

利用基于地理信息系统的专家 系统绘制森林土壤图

A. K. 斯基德莫尔等

1. 前言 用传统方法绘制森林土壤地图时,要判读航空照片,并要通过地面勘测证实。要想利用分析数字遥感图象提高绘图过程的效率,效果并不理想,原因是植被覆盖造成反馈信息模糊不清。只有当森林土壤与覆盖的植被种类发生联系时,才能正确地绘制森林土壤地图。

在植被稀疏或没有植被的地方(由于耕作或干旱),遥感图象已用可见方式将土壤类型描绘出来,虽然用传统的计算机模式识别技术绘制土壤地图的尝试,已在土壤单元一级上获得了一定的成功。除了植被覆盖,土壤的光谱反射系数还受到土壤湿度变化程度的干扰,尤其是存在红外线、热量和微波的地区,以及受到大气层效应,土壤的物理特性和观测条件(例如照明强度和方向)的干扰。可见直接用遥感数据绘制森林土壤地图比较困难,因为影响勘测人员测量光谱反射系数的环境因素非常复杂。

图象处理要用到遥感图象的光谱属性(偶尔也用空间属性)。还可以获得某个区域的补充数据,如高度、地带变量,以及地质和气候参数。土壤学家可以根据这些信息,加上经验和知识,来解释土壤单元。作为一种综合不同来源的数据的方法,专家系统被提出,并得到验证。决策树作为一种综合各种空间数据的方法,也已经开发出来。

本项研究的目的是开发一个专家系统,用于绘制澳洲东南部的一个复杂的土生桉树林的森林土壤景观单元,要利用所能得到的信息,包括 Landsat 专题绘图器(TM)的数字数据。一个数字地带模型和一位经验丰富的土壤学家,他具有森林环境的土壤类型位置知识。该专家系统生成的土壤景观图应该相似于认真考虑过某一区域物理和生物特征的经验丰富的土壤学家绘制的地图。

2. 研究区域概述 新南威尔士森林委员会为研究火灾和伐木对桉树林的影响所做的实验,提供了大量的地面图形数据和彩色航空照片。我们从该委员会的大片实验区中取出一块3×3公里的区域作为研究区域,该区域位于澳洲东南部的沿海城镇伊登以西大约40公里的地方。这里的森林覆盖物以干燥的 Schlerophyll 森林为主,最上层覆盖的树木绝大多数是桉树SPP.,在溪谷中还能看到一些潮湿的 Schlerophyll 森林。地面物质被描述成一种粗粒状的石英二长岩—花岗岩,是大型泥盆系Bega岩基的一个组成成分。在研究区域内,地面物质本质上是一样的。这里地形高度适中,变化范围在150米到600米之间。

3. 传统的土壤绘制 在新南威尔士森林委员会的实验森林区域中,采用层状随机设计对48种土壤纵剖面进行取样,其中有21种位于本项研究所选取的9公里²的区域中。用术语来描述这些纵剖面,再用澳洲大土壤类型和一个真实图解进行分类。

在位于研究区域以南15公里的集水区,对沃拉河石英二长岩的土壤发育进行了详细的研究。设计了一个土壤地貌模型,用于解释在粗粒状花岗岩母体上发生的变化。列出五种土壤景观单元。

残余山顶及河间地(RC):这里的土壤稳固,平坦,排水性好,几乎没有侵蚀和沉积活

动。土壤水分的运动局限于垂直渗透。土壤类型有从黄色到红色的灰壤大土壤类型，或者含沙的杂色黄色混合土壤（Dy5.11, Dy5.81），与其它土壤景观单元相比，这里的土壤需要增加粘土含量，强化地层B的结构。

中上部斜坡剥蚀（DS1）：这些土壤可以在山脊和山坡上发现，在这些地方土壤受到搬运地貌过程的影响。也就是说，土壤表面物不断剥落，于是造成地貌的不稳定和退化。由于斜坡较陡，地表及地下的侧面土壤水流对土壤的形成起重要作用。土壤的形态从浅而粗的沙土到含沙的粘土，地层和结构化发展都很有限，虽然深层的纵剖面会出现在石英二长岩突岩后拦截的塌积处。最常见的大土壤类型有石质土、棕色和黄色土壤，而主要纵剖面形式的变化范围从匀质粗糙（Uc）形式到分层（Gn）形式，再到二重（Dy）形式，该土壤景观类型的共同特征是石英二长岩突岩及表面岩石露头。

