

文章编号: 1007-4619 (2004)06-0570-11

# GVG 农情采样系统及其应用

吴炳方, 田亦陈, 李强子

(中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘要:** 介绍了通过对GPS、VIDEO 摄像头、GIS 的综合集成, 用于野外农作物采样的信息快速采集、定位和处理分析系统, 简称为GVG 农情采样系统。系统包括影像采集卡、视频摄像头、GPS 接收卡、GPS 天线和工控计算机, 在野外采集时采用汽车为主要工作平台, 以各级公路为样线进行动态采样。系统工作时实时采集GPS 信号, 捕捉视频影像, 同时根据GPS 位置自动获得GIS 属性信息, 并自动记录在后台数据库。野外工作结束后, 系统提供的功能允许操作人员对每条记录的照片中各类农作物所占比例进行赋值, 统计单元内各种作物的分类成数, 包括采样线、县级、农业区划级和省级单元。

GVG 系统的自动数据采集方式和GIS 支持下的图像分析和统计方法提高了数据的采集和室内数据分析的效率, 同时保证了采样的精度, 经过不同地区的精度检验, 作为“中国农情遥感监测系统”的重要组成部分, 在全国范围内对大宗农作物分类成数的监测精度达到95%以上。

**关键词:** GVG; 面积采样; 分类成数

**中图分类号:** TP79      **文献标识码:** A

## 1 引言

在各种遥感监测和GIS 应用中, 野外实地采样信息可以对遥感信息进行标定、验证, 因此, 现场调查是任何完备的研究项目中不可或缺的一项重要内容。

目前国际上最主要的农作物遥感估产系统有美国农业部国家农业统计局(NASS)的遥感估产系统及欧盟联合研究中心的MARS 计划。美国的作物调查采用地面大面积样方统计法, 国家农业统计局通过和大农场主合作得到各类作物的种植面积, 进而得到各类作物种植成数的统计数据。欧盟采用的是高分辨率遥感影像抽样调查法, 通过SPOT 影像进行大量的样方抽样, 再对其进行野外填图或由农业专家进行判读, 统计出各类作物的种植比例<sup>[1]</sup>。这两种方法的调查精度都很高, 主要是因为美国和欧盟国家的作物种植结构相对简单, 而且大多数耕地采用大面积机械化耕作管理模式, 因此便于地面统计和影像判读, 然而中国的耕作模式由于受到土地

政策、人口密度以及自然条件等方面的制约, 农民人均耕地面积小, 而且在各自的耕地上对作物种植品种的选择有着很大的自由度, 全国各地到处都可以看到一亩地上播种了3、4种作物的情况(图1)<sup>[2]</sup>。在这种情况下想通过遥感影像对作物进行分类几乎是不可能的, 即使采用昂贵的QuickBird 数据精度也很难满足要求, 更加无法达到运行化的水平了, 因此, 中国的作物分类成数只能通过地面调查辅助完成。

“中国农情遥感速报系统”采用遥感整群抽样和地面调查相结合的方法估算农作物种植面积, 地面调查工作以样条采样框架理论为基础, 调查不同单元(行政单元或区划单元)内的各类农作物分类成数和长势等农情信息<sup>[2, 3]</sup>

基于GPS, 或与GPS 相结合的野外采样工作很多, 如各种植物生理参数的测量等, 但大多数数据的采集和GPS 定位相分离, 而且采集工作以点状和静态为主。

用以往的点状抽样方法进行的地面调查是一项耗费大量人力、物力和财力, 十分繁琐的工作。若想

收稿日期: 2003-11-17; 修订日期: 2004-02-23

基金项目: 中国科学院95 重大项目(KZ951-A1-302-02)和特别支持项目(KZ95T-03-02); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-313); 科技部十五攻关项目(2001BA513B02); 中国科学院遥感所领域前沿项目: 样条采样框架的理论基础与精度检验方法研究。

作者简介: 吴炳方(1962—), 男, 工学博士, 研究员, 博士生导师, 从事农业与生态环境遥感研究, 发表论文40多篇。E-mail: wubf@insa.ac.cn



图1 山西太谷县耕地现场图片, 2003-09-10

Fig. 1 Field picture of cultivate land in Taigu county, Shanxi

在全国范围内以点抽样的方法且同时满足系统的精度要求, 仅每年的野外调查费用就将是一笔天文数字; 由于野外工作人工操作内容较多, 地面调查工作效率较低, 在有限的时间内获取的信息量就非常有限, 且获取信息的代表性和可靠性不稳定。另外, 在全国范围内开展野外调查工作时, 不同地区, 各个单位的人员素质也参差不齐, 野外数据的时间一致性无法保证, 数据质量也难以统一。

在“中国农情遥感速报系统”中, 在种植结构三级区划基础上, 利用样条采样框架调查作物分类成数, 抽样率为 2%, 采样总里程为 1.2 万 km<sup>[2]</sup>。考虑到作物生长期从出苗到收割只有 3—4 个月的时间, 从出苗到沿路快速辨认需要一个月左右的时间, 从采样到数据汇总, 再到信息发布也需要一个月左右的时间, 因此留给采样的时间也只有一个月左右, 也就是说, 在一个月时间内要求完成 1.2 万 km 的采样任务。这还没有考虑到作物多熟制对采样的要求, 即使根据采样网络的组织, 将全国分成 9 个采样片<sup>[4]</sup>, 其采样任务仍然是非常繁重的, 难以满足运行化的要求。

为了解决以上提到的各种问题, 满足“中国农情遥感速报系统”对野外调查低费用、高效率、好组织

的要求, 我们提出并设计了 GVG 农情采样系统, 是根据中国的实际情况, 利用中国主要耕作区路网密度高这一特点, 研制的一种快速、准确、高效的农情采样分析系统。

