

土壤质量数字制图方法浅论

潘贤章 史学正

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 本文简要论述了土壤质量数字制图的一般过程及其与传统土壤制图的异同,并依据土壤制图原理确定数字制图的几个重要参数,同时简述了数字制图对野外土壤调查的要求以及对传统图件的处理。

关键词 土壤质量;数字制图;土壤制图

我国人口众多、土地资源贫乏,土壤侵蚀、土壤盐渍化、土壤酸化、土壤污染等土壤退化现象十分严重。为了保障我国 21 世纪粮食安全,提高生活质量,不仅要确保耕地的总体数量,更要保持和提高土壤质量,为此必须加强我国的土壤质量研究。土壤质量研究几乎涵盖土壤研究的所有领域,不仅涉及土壤界面、土壤过程等基础研究,而且涉及土壤质量时空演变规律等研究,其中土壤质量制图理论与方法是一项重要研究内容。

土壤质量数字制图方法有别于传统的土壤制图模式,是一种基于遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)技术(俗称 3S 技术)的数字制图方法。它在传统制图理论和方法指导下,吸收地统计学研究成果,在地学模型支持下完成对土壤质量空间分布和动态变化特征的特征。本文将就土壤质量制图中的几个关键问题进行初步探讨。

1 土壤质量数字制图的一般过程

土壤质量数字制图一般过程是,收集各个采样点土壤物理、化学和生物分析数据,建立包含每一个采样点各种属性数据以及样点位置经纬度的数据库,在 GIS 软件支持下生成样点分布图,然后通过点面扩展方法生成土壤性质空间分布图,再通过图层叠加完成土壤质量评价图以及动态变化图。

1.1 基础图件的准备

收集研究区的地理底图、土壤图、土地利用图以及其他有关的图件,进行数字化,建立土地利用数字图、土壤类型数字图、研究区界线图、水域图、城区图、主要道路图等等。有条件的还要对地形图进行数字化,建立研究区的数字高程模型(DEM)。尽管基础图件来源不同,比例尺和投影以及坐标系统各种各样,但是要求统一到一个坐标系统上来。成图比例尺按照研究区大小以及课题的要求进行,比如,整个太湖地区由于面积较大可以按照 1:25 万或者 1:10 万制图要求制作,而县级土壤质量图可以按照 1:10 万或者 1:5 万要求制作。

1.2 基础数据库的建立

收集研究区各个采样点的物理、化学和生物分析数据,建立采样点土壤属性数据库。

数据库的大小和复杂程度, 以及其包含的数据项多寡因研究目的而异。研究土壤肥力质量变化主要包含常规分析数据, 如全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾、有机质以及 pH 等, 而研究土壤健康质量除了包含常规分析数据外, 还包含重金属以及农药分析数据等。但是, 不管目的如何, 数据库中都应包括采样点的地理位置数据项, 这是因为此后的空间插值运算都是基于空间坐标进行的。简单的数据建库工作可以在 Excel 中完成, 也可以在其它软件中完成, 只要最终能够生成某种格式文件, 方便导入 GIS 软件就可以了。

1.3 样点分布图和土壤性质图的制作

将包含各个采样点坐标的数据库导入 GIS 软件中, 生成土壤采样样点分布图。在对样点图进行投影变换之后, 采用点面扩展方法生成各种土壤性质图, 比如土壤有机质分布现状图等等。点面扩展方法很多, 一种是利用土壤图变换而来, 即以分布在每一个土壤图斑中的采样点土壤属性的平均值来代替整个图斑的值, 重新运算形成土壤性质图, 另一种是克立金 (Kriging) 插值法^[1]。

Kriging 插值法采用地统计学方法, 利用邻近已观察点的属性值推算无观察点的属性值。该方法依赖于一个理想的半方差图的绘制, 用以确定邻近各点的加权系数, 是一种无偏的、估测误差最小的理想估测方法。该方法最早应用在采矿和地质勘探中, 后来在水文、大气等研究领域中得到应用, 到 20 世纪 80 年代开始应用在土壤研究中。前人应用 Kriging 方法对土壤物理、土壤化学多项性质进行了研究, 发现该方法插值效果比较理想^[2, 3]。土壤性质图制作主要采用 Kriging 插值法, 由于需要特定软件的支持, 而且过程比较复杂, 将另有专文论述。

