

不同分级标准下土壤养分图的整合模型构建*

武淑霞, 张维理, 徐爱国, 张认连, 雷秋良^{*}

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 / 农业农村部农业面源污染控制重点实验室, 北京 100081)

摘要:【目的】针对我国土壤普查成果中不同省份或地区、甚至相同省份不同县市之间的土壤养分图分级指标不一致导致的全国土壤养分图整合困难的问题, 提出不同分级标准下土壤养分图的整合模型, 实现全国高精度土壤养分制图表达。【方法】分析土壤二次普查大、中比例尺多种土壤养分图在数据提取及整合时可能出现的问题, 在保留原有图斑的土壤养分分级信息、属性数据、不同制图目的下视觉一致的前提下, 采用组件式建模方式构建土壤养分分级体系整合模型。【结果】通过对我国第二次土壤普查成果 1:50 万土壤有机质空间分布图的应用, 该模型能够对分区调查的矢量化空间数据库进行提取、整合与表达, 实现海量土壤养分制图中人机交互的智能表达, 并通过对分级属性数据的提取, 实现对不同区域土壤养分图的整合, 便于重新制图并进一步生成土壤养分低值、中值、高值图。【结论】土壤养分分级体系整合模型可适用于环境、生态等其他领域的类似数据的分级整合与表达。

关键词: 土壤养分; 数据整合模型; 制图表达; 分级系统

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20190512

0 引言

土壤养分分布图可直观展示土壤养分状况及其空间分布特征, 是了解区域尺度土壤质量状况特征的主要方式之一^[1-3]。农田土壤养分状况与演变实际上是对通过施肥、沉降等养分输入土壤过程与通过作物收获物、流失等养分移出土壤两类逆向过程的综合反映^[4-5]。因此, 历史的土壤养分状况在对导致土壤养分含量变化的因素、预测土壤养分含量的变化趋势等研究中有着不可缺少的作用^[6-8]。我国在第二次全国普查中, 基于大量地面采样和化验分析, 完成了全国各县 1:5 万土壤养分图, 包括土壤有机质、全氮、有效氮、有效磷、有效钾含量图以及酸碱度分布图等一系列图件, 对这些已有的土壤养分图进行整理、抽提、整合和表达, 构建全国或多省等较大区域的土壤养分图, 是阐明土壤质量时空演变规律的基础^[9-10]。对这些分县土壤养分图进行整合成图, 将有助于了解我国土壤质量时空演变特征及驱动因素^[11-13]。

收稿日期: 2019-10-13

第一作者简介: 武淑霞 (1970—), 博士、副研究员。研究方向: 农业面源污染防治。Email: wushuxia@caas.cn

※ 通信作者简介: 雷秋良 (1975—), 博士、研究员。研究方向: 农业面源污染、数字土壤制图。Email: leiqliang@caas.cn

* 基金项目: 科技部科技基础性工作专项 (2012FY112100, 2006FY120200); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (1610132019028); 国家自然科学基金项目 (31572208)

2019年10月

鉴于各国在较早期的土壤质量调查中大多为分区实施和分区成图,对多土壤养分分级系统进行整合表达也是各国土壤科学家利用历史上完成的土壤养分图件构建土壤质量时空信息库所遇到的共同问题^[14],因此也是全球土壤科学研究领域所共同关心的问题,在我国尚无规范性准则与先例。

我国地域广阔,各地土壤养分含量范围差异大,因此我国第二次土壤普查完成的分县土壤养分图不仅采用的土壤养分分级系统不尽相同,各等级养分含量范围也有差异,例如一些县采用了六级或五级分级体系^[15-17],一些县则采用了多层级的复合分级方式,不同分级系统之间各级别土壤养分含量范围也存在不一致的情况,图例等级之间呈现出相容、相交等不同情况。将分县养分图汇总为全国土壤养分图时,需要对分级数目不同、各等级养分含量范围不一致的分县养分图进行整合和成图表达。在整合成图中,既不能改变要素属性,又需要对养分含量范围比较接近的等级尽量采用相同的颜色码,才能保证全图制图规则的一致。而现有GIS制图软件包未能提供进行这一分析所需功能。文章通过智能化、流程化和人机交互等方式构建了一个计算机模型,对土壤养分分级体系不同的各分县土壤养分图进行整合及表达。

