

附 录 A
(资料性附录)
全国生态系统分类体系表

I 级代码	I 级分类	II 级代码	II 级分类
1	森林生态系统	11	阔叶林
		12	针叶林
		13	针阔混交林
		14	稀疏林
2	灌丛生态系统	21	阔叶灌丛
		22	针叶灌丛
		23	稀疏灌丛
3	草地生态系统	31	草甸
		32	草原
		33	草丛
		34	稀疏草地
4	湿地生态系统	41	沼泽
		42	湖泊
		43	河流
5	农田生态系统	51	耕地
		52	园地
6	城镇生态系统	61	居住地
		62	城市绿地
		63	工矿交通
7	荒漠生态系统	71	沙漠
		72	沙地
		73	盐碱地
8	其他	81	冰川/永久积雪
		82	裸地

附录 B
(规范性附录)
遥感关键生态参数计算方法

B.1 叶面积指数 (LAI)

叶面积指数 (leaf area index, LAI) 反映一个生态系统中单位面积上的叶面积大小, 是模拟陆地生态系统、水热循环和生物地球化学循环的重要参数。目前基于光学数据获取叶面积指数的方法主要包括两类, 一类是统计方法, 常用的是建立叶面积指数与植被指数之间经验或半经验关系; 一类是基于辐射传输模型的遥感反演方法。

(1) 统计法

经验模型法是常用的统计方法, 该方法是用植被指数估算叶面积指数, 一般过程是建立植被指数和叶面积指数的经验关系, 并使用观测数据进行拟合, 再使用拟合好的模型估算叶面积指数, 常用表达叶面积指数和植被指数的经验关系主要有以下几种形式:

$$L = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D \quad (\text{B.1})$$

$$L = A + Bx^c \quad (\text{B.2})$$

$$L = -1/2A \ln(1-x) \quad (\text{B.3})$$

式中: L ——叶面积指数;

x ——从遥感数据获取的植被指数或反射率;

A 、 B 、 C 和 D ——经验参数, 随着植被类型变化。

(2) 冠层模型

冠层模型通常可划分为四类: 参数模型、几何光学模型、混合介质模型和计算机模拟模型。这些模型已在冠层形态和光学特征估算中得到广泛应用, 目前基于冠层模型估算叶面积指数常采用反演优化算法、神经网络技术、遗传算法、贝叶斯网络算法和查找表方法等, 可根据评估区域和所具备的实际条件选择合适的模型和方法估算叶面积指数。

B.2 植被覆盖度 (FVC)

植被覆盖度 (fractional vegetation cover, FVC) 量化了植被的茂密程度, 反映了植被的生长态势, 是描述生态系统的重要基础数据, 被广泛运用于水文、生态、气候、大气污染等研究领域。遥感由于其大范围的数据获取和连续观测能力已成为估算植被覆盖度的主要技术手段。基于遥感的植被覆盖度估算方法主要有以下几种:

(1) 回归 (统计) 模型法

回归 (统计) 模型法是通过将遥感数据的某一波段、波段组合或利用遥感数据计算的植被指数如归一化植被指数、土壤调节植被指数等与植被覆盖度进行回归分析, 建立经验估算模型。线性回归模型通过地面测量的植被覆盖度与遥感图像的波段或植被指数进行线性回归得到研究区域的估算模型; 非线性回归模型法主要是通过将遥感数据的波段或植被指数与植被覆盖度进行拟合, 得到非线性回归模型。

(2) 混合像元分解法

遥感图像中每个像元一般由多个组分构成，每个组分对传感器观测到的信息都有贡献，可由此建立像元分解模型进行植被覆盖度的估算。混合像元分解模型主要有线性模型、概率模型、几何光学模型、随机几何模型和模糊分析模型等，其中线性分解模型应用最为广泛。线性像元分解法中最常用的是像元二分模型，是指假定像元由植被和非植被两部分构成，光谱信息为这两个组分的线性组合。计算获得的植被覆盖所占像元比例即为该像元的植被覆盖度，计算方法如下：

$$FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (B.4)$$

式中：FVC——像元植被覆盖度；

NDVI——混合像元的 NDVI 值；

NDVI_{soil}——纯裸土覆盖像元的 NDVI 值；

NDVI_{veg}——纯植被覆盖像元的 NDVI 值。

由于受土壤、植被类型等因素的影响，目前 NDVI_{soil} 和 NDVI_{veg} 主要通过对图像的统计分析确定，如直接将图像中 NDVI 的最大值和最小值分别作为纯植被覆盖和纯裸土覆盖的 NDVI 值。

(3) 机器学习法

随着计算机技术的发展，机器学习法被广泛应用到植被覆盖度的估算中，包括神经网络、决策树、支持向量机等。机器学习方法的步骤一般为确定训练样本、训练模型和估算植被覆盖度。根据训练样本选取的不同，机器学习方法分为基于遥感影像分类和基于辐射传输模型两大类。

基于遥感影像分类的方法首先采用高空间分辨率数据进行分类，区分出植被和非植被，再将分类结果聚合到低空间分辨率尺度，计算低空间分辨率像元中植被的比例作为训练样本，训练机器学习模型，进而估算植被覆盖度。

基于辐射传输模型的方法首先由辐射传输模型模拟出不同参数情况下的光谱反射率值，再根据传感器的光谱响应函数将模拟的光谱反射率值重采样，不同的参数和模拟的波段值作为训练样本对机器学习模型进行训练。机器学习方法的关键在于训练样本的选择，要确保准确性和代表性。

(4) 其他方法

除了上述常用植被覆盖度遥感估算方法，主要还有物理模型法、光谱梯度差法、FCD（forest canopy density）分级法等。

植被覆盖度估算可根据评估区域特点和已有条件选择适用的估算方法。

B.3 总初级生产力（GPP）

总初级生产力（gross primary productivity, GPP）指在单位时间和单位面积上，绿色植物通过光合作用所固定的有机碳总量。陆地总初级生产力是描述陆地生态系统的重要参数，提供了全球气候变化情况下碳循环的量化描述。

目前通用的估测总初级生产力方法主要有通量站连续观测、陆地生态过程模型估测等方法。通量站连续观测是利用涡度相关法测量大气与生态系统边界的交换，包括碳、水等物质，从而间接计算出生态系统总初级生产力的量。涡度相关技术实现了定量连续测量陆地生物圈-大气圈碳和水汽交换，是在生态系统尺度上解释陆气交换作用的最有效方法。陆地生态过程模型则是结合陆地表面过程、植被冠层生理等生态系统过程要素开发出的模型。结合遥感数据的 GPP 估测模型实现了空间连续、不破坏植被的植被总初级生产力估测。遥感估测总初级生产力模型主要分为 3 类：经验型植被指数模型、植被生态过程模型及机器学习模型，可根据评估区域和所具备的实际条件选择合适的模型和方法估算总初级生产力。