本文介绍 GVG 农情采样系统的结构和功能, 并通过实际调查检验其精度。

## 2 GVG 功能与结构

GVG 农情采样系统以样条作为采样框架, 主要任务是调查作物分类成数, 也即调查单元内各类作物类型的种植面积占总种植面积的比例。相比之下, 采样内容单一, 对于有经验的调查人员, 或对当地种植习惯或种植结构有一定了解的调查人员, 只需坐在车上通过目视就能判断沿路种植的是什么作物, 问题是凭目视很难准确地估计作物的分类成数。为解决分类成数估计的问题, 我们在采样进程中将目视信息通过摄像机或数码相机连续拍摄下来, 并用 GPS 对拍摄位置定位和用 GIS 对采样信息进行管理。野外拍摄结束后, 在室内通过对这些照片的分类与辨认, 统计出作物分类成数, 从而可以提高采样

速度和精度, 满足运行化的要求, 也符合中国农业生产的特点。

GVG 农情采样系统通过集成 GPS、VIDEO、GIS, 并以汽车等交通工具为平台, 动态采集道路旁的景观照片。当汽车行驶到预先设定的采样区时, 沿样线进行固定时间间隔的拍摄, 得到一组沿样线一侧的景观照片, 在 GPS 和 GIS 的后台支持下, 系统自动记录每张图片的地理位置、所属区域等属性信息。拍摄完成后, 在系统支持下人工判读每张图片内的各类作物的种植比例, 即某类作物占照片内所有作物的比例, 删除没有作物的景观照片, 完成采样区内

所有 GVG 图片的判读分析后, 系统将根据属性信息进行汇总分析, 从而得到采样线所在区域内不同作物的分类成数。在完成所有应采样的采样区后, GVG 系统可根据不同的统计单元(省、区划单元、县)进行作物分类成数的统计。

GVG 农情采样系统最大限度地减少了人工的工作量, 操作简单, 野外工作一人就可完成, 既大大降低了人员费用, 又避免了人员素质造成的数据质量差异。

### 2.1 硬件组成



图 2 GVG 系统硬件组成

Fig. 2 Hardware form of GVG instrument

为了提高效率, 满足大面积分散条件下的采样要求, GVG 农情采样系统以汽车等移动工具作为工作平台, 操作人员通过简单的组件式安装即可将 GVG 系统安放到相应的交通工具上进行车载动态快速采样, 操作员只需要将安放摄像头的云台固定在汽车顶部某一位置, 同时将 CCD 摄像头安放在可控制姿态的云台上, 并将有吸盘或磁铁的 GPS 天线置于车顶。摄像头视频线, GPS 信号线和云台信号线经车窗连接到车内装有 GVG 软件系统和视频、GPS 接收卡的计算机上就完成了系统的安装(图 2)。用户可在屏幕终端实时动态显示图像和与之对应的经纬度坐标, 并通过在车内进行键盘操作调整云台的姿态和摄像头焦距以获得最佳观测角度和图像视场。

采集单元、定位单元、姿态控制单元和电源等 5 个部分组成(图 3)。

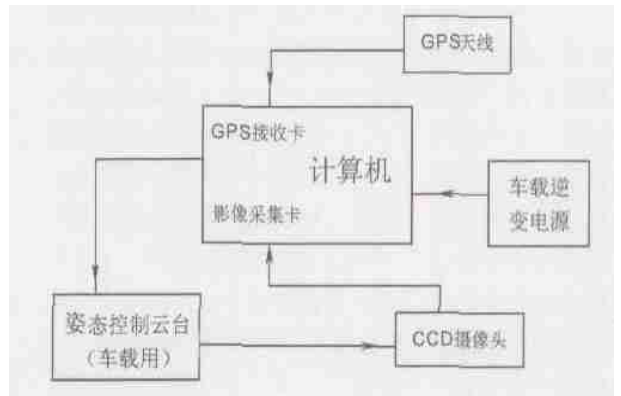


图 3 GVG 硬件结构图

Fig. 3 Hardware of GVG instrument

GVG 农情采样系统在硬件上由中央处理单元、

**中央处理单元** 由定制的工业控制计算机和软件系统组成。计算机有 3 个标准板卡接口, 一个用于 GPS 接受卡, 并与 GPS 天线连接; 另一个用于数模转换卡, 并与姿态控制单元的云台连接; 第三个用于影像采集卡与采集单元(摄像头)的信号输出线相连。中央处理控制单元对采集单元和定位单元的信息进行接收、处理、保存, 并进行分析和统计。

**采集单元** 由视频传感器(摄像头)和影像采集卡组成。用于采集用户所需要的景观照片, 视频信号通过电缆与中央处理单元的影像采集接口连接。

**定位单元** 由 GPS 天线和 GPS 接受卡组成, GPS 接受卡与中央处理控制单元集成, 主要用于采样时的定位和采样轨迹的生成。

**姿态控制单元** 由可调整姿态的云台和数模转换卡组成。采集单元的摄像头安放在云台上, 云台的三向转动由电流信号(模拟信号)控制, 用户在屏

幕终端根据图像角度调整相应的方向键(数字信号), 数模转换卡将其转换成相应的电流信号控制云台姿态。

**电源** GVG 系统同时支持车载和单人背负操作模式在车载状态下, 通过车载逆变电源, 由汽车点烟器接出电源, 由于系统所采用的 GPS、摄像头和姿态控制云台都是低电压产品, 在工作状态下, 所有设备总功率 < 120W。考虑到在有些小范围试验地区需要近距离、高清晰度、高密度的采样结果, GVG 系统定制成背包或由单人进行操作, 系统由一块重约 2kg 的高效锂电池供电, 可满足系统设备工作 5h 左右。

