张宗毅. 基于 Google 软件的农地区高程获取及精度评价[J]. 测绘通报, 2015(2): 51—54.
Huang Qi, Zhang Zongyi. A method for earth surface elevation obtained based on Google Earth and its accuracy assessment[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2015(2): 51—54. (in Chinese with English abstract)
- [2] Rovere R L, Mathema S, Dixon J, et al. Economic and livelihood impacts of maize research in hill regions in Mexico and Nepal: Including a method for collecting and analyzing spatial data using Google Earth[M]. Mexico: CIMMYT(Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo), 2009.
- [3] 王猛,姚慧敏,隋学艳,等. 基于地面样方调查的小麦倒伏遥感监测研究[J]. 山东农业科学, 2014, 46(8): 19—22.

- Wang Meng, Yao Huimin, Sui Xueyan, et al. Research on remote sensing monitor of wheat lodging based on ground samples[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2014, 46(8): 19—22. (in Chinese with English abstract)
- [4] 张云霞,张云飞,李晓兵. 地面测量与 ASTER 影像综合计算植被盖度[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 964—976.
Zhang Yunxia, Zhang Yunfei, Li Xiaobing. The synthetically estimating vegetation fractional coverage of grassland using field data and ASTER remote sensing imagine[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(3): 964—976.(in Chinese with English abstract)
- [5] 张焕雪,李强子,文宁,等. 农作物种植面积遥感抽样调查的误差影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 176—184.
Zhang Huanxue, Li Qiangzi, Wen Ning, et al. Analysis on estimation accuracy of crop area caused by spatial sampling factors based on remote sensing data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(Transactions of the CSAE), 2014, 30(13): 176—184. (in Chinese with English abstract)
- [6] 刘佳,王利民,杨福刚,等. 基于 HJ 时间序列数据的农作物种植面积估算[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 199—206.
Liu Jia, Wang Limin, Yang Fugang, et al. Remote sensing estimation of crop planting area based on HJ time-series images[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(Transactions of the CSAE), 2015, 31(3): 199—206. (in Chinese with English abstract)
- [7] Cracknell A P, Kanniah K D, Tan K P, et al. Evaluation of MODIS gross primary productivity and land cover products for the humid tropics using oil palm trees in Peninsular Malaysia and Google Earth imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2013, 34(20): 7400—7423.
- [8] Kerdiles H, Dong, Q, Spyrtos S, et al. Use of high resolution imagery and ground survey data for estimating crop areas in Mengcheng county, China[C]. Proceedings of 35th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE35), doi:10.1088/1755-1315/17/1/012057, 2013:1-6.
- [9] 李润生,翟会楠. 基于 GPS 的 Google Earth 的定位精度分析[J]. 影像技术, 2011(1): 15—18.
Li Runsheng, Zhai Huinan. Positioning accuracy analysis of Google Earth based on GPS[J]. Image Technology, 2011(1): 15—18. (in Chinese with English abstract)
- [10] Benker S C, Langford R P, Pavlis T L. Positional accuracy of the Google Earth terrain model derived from stratigraphic unconformities in the Big Bend region, Texas, USA[J]. Geocarto Int, 2011, 26(4): 291—303.
- [11] Wilver E S C, Cutberto U P H. Horizontal and vertical accuracy of Google Earth: Comment on 'Positional accuracy of the Google Earth terrain model derived from stratigraphic unconformities in the Big Bend region, Texas, USA' by S.C. Benker, R.P. Langford and T.L. Pavlis[J]. Geocarto International, 2014, 29(6): 625—627.
- [12] Rusli N, Majid M R, Din A H M. Google Earth's derived digital elevation model: A comparative assessment with Aster and SRTM data[J]. 8th International Symposium of the Digital Earth, 2014, 18(1): 1—6.
- [13] 颜小平,孙喆,王峰,等. Google Earth 在外业生产中离线应用的研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(5): 103—104.
Yan Xiaoping, Sun Zhe, Wang Feng, et al. Research on offline application of Google Earth in field survey[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2013, 36(5): 103—104.(in Chinese with English abstract)
- [14] 吴永峰,叶小黄,邓军. Google Earth 与 GPS-RTK 技术在数字化长输管道质量监督工作中的应用[J]. 石油工业技术监督, 2014(8): 28—31.
- [15] 饶秀俊. 基于 Google Earth 地图资源对地图中的道路要素提取并矢量化的实践[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2013, 26(5): 25—26.