1 材料与方 法

1.1 数据来源

该研究所采用的数据对象主要为我国各省、县、市的第二次土壤普查中的土壤养分图,包括土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾、pH等。

1.2 研究思路

针对不同区域的土壤养分图分级标准,构建基于人机交互运行的模型,对土壤养分分级体系不同的各分县土壤养分图各分级之间的关系做出判断,并进行智能化、流程化整合及归一化表达。

1.3 实现方法

在完成全部模块设计文档基础上,土壤养分分级体系整合模型采用C#编程语言,以.NET Framework 4 Extended为软件开发环境,同时调用ArcGIS、Access与界面制作软件DotNet Bar等二次开发控件,按需求设计文档开发系统及各功能模块,并对系统进行了整体测试与模块交叉测试。

2 土壤养分图整合问题

“全国第二次土壤普查技术规程”(简称“规程”)的评级指标分级^[18]中,将土壤养分含量分级划分为六级分级体系。在实际普查工作中,大部分省、市、县的土壤养分图遵循了该六级分级体系标准,但由于我国不同区域养分含量高低及其分布情况千差万别,有不少区域结合当地情况对该养分分级体系做了修改,采用了五级分级体系。以全氮含量养分图为例,江苏部分县市就遵循了五级分级体系架构(表1)。

表 1 土壤全氮含量分布图分级体系示例

Table 1 Example for the grading system of soil total nitrogen content

等级	规程标准	等级	江苏武进县	等级	江苏雨花台
I	>0.2	I	>0.2	I	>0.15
II	0.15~0.2	II	0.15~0.2	II	0.15~0.125
III	0.1~0.15	III	0.125~0.15	III	0.125~0.1
IV	0.075~0.1	IV	0.1~0.125	IV	0.1~0.075
V	0.05~0.075	V	<0.1	V	<0.075
VI	<0.05				

另外有很多县、市在执行六级或五级分级体系的前提下，又针对部分分级进一步做了细化分级，如山西大同的土壤全氮图的全氮分级标准将“规程”中的IV、V2个分级分别进行了细化，把这两个等级又分为IV1、IV2、V1、V2，河南孟津县不仅对IV、V两级进行了细化分级，还把第Ⅲ级也分为Ⅲ1、Ⅲ2（表2）。由于存在这些分级不规范的情况，若想实现在不损失原有图斑土壤养分信息的前提下对大区域土壤养分图的分级进行整合与表达，就必须解决这些关键问题。

表 2 土壤全氮含量分布图复合分级示例

Table 2 Examples for compound grading systems of soil total nitrogen

等级	规程标准	等级	山西大同	等级	河南孟津
I	>0.2	I	>0.2	I	>0.2
II	0.15~0.2	II	0.15~0.20	II	0.15~0.20
III	0.1~0.15	III	0.1~0.15	III1	0.125~0.15
				III2	0.1~0.125
IV	0.075~0.1	IV1	0.085~0.1	IV1	0.085~0.1
				IV2	0.075~0.085
V	0.05~0.075	V1	0.06~0.075	V1	0.06~0.075
				V2	0.05~0.06
VI	<0.05	VI	<0.05	VI	<0.05

在第二次土壤普查成果中，对于大、中比例尺的土壤养分图，即便是同一种土壤养分，在养分分级数相同的情况下，不同区域所采取的土壤养分分级标准还是会存在一定的差异。如表1所列出的江苏武进县与雨花台这2个区域的土壤全氮分级均为五等级分级体系，但具体的分级评价指标又各不相同，都根据当地的土壤养分状况对分级的具体评价指标进行了修订，在武进县的分级评价指标中，>0.2%的全氮含量为I级，<0.1%的