## 2.2 软件功能

GVG 软件系统以 GIS 为基础, 集数据采集、数据分析与统计、数据管理多项功能为一体的系统, GVG 软件系统的主界面如图 4。软件功能结构如图 5。

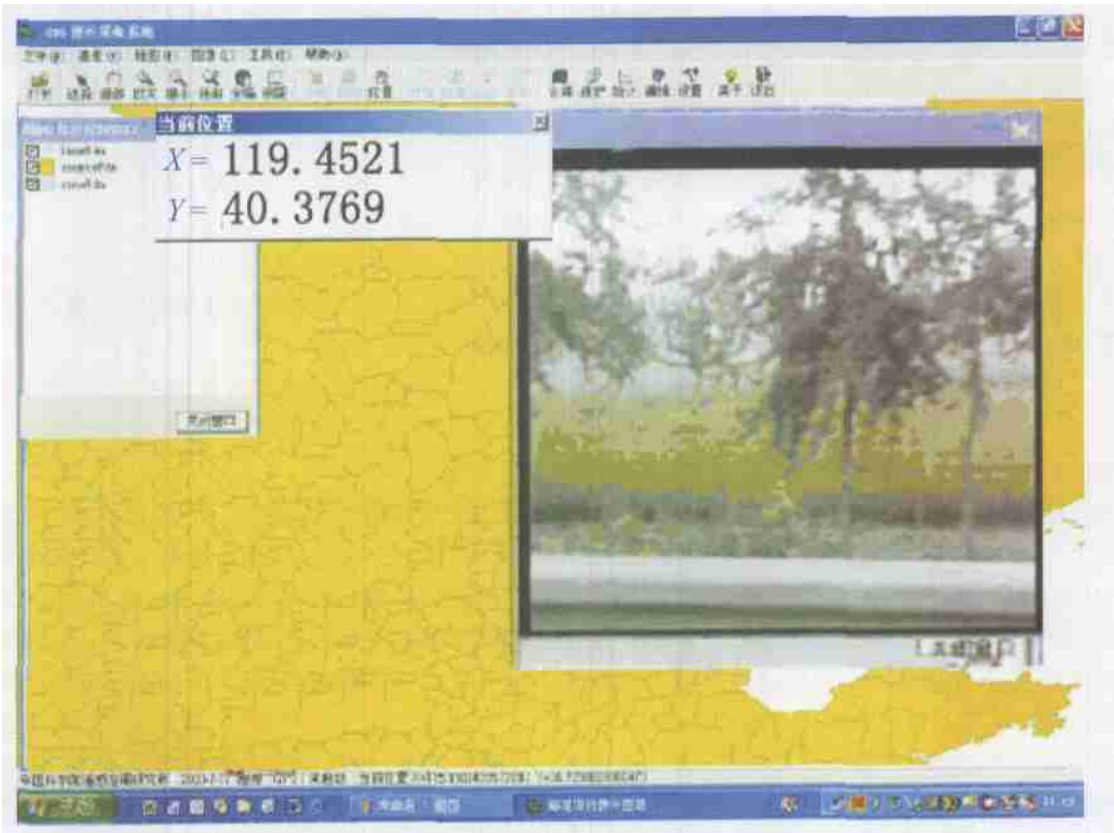


图 4 GVG 软件系统界面

Fig 4 Interface of GVG instrument

### 2.2.1 采集单元

数据采集单元的主要功能是连续同步采集景观照片和定位信息, 并将定位信息及其属性信息实时赋给每一张景观照片, 属性包括固定属性和可编辑属性。固定属性为系统根据 GPS 位置和 GIS 判断实

时自动记录值, 用户不可修改, 包括时间、自然区划代码、行政区划代码(县代码); 可编辑属性由各采样单位根据所在位置和采样时间, 结合当地农作物类型自己创建的, 如华北地区春季采样时只需创建冬小麦、油菜、春小麦、菜地等少数几个字段即可, 而在



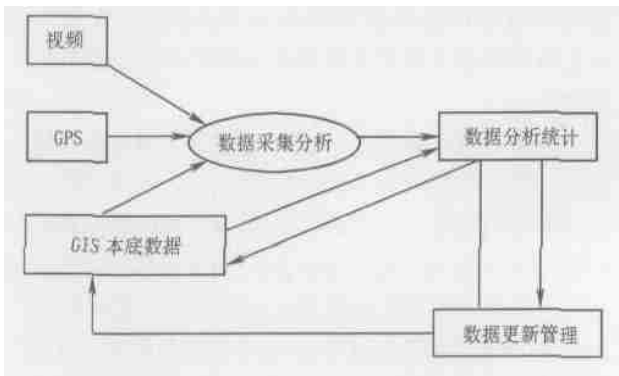


图 5 软件功能结构图

Fig. 5 Function framework of GVG instrument

秋季(冬小麦收获后)采样时则需要创建春小麦、春玉米、夏玉米、高粱、花生、大豆、油菜等十几个字段才能将所有作物类型覆盖,这些字段为数值型空记录,操作人员根据对应图片在相应的字段赋值。系统将每一张景观照片相应的定位信息和所有属性信息作为一个记录贮存在数据库中。

数据采集单元由景观照片显示窗口、GPS 位置窗口和记录窗口 3 个部分组成。景观照片窗口实时显示摄像头拍摄的景观照片,操作人员可以根据显示效果调整摄像头的焦距、角度与姿态。记录窗口实时显示采集的每个记录信号,并实时地存入数据库。GPS 位置窗口实质上是一个平台,动态显示采样点的位置和轨迹,在同一窗口内还可以显示其他信息。

