

知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测模型研究初探

赵 安 鲍曙明

(江西师范大学鄱阳湖生态环境与资源研究教育部重点实验室, 南昌 330022; 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 江西师范大学地理与环境学院, 南昌 330022. E-mail: zhaoa@lreis.ac.cn)

摘要 目前对血吸虫中间寄主钉螺的监测与预测完全是基于遥感影像光谱信息的, 计算结果只是“预测钉螺”的一个非完全条件约束解. 将 2005 年 10 月 31 日的 TM 遥感影像数据与 GIS 专题数据(DEM、鄱阳湖边界、植被、土壤、土地利用)有机结合起来, 根据钉螺孳生的发生学机理, 运用遥感、地球信息技术和知识驱动的地理建模方法, 进行了鄱阳湖区钉螺空间分布的预测. 结果显示: 随着总模糊隶属度由高到低变化, 在 10%的模糊隶属度高值区的栅格中, 钉螺检验数据组中出现的钉螺比例达到 81%左右, 说明所建模型能有效地预测钉螺的出现与否.

关键词 知识驱动 钉螺分布预测 模糊分类 鄱阳湖

血吸虫的终宿主是广谱的, 几乎所有哺乳类动物都可以; 而中间寄主钉螺则是唯一的. 快速获得钉螺的地理空间分布信息, 并采取有效的灭螺措施是消灭血吸虫病的一项重要举措. 近年来, 遥感技术已经渗透到公共卫生领域的传染病传播因子的环境监测方面, 应用遥感技术研究血吸虫病中间宿主-钉螺(特别是阳性钉螺)的分布范围和丰度成为近年血吸虫病防治部门的研究热点之一. 血吸虫病是一种寄生虫传染的流行病, 其传播过程中的各个环节都与地理环境要素有着直接和间接的关系, 构成地球信息技术与地理建模方法在该领域应用的切入点. 通过遥感技术快速获得钉螺孳生环境的地理空间分布信息, 用以指导地面采取进一步的检测和防治措施, 有可能成为血吸虫病防治规划的一个组成部分.

概括地说, 目前利用遥感技术监测钉螺孳生环境的研究方法一般用图像变换指数(主成分分析的前几个主成分、校正植被指数NDVI、穗帽变换绿色植被指数GVI、亮度指数BI、陆地表面温度LST等)为输入波段进行非监督分类, 然后结合现场的钉螺数据来进行钉螺孳生环境的监测的 [1-5]. 有些则干脆用这些变换指数直接与地面调查的钉螺数据进行统计相关分析, 从而建立监测模型 [6]. 这些方法实际上通过了好几级的信息传递和相关分析, 即“遥感影像信息→环境因子信息→钉螺孳生地信息”等, 在这个信息传递过程中, 属性信息损失和空间信息变形在所难免, 其中产

生的不确定性问题非常复杂. 其实, 钉螺的大小不到 1 cm, 是无法从遥感影像上直接提取出来的, 钉螺密度空间差异产生的地物光谱差异一般会比钉螺孳生环境中其他地物产生的光谱差异大, 也就是说, “钉螺孳生环境”在遥感影像上并不能形成一个单独的“光谱族”. 植被只是钉螺孳生环境的一个必要条件, 而不是充分条件, 钉螺的存在还与局部土壤、高程、水文等多种地理环境条件因子有关. 必须辅以其他有关的 GIS 专题数据, 用知识驱动地理建模方法, 才能实现真正意义上监测或预测钉螺孳生环境.

本研究将遥感数据、GIS 专题数据有机地结合起来, 根据血吸虫病的发生学机理, 运用地球信息技术和知识驱动的地理建模方法 [7], 进行了鄱阳湖区钉螺空间分布的预测. 计算结果与遥感中模糊分类的结果非常类似, 用钉螺检验数据组进行空间交叉检验发现, 绝大多数的钉螺样本数据出现在钉螺出现的模糊隶属度高值区, 说明模型可以使我们根据计算结果中的高模糊隶属度像元的空间分布迅速找到钉螺, 也说明用所建模型进行钉螺出现的预测非常有效.

1 研究区概况与数据预处理

1.1 研究区简况

鄱阳湖区域夏季洪水一片、冬季枯水一线, 沿湖八县是湖沼型血吸虫病流行区域. 1953~1984 年沿湖水文站平均水位 13.27~15.72 m, 最高水位 21.69 ~

22.20 m, 最低水位 5.90 ~ 12.09 m, 有 75% 年份的最高水位发生在 6, 7 月份, 78.8% 年份的最低水位发生在 12, 1 月份. 每年 4~6 月五河支流洪水和 7~9 月的长江洪水叠加, 使洪水持续时间达半年, 加上湖边宽广平坦的草地洲滩, 形成适合钉螺生存繁衍的良好环境, 使鄱阳湖区域成为中国血吸虫病最严重的流行地区之一 [8].

