

文章编号: 1007-4619 (2003) 01-0058-08

# 基于多源空间数据的中国生态环境综合评价与分析

张增祥, 杨存建, 田光进

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘要:** 利用多种来源的不同专题空间数据, 通过建立生态环境背景指标体系, 采用空间叠加分析方法, 实现了大范围的生态环境状况的综合评价。通过计算生态环境背景指数, 以数值方式比较全面、系统地反映了我国生态环境背景的整体特点以及区域差异, 可以直接进行全国生态环境背景状况的区域对比研究和主要影响因素分析, 而且为进一步开展时间序列动态变化监测, 以及开展针对区域特点的深入研究提供支持。

**关键词:** 空间数据; 中国; 生态环境; 综合评价

**中图分类号:** TP79      **文献标识码:** A

## 1 引言

合理的资源利用与良好的区域生态环境是实现社会经济可持续发展的重要基础条件。我国很多地区生态环境脆弱, 近年来生态环境恶化的趋势尚未得到有效遏止, 以灾害为主要表现形式的各种生态环境问题对于我国国民经济的长期、稳定发展的制约作用愈益明显, 资源环境利用效益降低、区域环境受到不利影响、各种灾害频繁发生等问题受到普遍重视。1999年3月13日, 中共中央在北京人民大会堂召开人口、资源、环境工作座谈会, 首次提出将人口、资源、环境并列为三大国策。2000年, 国家计委组织有关部门制定了《全国生态环境建设规划》并经国务院常务会议讨论通过后予以实施。规划中明确提出从我国生态环境保护 and 建设的实际出发, 对全国陆地生态环境建设的一些重要方面进行规划, 主要包括: 天然林等自然资源保护、植树种草、水土保持、防治荒漠化、草原建设、生态农业等。为了逐步实现可持续发展战略, 急需对于全国生态环境背景开展多方位数据支持下的空间特征综合研究。

随着我国人口的持续增长和社会经济的快速发展, 对于资源的利用强度不断增大, 水土流失、荒漠

化土地扩大、天然植被和生物多样性遭到破坏、灾害加剧等一系列资源环境问题仍然存在, 在部分地区甚至有加剧趋势。局部改善、整体恶化是我国生态环境演变的基本特点<sup>[1]</sup>。

我国的生态环境及其变化特点研究, 随着遥感和地理信息系统技术的发展与应用, 空间数据信息的获取、处理、分析等技术方法不断改进, 在调查、监测、评价等方面受到了越来越广泛的重视。20世纪70年代末期开展的天津市环境研究, 利用航空遥感技术完成了生态环境多要素的系列制图工作。卫星遥感技术进入我国初期, 即应用于对生态环境的研究, 如腾冲遥感试验, 西藏中部地区生态环境遥感监测<sup>[2]</sup>, 资源环境遥感宏观调查与动态研究<sup>[3]</sup>, 国家级基本资源与环境遥感动态服务系统建设等工作, 均进行了大量的生态环境监测、评价研究。技术方法已经由初期针对生态环境状况某一方面的单要素调查、监测, 逐步发展到利用多种数据支持的综合评价, 并逐步开始建立区域性的生态环境综合评价指标体系<sup>[4,5]</sup>, 以数值分析的方法描述生态环境状况<sup>[6,7]</sup>。目前, 正在向开展全国范围的生态环境综合评价方面发展。

资源与环境互为依存、互为因果<sup>[8]</sup>。生态环境条件是决定土地资源质量的重要方面, 对于经济发

收稿日期: 2001-07-30; 修订日期: 2001-10-11

基金项目: 本文得到国家“九五”科技攻关项目 96-B02-01 课题和中国科学院遥感应用研究所知识创新课题 CX000009 等的支持, 中国农业科学院农业自然资源 and 农业区划研究所徐斌博士和国家卫星气象中心黄笠研究员参加了基础数据的计算工作。

作者简介: 张增祥(1963—), 男, 1985年毕业于北京大学地理系, 理学硕士。现为中国科学院遥感应用研究所研究员。长期从事资源环境遥感应用研究工作, 在土地利用、土壤侵蚀、生态环境综合评价与监测等遥感应用方面取得了多项成果, 先后多次获得国家 and 院部级科技进步奖 and 优秀成果奖, 累计发表论文 40 余篇, 主编 and 参加了 5 部著作的撰写。

展具有明显的和长期的影响。同时, 一个区域的生态环境状况受多方面自然因素和人类活动的影响, 本文主要利用反映自然环境特点的空间数据信息, 通过采用空间叠加的综合分析方法, 了解我国生态环境的整体空间特征, 为保护和改善区域生态环境制定政策法规提供综合的空间信息支持, 使其更具针对性、合理性, 对于逐步实现社会、经济和生态效益的兼顾具有积极作用。