下部斜坡剥蚀（DS2）：当坡度下降时，搬运过程不再那样剧烈。这显示土壤一般比DS1的土壤厚，形成明显的彩色地层B2，而且常常有表面地层塌积源的迹象。地表和地下水流仍是主要的地貌动因。常见的大土壤类型有黄色土壤和一些黄色灰壤，主要的纵剖面形式包括Gn2.21, Gn3.01和Gn4.81。

排水性好的坡积（AS1）：粗糙的含沙塌积厚层可以在缓坡上聚积起来。如果坡积区域排水性好，而且比较稳定，便能形成一种灰壤形态。这些土壤展示了厚腐殖质地层A1，漂白地层A2，以及经过沉积作用的半腐殖质氧化地层B2，B2常常呈胶合状态。土壤结构从粘土似的粗沙到含粗沙的肥土，深度至少为1米。这些灰化土壤（Uc2.31）并不多见，因为堆积层常常出现在具有半永久性地下水位排水沟中。

排水能力受限的坡积区（AS2）：在含沙塌积厚层中出现的地下水位波动，限制了灰土形态的发展，同时形成了更多的人文地貌特征。这里仍有厚腐殖质地层A1和漂白地层A2，但地层B趋向于黄色，并掺有白色或灰色。在这些土壤中常常发现不止一种沉积物。该土壤景观单元中常见的类型有腐殖质潜育和潜育灰壤大土壤类型（Gn1.84, Uc4.24, Uc2.23）。

上述五种土壤景观单元的相对位置显示于图1。

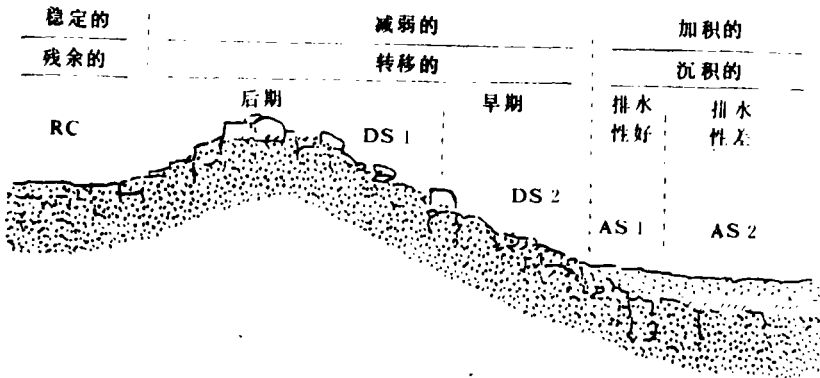


图1 展示本项研究所识别的五种土壤单元的地貌模型

研究区域中50%以上的纵剖面位于DS1的区域内。DS1位置上常有银顶桉树和澳洲桉树。重要程度排在第二位的土壤景观类型是AS2（25%的纵剖面），AS2位置上有很深的白千层—*Leptospermum* 沼泽，几乎不长桉树。DS2位置上的植被与土壤景观单元DS1上的相似。虽然DS2上有更多的团花桉，*Consideniana* 桉和 *Cypellocarpa* 桉，从而形成更

深的土壤、更多的水分。用识别植被的方法几乎不能将RC从DS1的区域中划分出来,因为在两种区域中都以银顶桉为最多。土壤景观单元AS1最最常见(在研究区域中占5%),除了说该位置上有*Oblique*桉、*Cousideniana*桉和*Cypellocarpa*桉外,还无法下其他最后断言。

根据传统方法,通过判读比例为1:10,000的彩色航空照片来绘制研究区域图。判读航空照片时,要用到土壤景观模型之间的关系,及观测到的各种植被。专家系统根据这些信息,加上已知的各种土壤景观单元的地区范围,推导出土壤景观单元的类型。