2019年10月

全氮含量为V级，而雨花台则把 $>0.15\%$ 的全氮含量定义为I级， $<0.075\%$ 的全氮含量定义为V级。

由于我国不同区域的气候、土壤等条件差异较大，对全国性的普查结果进行表达时均可能涉及到不同指标的提取、整合问题，构建的土壤养分分级体系整合模型应该具有普适性，适用于对土壤有机质、全氮、有效氮、有效磷、有效钾、pH等多种土壤养分分布图的图件整合。

3 土壤养分分级体系整合模型

3.1 模型设计

构建土壤养分分级体系整合模型的目的是在较大区域范围内对不同分区域的矢量化土壤养分空间数据库的养分分级指标进行提取、整合与赋色码，实现对所有输入图件的属性数据表整合，并根据色码表自动赋予色码号。

土壤养分分级体系整合在进行全国土壤养分分级体系数据整合时采用人机交互智能方式，对区域内各不同县市的土壤养分分级之间的关系进行判断，并进行归一化表达。该整合模型的设计遵从3个要点：（1）不改动原始空间要素信息，即保存原有养分图图斑的土壤养分分级信息，保留已有的属性数据。为此该模型提供了两种图例分级处理方式（简称分级方式），第一种方式为保留原始等级和提取属性数据再次制图，第二种方式为提取每个养分分级的范围值，计算最小值、最大值、中值3个特定值并分别赋给原图斑，形成具有特定值而非分级范围的3张养分图，进而重新分级形成特定分级范围的专题图。用户可以根据需要自行选择制图方式。（2）成图在视觉上尽量归一化，成图时图例表述等尽量简洁，不引起不同养分分级的视图混淆，图面上不存在的图斑分级不在图例中显示。（3）满足两种成图色彩表达的需求，基于两个层面对这些空间图库进行整合与表达，一个是较大范围的行政边界，如省界、国界，另一种则是基于国家标准分幅；表达时采用突出单幅模式（s）和全图一致模式（w）两种方式赋予色码值，保证不同制图目的下色彩更好地表达。

模型通过专题要素制图中的人机交互表达方式，不仅可以针对土壤养分数据库操作，同时适用于对其他不同分区量化分级指标的专题要素的表达，可用于土壤污染物含量、流域N和P排放等专题要素的提取、整合，以及环境、生态等领域的历史数据分级提取、整合与表达。

3.2 模型构建

土壤养分分级体系整合模型采用组件式建模方式，通过人机交互判断，实现空间数据库的制图表达。主要模块及相互关系如图1所示，包括5个主要模块：（1）各图养分分级图例提取，（2）分级指标同质、异质判断，（3）不同分级位置分析，（4）多分级图例整合，（5）多分级图例制图表达。

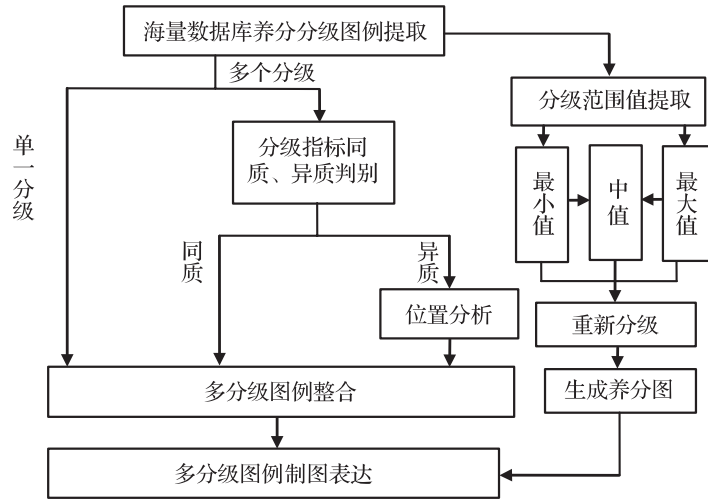


图 1 土壤养分分级体系整合模型工作流程
 Fig. 1 Flow chart of soil nutrient classification integration model