为了提高效率,满足大范围、分散样线快速采集的要求,就要在 GPS 位置窗口预先设定采样线路和采样时间,与实时显示的 GPS 位置相结合,当汽车接近预先设定的采样线时,系统将提示操作人员开始采集工作。为了方便操作人员及时找到采样点位置,GVG 系统中可以管理不同类型的图层,如行政区划图、估产区划图、交通图、水系图、土地利用图、遥感影像图等,其中前面 2 个图层是必须的,以便采样时能从这些图层中自动截获行政编码、区划编码,交通图主要起方便操作人员能最简捷地找到采样线路。用户可以根据需要随时调整图层顺序,比如在前往采样线的路途中可将交通道路网图层作为最上层显示,配合实时动态显示的 GPS 位置信号,能方便快捷地到达。

系统每隔 2 秒采集一帧景观照片和 GPS 信号,并从行政区划和估产区划图层中提取编码,生成一个记录,包括 ID、景观照片、经度、纬度、高程、采集时间、采样线 ID、县行政编码、估产区划编码,以及操作人员在现场实时输入的提示性文字,如某种作

物、拍摄的方位(左、右、前方等),记录生成后存入数据库。

数据采集单元的数据库采用 Microsoft Access MDB 格式。为了方便分析,一个区划单元内的采样记录全部存入同一数据库。数据采集的数据库是临时数据库,仅保留采样记录。当一个区划单元内的采样不能一次完成时,新采集的记录采用追加的办法存入已有的数据库。当开始新的区划单元采样时,先搜索数据库是否存在,如不存在,则提示用户需要新建数据库,数据库名系统将自动设定,如存在,系统提示是否追加。

为了保证采集的景观照片清晰,并考虑到软件性能的限制,在现场采集时,汽车的速度不能超过 40km/h,这样 2s 的采样间隔保证了每 20m 左右能拍到一张景观照片。

采样时间是根据作物物候历和发布农情速报的时间综合确定的<sup>[5]</sup>,但对于一个采样队伍来说,采样是按次数组织的,一年最多要到野外采样 3 次。采样工作大部分都实现了自动化,由一个人在车内操纵计算机就可完成。由于进行车载动态采集,不仅降低了野外工作的劳动强度,更重要的是大大的提高了劳动效率。

### 2.2.2 分析与统计单元

分析与统计单元的主要功能是作物分类成数判读和汇总统计计算。

作物分类判读采用人机交互的方式进行,判断景观照片中是否有作物存在,如有则估算每类作物的比例。

开始判读时,系统从一个区划单元的采集数据库中读入一个记录,并将景观照片显示在屏幕上,操作人员通过目视判读确定照片中是否有作物,如没有则从数据库中删除该记录,并读入下一个记录,如果有作物存在,则通过目视判读估算每类作物的比例。

由于采用连续拍摄,不可避免地会拍摄到大量非作物照片,或是由于汽车瞬间颠簸而使得照片过于模糊而无法识别,这些大量的非作物信息的景观照片对于提取作物分类成数是没有任何价值,因此不对其进行分析,并从数据库中删除。剩下的每一个记录都有作物信息,因此可称为 GVG 影像,数据库需要永久保存。以车速 40km/h 计算,在一条长 2km 的采样线上系统可采集数据 90 条记录。由于在样线布设时就考虑到了尽量不走颠簸土路,以及路边应尽量少遮拦物,如树木、高灌等问题,所以一般情况至少有 70% 的图片可用,也就是说在 2km 的

距离上,最终可用的记录数超过 60 个。

在开始对 GVG 影像判读前,系统将根据区划单元的信息和采样时间,将可能种植的作物类型作为记录的字段名。对 GVG 影像进行判读时,操作人员需要对现场情况有一定的了解,特别是对当地的种植结构要有比较好的了解,这样当看到 GVG 影像时,能比较容易地辨别出作物类型,此时现场输入的提示性信息就显得非常重要,特别是对于一些小品种作物,提示性信息更有帮助。对于不同的地区,由于种植结构差异较大,新增的字段名也不相同,如东

北地区系统只生成春小麦、春玉米、大豆、高粱、中稻、蔬菜等 6 类作物的字段名,而在长江流域生成早稻、中稻、晚稻、薯类、油料、棉、麻、糖等字段名。操作人员根据影像中各类作物的比例,将其数值填入系统生成的相应字段内(图 6)。图中右部所显示为系统自动记录的“固定属性”,根据行政区划代码 370901(国标)可知,图中左部图片为山东泰安地区图像。在“可编辑属性”对应的表中为该地区的作物列表,操作人员则可根据左边的图片判读出玉米比例为 100%。



图 6 人机交互作物成数填报界面

Fig. 6 Interface of crop type proportion interpretation

GVG 影像中的作物比例估算的精度将影响到采样的结果,因为摄像头置于车顶,在对路边耕地进行俯拍时影像存在梯形变形,这给估算影像中各类作物的比例造成了一定的视觉误差。不过在实际工作中发现,由于每帧图片的视场范围有限,经过统计,大部分图片中只分布一类作物,在成数赋值时只需在相应的作物名称字段下赋 10,这张图片的成数分析工作即告完成。在最终对整个县,乃至整个省几千上万张照片的作物分类成数进行统计分析时,少量样本中存在的误差对整体精度的影响就很少了。为了进一步提高分类成数的估算精度,开拓 GVG 的应用领域,需要开发 GVG 影像分析方法,定量、自动地计算 GVG 影像内的作物成数。