1.2 数据预处理

钉螺样本数据来自 2002~2003 年的鄱阳湖区域第 2 次钉螺普查. 具体方法是在洲滩上纵深设线设点调查(线距和点距一般为 20 m), 每个样本点的尺寸大小是 $0.33 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 0.11 \text{ m}^2$ (也叫“框”), 每个样点都用 GPS 记录地理坐标. 调查方式分系统法和环境法: 系统法按照每个调查框点线号顺序记录; 环境法则按照每种环境类型及其调查顺序号记录. 考虑到对预测结果的精度评估, 将所有钉螺样本数据按照号码顺序间隔分成两组: 一个是建模数据组; 另一个是检验数据组, 前者用做预测建模, 后者用作精度评估. 钉螺样本数据的比例大概各占一半, 在空间分布上基本是均匀散布的.

对 TM 遥感影像(2005 年 10 月 31 日)的 2, 3, 4, 5 波段线性拉伸后进行非监督分类, 把非监督分类结果与钉螺建模数据进行空间交叉, 结果发现: 在 12 个光谱分类类别中含有钉螺建模数据最多的前 3 类合计占全部钉螺样本的 67.90%, 交叉表中各光谱类所含钉螺建模数据百分比就是模型计算中钉螺出现的模糊隶属度.

GIS 专题数据包括 DEM、平水位鄱阳湖边界、湿地植被、土壤类型、土地利用, 来源于中国科学院地理科学与资源研究所和中国国家测绘局, 所有数据全部加工处理成 6° 带的高斯-克吕格投影, 中央经线为 117°E . 所有专题数据栅格化的空间分辨率是 25 m.

2 研究方法

一般的遥感技术分类方法只能产生对于某种地物“真”(所有条件都满足)或“假”(至少有一个条件不能满足)的分类结果. 模糊分类产生的是一个模糊集合, 表示成模糊隶属度, 是一个从 0(完全非成员)到 1(完全成员)之间的连续尺度范围. 模糊隶属度总是与某个立论(命题)有关, 比如“有利于金矿富集”、“钉螺出现概率等等”. 模糊逻辑方法是反映基于现有

研究成果和主观判断的、对于一个集合的隶属程度, 对于相同集合的多个模糊隶属函数(其实就是多个空间数据图层), 可以用很多方法来进行模糊隶属度的组合 [9,10].

2.1 模糊“与”计算

相当于布尔运算的“与”算式, 运算结果是当有关空间数据图层都为“真”时, 其立论(命题)才为“真”, 也就是由最苛刻的空间因子决定最后的组合隶属度. 表达式为:

$$\mu_{\text{combination}} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots), \quad (1)$$

式中 μ_A 为图层 A 的模糊隶属度, μ_B 为图层 B 的模糊隶属度, MIN 表示取最小.

2.2 模糊“或”计算

相当于布尔运算的“或”算式, 运算结果由隶属度最大的空间因子决定, 说明目标对象发生的证据因子很难找到, 任何证据因子的存在都足以表明目标对象的发生, 表达式为:

$$\mu_{\text{combination}} = \text{MAX}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots), \quad (2)$$

式中 μ_A, μ_B 等的含义与前面相同, MAX 表示取最大.

2.3 模糊“积”计算

所有单个图层的模糊隶属度联乘, 由于小于 1 的数字相乘产生了一个更小的组合隶属度, 结果比参加计算的最小模糊隶属度还小, 因此计算结果是“渐减的”, 表达式为:

$$\mu_{\text{combination}} = \prod_{i=1}^n \mu_i, \quad (3)$$

式中 μ_i 为图层 i 的模糊隶属度.

2.4 模糊“积的补”计算

用 1 减去所有单个图层的模糊隶属度, 然后连乘, 与模糊“积”计算是一种互补关系, 结果产生了一个更大的组合隶属度, 比参加计算的最大模糊隶属度还大, 因此计算结果是“渐增的”, 表达式为:

$$\mu_{\text{combination}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i), \quad (4)$$

式中 μ_i 为图层 i 的模糊隶属度, 其地学意义是: 如果多个地理因子都有利于某个目标对象的发生, 那么它们会相互增强, 比任何单个地理因子都更要支持某个立论.