3.3 主要功能

3.3.1 各图养分分级图例提取

在各图养分分级图例提取模块中，通过设置人机交互控制表对土壤养分空间库属性表进行提取。每个县（以 ID 为编号）的图例分级均作为一个分级指标存储，提取并计算图例各个分级的最大值、最小值、平均值和范围，所有结果均存储在模型运行初始表（Y1_Leg）中（表 3）。

对于第一种分级方式即保留原分级不做任何改动，模型将按最小值对不同图幅的分级进行编码，用于下一步进行比较。在属性表中添加全表述字段（GrName），对每个图例及其各个养分分级进行唯一全表述描述。如果只存在单一图例，则直接进入多分级图例整合模块，如果含多个图例，则进入同质、异质判断模块进一步分析。

对于第二种分级方式，模型分别提取出原始属性表中各个分级的最小值和最大值，并计算出中值后存储在初始表中。对于图例分级中的最低级别的值（如 <1）赋予最大值（即 $x=1$ ），对于分级中的最高级别的值（如 >10）赋予最小值（即 $x=10$ ）。由于无法提取最低、最高分级的范围，模型分别计算出除了最高、最低级别外的其他分级的范围级差值，再对级差值进行平均，获取平均变幅，作为最高最低分级上限值和下限值。对最低分级进行负值检验，避免出现负值；若出现负值，则自动调整平均变幅为原有平均变幅的 25%，若仍出现负值，则自动调整平均变幅为原来平均变幅的 50%，以此类推，直至下限值为正值。将调整后的平均变幅，作为最高最低分级的上限值和下限值。在获取分级的上限值和下限值后，将调整后的平均变幅值保存在相应字段（ModiRange）中。

3.3.2 分级指标同质、异质判断

对于第一种分级方式，在进行大区域土壤养分制图时，需要利用模型对区域内每个分幅内的不同图件的不同养分分级（Y1_Leg）进行两两比较，确定二者是同质还是异质关系。如果是同质则合并成一套分级；如果是分级异质情况，在整合与表达的过程中就

2019年10月

要判断图面表达位置,以利于视图方便。同质、异质判断模块采用两两对比方法,按照分级序号首先对比各图例分级的全表述字段(GrName),完全相同的则为同质,按分级范围从小到大排序,列入对比表。对于异质图例分级,要根据两种分级的起始值与平均值的大小,按从小到大排序确定在图面表达的位置,以实现不同成图目的下的视图一致。排序后进行两两判断,如果最终无同质图例的时候,完成同、异质判断,生成同、异质图例对比结果表(Yg_Leg)(表3)。

对于第二种分级方式,不需要进行养分分级指标同、异质判断,分别对大区域内不同图件的土壤养分最大值、最小值、中值3个字段分别按照分级标准重新进行分级生成新的等级。

3.3.3 不同分级位置分析

对于第一种分级方式,不同分级位置分析模型是针对异质分级图例通过设置容差来进行近似分级类型的归一化表达,是在不同分级进行同、异质判断结果基础上,通过编辑人机交互界面控制表(Yi_Mode),修编全图各幅内分级间的关系,对不同养分分级重新赋码,新的编码用于确定每个分级所在的位置,生成位置分析结果存放表(Yi_Leg)。

第二种分级方式则不需要进行位置分析处理。

3.3.4 多分级图例整合

对于第一种分级方式,多分级图例整合模块是把同、异质判断(Yg_Leg)及不同分级位置分析的结果(Yi_Leg)进行汇总,所生成的汇总表对不同的图例分级重新编码,添加生成各不同分级的规范化表述字段,生成分级图例整合表(Y4_Leg),用于进一步的成图表达。在该模块中,通过人机交互界面设定该表述字段的小数点位数,便于表达字段的标准化。