- [16] 王一波, 邵伟伟, 罗新宇. Google Earth 数据精度分析及在铁路选线设计中的应用[J]. 铁道勘察, 2010(5): 68—71. Wang Yibo, Shao Weiwei, Luo Xinyu. Analysis on accuracy of Google Earth data and its applications in optimized design on railway routes[J]. Railway Investigation and Surveying, 2010(5): 68—71.(in Chinese with English abstract)
- [17] Nirav N P, Emanuele A, Paolo G, et al. Multitemporal settlement and population mapping from Landsat using Google Earth Engine[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2015, 35(B): 199—208.
- [18] Wardaya P D, Ridha S. Neural network-based segmentation of satellite imagery for estimating house cluster of an urban settlement from Google Earth images[J]. 8th International Symposium of the Digital Earth, 2014, 18(1): 1—4.
- [19] Marghany M, Genderen J V. Three-dimensional slum urban reconstruction in Envisat and Google Earth Egypt[J]. 8th International Symposium of the Digital Earth, 2014, 18(1): 1—5.
- [20] Qi F, Wang Y X. A new calculation method for shape coefficient of residential building using Google Earth[J]. Energy and Buildings, 2014, 76(6): 72—80.
- [21] John R T, Sarah T L. Mapping public and private spaces of urban agriculture in Chicago through the analysis of high-resolution aerial images in Google Earth[J]. Landscape and Urban Planning, 2012, 108(1): 57—70.
- [22] Luo L, Wang X Y, Guo H D. Automated Extraction of the Archaeological Tops of Qanat Shafts from VHR Imagery in Google Earth[J]. Remote Sensing, 2014, 6(12): 11956—11976.
- [23] Visser V, Langdon B. Unlocking the potential of Google Earth as a tool in invasion science[J]. Biol Invasions, 2014, 16(3): 513—534.
- [24] Dalal A A, Daniel P. Managing fisheries from space: Google Earth improves estimates of distant fish catches[J]. ICES Journal of Marine Science, 2013, 71(3): 450—454.
- [25] Trujillo P, Chiara P, Jennifer J. Fish farms at sea: The ground truth from Google Earth[J]. Plos One, 2012, 7(2): 1—5.
- [26] Costanzo D, Cappadonia C, Conoscenti C, et al. Exporting a Google Earth (TM) aided earth-flow susceptibility model: A test in central Sicily[J]. Natural Hazards, 2012, 61(1): 103—114.
- [27] Lu N, Hernandez A J, Ramsey R D, et al. Land cover dynamics monitoring with Landsat data in Kunming, China: A cost-effective sampling and modelling scheme using Google Earth imagery and random forests[J]. Geocarto International, 2014, 30(2): 186—201.
- [28] Zhu L F, Wang X F, Pan X. Moving KML geometry elements within Google Earth[J]. Computers & Geosciences, 2014, 72(1): 176—183.
- [29] Tavani S, Granado P, Corradetti A. Building a virtual outcrop, extracting geological information from it, and sharing the results in Google Earth via OpenPlot and Photoscan: An example from the Khaviz Anticline (Iran)[J]. Computers & Geosciences, 2014, 63(1): 44—53.
- [30] Antonio M M G, José Á G D, Silvia P, et al. 3D virtual itinerary for education using Google Earth as a tool for the recovery of the geological heritage of natural areas: Application in the “Las Batuecas Valley” nature park (Salamanca, Spain)[J]. Sustainability 2014, 6(12): 8567—8591.
- [31] Yang K, Sun L P, Huang Y X, et al. A real-time platform for monitoring schistosomiasis transmission supported by Google Earth and a web-based geographical information system[J]. Geospatial Health, 2012, 6(2): 195—203.

Crop area ground sample survey using Google Earth image-aided

Liu Jia, Wang Limin, Teng Fei, Li Dandan, Wang Xiaolong, Cao Huaitang

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: By using Google Earth (GE) image revised by differential global positioning system (DGPS) actual measurement points, this paper conducts a ground sample survey of crop planting areas, and compares the difference in survey accuracy and efficiency between this method and the method completely using GPS field measurement. The study area is the Agricultural High-tech Industrial Park of Chinese Academy of Agricultural Sciences (Wanzhuang) and its surrounding area with the area of 3.1 km × 2.0 km. The paper defines the data from the different GE image sources. The images downloaded based on GE Client COM API programming are defined as A-level data, the images revised by online GE images are defined as B-level data, and the images revised by DGPS actual measurement points are defined as C-level data. Compared with the checkpoints of DGPS actual measurement, A-level data of the GE images with spatial resolution of over 0.5 m have a mean square error of 232.7 m in X and Y directions, and for B-level and C-level data it is 5.4 m and 1.0 m, respectively. The B-level data meet the requirement that “The mean square error in planimetric position of 1:25000 should be no more than 8.75 m”, and the C-level data meet the demand that “the mean square error in planimetric position of 1:10000 flat ground should be no more than 3.5 m”, which are specified in the *Digital Aerophotogrammetry Aerial Trigonometric Survey Specifications*. Choosing the samples with 3 structure levels, i.e. simple, medium and complex level in the Langfang survey area, the area measurement accuracy of B-level and C-level data is measured, and the average errors are 0.108% and 0.018% respectively through the comparison with DGPS actual measurement areas. The larger the crop area, the higher the accuracy of the measurement. The survey meets the accuracy requirement of large scale ground sample survey. With respect to GE online coordinate, the average minimal mean square error of B-level data is 0.5 m, and the average maximum mean square error is 1.0 m. The average mean square error in XY direction is 0.5 m, and its relative accuracy meets the requirement of mapping specification of 1:2 000. If only the ground sample changing trend among different years is described without considering the absolute calibration accuracy, applying the B-level data GE images has a stronger charting ability. In order to evaluate ground survey efficiency based on this method, it is applied in the winter wheat ground survey of central plain area of Shaanxi Province in 2015, and the contrast test is conducted with conventional GPS field measurement method. The result of the contrast test shows that, the GE image-aided survey has reduced the time by 64.2% and the walking distance by 82.5% based on GPS measurement method. As a result, the survey efficiency is improved by 73.3%. Ground sample survey is an important link for crop area survey with remote sensing monitoring. Usually, it is achieved by using DGPS field measurement, which is a time and effort consuming job in a large scale crop area survey. The GE image-aided ground sample survey method proposed in this paper can save the time and labor. With the use of more and more available high spatial resolution satellite images and aerial survey images, this method will have a broader application prospect.

Keywords: crops; remote sensing; monitoring; ground sample; area; Google Earth, differential global position system