2.5 模糊“伽马”计算

由模糊“积”计算与模糊“积的补”计算组合得到,表达式为:

$$\mu_{combination} = P^{\gamma} S^{1-\gamma}, \tag{5}$$

式中 P 为上面模糊“积的补”计算, S 为上面模糊“积”计算, γ 是介于 0 与 1 之间的一个参数. $\gamma = 1$ 时, 计算结果就是模糊“积的补”计算; $\gamma = 0$ 时, 计算结果就是模糊“积”计算.

3 知识驱动的鄱阳湖区钉螺分布预测模型

分析非监督分类的结果发现: 用于确定钉螺孳生地的第一、第四和第十一光谱类除了在鄱阳湖周围附近分布较多外, 在鄱阳湖的东北部幕帘山区、西北部庐山、东南部信江下游丘陵和西部梅岭等地也有相当多的分布区域, 而且超过了鄱阳湖附近的面积, 这显然是与现实相差甚远的, 说明遥感影像光谱特征最多只能获得预测钉螺孳生环境的必要条件, 而不是充分条件. 要真正实现对钉螺孳生环境的监测, 必须引入其他 GIS 专题数据才能达到目的.

3.1 知识驱动的鄱阳湖区钉螺孳生环境知识库的建立

要用知识驱动的地理模型进行钉螺空间分布的预测, 必须建立研究区域钉螺孳生环境知识库. 知识库一般被表示成一个树状结构, 含有中间分级和最后分级(假设)的定义、规则和变量 [14]. 推理网络是目前模拟专家逻辑思维过程的一个重要工具, 在专家系统中, 一系列模糊隶属函数被看作是知识库, 而推理网络和模糊组合计算规则是推理引擎, 这种模糊

逻辑是目前证据不明显专家系统的重要工具, 已经被广泛用在地质上图案辨别的问题解决上 [12]. 本研究的目标是预测钉螺出现, 在这个命题下, 需要根据过去前人的研究成果和知识, 提出达到目标的判别规则, 然后用已有的地理空间数据来满足规则的需要.

() 高程与钉螺出现的关系知识库. 研究表明 [13,14]: 鄱阳湖区域血吸虫中间寄主钉螺面积的 94.55% 分布于 14~17 m 高程洲滩, 13 m 以下和 18 m 以上基本上没有钉螺. 假设钉螺出现模糊隶属度的变化与有螺洲滩面积构成百分比成线性关系, 并假设在不考虑其他因素时钉螺出现的模糊隶属度在吴淞海拔高程 15.5 m 时是 1, 低于 13 m 和高于 18 m 钉螺出现的模糊隶属度为 0. 于是可以得到鄱阳湖区域钉螺出现的模糊隶属度在不同海拔高程段的变化关系(表 1).

() 平水位鄱阳湖边界距离与钉螺出现的关系知识库. 由于鄱阳湖水陆交替带的高程变化很慢, 坡度很小, 涨水过程比较缓慢, 很小的高差范围水平距离相差很大, 而钉螺在空间水平方向爬行是比较慢的 [15], 因此在超出平水位后一定的水平距离, 钉螺出现的可能性会迅速降低. 假设钉螺出现的模糊隶属度与鄱阳湖平水位边界距离具有线性递减关系, 那么可以建立鄱阳湖平水位边界距离与钉螺出现的关系知识库(表 2).

() 植被状况与钉螺出现的关系知识库. 有钉螺孳生的环境中, 多存在典型的湿生或半湿生植物,

表 1 鄱阳湖区吴淞海拔高程与钉螺出现的关系知识库^{a)}

高程(吴淞)/m	有螺洲滩面积百分比(%)	分段高程边界钉螺出现模糊隶属度	高程段范围/m	不同高程段钉螺出现的模糊隶属度函数
13	0	0		
13.5	3.45	0.075841	13~13.5	$y = \frac{x-13}{0.5} \times 0.075841$
14.5	29.78	0.654649	13.5~14.5	$y = \frac{x-13.5}{1} \times (0.654649 - 0.075841) + 0.075841$
15.5	45.49	1	14.5~15.5	$y = \frac{x-14.5}{1} \times (1 - 0.654649) + 0.654649$
16.5	19.28	0.423829	15.5~16.5	$y = \frac{x-15.5}{1} \times (0.423829 - 1) + 1$
17.5	2	0.043966	16.5~17.5	$y = \frac{x-16.5}{1} \times (0.043966 - 0.423829) + 0.423829$
18	0	0	17.5~18	$y = \frac{x-17.5}{0.5} \times (0 - 0.043966) + 0.043966$