在完成一次采样得到的 GVG 影像判读结束后,所有区划单元的数据库合并成这次采样的成果数据库,提交给“中国农情遥感速报系统”,以便进一步分析和统计,得到指定单元内的作物分类成数。统计的方法是:

$$P_j = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{ij}}{\sum_{i=1}^N A_i}, \quad j = 1, 2, \dots, M$$

式中  $P_j$  是第  $j$  种作物的成数,  $Q_{ij}$  是第  $j$  种作物在第  $i$  张 GVG 影像中的比例,  $A_i$  是第  $i$  张 GVG 影像中作物的百分比,  $N$  表示统计单元内有  $N$  个 GVG 影像记录,  $M$  表示区划单元内有  $M$  种作物类型。

统计的关键是确定统计单元范围。由于采用 GVG 系统进行采样时,只有时间是设定的,也即根据作物物候期的特点,指定采样线路和采样时间<sup>[5]</sup>,因此考虑到采样在空间上的不均质性特点,汇总时分 4 类统计单元:

第一类统计单元的面积是  $4\text{km} \times 4\text{km}$ ,大小与样条样框的大小相同,在该类单元范围内,只有一条采样线通过,而且仅统计该样线内的一段采样结果。根据汽车行驶速度的限制,最多有 90 条记录进行汇总统计,该类统计的目的是为了提取微观尺度的分类成数数据。

第二类统计单元是县级行政单元,只需要根据 GVG 影像结果中的县级编码进行分类汇总就能得到县级作物分类成数。在县级范围内,一般也只会有一条采样线通过,但也不排除有两条采样线,以及为了提高采样精度和代表性所进行的“+”型采样结果,即沿采样线交叉的路线来回采集几十公里。

第三类统计单元是估产区划单元,根据区划编码进行分类汇总,得到区划单元内的作物分类成数。由于区划单元内的种植结构和物候期比较均一,得到的作物分类成数在采样时间段有很好的代表性。区划单元内,包含有几个甚至几十个县,采样时也许仅对其中几个县进行了采样,因此区划单元的作物分类成数代表着单元内所有县的平均值。

第四类统计单元是省级行政单元。当将县级或区划单元级的作物分类成数汇总到省一级的时候,由于省级范围内的种植结构和物候期相差较大,简单采用上述统计方法会造成严重的误差。以河南省夏季作物采样为例,在河南省南部的的主要作物有冬小麦和油菜,且油菜占有很大的比例,而在北部主要是冬小麦,油菜的比例很少。如果简单统计的话,会夸大冬小麦的成数,而减少油菜的成数,造成很大的偏差,因此在省级或全国尺度的统计时,采用面积加权方法:

$$P_j = \frac{\sum_{i=1}^N P_{ij} B_{ij}}{\sum_{i=1}^N B_{ij}}, \quad j = 1, 2, \dots, M$$

式中  $P_j$  是第  $j$  种作物的成数,  $P_{ij}$  是第  $i$  个统计单元(县或区划)第  $j$  种作物的成数,  $B_{ij}$  是第  $i$  个统计单元第  $j$  种作物上年的种植面积,  $N$  表示统计单元数,不是有采样结果的单元数,而是省内所有县级或区划单元数。

分类成数汇总统计中,时间变量起着重要的作

用,尤其是对多熟制的地区,如长江中游地区,早、中、晚稻在时间上相交叉,使得采样时间很难安排。统计时不仅要采用本次采样结果,还需要利用上次采样的结果,利用时间段提取参加统计的记录。

经分析后保留下来的影像实际上是农作物的真实照片,除用于分析作物分类成数外,还可以用于判断作物生长情况,如果安排妥当,同一采样线在前后两年的采样时间相近,采样得到的照片对比可以定性地反映出作物长势与上年相比的情况,用于作物长势遥感监测结果的验证。

另外,由于通过遥感影像提取的农作物种植面积包含了道路、沟渠、树木等细小地物的“毛面积”,而在计算真实种植面积时需要减去这些细小地物的面积,得出“净面积”。而“净面积”与“毛面积”之比,即耕地系数。耕地系数在地区间有较大的差别,主要与该地区的耕作模式、灌溉条件以及自然条件有关。在判别作物成数时,GVG 系统可以同时分析统计区域内耕地的细小地物比例,这对于配合遥感数据计算出真实的种植“净面积”是非常重要的。

### 2.2.3 数据管理

数据管理的功能主要是图层管理和采样线修订。

图层管理是利用 GIS 功能装入或删除图层,如装入采样区域的遥感影像图、新的交通图等,并对图层进行操作,如放大、缩小、漫游等功能。同时,对于土地利用变化较大的地方,在采样时,可以结合遥感影像对变化区域进行更新,并赋给新的类别代码,但这不是 GVG 的主要应用领域。

由于在制定采样方案时,所依据的交通图都比较旧,或者由于现场道路正处于施工阶段不能通行,或由于道路破坏得难以通过,因此采样线修订在采样过程中经常发生,必须根据实际情况进行变更,采样的地点也必须做相应的调整,即记录新的轨迹、更新交通数据,并记录下来采样位置。在集成分析时,需要对变更的采样位置及数量进行验证,判断是否会加大误差。

## 3 GVG 系统的应用

“中国农情遥感速报系统”运行 6 年来,中国科学院遥感应用研究所会同中国科学院各所及地方院校共 8 家单位在夏秋两季共同开展全国范围的 GVG 农情采样工作<sup>[4]</sup>。全国分成 7 个大区:东北区、华北区、西北区、华中区、华东区、华南区和西南区。每个大区由一个单位负责,采样范围各大区间设置重叠

区域, 每年的采样作业时间和采样次数根据当年的物候进行调整。为了保证农作物长势监测和遥感估产的运行服务系统的运行周期, 每次调查采样均在 1—3 周内完成, 随后用 1 周时间进行室内处理, 并提交采样结果。