1.4 土壤质量评价等级图的生成

土壤质量主要指土壤肥力质量、土壤环境质量和土壤健康质量, 是多种因子综合作用的结果, 在 GIS 中表现为多种土壤性质图的叠加。通过叠加多种土壤性质图, 进行分等定级, 最后生成土壤质量评价图。这其中牵涉到如何选择土壤质量评价因子, 如何确定各种土壤性质的权重, 以及如何划分土壤质量等级等等研究内容, 而每项研究都可以自成文章, 本文一并略过。

当然, 针对不同的目的, 还可以生成其它的评价图, 比如土壤肥力质量图、土壤健康质量图和土壤环境质量图等等。以上生成的各种单因子土壤性质图和各种土壤质量图都是数字化图件, 如果要制作输出纸质印刷图件, 还需要与基础图件进行叠加一起输出。

以上简单论述土壤质量数字制图的过程和方法, 实际上, 土壤质量数字制图过程远较此复杂得多, 牵涉到很多参数的选择, 各种相关因子的确定, 数字制图结果的检验等等, 这些都需要详细研究, 其中有些方法仍在探讨中。

2 土壤质量数字制图几个参数的确定

土壤质量数字制图方法与传统土壤制图方法有很大的不同, 它摒弃了传统的纸张媒介制图模式, 在计算机软件和硬件的支持下实现制图过程的无纸化操作, 而且研究结果又以空间数据库和属性数据库形式储存, 有利于不同图层间的叠加、数据检索和调用。这种数字化制图方法表面上看起来与传统的制图相去甚远, 但是, 实际上数字制图的理论基础和制图原则都是参考传统土壤制图来进行的。下面以太湖流域土壤质量研究野外采样为例, 探讨几个重要参数的确定方法。

2.1 野外采样密度的确定

太湖地区具体的样点布置方法已经有专文论述^[4], 本文不再赘述, 需要说明的是其指导思想是, 每个县的野外采样样点数目是在考虑了该县面积、土壤类型复杂程度、土壤类型代表性的基础上确定的, 重点参考了中比例尺土壤制图的要求。国内一般参照加拿大中比例尺土壤调查强度指标^[5], 低强度土壤调查要求图幅中每 cm^2 占有 0.37 个观察点, 很低强度达到每 cm^2 0.08 个观察点。太湖流域面积总共 3.67 万 km^2 , 去掉城市、水域和山区等非采样区域, 实际可供采样面积大约 3 万 km^2 。由此可算出低强度总共大约需布置样点 1700 个, 很低强度下可以布置 400 个。太湖地区实际野外采样 1500 多个点, 基本达到低强度调查要求, 满足了中比例尺制图要求。

2.2 最小图斑面积确定

土壤质量制图中对最小图斑面积的确定需要参照传统的土壤制图标准^[5], 中比例尺一般最小图斑面积变幅为 $0.25 \sim 0.5 \text{cm}^2$, 据此可以确定 1:25 万土壤质量图最小图斑面积。

3 土壤质量制图的前期工作要求

3.1 对野外采样的要求

土壤质量数字制图的数字化指导思想不仅体现在制图的过程中, 而且贯穿于野外采样过程之中。野外采样工作中对具体样点位置的确定, 对采样点景观的描述, 对样点位置的记录等等都是基本的工作。传统方法依靠图、笔、纸, 典型做法是, 先在室内地形图上大概确定采样点位置, 到野外后再确定具体的采样位置, 并详细记录采样点所在的行政乡村名称, 包括记录采样点离乡村的距离和方位等等, 然后描述景观信息, 记录在册。但是这种方法显然不能满足数字制图的需要, 数字制图需要比较精确的位置信息, 需要直接的景观信息作为参考, 这些只有在 3S 技术的支持下才能完成。

现在比较通用的基于 3S 的野外工作方法是应用遥感图像先在室内大致选点定位, 野外采样时应用 GPS 精确定位, 同时拍摄数字景观照片。遥感图像由于现势性比较强, 可以直接看到所选的采样点的状况, 这比地形图优越, 地形图由于对地物更新较慢, 往往与实地出入较大, 容易发生室内定位的采样点已被占用而不得不重新选点的情况, 因此, 使用遥感技术可以节省很多野外工作量。采用 GPS 技术进行野外比较精确的定位, 能直接记录各个采样点经度、纬度和高程数值, 这些定位数据将随着其它分析数据一起进入数据库, 为采样样点图制作打下基础。同时野外拍摄的数字景观照片, 可以不经扫描直接进入计算机, 作为数字制图时参考。