a) x 代表吴淞高程, y 代表钉螺出现的模糊隶属度

表 2 平水位鄱阳湖边界的距离与钉螺出现的关系知识库^{a)}

边界的距离/m	模糊隶属度函数
0~15000	$y = \frac{15000 - x}{15000}$
>15000	0

a) x 代表平水位鄱阳湖边界距离, y 代表钉螺出现的模糊隶属度

如蕨类中的笔管草, 莎草科的苔草、蒿草、莎草、三棱草以及茛科的喜旱莲草, 蓼科的水蓼, 毛茛科的石龙芮等, 而且植物的盖度和多样性指数高的环境较易发现钉螺 [16,17]. 鉴于目前没有鄱阳湖区域的植被图, 于是采用湿地植被图来反映鄱阳湖区域的植被状况. 根据经验知识, 将湿地区域的钉螺出现赋以模糊隶属度 0.9, 将非湿地区域的钉螺出现赋以模糊隶属度 0.2.

() 土壤条件与钉螺出现的关系知识库. 从钉螺孳生的微土壤环境角度来看: 可溶性盐、亚硝酸盐氮、硫和水中磷含量在有螺环境明显高于无螺环境, 颗粒结构疏松且富含水分的腐殖土是钉螺栖息的最佳环境 [18]. 张治英等人 [19] 研究发现: 江宁县江滩钉螺孳生地的土壤类型主要为灰潮土及水稻土, 而且灰潮土的钉螺密度大于水稻土的钉螺密度; 在土质沙黏、微碱性、有

机质含量丰富的土壤中钉螺密度较大, 酸性土壤中的钉螺密度较小. 根据这些研究成果对鄱阳湖附近的土壤类型分别赋以钉螺出现模糊隶属度, 结果见表 3.

表 3 中钉螺出现的模糊隶属度主要根据科研文献中出现的有关土壤类型与钉螺孳生环境的关系研究成果; “湖泊、水库”和“江、河”类型的钉螺出现的模糊隶属度考虑了原始土壤类型数据的成图时间和钉螺孳生环境的水陆交替特性, 也考虑了实际钉螺样本点的空间分布与土壤亚类的空间关系.

() 土地利用状况与钉螺出现的关系知识库. 土地利用状况还可以综合反映人们对自然条件和自然资源的认识和利用水平, 因此, 现有土地利用现状无疑会为我们尽快找到钉螺提供有益的信息. 于是根据 2000 年的鄱阳湖土地利用图, 建立鄱阳湖区域土地利用类型与钉螺出现关系数据库(表 4).

表 4 中钉螺出现的模糊隶属度主要依据土地利用类型的定义, “水库坑塘”、“河渠”和“湖泊”类型的钉螺出现的模糊隶属度主要考虑了鄱阳湖区域水位的季节变化和钉螺孳生环境的水陆交替特性, 也考虑了实际钉螺样本点的空间分布与土地利用类型的空间关系.

表 3 鄱阳湖区域土壤类型(土壤亚类)与钉螺出现的关系知识库

土壤亚类	钉螺出现的模糊隶属度	土壤亚类	钉螺出现的模糊隶属度	土壤亚类	钉螺出现的模糊隶属度
暗黄棕壤	0	灰潮土	0.2	酸性石质土	0
潮土	0.3	江、河	0.2	酸性紫色土	0
城区	0	江河内沙洲、岛屿	0	新积土	0
冲积土	0.25	漂洗黄壤	0	淹育水稻土	0.1
粗骨土	0	漂洗水稻土	0	黏盘黄褐土	0.2
红壤	0.35	潜育水稻土	0.1	中性紫色土	0.1
红壤性土	0	山原红壤	0	紫色土	0.1
湖泊、水库	0.6	湿潮土	0.85	棕红壤	0.15
黄褐土	0.2	石灰(岩)土	0	棕色石灰土	0
黄红壤	0	水稻土	0.25	潜育水稻土	0.1
黄壤	0	酸性粗骨土	0		

表 4 鄱阳湖区域土地利用类型与钉螺出现的关系知识库

土地利用类型	钉螺出现的模糊隶属度	土地利用类型	钉螺出现的模糊隶属度	土地利用类型	钉螺出现的模糊隶属度
城镇用地	0	河渠	0.3	水库坑塘	0.3
低覆盖度草地	0	湖泊	0.35	水田平原	0.15
高覆盖度草地	0	裸土地	0	水田丘林	0.1
灌木林	0	裸岩石砾地	0	水田山地	0
旱地陡地	0	农村居民点	0	滩地	0.65
旱地平原	0	其他建设用地	0	有林地	0
旱地丘陵	0	其他林地	0	沼泽地	0.8
旱地山地	0	疏林地	0	中覆盖度草地	0

() TM 影像与钉螺出现的关系知识库. 根据“1.2 数据预处理”对遥感影像的非监督结果, 用非监督分类结果与钉螺样本数据的空间交叉表中各光谱类所含的钉螺样本百分比作为钉螺出现的模糊隶属度, 结果见表 5.