### 3.1 GVG 农情采样系统应用实例

以东北采样区为例, 东北地区是中国玉米、大豆的主产区, 然而近年来受到地方政策以及市场价格的影响, 一些地区年度间的作物播种品种变化较大, 黑龙江省部分县市还出现了大面积的退耕种草(饲养奶牛)现象, 因此, GVG 系统在快速统计出这些种植结构的变化上起着不可替代的作用。在 2002 年秋粮东北地区采样工作中在东北三省及内蒙古自治区布设了长达 1200 余公里的采样路线(图 7), 合作单位(中国科学院东北地理与农业生态研究所)根据合同要求, 在 8 月 20 日—9 月 5 日 15 天的时间内完成了该地区秋粮成数的采集任务, 并于 9 月 10 日前统计完毕提交了成果, 此次采样工作最终提交有效记录(图片)共 42156 条: 其中采样线范围内记录 35000 多条, 平均每公里采样线上的有效记录为 29.17 条。根据这些记录汇总统计东北三省 196 个县(统计结果局部见表 3)以及内蒙古东部地区的秋粮种植成数。

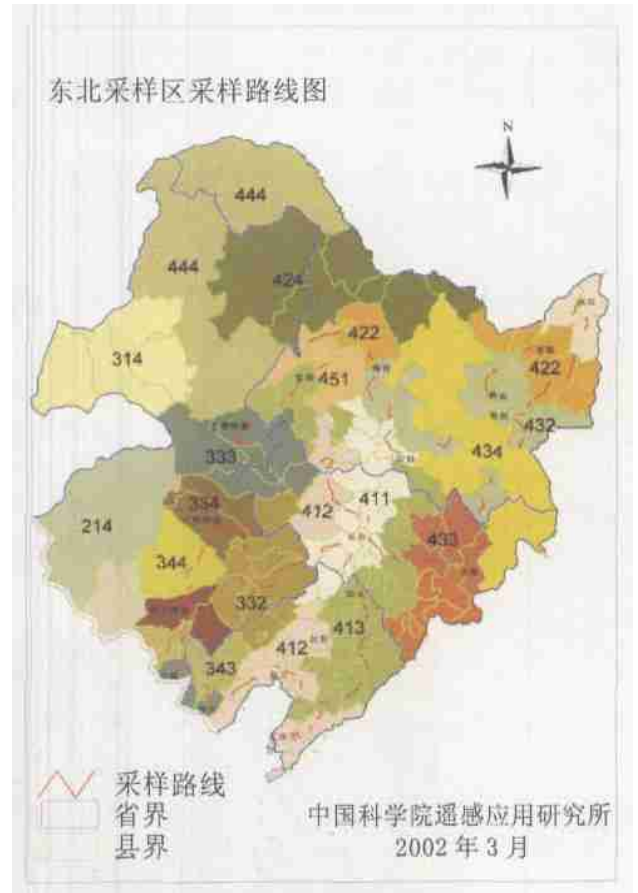


图 7 东北地区采样路线图

Fig. 7 Sampling line in North East China

表 1 GVG 采样统计结果(黑龙江省部分县市)

Table 1 Sampling statistical results of GVG

市名	县名	春小麦	大豆	玉米	中稻
哈尔滨	哈尔滨	0.30668	0	0	2.637376
哈尔滨	呼兰	0	3.566265	5.421687	0
哈尔滨	依兰	0	6.817901	3.138889	0
哈尔滨	方正	0	3.139535	0	6.860465
哈尔滨	宾县	0.30668	4.488702	3.532553	0.739883
齐齐哈尔	齐齐哈尔	0	0.753289	6.434211	0
齐齐哈尔	龙江	7.36264	0	0	2.63736
齐齐哈尔	依安	0.30668	4.310466	4.617414	0.293169

GVG 系统在 5 年来实践检验中, 不断根据采样过程中遇到的问题进行改进, 每年根据各大区操作人员提出的意见进行技术升级, 系统的硬件稳定性, 软件功能性和易操作性得到了不断完善, 已经成为功能完备的软硬件高度集成的野外信息采集系统。

### 3.2 GVG 系统的质量控制和精度检验

GVG 系统的精度检验主要解决 3 个问题, 一是定量评价利用 GVG 影像判读和统计的方法所得到的沿采样线作物分类成数的精度; 二是评价沿采样线作物分类成数的代表区域大小; 三是定量评价利



用多条采样线得到的统计单元(县、区划)的分类成数精度。我们通过多个实验区的现场监测结果对第一个问题进行的检验,其他两个问题有待另作论述。

在  $5\text{km} \times 5\text{km}$  的区域内用两种方法调查作物分类成数,一是基于采样线,利用 GVG 农情采样系统获取农作物分类成数;二是利用详细的 1:1 万土地利用图进行现场调绘,确定作物分布图。作物分布图的编制方法是在当地 1:1 万土地利用图的基础上,结合当年高分辨率遥感影像和样区清查进行编制,把实验区内的各种作物种植情况标注在土地利用图上,并数字化成电子图。确定作物分布后计算各种农作物种植面积,计算各种农作物的分类成数,通过对两种方法计算结果进行比较,来分析和评价

GVG 农情采样系统的精度。

自 2000 年以来,在全国设置了 5 个实验样区,分别对水稻、玉米、小麦、棉花等作物的分类成数进行精度评价。以吉林省德惠市夏家店镇实验区 ( $44^{\circ}03' - 44^{\circ}45' \text{N}$ ,  $125^{\circ}14' - 126^{\circ}23' \text{E}$ ) 为例,该区位于东北松嫩平原中部农业主产区,地处波状起伏的平原,是北方玉米、大豆和水稻生产的典型代表区。图 8 是该实验区的土地利用图。德惠样区 2000 年和 2001 年 GVG 调查和由作物分布图计算的农作物种植成数的结果见表 2。结果表明,2000 年两种方法所得的结果水稻成数相差 3.2%,玉米相差 6.3%,2001 年水稻成数相差 3.0%,玉米相差 4.8%。表明 GVG 采样的误差是可以接受的。表 3 给出了多个样区的实验结果。