## 2 指标选择

生态环境的基本特点包括其综合性、空间性及其时间稳定性等。一个区域的生态环境的形成与演变受区域生态条件、资源基础和社会经济发展水平等一系列外部因素的影响, 降水和温度及其分布、植被发育及其群落结构、基本地形特点和空间格局等直接影响区域环境的稳定性和自然平衡能力, 是资源发生的基础条件, 并通过人类活动对于资源的利用而反作用于区域生态环境的变化, 进一步影响区域社会经济发展, 是构成生态环境的基本要素。生态环境综合评价中, 对各种自然环境要素进行系统分析, 筛选影响显著并相对独立的主要指标构成评价指标体系, 以多方位的空间信息了解生态环境的空间特点。

适宜的水与热量是一切生物生存繁衍的根本条件, 也是大量的非生物资源形成与发展的主要影响因素, 不同地区具有的不同水热条件基本上决定了一个区域的生态环境状况。

就我国而言, 幅员辽阔, 地形复杂。受其影响, 相似的水热条件在不同地区的表现具有显著差异, 所孕育的区域生态环境状况显著不同。由于我国基本地形的阶梯特点, 以及所处的地理位置, 季风气候显著, 对于水热条件进行了再分配, 这也是影响我国生态环境的主要因素之一。

遥感与 GIS 技术的发展极大地促进了对于大区域的植被生长状况的研究, 植被指数已经成为研究大区域植被生长的主要因子, 得到了广泛应用。一个区域的植被发育和演化, 以其种类构成、群落特征及其生态发育特点, 反映了区域生态环境的整体作用的影响结果, 可以认为是区域生态环境状况的指示要素。

鉴于上述, 并考虑目前条件下数据的可获取性等, 生态环境背景研究中, 选择了降水、温度、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$  和  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温、干燥度和湿润系数、归一化植被指数、坡度、坡向以及海拔高度等 9 个自然要素(表 1), 从水热条件、地形地势和植被发育等 3 个方面来评价生态环境的综合状况。

表 1 我国生态环境背景综合评价指标体系

Table 1 The factors to evaluate environment of China

目 标	一级指标	二级指标	数据来源
生态环境背景数值分析	地形特征	海拔高度	1:100 万 DEM
		坡度	1:25 万 DEM
		坡向	1:100 万 DEM
	水热条件	多年平均降水量	观测数据空间化
		多年平均干燥度或湿润指数	观测数据空间化
		多年平均温度	观测数据空间化
		多年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温	观测数据空间化
		多年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温	观测数据空间化
	地表植被	NDVI 最大值	遥感数据

## 3 技术方法

需要获取的空间数据信息主要包括测量、观测与遥感数据。这些空间信息是一种具有明确空间地理位置, 而且能够实现对区域内任一点的完整覆盖的数据。数据信息可以支持对空间区域的数值分

析, 并使结果落实到空间区域任一点。因而, 各个指标的选择以其空间数据信息的可获取性为主要标志, 依靠其具有的准确空间位置信息和空间区域覆盖能力, 反映全国各区域的差异和整体规律。