3.2 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺孳生环境钉螺分布预测模型

() 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺孳生预测模型的推理网络的建立. 知识驱动的地理建模方法关键是在建模时如何将我们对具体地理科学问题的认识和先前研究成果构造成一个符合事物本身规律的数学模型, 这里不光要有被研究问题的先验知识和对其机理的理解, 还要考虑到选择哪些地理因子、空间数据采用什么形式进行组织和表达、各地理变量的权重赋值、地理变量之间的关系用什么样的数学算子表示等等方面. 基于前面各单个地理因子与钉螺出现的关系知识库, 建立了“知识驱动的钉螺分布预测模型”(图 1).

() 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测模型的计算. (1) 地理因子合并. “海拔高程”与“平水位鄱阳湖边界距离”说明了到钉螺孳生环境的常年水陆交替带的垂直距离和水平距离, 即空间关系, 因此可以合并. 由于这两个地理因子与钉螺出现的关系是互相补充和增强的, 于是用模糊“积的补”计算进行合并, 组合后叫“空间因子”. 鉴于垂直距离直接控制着鄱阳湖洲滩一年内的出露日数和水淹日数, 从而影响到水陆交替带的空间分布, 水平距离则是在垂直距离作用的条件下起作用, 因此分别给“海拔高程”与“平水位鄱阳湖边界距离”因子的模糊隶属度赋与权重 1 与 0.5. 参照式(4), 计算公式为:

$Wspace=1-(1-AltitudeW) \times (1-0.5 \times DistanceW)$, (6)
式中 $Wspace$ 为“空间因子”的钉螺出现模糊隶属度, $AltitudeW$ 为“海拔高程”因子的模糊隶属度, $DistanceW$ 为“平水位鄱阳湖边界距离”的模糊隶属度. 另外, 从地理学角度来看, 土壤条件和土地利用状况是密不可分的, 这两个地理因子有着其内在的

表 5 TM 非监督分类光谱类与钉螺出现的关系知识库

光谱类族	所占百分比	光谱类族	所占百分比	光谱类族	所占百分比
Cluster 10	0.0210	Cluster 7	0.0290	Cluster 12	0.0080
Cluster 3	0.0370	Cluster 6	0.0270	Cluster 9	0.0300
Cluster 2	0.0660	Cluster 11	0.2200	Cluster 8	0.0700
Cluster 4	0.1990	Cluster 5	0.0340	Cluster 1	0.2600

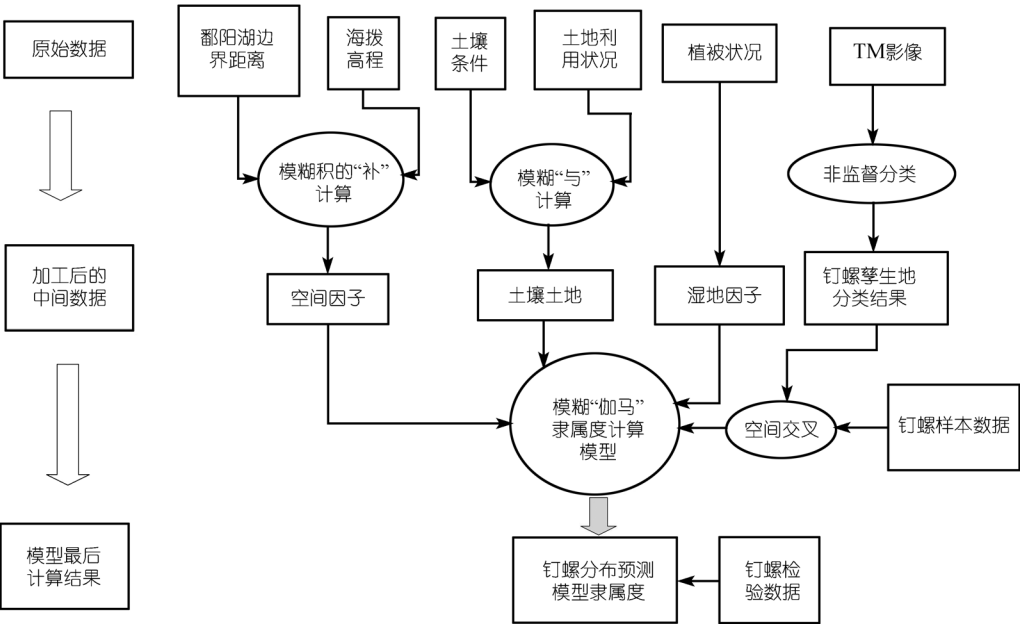


图 1 鄱阳湖区知识驱动的钉螺分布预测模型框架图

联系,存在着较大的信息冗余,于是决定将这两个地理因子合并为一类,叫“土壤土地”.参照式(1),采用模糊“与”计算,计算式为:

$$W_{\text{soiland}} = \min(\text{Soil}W, \text{Landuse}W), \quad (7)$$

式中 W_{soiland} 为“土壤土地”因子的钉螺出现模糊隶属度, $\text{Soil}W$ 为“土壤条件”因子的钉螺出现模糊隶属度, $\text{Landuse}W$ 为“土地利用”因子的模糊隶属度, $\min$ 表示取最小. (2) 总模型计算. 参照式(5), 采用模糊“伽马”模糊隶属度模型, 钉螺出现的总模糊隶属度计算公式为:

$$W_{\text{total}} = [(1 - (1 - W_{\text{space}}) \times (1 - W_{\text{soiland}}) \times (1 - \text{Wetland}W) \times (1 - \text{TM}w))^{0.85} \times (W_{\text{space}} \times W_{\text{soiland}} \times \text{Wetland}W \times \text{TM}w)^{0.15}], \quad (8)$$

式中 $\text{Wetland}W$ 为“湿地条件”的钉螺出现模糊隶属度, $\text{TM}w$ 为用 TM 遥感影像进行非监督分类结果

的钉螺出现模糊隶属度, W_{total} 是钉螺出现的总模糊隶属度, 其他符号的含义与式(7)与(8)相同, 结果见图 2.

3.3 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测结果的评估

本研究的目的是利用遥感影像, 加上其他 GIS 专题地理数据, 根据已有的有关钉螺孳生环境与地理因子的空间关系知识及研究成果和模糊隶属度组合算法, 构造一个“知识驱动的钉螺分布预测模型”, 进行鄱阳湖区域钉螺空间分布的预测. 计算结果与遥感中模糊分类的结果(比如遥感软件 eCognition 的分类结果)非常类似. 对于模糊分类结果的检验, 最理想应该是: 钉螺样本检验数据组的模糊隶属度集中在模糊隶属度值域的数值高端, 即计算得到的模糊隶属度越高, 钉螺出现的概率越大.