对于第二种分级方式,模型将通过人机交互模式分别针对土壤养分最小值、最大值、中值3个表重新进行分级,生成不同的土壤养分专题图以及分级属性表。

3.3.5 多分级图例制图表达

对于第一种分级方式,多分级图例制图表达模块实现同质图例县市的图例合并、异质图例县市的图例并列表达,按照分级从小到大的原则进行排列。在制图配色过程中,模型采用了突出单幅配色(s)和全图一致配色(w)2种方式。色码表单独存放。采用间隔法计算出不同配色方式需要调用的色码id(CorID),并利用关联字段建立色码与分级图例整合表的链接关系,通过设置人机交互界面表(Cordefi)选择所用色码系列,生成含色码ID的整合结果表,便于成图表达。如果想改变配色表达的效果,换用其他色系,可以通过修改色码表中的色码值实现。该整合结果表含有原始属性表的所用记录,能直接与空间数据库进行链接,作为土壤养分空间数据的属性表进行制图表达。

$$\text{CorNr s} = \text{Round} [1 + (\sum \text{CorID} / \sum \text{GRs}) \times (\text{NrPs} - 1)] \quad (1)$$

$$\text{CorNr w} = \text{Round} [1 + (\sum \text{CorID} / \sum \text{GRw}) \times (\text{NrPw} - 1)] \quad (2)$$

式(1)~(2)中,CorNr s和CorNr w分别为突出单幅和全图一致两种配色方式下的某养分分级指标所分配到的色码编号, $\sum \text{CorID}$ 为色码表中的色码总个数; $\sum \text{GRw}$ 和

Σ GRs 分别为全图和单幅养分分级指标的总个数；NrPs 和 NrPw 分别为突出单幅和全图一致配色方式下养分分级的位置编码；Round 表示按四舍五入取值的函数方法。

色码表中的色码是按土壤各级分类面积大小顺序分配，面积大的类型优先获得色码，从而实现大面积浅色背景衬托小面积深色图斑的目的。

第二种分级方式的色码选择与第一种分级方式相似，只是所调用的属性表为人机交互分级属性表。

3.4 数据表

运行土壤养分分级体系整合模型将生成多个数据表，包括过程节点表、参数表等，用于全面了解空间数据的图例分级情况进行查错，其中关键的数据表为各模块的初始表、人机交互界面控制表等。土壤养分分级体系整合模型将每一个县等区域的原始养分图的图例分级系列定义为 Y，每个 Y 后面紧跟的数字或字母为模型运行的不同过程的结果表（表 3），模型中界面所调用的数据库定义为 Fra，含属性数据的过程表及结果表定义为 leg 表。模型运行过程中有多个人机交互过程，如设置 Y_Fra、Yi_Mode、Pa_Y4 以及 Cordefi，分别用来提取空间库属性表、检查全图各幅内分级间的关系、设置分级节点的小数点及选择色系。人机交互设置功能提高了模型系统的灵活性。