4. 建立GIS数据层 我们利用SPIRAL GIS构造了一个光栅数据库,并参照标准图库,运用几何学方法将该数据库修正为UTM投影,再重新取样,存放到规则30米栅格中。对确定研究区域中森林土壤分布起重要作用的参数有森林覆盖、坡度、地形位置和土壤湿度指数。这些数据集合已作为不同的数据层输入并存储于GIS中。此外,我们还根据野外勘测及有经验的土壤学家的知识,构造了一组规则,将数据库层次与森林土壤的分布联系起来。下面介绍一下GIS的数据层及规则。

4.1 森林覆盖 以高度数据和遥感数据为基础。我们用Skidmore (1989 a)描述的专家系统方法绘制了展示研究区域中森林覆盖情况的植被图。当然,也可以用传统方法,通过判读航空照片得到森林覆盖图,数字化后输入GIS。

4.2 数字高度模型 地形变量可以方便地用数字形式生成,再与其它数字数据(如遥感数据)合并。溪流线和高程点用1:25,000的Mount Imlay地图进行数字化。在研究区域中选出346个位置高度以及溪流线上的322个点,用Hutchinson (1989)开发的插值程序来计算规则的30米栅格上1米等高线的值。本项研究中用到的有关生成规则数字高程栅格的方法,Skidmore (1989 b)有详细的描述。

4.3 数字地形模型 数字地形变量根据规则的数字高度数据栅格建模,用三级有限差分法计算坡度(Skidmore 1989 c)。该方法已由Skidmore (1989 b)证明是最精确、最高效的算法。Skidmore (1990)还设计了一种算法,用来计算规则栅格中每个单元的地形位置(即山脊、中上部斜坡、中部斜坡、下部斜坡和溪谷)。该算法首先根据地理学原理确定山脊和溪流线位置,然后利用修改过的欧几里德距离度量法对中部斜坡进行插值。

4.4 土壤湿度指数 数字高度模型(DEM)不但能估计每个30米栅格单元的坡度和地形位置,而且能计算土壤湿度指数。土壤湿度指数除了展示研究区域中湿度的相对水平,还用于测试当地土壤的水涝条件。O'Loughlin (1986)全面描述了这里使用的算法。

模型的基础是由DEM计算出的等高线。部分汇水区域面积(A)的计算结果表明,A为等高线长度为b的陡坡积,这时允许汇水区指向该汇水区有代表性的点(P)(见图2)。由于点(P)的网络排水量(q)等于网络出水量(Q₀),因而在形成出水量Q₀的整个汇水区域(A₀)上,q与Q₀之间的关系为:

$$\int A_t q dA = Q_0 \quad (1)$$

点(x,y)的排水量大于出水量时,将出现局部饱和。也就是说,陡坡的部分汇水区域A与排水量q的乘积大于或等

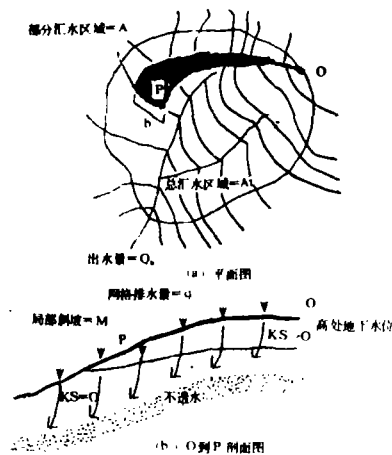


图2 识别标志示意图

于局部土壤转移量 T 与局部地表坡度 M 的乘积:

$$\frac{1}{b} \int q(x, y) dA \geq TM \quad (2)$$

由于局部排水量难以测量, 于是假设 q 均匀分布, 平均值为 \bar{q} 。此外, 集水处的平均转移量 \bar{T} 也是个估计值。如果各处的土壤传输量和排水量均匀分布, 则某一点的土壤湿度可以只根据地形图估计出来。利用平均传输量和平均排水量将等式(2) 标准化后, 便得到集水处某一点上的湿度 $W(x, y)$ 的下列估计式:

$$W(x, y) = \frac{1}{MbL} \left\{ \frac{\bar{T}}{T} \right\} \left\{ \left\{ \frac{q}{\bar{q}} \right\} dA \right\} \geq \frac{\bar{T} A_t}{Q_o L} \quad (3)$$