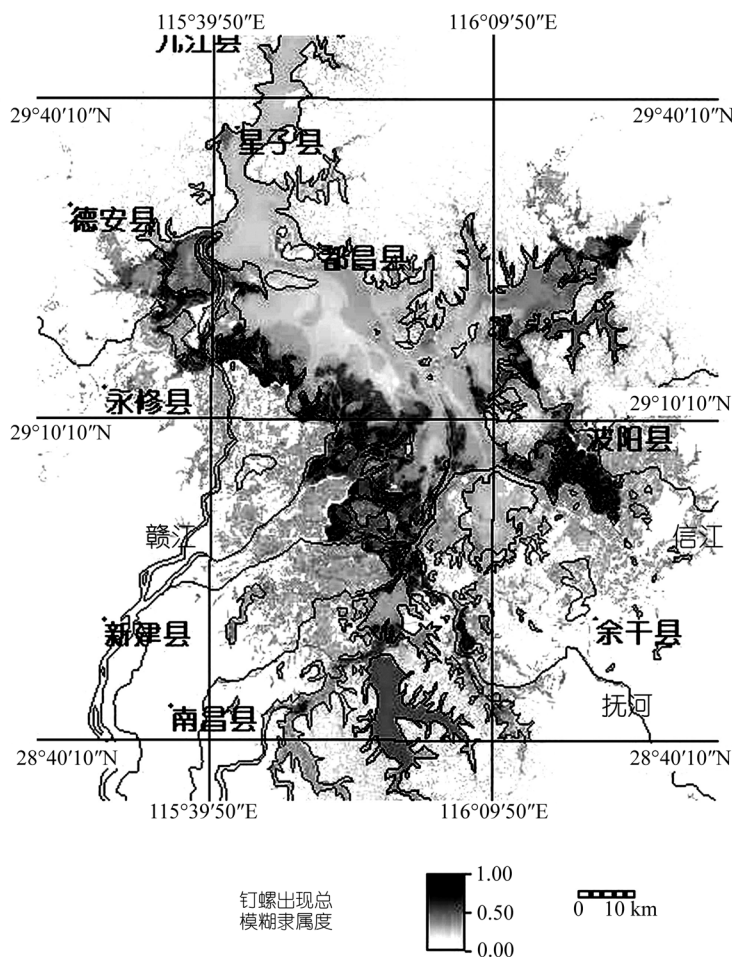


图2 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测模糊隶属度图

用钉螺的检验数据组对上述模型进行有效性检验. 具体操作是: 首先将最后计算得到的钉螺出现总模糊隶属度乘以-1, 目的是检验计算得到的总模糊隶属度从高到低排列的“总栅格数目的累积百分比例”和钉螺出现栅格数目的累积百分比例(因为一般 GIS 软件的表格操作都是从低到高进行累加的)的关系, 观察随着总模糊隶属度从高到低下降, 钉螺出现的钉螺检验数据组中到底有“多高”百分比的钉螺数据出现在“多低”百分比的总栅格数目中. 再将钉螺出现总模糊隶属度图层与检验数据组钉螺样本数据进行空间交叉, 在空间交叉表中, 先将有关螺点的检验数据进行累加(对应于总模糊隶属度由高到低), 求出每个累加点的钉螺数占全部检验钉螺数据的累积百分比例; 同时对相应的总模糊隶属度值对应的总栅格数目进行同样操作, 得到每个累加点栅格累计数与总栅格数的百分比例; 最后将“钉螺数占全部检验钉螺数的累积百分比例”与“每个累加点栅格累计数与总栅格数的百分比例”分别作为 X 轴与 Y 轴, 绘制随着总模糊隶属度由高到低下降, “出现的钉螺数/全部检验钉螺数-模糊隶属度由高到低累积的栅格数/总栅格数”的关系曲线, 结果见图 3.

由图 3 看到, 随着总模糊隶属度由高到低变化, 在 10% 的模糊隶属度高值区的栅格数中, 检验数据中出现的钉螺比例达到 81% 左右, 说明所建模型对预测钉螺出现非常有效. 如果检验数据中的很多钉螺点的总模糊隶属度很低, 那么钉螺出现比例要达

到 81% 所对应的模糊隶属度累积栅格比例将会很大; 如果是 81% 时, 就说明是随机分布的了, 这时, 上述模型中考虑的所有地理因子与“钉螺出现与否”没有关系, 完全是随机原因造成的. 计算结果中每一个像元的钉螺出现的概率不是一般的遥感分类结果的“非 1 即 0”, 而是介于 0 与 1 之间的一个模糊值, 值越大, 钉螺出现的可能性越大.

4 小结与讨论

“钉螺孳生环境”在遥感影像上一般无法形成一个单独的“光谱族”, “钉螺出现与否”除了与植被条件有关外, 还与局部土壤、高程及水文等多种地理环境条件因子有关. 本研究用模糊组合规则将 TM 遥感影像与 GIS 专题数据(DEM、鄱阳湖边界、植被、土壤、土地利用)结合起来, 运用地球信息技术和知识驱动的地理建模方法, 进行了鄱阳湖区钉螺空间分布的预测. 尽管研究的计算结果比较满意, 但随着今后 GIS 专题数据空间精度的提高和方法模型的改进, 计算结果还有提高的空间. 因此, 该研究还是这方面的一个初探性工作, 今后还需要国际国内有关领域研究者的不断提升.

知识驱动的地理建模方法的技术难点和研究方向对于不同的地学问题是不一样的. 对于本研究“钉螺出现与否”的问题而言, 技术难点和研究方向考虑主要有 2 个方面: 一是如何确定不同 GIS 专题数据层与“钉螺出现与否”的关系知识库. 今后研究方向应