表 3 土壤养分分级体系模型数据表

Table 3 Database and functions of soil nutrient classification integration model

功能模块	数据表节点	人机交互控制表 and 参数表	功能描述
各图养分分级图例提取	Y0_Leg; Y1_Leg	Y_Fra	从空间数据库读取矢量图属性，生成原始属性表 (Y0_Leg)，在其基础上通过设置控制表 Y_Fra，生成模型运行初始表 (Y1_Leg)
同质、异质判断	Yd_Leg; Y_Yd; Yg_Leg	-	对 Y1_Leg 中所包含的所有 Y 进行两两对比，合并同质 Y，并将异质 Y 存储到异质表 (Yd_Leg) 中。在 Yd_Leg 基础上，经过对比表 Y_Yd，提取含有研究区域所有分级的指标，生成公共表 (Yg_Leg)
不同分级位置分析	Yi_Leg	Yi_Mode	人机交互检查全图各幅内分级间的关系，设置 Yi_Mode，生成存放不同土壤养分分级位置的节点表 Yi_Leg
多分级图例整合	Y4_Leg	Pa_Y4	Y4_Leg 表是同异质判断及位置分析后所得的多分级整合结果表；Pa_Y4 用于设置 Y4_Leg 中分级的小数点位数
多分级图例制图表达	Y5_Leg; Gr_Cor; Y6_Leg; Y7_Leg; Y8_Leg	Cor2, Cordefi	通过设置参数表 Cordefi，调用色码表 Cor2，生成节点数据表和配色结果表；Y5_Leg, Gr_Cor, Y6_Leg, Y7_Leg, Y8_Leg 分别为突出单幅配色的各幅各分级结果表、各不同分级赋色码表、全图一致模式配色的各分级结果表、突出单幅配色模式结果表、全图一致配色模式结果表

3.5 运行环境

土壤养分分级体系整合模型通过软件设计流程开发为专业软件包，用于快速处理和海量空间信息，为保证其运行速度，硬件环境采用图形工作站，软件运行环境需要 .NET Framework 4 Extended、ArcGIS10.0、Access (Microsoft Office2003 及以上版本) 与 DotNet Bar7.6 的支持。

2019年10月

4 应用实例

土壤有机质的含量高低及其性质是鉴别土壤肥力的重要标志，它对探讨土壤的形成、分布、分类及肥力等研究都有重要的指导意义，也是土壤普查中的重要测定项目之一。该研究采用土壤有机质分布图作为应用实例，利用土壤养分分级体系整合模型，以1:100万国家标准分幅作为分区标准，对我国17个省市（自治区）的中比例尺（1:50万）的土壤有机质含量等级进行了批量提取、整合与表达，17个省市（自治区）分别为天津市、河北省、山西省、内蒙古自治区、黑龙江省、上海市、浙江省、福建省、江西省、山东省、河南省、湖北省、广东省、广西壮族自治区、四川省、贵州省、陕西省。17个省市（自治区）的空间养分数据库涵盖了40个1:100万国家标准分幅，每个省市（自治区）覆盖的1:100万国家分幅数为1~15个，而每个分幅覆盖的省市（自治区）的数目为1~6个。所用色码表包含色系、色系中色码编号，色码的RGB值等字段。每个色系中含28个色码，每个色码编号又分别对应不同RGB值。

运行土壤养分分级体系整合模型，可以得到源于不同省市（自治区）的有机质分级体系的提取、整合与赋色码表达结果。全图统一模式配色方式的赋色码表达结果如表4所示，突出单幅配色模式的赋色码制图表达以2个不同国家标准分幅G48和J49的结果表为例进行说明，如表5、表6所示。表4中，所研究的17个省份有机质分布图中共提取出24个不同的养分分级，模型为每一个养分分级分配了一个位置编码及一个颜色编码。表5、表6分别为基于国家标准分幅G48和J49进行整合配色的结果表。其中，国家标准分幅G48涵盖了四川省、广西壮族自治区、贵州省3个省（自治区），由于这3个地区原始土壤有机质图图例相同，因此在成图表达时合并为同一套图例，并为每一个分级赋予突出单幅配色模式的色码（表5）。而国家标准分幅J49的情况则比较复杂，该分幅涵盖了5个省（自治区），其中河北省、山西省、河南省图例一致，而内蒙古自治区、陕西省则采用了不同的养分分级体系。因此，模型对该分幅提取出14个养分分级，并为每个养分分级分配了1个位置编码，并分别针对突出单幅配色和全图统一配色2种模式计算出各分级的颜色编码（表6）。

表4 17省市（自治区）有机质分级体系的提取、整合与图例赋色表达结果

Table 4 Extraction, integration and mapping representation of organic matter content in 17 provinces