研究区域位于泥盆系花岗岩成土母质上, 可以认为具有均匀的转移量。在研究区域以南的一个类似的汇水区域里进行了详细的水文实验, 实验结果可以用来估计转移量和排水量。

最近完成的土壤湿度模型每次只能对一个集水处进行运算。而研究区域中有13个集水处(或集水处的一部分), 故先计算各个单独的集水处的土壤湿度指数, 再将它们合并到一张图上, 从而展示出整个研究区域的土壤湿度。要得到土壤湿度, 必须找出整个集水区域的土壤湿度模型。沃拉河虽然流经研究区域的西南部, 但其分水岭并不在研究区域中, 故该部分研究区域没有关于土壤湿度的精确信息。

由于土壤湿度指数数据来自 DEM, 因此, 已参照遥感和地形数据(即坡度和地形位置), 用地理学方法进行了修改。

4.5 土壤湿度与地形位置的结合 将土壤湿度与地形位置结合起来, 就能推导出景观中地形特征的重要程度。例如, 土壤湿度指数低的溪谷, 集水处的重要程度较高(即上部溪流), 而土壤湿度指数高的溪谷, 集水处较多, 以便形成水流, 所以是底部溪流。同样, 也可以根据土壤湿度, 确定景观中的山脊和中等斜坡的重要程度。干燥的山脊说明是分水岭, 而较湿的则预示该山脊处在汇水区域。干燥的中等斜坡出现在集水处较高的地方, 而潮湿的中等斜坡则出现在靠近出水处。

我们在图上用四种土壤湿度状态(很干, 干, 微湿, 湿)来表示五种地形位置(山脊、中上部斜坡、中部斜坡、下部斜坡及溪谷)的湿度, 同时要 GIS。这样便产生20种土壤湿度—地形位置层, 如表1所示。表1中还给出了各层的缩写表示。

表1 土壤湿度—地形位置层及缩写表示

地 形 位 置	湿 度 指 数			
	很干(VD)	干(D)	微(M)	湿(W)
溪 谷 (G)	GVD	GD	GM	GW
中下部斜坡(L)	LVD	LD	LM	LW
中部斜坡 (M)	MVD	MD	MM	MW
中上部斜坡(U)	UVD	UD	UM	UW
山 脊 (R)	RVD	RD	RM	RW

土壤湿度—地形位置层增加了各种土壤景观单元中记录的专家知识总量, 因而使专家系统能更有效地识别土壤景观单元。

从更广泛的意义上说, 土壤湿度—地形位置层为环境中地形特征重要程度的自动排序提供了一种机制。例如, 赋予溪流一定的土壤湿度就能推导出该溪流的相对重要程度。将地形位置与土壤湿度结合起来, 还能发现景观单元的土壤形成过程(风化和滤取)。

5. 专家系统规则 我们用规则来表示GIS数据库层与经验丰富的土壤学家的知识之间的联系。规则的构造过程就是把GIS数据层同土壤景观单元联系起来。这里, 我们将规则表示成在一个特定的假设(如森林土壤景观单元为DS1)下, 出现某条证据(如坡度小于5°)的概率。

规则是专家系统中最具有主观性的方面。理想的规则应该是统计结果,虽然这往往不大可能。于是诞生了启发式规则,是根据专家的“感觉”或“知识”估计出来的。

有关环境关系的规则不能用通常的绝对确定(即为真或为假)来表示。换句话说,一条规则位于真(概率为1)和假(概率为0)之间的连续区间上,看我们对规则为真(或假)的确信程度。在本项研究中,规则是通过走访有经验的土壤学家,并参考土壤打坑的结果,才估算出来的。表2中详细列出了各种规则及其概率。例如,如果存在残余山顶(RC)的土壤景观单元,则出现很干的溪谷(GUD)的概率为0.4。