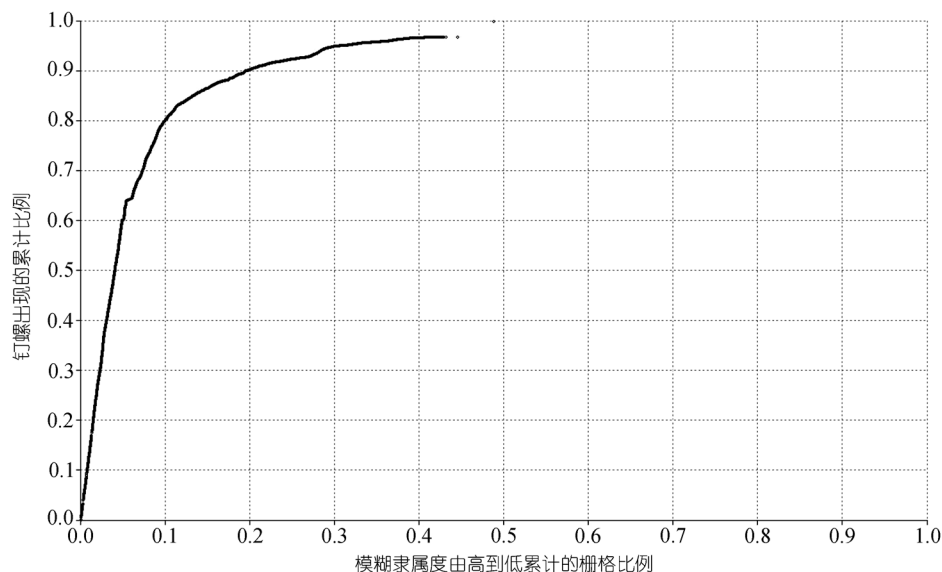


图 3 钉螺出现累积比例/模糊隶属度由高到低累积的栅格比例关系图

该考虑如何提高各有关 GIS 专题数据的空间精度和进行各 GIS 专题要素与“钉螺出现与否”的定量关系研究。二是选择什么样的模糊组合规则,尽可能去除冗余信息,并将与“钉螺出现与否”有关的各 GIS 专题数据用适当的数学算子进行模型计算。今后研究方向应加强钉螺孳生环境的地理因子的空间组合和综合研究。

致谢 本研究所用的土地利用、湿地植被、土壤数据来自中国科学院地理科学与资源研究所,其中土壤数据由中国科学院南京土壤研究所提供,鄱阳湖及附近水系边界数据来源于中国国家测绘局公布的中国二级水系分布图。

参 考 文 献

- 1 林涛,姜庆五,张世清,等. 遥感图像对江滩型血吸虫病疫区分类研究. 中华预防医学杂志, 2000(5): 263—265
- 2 郭家钢,林丹丹,胡广汗,等. 应用遥感技术快速确定鄱阳湖区钉螺孳生地的研究. 中华流行病学杂志, 2002, 23(2): 99—101
- 3 姜庆五,林丹丹,刘健翔,等. 应用卫星图像对江西省蚌湖钉螺孳生草洲植被的分类研究. 中华流行病学杂志, 2001, 22(2): 114—115
- 4 林丹丹,周晓农,刘跃民,等. 鄱阳湖区应用卫星遥感资料预测1998年洪水后钉螺分布状况. 中国血吸虫病防治杂志, 2002, 14(2): 119—121
- 5 张世清,姜庆五,汪天平,等. 遥感技术用于洲滩型血吸虫病流行区钉螺孳生地生态的监测. 中华预防医学杂志, 2003, 37(5): 31—35
- 6 张波,张治英,徐德忠,等. MODIS遥感图像在江宁县江滩钉螺分布研究中的应用. 中华流行病学杂志, 2003, 24(4): 257—260
- 7 Bonham-Carter Graeme F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS. Ontario: Delta Printing Ltd, 1994. 267—332 (Hardcover)
- 8 《鄱阳湖研究》编委会. 鄱阳湖研究. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 15—20
- 9 An P, Moon WM, Bonham-Carter G F. On a knowledge-based approach of integrating remote sensing, geophysical and geological information. In: Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Houston: IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, 1992. 34—38
- 10 Zimmermann H J. Fuzzy set theory and its applications, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston-Dordrecht-Lancaster, 1985. 363
- 11 ERDAS Inc. Atlanta, Georgia: ERDAS IMAGINE Tour Guides, 2003. 543—578
- 12 Griffiths C M. An example of the use of fuzzy-set based pattern recognition approach to the problem of strata recognition from drilling response. In: Aminzadeh F, ed. Handbook of geophysical Exploration, Section I: Seismic Prospecting, Volume 20: Pattern recognition and image Processing. London-Amsterdam: Geophysical Press, 1987. 504—538
- 13 宁安,陈年高,钟久河,等. 鄱阳湖洲滩钉螺分布与水位变化的关系. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15(6): 429—433
- 14 林丹丹,张绍基. 鄱阳湖区地理环境与血吸虫病传播. 中华流行病学杂志, 2002, 23(2): 90—93
- 15 袁鸿昌,张邵基,姜庆五. 血吸虫防治理论与实践. 上海: 复旦大学出版社, 2003. 123
- 16 许发森,钱晓洪,文松,等. 安宁河流域植物、土壤特征与钉螺分布的关系. 四川动物, 1999, 18(2): 62—63
- 17 吴文谱. 鄱阳湖草滩植被与钉螺分布的初步调查. 江西大学学报(自然科学版), 1978, (2): 77—83
- 18 钱晓红,杨筠,陈琳,等. 安宁河流域钉螺孳生地微环境理化因素研究. 现代预防医学, 2000, 27(1): 15—17
- 19 张治英,孙志东,徐德忠,等. 应用地理信息系统对江宁县钉螺孳生地环境特征的分析. 疾病控制杂志, 2004, 8(1): 16—18