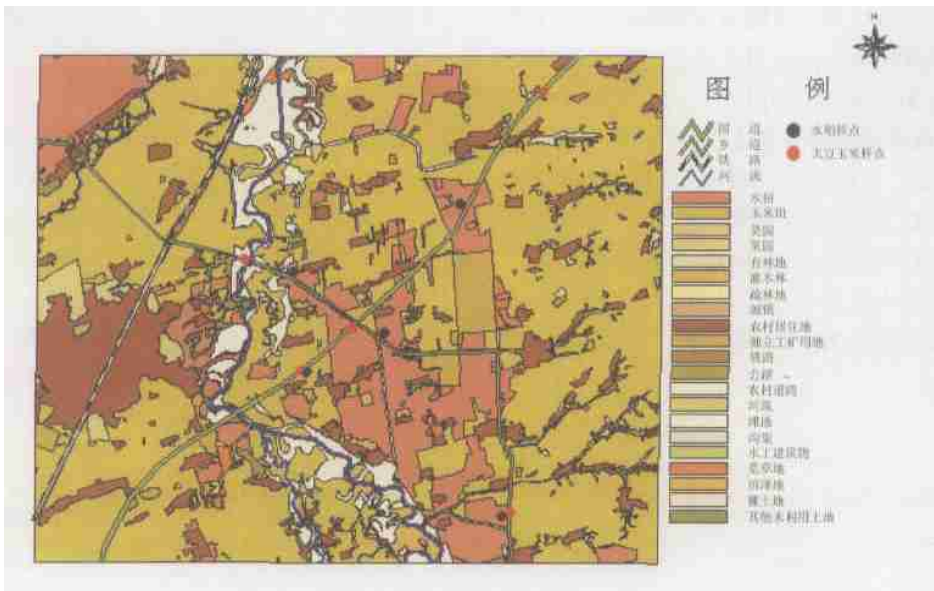


图 8 德惠实验区土地利用图及样点分布图

Fig 8 Sample points and landuse map of Dehui site

表 2 德惠样区验证结果

Table 2 Validation of Dehui site

1%

地类	2000 年			2001 年		
	GVG 调查	土地利用图	相差	GVG 调查	土地利用图	相差
水田	53.3	56.5	-3.2	56.8	53.8	3.0
玉米	20.9	14.6	6.3	20.1	15.3	4.8
其他旱地作物	5.2	3.7	1.5	5.7	3.7	2.0
农村居民点	11.2	9.5	1.7	10.4	10.5	-0.1
独立工矿用地	7.0	8.9	-1.9	3.7	1.9	1.8
荒草地	1.7	1.1	0.6	2.6	2.0	0.6
未利用土地	0.7	1.1	-0.4	0.7	2.0	-1.3
其他		4.6			10.8	
合计	100.0	100.0		100.0	100.0	

表 3 GVG 采样检验精度  
Table 3 Validation of GVG sampling

1 %

样区	2000 年		2001 年		2002 年			
	水稻	玉米	水稻	玉米	棉花	冬小麦	玉米	水稻
吉林德惠	94.3	90.0	94.4	80.3				
吉林双阳							5.5	4.1
河北栾城						98.9	100.0	
湖北新洲					70.0			89.1
江苏江宁	96.0		99.9					92.4

从试验结果可以看出,对于主要粮食作物,如冬小麦、水稻的验证精度是很高的,处于 89.1%—99.9% 的范围,其他作物的精度稍低。根据对试验区的实地分析,存在差异的原因主要有以下 3 点:

(1) 采样路线选择与实验区的农作物分布特点有一定的差异;

(2) 从图上计算成数时没有扣除细小地物,同时作物分布的尺度也会影响到成数精度;

(3) 对 GVG 影像进行成数提取计算时,由于人员对系统理解的差异和操作的熟练程度差异,也可能造成结果的差异。

另外,就 GVG 系统本身而言,在满足全国范围作物分类成数采样工作要求,力图进一步提高系统精度时,还受到下列两个方面的限制:

(1) 在耕作制度较复杂地区或复种程度较高的地区,在一年内需严格按照作物物候多次调查,如果时间有所偏差,可能会出现作物已收割或新播种作物还未出苗等无法判断的情况。

(2) 在城镇周边地区,由于路旁遮挡物较多,导致可用景观照片比例较低,造成计算误差。

总的来说,虽然对 GVG 系统还存在一些局限性,但是经过了 5 年来不断改进,通过系统运行结果来看,利用 GVG 农情采样系统调查农作物分类成数的方法是成熟可信的,特别是对于大宗作物,精度满足运行化的要求。

### 3.3 GVG 应用的精度控制

GVG 农情采样系统所采集数据的本身质量直接影响着作物分类成数的精度,因此,在进行野外操作时,系统一方面注意了其本身的易控制性,另一方面也在系统设置和具体操作上提出了一些确保 GVG 精度的具体要求:

(1) 明确规定各样区的采样时间,年度间同一样区的采样时间差不能大于一个星期(物候原因则

相应提前或推迟)