3.2 数字制图对传统纸质图件的处理

数字制图不可能完全脱离传统制图, 实际上在野外采样和后来的基础图件制作中都要采用传统的图件。对传统图件的处理, 不仅仅是数字化的问题, 还包括对传统图的投影转换、错误甄别等等。

由于传统图件手工制作的局限, 一斑多码和图斑漏码现象在所难免, 这是可以理解的, 但是这种现象在数字制图中绝对不能允许。数字制图的各个图斑之间一旦建立拓扑关系, 各种逻辑错误一目了然, 而这些错误需要逐一排除。传统图件数字化之后, 会发现很多错误, 其中有的错误是由于数字化操作失误造成的, 也有的是原始图件的错误, 前者很好修改, 只要按照软件的程序进行操作就可以完成, 但是对后者的甄别却很麻烦。图斑界限不

(下转第 148 页)

措施改良仅能减少土壤中重金属含量,不能有效地降低谷粒中重金属含量,尤其谷壳、米糠中严重超标,但精米中仍然积累较少,未超过国家允许标准。因此从农产品安全考虑,农艺改良技术需进一步研究。

3. 从水稻生长及谷粒样本分析看,植树生长旺盛的水稻,其谷粒中重金属的含量也高。因此,我们可以考虑植物富集作用,选择一些耐抗性,且生物量大的植物,在农艺措施处理前提下种植,从而移走一些污染元素,从而达到治理效果。

4. 重金属污染容易治理难,因此最要紧的是预防污染、减少污染。因此,要充分认识到保护环境的重要性,加大对污染源的控制。同时对污染耕地加大改造投入,从生物富集、工程改良、农艺改良多方面治理。

参 考 文 献

- 1 沈振国,陈怀满. 土壤重金属污染生物修复的研究进展. 农村生态环境, 2000, 16(2): 39~44
- 2 吴龙华, 骆永明等. 铜污染土壤修复的有机调控研究. 土壤, 2000, 32(2): 62~70
- 3 蒋先军, 骆永明等. 重金属污染土壤的植物修复研究 I. 金属富集植物 *Brassica juncea* 对铜、锌、镉、Pb 污染的响应. 土壤, 2000, 32(2): 71~74
- 4 吴龙华, 骆永明等. 有机络合强化植物修复的环境风险研究. 土壤, 2001, 33(4): 189~192
- 5 王庆仁, 崔岩山, 董艺婷. 植物修复 - 重金属污染土壤整治有效途径. 生态学报, 2001, 21(2): 326~331
- 6 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业出版社, 2000.

(上接第 140 页)

封闭、一斑多码、图斑遗漏代码等等经常出现,修改时要有很强的专业知识,并要参考相关的其他图件,比如地形图、土地利用图等,有时还需要查阅原始野外考察资料才能解决。

正规的纸质图件都有投影信息,但是从地方收集到的各种各样图件往往没有标注这些信息,这时就需要弄清楚用来制作该图的底图的投影类型,再推断该图的投影信息。由于不同类型纸质图件往往投影不同,坐标参数不同,数字化后不能直接与其他图件套合,必须再进行投影转换,并统一坐标系统。一般的 GIS 软件都具有投影及坐标系统转换功能。

土壤质量数字化制图需要一系列新技术的支持,现在的技术发展已经完全可以满足我们的需求,而且成本并不高。这些技术的应用将大大加快数字制图的速度以及专业图件的更新速度。

参 考 文 献

- 1 沈思渊. 地统计学在土壤空间变异研究中的应用及其展望. 土壤学进展, 1989, 17(3): 11~25.
- 2 Viera, etc. Spatial variability of field-measured infiltration rate. Soil Sci. Soc. Am. J., 1981, 45: 1040~1048.
- 3 Yost, R. S., etc. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land area. I. Semi-variogram. II. Kriging. Soil Sci Soc. Am. J., 1982, 46: 1028~1037.
- 4 张定祥等. 太湖流域土壤质量调查样点确定的方法. 土壤, 2001, 33(5): 268~272
- 5 赵其国等. 土壤地理研究法. 北京: 科学出版社, 1989, 201~212.