在表2中也能看出土壤湿度指数与地形位置相结合的用处。例如,DS2类型出现在微湿地区的概率较低($P=0.3$),而且它出现在中等斜坡处的概率也不太高($P=0.3$)。换句话说,在任意微湿的地形位置上(即山脊,中上部斜坡,中部斜坡,中下部斜坡和溪谷),土壤景观单元为DS2的机会都很小。但是我们也看到,DS2出现在微湿中等斜坡上的概率比较适中,利用土壤湿度—地形位置层可以获得这类信息。

6. 定义专家系统 这里所用的专家系统方法和术语,已由 Skidmore (1989a) 作过详细描述。这里,专家系统要回答的研究问题是“在指定的森林位置上是哪一种土壤景观单元?”专家系统将根据GIS数据库层次中的信息,推导出给定的栅格单元上最有可能出现的土壤景观单元。

6.1 专家算法的形式化描述 这里,假设森林土壤景观单元类型为 S_a ($a=1, \dots, n$ 种类型),其出现位置为 $X_{i,j}$,即GIS光栅数据库的第*i*行,第*j*列。设证据为 E_b ($b=1, \dots, k$ 条证据),其位置为 $X_{i,j}$,建立一条假设(H_a),表示类型 S_a 出现在位置 $X_{i,j}$ 上。于是,可以定义一条规则 $E_b=H_a$ 。其含义为,如果出现证据 E_b ,则能推导出 H_a 。这样,专家系统利用贝叶斯理论,修改规则“给定证据(E_b)的情况下,假设(H_a)出现在位置(*i, j*)上”的概率,即 $P(H_a | E_b) = [P(E_b | H_a) P(H_a)] / P(E_b)$,从而推导出指定单元上可能性最大的土壤景观单元

表2 专家系统规则

环境变量	土壤景观单元				
	RC	DS1	DS2	AS1	AS2
GVD	0.4	0.6	0.2	0.2	0.3
GD	0.3	0.5	0.5	0.4	0.5
GM	0.2	0.4	0.6	0.5	0.7
GW	0.1	0.4	0.5	0.4	0.8
LVD	0.3	0.6	0.5	0.4	0.2
LD	0.3	0.5	0.6	0.6	0.3
LM	0.2	0.4	0.7	0.6	0.4
LW	0.1	0.3	0.6	0.5	0.6
MVD	0.4	0.7	0.5	0.4	0.2
MD	0.3	0.6	0.6	0.6	0.3
MM	0.2	0.5	0.7	0.6	0.4
MW	0.1	0.3	0.6	0.4	0.6
UVD	0.5	0.7	0.4	0.3	0.2
UD	0.5	0.7	0.4	0.3	0.2
UM	0.4	0.5	0.7	0.5	0.4
UW	0.3	0.4	0.6	0.3	0.6
RVD	0.6	0.5	0.2	0.1	0.1
RD	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1
RM	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3
RW	0.4	0.4	0.6	0.3	0.4
< 5	0.7	0.2	0.4	0.5	0.5
6—10	0.3	0.6	0.5	0.4	0.4
11—20	0.4	0.6	0.3	0.3	0.3
> 21	0.3	0.6	0.4	0.3	0.2
Q/R	0.4	0.5	0.3	0.1	0.1
Y	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5
TT	0.1	0.1	0.2	0.2	0.8
S/MG	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2
BLS	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2
STA	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1
REG	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2
MG/STA	0.2	0.3	0.5	0.6	0.2

*土壤湿度—地形位置的缩写表示见表1。

*缩写含义: < 5 = 小于5°的斜坡; 6—10 = 6°到10°的斜坡; 11—20 = 11°到20°的斜坡; > 21 = 大于21°的斜坡; Q/R = 石矿/道路; Y = Yertchuk; TT = 茶树; S/MG = 澳洲桉树/猴桉树; BLS = 蓝叶澳洲桉树; STA = 银顶桉树; REG = 再生森林; 及 MG/STA = 猴桉树/银顶桉树。