位置编码	养分分级	颜色编码	位置编码	养分分级	颜色编码
1	<0.6	1	13	2.0~3.0	15
2	0.6~0.8	2	14	2.5~3.0	16
3	<1.0	3	15	3.0~3.5	17
4	0.6~1.0	5	16	3.0~4.0	19
5	0.8~1.0	6	17	3.5~4.0	20
6	1.0~1.2	7	18	>4.0	21
7	1.0~1.5	8	19	4.0~4.5	22

续表 4

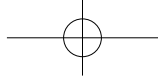
位置编码	养分分级	颜色编码	位置编码	养分分级	颜色编码
8	1.0~2.0	9	20	4.0~7.0	23
9	1.2~1.5	10	21	4.5~5.0	24
10	1.5~2.0	12	22	>5.0	26
11	>2.0	13	23	7.0~10.0	27
12	2.0~2.5	14	24	>10.0	28

表 5 1: 100 万国家标准分幅 G48 有机质分级体系的提取、整合与赋色表达结果
Table 5 Extraction, integration and mapping representation of organic matter content in G48

位置编码	养分分级	突出单幅配色色码	全图统一配色色码
1	<0.6	1	1
2	0.6~1.0	6	5
3	1.0~2.0	10	9
4	2.0~3.0	15	15
5	3.0~4.0	20	19
6	>4	24	21

表 6 1: 100 万国家标准分幅 J49 有机质分级体系的提取、整合与赋色表达结果
Table 6 Extraction, integration and mapping representation of organic matter content in J49

位置编码	养分分级	内蒙古自治区	陕西省	河北省、山西省、河南省	突出单幅配色色码	全图统一配色色码
1	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	1	1
2	0.6~0.8		0.6~0.8		3	2
3	0.6~1.0	0.6~1.0		0.6~1.0	5	5
4	0.8~1.0		0.8~1.0		7	6
5	1.0~1.2		1.0~1.2		9	7
6	1.0~2.0	1.0~2.0		1.0~2.0	11	9
7	1.2~1.5		1.2~1.5		13	10
8	1.5~2.0		1.5~2.0		15	12
9	2.0~3.0	2.0~3.0	2.0~3.0	2.0~3.0	17	15
10	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	19	19
11	>4.0		>4.0	>4.0	21	21
12	4.0~7.0	4.0~7.0			23	23
13	7.0~10.0	7.0~10.0			25	27
14	>10.0	>10.0			27	28



2019年10月

5 结论

土壤养分分级体系整合模型通过人机交互方式实现对不同区域土壤养分空间数据库的养分分级的同、异质关系判断,在此基础上快速实现了不同分级标准下土壤养分图的整合。该模型不仅实现了在分级级别上的整合,还实现了属性数据的整合,通过提取分级范围值,与已有的土壤养分图进行属性匹配,实现分类数据的转化。根据提取的各分级最小值、最大值、中值,能够按照新的分级标准对养分图重新进行分级,以生成低值、中值、高值3种不同类型的土壤养分图,实现了土壤养分图的再制图。

模型对土壤养分空间数据库图例分级的提取、整合与表达同时进行,为每一个不同的分级赋予不同的色码。在制图表达上土壤养分分级体系整合模型分突出单幅配色、全图统一配色2种模式,保证不同制图目的下的完美色彩可视性。

土壤养分分级体系整合为通用数据模型,适用性广,可用于各种比例尺、多种不同养分等图件的分级体系整合与灵活配色,并可适用于环境、生态等其他领域的历史数据的分级整合与表达。