(2) 为了保证摄像头拍摄图片的清晰度,在一般路面上动态采集时车速限制在 45km/h 以下,较颠簸的道路车速限制在 30km/h。

(3) 为了保证原始样本量的充足,系统要求在农作物采样时每隔 2s 采集一条记录。

(4) 考虑到野外光线的变化,操作人员要根据现场亮度及时通过摄像头遥控板调整采集图像的亮度,使图像对比度保持在一定范围内,便于判读。

(5) 考虑到图像变形和人为判读成数的问题,车载采集的图片视场范围要求在道路两侧 50—100m 范围内。

(6) 根据采样线长度,明确规定 GVG 影像的数量。

在 2001 年执行了上述 6 条要求后,GVG 系统得到的数据精度得到进一步的提高,对近两年的数据结果验证表明,在汇总到省一级区划单元后,大宗农作物的种植成数精度都在 95% 以上,平均精度达到 97.8%。

## 4 结 论

GVG 农情采样系统是将 GPS、VIDEO 和 GPS 的高度集成化的野外采样系统。经过 5 年来的开发和改进,GVG 系统在硬件上完成了由“工控计算机、云台+ CCD 摄像头+ 影像采集卡、GPS”组成的硬件产品定型。系统携带、安装和操作都非常方便,在车载采集时一人就可完成所有野外工作。软件方面,GVG 系统可在动态采集图像的同时,实时的记录该点的经纬度坐标,并在 GIS 的支持下记录该位置的各种相关的属性信息,自动将上述数据生成记录存储到数据库中,再通过系统界面进行人工交互,判读每张图片的农作物种类比例,最终系统可以自动统计出指定区划单元中的各类农作物种植成数。GVG

和以往的野外采样工作相比,不仅降低了工作量,提高了工作效率,更重要的是,由于数据记录工作由系统自动完成,在野外采样时人为参与工作较少,从而基本上解决了由于人员素质而导致的数据精度问题,不同地区多次精度检验表明,大宗作物的 GVG 采样精度可达到 95% 以上。另外,在采集时间、采样路线和车速等方面系统本身做了限制,所以在工作组织和管理方面也提高了效率。

作为“中国农情遥感速报系统”的重要组成部分。利用 GVG 农情采集系统进行野外采集的信息主要包括作物的分类成数、生长状况、耕地中细小地物所占比例,以及明显的区域性的土地利用变化等。该系统能对多达十几种作物进行同时采样,精度可达到 95% 以上。同时 GVG 系统可以通过对采集数据与历史数据的对比分析,对遥感监测结果进行验证。

GVG 系统在实际应用中还受到一些情况的影响,如在城镇周边地区,路旁遮挡物较多时采集到的有效图片数量有限,在耕作制度较复杂地区或复种程度较高的地区,小品种作物的成数精度还有待提高,还可能由于采样时间的偏差出现作物已收割或新播种作物还未出苗等无法判断的情况。

GVG 农情采样系统还需要日后的不断完善,进一步改进系统功能,从而获取更完备,更丰富的野外

数据。GVG 系统在森林调查、水土流失治理监测、土地调查、生态环境监测等方面将会有非常广阔的应用前景。

### 参 考 文 献 (References)

- [ 1 ] Tang X F, Wang N B, Yang X H. Progress of Information Extraction Methods for Crop Planting Area[ J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 24(5): 8—12. [唐晓风,王乃斌,杨小唤.粮食种植面积提取方法的发展与现状[J].资源科学,2002,24(5): 8—12.]
- [ 2 ] Wu B F. Operational Remote Sensing Methods for Agricultural Statistics[ J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(1): 25—35. [吴炳方,全国农情监测与估产的运行化遥感方法[J].地理学报,2000,55(1):25—35.]
- [ 3 ] Wu B F, Li Q Z. Crop Acreage Estimation Using Two Individual Sampling Frameworks with Stratification [ J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(6): 551—569. [吴炳方,李强子.基于两个独立抽样框架的农作物种植面积遥感估算方法[J].遥感学报,2004,8(6): 551—569.]
- [ 4 ] Zhang L, Wu B F, Li Q Z. Agro-sampling Network and Its Implementation in China[ J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(6): 593—601. [张磊,吴炳方,李强子.中国农情采样网络的组织与实施[J].遥感学报,2004,8(6): 593—601.]
- [ 5 ] Wu B F, Zhang F. The Integrate Method for Crop Growing Monitor [ J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(6): 498—514. [吴炳方,张峰.农作物长势综合遥感监测方法[J].遥感学报,2004,8(6): 498—514.]

## GVG, a Crop Type Proportion Sampling Instrument

WU Bing-fang, TIAN Yi-chen, LI Qiang-zi

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** GVG instrument is an integration of video capture card, GPS receiver and GIS for collecting the crop type proportions in the field. VIDEO and GPS are integrated into the GIS installed in a notebook. GVG mounted on car or motor takes records with video camera during the movement. The car should not be fast than 40 km/h in order to acquire high quality of pictures. When GVG is working, it records pictures and the position from GPS as well as geographical attributes from GIS data layer, for example county code, into a temporarily database. One person is enough to operate GVG in addition the driver.

When fieldwork is done, the GVG provides the function to review every pictures recorded during the sampling. If the picture does not contain the arable land, it shall be discarded, otherwise, the proportion of every crop types will be recorded manually, and the picture will be recorded too. Once all pictures are reviewed for a transect line, it is easy to calculate the proportion of crop types. The crop proportions for a county can be calculated from all transect lines within the county, and the same for stratum.

GVG has been used to obtain the crop type proportions of entire country since 1999. The extensive validation shows the GVG can have the accuracy of 95% for main crops, including wheat, rice, maize and soybean.

According to the principle of GVG, it has multi-purpose applications, not only on the crop type proportions, but also on environment monitoring for example.

**Key words:** GVG; area sampling; crop type proportion