$P(E_b | H_a)$ 是“类型 S_a 出现在位置 (i, j) ”上这一假设 H_a (如残余山顶土壤景观单元) 成立时, 出现证据 E_b (如小于 5° 的斜坡) 的先验条件概率 (又称类型—条件概率)。换句话说, $P(E_b | H_a)$ 是表 2 中表示的一条规则。 $P(H_a)$ 是“类型 S_a 出现在位置 (i, j) 上”这一假设 (H_a) 成立的概率, 是由经验丰富的土壤学家在该区域的各种土壤景观单元的预期范围内估算出来的, 对 GIS 数据库中的 $b=2, \dots, k$ 条证据进行循环时, $P(H_a | E_b; b=1)$ (即 $b=1$ 时, E_b 出现的条件下, H_a 出现的后验概率) 代替了 $P(H_a)$ 。 $P(E_b)$ 是“经典边缘概率”, 只表示证据的概率, 或者说任意出现 $\{E_b\}$ 中某条证据的单元的概率, 例如向南坡向。贝叶斯理论提供了计算 $P(E_b)$ 的公式。

$$P(E_b) = \sum_{a=1}^n P(E_b | H_a) P(H_a)。$$

从而保证 $P(E_b)$ 在运行时刻, 随着 $P(H_a)$ 的更新而不断更新。本项研究中开发的专家系统采用了正向链方式, 使用所有的数据 (即检索完所有证据才终止盲目搜索)。

$\{E_b\}$ 中的证据应该是相互独立的, 否则 $P(E_b)$ 将偏大或偏小, 并可能导致后验概率出错。这里, 假设 $\{E_b, b=1, \dots, k\}$ 中的证据相互独立。可是贝叶斯理论在这个问题上显得相当有效。因为它通常仅涉及它所感兴趣的概率的相对大小。此外, 在本项研究中计算各个假设所用的证据数目相同, 以保证出错的相对次序一致。专家系统为每个单元指定一个位于 (i, j) 上的后验概率最高的土壤景观单元, $\{\max P(H_a) | a=1, \dots, n\}$ 。

本专家系统算法用 Fortran-77 实现, 在 DEC VAX 计算机上运行。采用各种策略输出的专题地图, 利用 Uniras 软件 (欧洲软件承包商 1982) 和地图分析包 (Tomlin 1987), 在 Tektronix 硬件上绘制出来。

7. 结果 参照实际地图值, 森林覆盖层单元位置的地理修正值小于 ± 0.6 均方根误差 (RMSE_x 和 RMSE_y) 值分别为 ± 13 和 ± 15 。DEM 数据的地理修正结果比较理想, 各像素的最大误差小于 ± 0.4 , RMSE_x 值分别为 ± 10 和 ± 11 。

专家系统访问的 GIS 数据层包括土壤湿度、坡度、地形位置和植被覆盖。图 3 展示了用传统方法绘制的土壤景观单元边界图。图 4 是专家系统生成的主题土壤景观图。注意, 图 3 中的土壤景观单元为白色, 而图 4 中则是黑色。此外, 还要注意, 土壤湿度中大于或等于 10 的土壤湿度指数表示水涝条件。

由专家系统产生的土壤景观图在质量上可以与传统制图相比。另外, 我们根据专家系统产生的土壤景观图上预测的类型, 对照检查了 21 个土坑的土壤类型, 发现其中 14 个土坑的类型预测结果正确。

8. 讨论 目视传统方法和专家

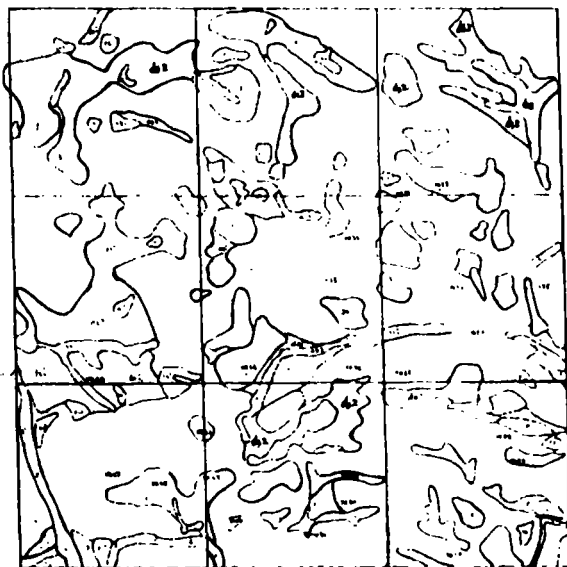


图 3 传统方法判读产生的土壤图

(rc: 残余山顶; ds 1: 侵蚀的上部斜坡;
ds 2: 侵蚀的下部斜坡; as 1: 堆积的下部斜坡;
as 2: 堆积的下部斜坡 (水文地貌的))