参考文献

- [1] Hudson B. D. The soil survey as paradigm-based science. *Soil Science Society of America Journal*, 1992, 56 (3): 836-841.
- [2] Li N., Zhao X., Wang J., et al. Digital soil mapping based site-specific nutrient management in a sugarcane field in Burdekin. *Geoderma*, 2019 (340): 38-48.
- [3] Dong W., Wu T., Luo J., et al. Land parcel-based digital soil mapping of soil nutrient properties in an alluvial-diluvia plain agricultural area in China. *Geoderma*, 2019 (340): 234-248.
- [4] 赵其国. 现代土壤学与农业持续发展. *土壤学报*, 1996, 33 (1): 2-12.
- [5] 曹志洪,周健民. 中国土壤质量. 北京: 科学出版社, 2008.
- [6] Tian L., Zhao L., Wu X., et al. Variations in soil nutrient availability across Tibetan grassland from the 1980s to 2010s. *Geoderma*, 2019 (338): 197-205.
- [7] 韩秉进,张旭东,隋跃宇,等. 东北黑土农田养分时空演变分析. *土壤通报*, 2007, 38 (2): 238-241.
- [8] 漆智平,魏志远,李福燕,等. 海南水稻土养分时空变异特征. *土壤通报*, 2009, 40 (6): 1292-1296.
- [9] 张维理,张认连,徐爱国,等. 中国: 1 : 5 万比例尺数字土壤的构建. *中国农业科学*, 2014, 47 (16): 3195-3213.
- [10] 张维理. 海量空间数据提取、整合与制图表达方法概要. *中国农业科学*, 2014, 47 (16): 3231-3249.
- [11] 席承藩,章士炎. 全国土壤普查科研项目成果简介. *土壤学报*, 1994, 31 (3): 330-335.
- [12] 沈汉. 土壤养分图的编制方法. *土壤肥料*, 1982 (5): 21-23.
- [13] Chen S., Lin B., Li Y., et al. Spatial and temporal changes of soil properties and soil fertility evaluation in a large grain-production area of subtropical plain, China. *Geoderma*, 2020 (357): 113937.
- [14] Nyssen J., Temesgen H., Lemenih M., et al. Spatial and temporal variation of soil organic carbon stocks in a lake retreat area of the Ethiopian Rift Valley. *Geoderma*, 2008, 146 (1/2): 261-268.
- [15] 杜国华. 关于县级土壤养分图的编制. *土壤*, 1983 (4): 140-143.
- [16] 江苏省南京市土壤普查办公室. 雨花台区土壤全氮图. 江苏, 1984.
- [17] 河南省洛阳市土壤普查办公室. 河南孟津县土壤全氮含量分布图. 1986.
- [18] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术. 北京: 农业出版社, 1992.

Development of model for integrating and mapping of soil nutrient maps with different grading systems

Wu Shuxia, Zhang Weili, Xu Aiguo, Zhang Renlian, Lei Qiuliang*

(Key Laboratory of Nonpoint Source Pollution Control, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: [**Purpose**] The soil nutrient grading indexes might be different from different provinces or regions, and even among the counties and cities of the same province, which makes it difficult to integrate these high resolution soil nutrient maps in large range such as provincial or national regions. It is necessary to discriminate and integrate these nutrient grading indexes for mapping. [**Method**] The work presented a model named “Soil Nutrition Classification Integration Model (SNCIM)” to integrate and harmonize the different nutrient grading indexes originating from various existing soil polygon maps on the basis of understanding the problems that may occur in the data extraction and integration of multiple soil nutrient maps with large or medium scale, keeping the attribute data of the soil nutrient classification information and achieving visual consistency under different mapping purposes. [**Result**] As an example, SNCIM was applied to integrate the grading indexes of the 1 : 500 000 soil organic matter in 17 provinces from 2nd national soil survey. These maps were mostly scaled at 1 : 50 000 to 1 : 500 000 and was used as the input data. The model successfully extracted from the attribute database of different provinces, integrated the grading indexes and expressed the new grading system for different regions by human-computer interaction. The results could be used to re-map and generate new soil nutrient maps, including the lowest values map, average values map and highest values map. [**Conclusion**] SNCIM is a general model and can also be applicable to the environment, ecology and other research areas to resolve the similar problems.

Key words: soil nutrient; data integration model; mapping; grading system