系统生成的土壤景观单元图,会发现二者吻合得很好(图3和图4)。两幅图的差别也很明显,一般是由GIS数据层的非精确性引起的。例如,在研究区域的西南部中心,有一大片SD2区域绘制在图3中,但在专家系统生成的图中(图4)却没有。这是因为在模型中认为沃拉河下面的土壤是干的(因为研究区域中没有集水处),而实际上是湿土。这两幅图的另一个差别是在图3中西南部与西部的交界上。DS2和AS2用传统方法绘制,而RC是专家系统预测的。这是由于DEM中的一个谬误导致地形位置图中的山脊位置出错。GIS数据层的谬误会降低专家系统生成的专题地图的正确程度。从GIS数据库到最终形成专题图过程中积累的谬误程度难以确定,需要进一步从理论上和经验上作出估算。

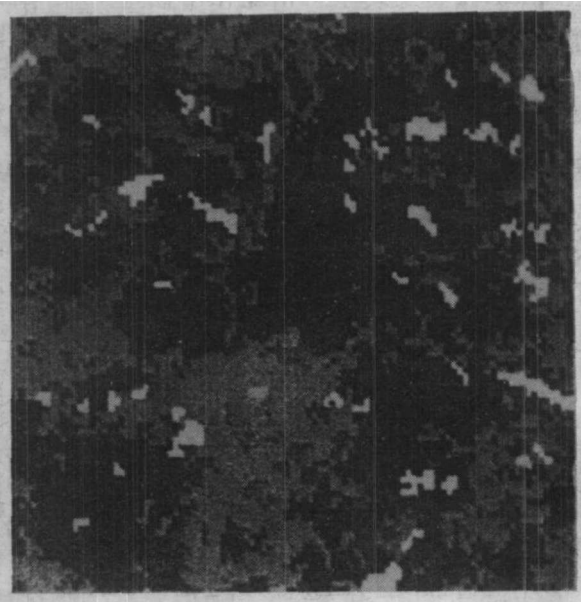


图4 专家系统生成的土壤图

土壤景观单元AS2在传统图中的位置与其在专家系统绘制的图中的位置不太一致。原因是在识别这种土壤景观单元的过程中,还有一个关键因素在起作用,这就是出现了白千层—哈克木—*Leptospermum*沼泽。由于该沼泽的植被宽度远远小于 Landsat TM 图像所能分辨的最小宽度30米,因而没有在专家系统访问的GIS植被层中描绘出来,而航空照片则能描绘出宽度小于5米的沼泽植被。因为窄条状的沼泽植被无法在 Landsat TM图像上反映出来,导致土壤景观类型AS2也无法用专家系统绘制出来。

专家系统绘制的图有错的另一个根源在于专家系统规则及数据层的二义性和不完备性。没有一条可能影响土壤景观单元分布的环境变量包含在模型中。例如,土壤景观单元RC出现在宽阔而平坦的区域中。可是,在GIS中却没有表示平坦地带区域范围的数据层,尽管这种数据层对于提高土壤景观单元RC的绘制精度很有帮助。

21个土壤钻坑说明专家系统绘图的正确率为66.7%(即14/21),尽管应该强调一点,少量样本($n=21$)所作的正确率估计,可信范围很大。例如,将 Thomas和Allcock(1981)提出的方法用到本项研究中提供的少量样本上,得出的结论是,正确绘制的像素只有34%,这里正确性的可信度为95%。为了让传统绘图和专家系统绘图的谬误用具有统计学意义的方法加以确定,必须对足够多数目的土壤钻坑进行取样。建议每个地层至少用30个土壤钻坑样本。最好能超过50个;也就是说,需要150—250个土壤钻坑的样本。传统的和专家系统绘制的图还要在野外进一步检查,充分检验所用的技术,以缩小绘图正确率估计值的可信范围。尽管样本点数目不多,我们也能得到下面的结论,即专家系统生成的土壤景观图在质量上类似于传统方法绘制的图。

土壤景观单元描述得相当模糊,这就为用传统方法和专家系统方法绘制正确的土壤景观图设置了困难。土壤实际上是不同类型的连续统一体(见图1),被人为地划分成不同的单元。土壤景观单元定义中的不确定性,在专家系统规则(表2)的概率上反映出来。用传统方法绘图时,土壤景观单元边界位置难以识别,这是因为土壤并不直接暴露出来,即使是航

资源遥感信息与地理信息系统

C. M. 特罗特

〔提要〕 遥感图像数据经目视解译转化为信息, 长期以来一直是地理信息系统 (GIS) 的主要信息源。数字图像资料, 与近来计算机技术的进展相结合, 现已能使目视图像解译在完全的数字处理环境中实现。但是为了充分发挥数字图像资料应用于GIS的潜力, 目前仍然要进一步运用数据自动处理的有关机制。本文将着重从为自然资源管理提供信息的角度, 探讨此类机制的优点和缺点。最后得出结论: 研究和技术两方面均需进一步发展, 才能建立由图像数据自动获取GIS信息的全部操作过程。

一、引言 人们已逐渐认识到, 有效地管理自然资源是一项重要而艰巨复杂的工作, 因此, 十年来对于准确及时的资源信息的需求飞速增长。这种对完善的资源管理体系的重视, 正是源于多种资源目前正迅速枯竭的现实, 而更重要的原因, 是人们已渐渐醒悟到, 环境的安全依赖于在资源管理中采用更加综合协调的方法。基于上述, 资源管理者和研究者在作出有关资源管理和利用的建议时, 都需要更仔细地考虑多种资源间的相互作用。

空照片和野外勘查也很难确定。实际上, 传统制图也有不一致的地方, 要用专家系统规则加以修改。

专家系统生成的土壤景观图可以用补充数据层进一步改进。环境变量, 如成土母质、高度、纬度和精度、气候和植被覆盖等, 能控制土壤类型, 而高效的专家系统方法的推导, 要求识别影响土壤分布的主要环境因素。专家系统的使用可能是定量运用土壤形成状态因素模型进行实际土壤调查的最有效的方法之一。传统的土壤调查制图, 只能通过定量的调查技术来模仿这一过程。

选择绘制森林土壤地图所用辅助数据, 主要看能否得到这些数据。大部分区域的地形信息很容易得到, 而且100年内不会有多少变化。类似地, 成土母质也是一种比较稳定的数据类型, 尽管为了正确地绘制地质边界, 经验丰富的地质学家往往还要进行具体的野外勘测。相反地, 其他数据层, 如遥感图像, 随着植被和土地利用等特征的变化, 在一年内发生变化。

专家系统方法的速度、目标和开销意味着土壤地图不再受个人偏见的影响, 与传统方法相比, 可以系统地绘制更大的区域。只要得到优质的地面真实知识, 找到已有的数字空间数据与土壤类型之间的关系, 就能高效自动地完成既费时又费力的森林土壤地图的手工插值工作。包容补充数据层及更多的经验规则将进一步提高制图的正确率。

9. 小结 我们利用专家系统成功地生成了森林土壤景观图, 它综合了已有的各种数字空间数据, 包括 Landsat TM 和一个 DEM。利用DEM, 计算出决定土壤景观单元的三种数据层, 即地形位置、坡度和土壤湿度 (注意, 使用计算土壤湿度的模型时, 要用到补充信息, 包括平均转移量和排水量)。根据遥感数据和 DEM, 绘制并详细描述植被覆盖地图。

关于土壤景观单元与环境变量之间关系的知识已包容在规则中, 这里要用到先验概率矩阵。专家系统利用这些规则, 将数字地形数据层 (坡度和地形位置), 土壤湿度指数及植被覆盖联系起来, 生成一幅研究区域中的土壤景观单元分布图。

宛铭译自《IJGIS》1991, 第5卷, 第4期