评价结果突出综合性和数值化。以综合性反映生态环境背景的整体状况, 而非不同的指标单独分析生态环境某一方面的特点。数值化结果不仅可以

提高全国各区域之间的可比性,而且有助于为动态分析奠定基础,以数值结果全面实现区域生态环境背景时空特征的系统分析。

生态环境背景的综合评价依照空间叠加分析的方法实现(图 1)。

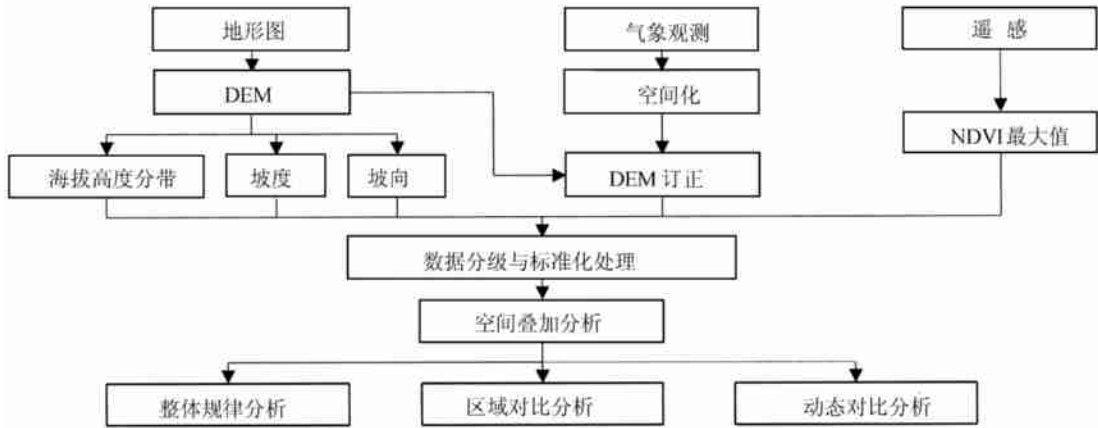


图 1 生态环境背景综合评价流程区域对比分析

Fig. 1 Environment Evaluation Technological Process

### 3.1 数据获取

根据指标体系,分专题获取 9 个要素的空间数据,数据来源包括地面定点观测、地表测量、对地观测等。

#### (1) 海拔高度、坡度和坡向

以 1:100 万和 1:25 万比例尺 DEM 数据为基础,利用 ARC/INFO 软件,建立全国海拔高度的 GRID 数据集,计算海拔高程分带、坡向、坡度等,生成专题数据层面,以用于反映全国地形的宏观规律特征。海拔高程分带考虑了我国的基本地势特点,以及不同地貌分类中普遍采用的各高程值,按照  $< 0\text{m}$ 、 $0-200\text{m}$ 、 $200-500\text{m}$ 、 $500-600\text{m}$ 、 $600-1000\text{m}$ 、 $1000-3500\text{m}$ 、 $3500-4000\text{m}$ 、 $4000-5000\text{m}$  和  $> 5000\text{m}$  等不等距划分为 9 个高程带。坡高分级采用目前常用的分级方法,共计包括  $< 5^\circ$ 、 $5-8^\circ$ 、 $8-15^\circ$ 、 $15-25^\circ$ 、 $25-35^\circ$  和  $> 35^\circ$  等 6 级。 $360^\circ$  坡向采用  $45^\circ$  的间距等分,包括平坦地区共划分 9 个等级。

#### (2) 温度、湿度层面的生成

以气象和气候观测数据为基本数据源,采用了 1915 个站点的资料,最短时间跨度为 10 年。青藏高原和塔克拉玛干沙漠腹地等无气象台站的地区,从气候图集上逐点逐月进行读取,增加了插值的控制点,这些缺乏气象台站实测数据的地区不存在大的偏差。

各种观测数据在 ARC/INFO 中转为矢量图层 (Coverage), 并利用反向距离加权平均的方法内插

算出全国多年平均气温、多年平均降水量、 $\geq 0^\circ\text{C}$  积温、 $\geq 10^\circ\text{C}$  积温、干燥度和湿润系数。

山地占有我国 60% 以上的区域,山区的水热分配在很大程度上受到地形的影响。在 DEM 数据支持下,以海拔高度每上升 100m 气温降低  $0.6^\circ\text{C}$  的温度递减率,对多年平均气温、 $\geq 0^\circ\text{C}$  积温、 $\geq 10^\circ\text{C}$  积温等进行了高度影响校正。其中  $\geq 0^\circ\text{C}$  积温和  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温是根据 DEM 校正的各观测站点的月平均气象数据插值后计算而得到的。与直接插值相比,DEM 校正的数据与实际情况更为相符。

根据不同气候带内耕作习惯和农业构成特点, $\geq 0^\circ\text{C}$  积温不等距划分为 15 个等级, $\geq 10^\circ\text{C}$  积温划分为 9 个等级。DEM 校正的多年平均温度划分为 11 个等级,平均降水量划分为 6 个等级。根据中国自然区划和气候资源概论<sup>[9,10]</sup> 等,干燥度划分为  $< 0.5$ 、 $0.5-1.0$ 、 $1.0-1.5$ 、 $1.5-2.5$ 、 $2.5-4.0$  和  $> 4.0$  等 6 个等级(表 2)。

#### (3) 归一化植被指数最大值

归一化植被指数  $NDVI$  对于了解植被生长状况非常有用,也是生态环境状况的直接反映。 $NDVI$  植被指数主要依靠 NOAA 卫星的 AVHRR 数据生成。所采用的 NOAA/AVHRR 数据时段为 1997 年春季至 1999 年春季共 9 个季相的最小云量中国影像数据集。首先生成全国各月的  $NDVI$  数据,季节性  $NDVI$  在分月结果基础上形成,以便保证  $NDVI$  数据的适用性。全国范围的  $NDVI$  最大值和生成基于每个季节中最低云量时相的图像数据,基本可以认为是该

表 2 主要水分与热量指标分级

Table 2 Classifying factors about precipitation and temperature condition

级别代码	$\geq 0^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	干燥度	湿润指数	平均降水量	平均气温
1	< 500	< 1700	< 0.5	< -60.0	< 250	< -20
2	500—1500	1700—3500	0.5—1.0	-60.0—-30.0	250—400	-20—15
3	1500—2100	3500—4500	1.0—1.5	-30.0—-15.0	400—800	-15—10
4	2100—3000	4500—5300	1.5—2.0	-15.0—0	800—1000	-10—5
5	3000—3900	5300—6500	2.0—4.0	0—40.0	1000—1600	-5—0
6	3900—4000	6500—8000	> 4.0	40.0—80.0	> 1600	0—5
7	4000—5500	8000—8500		> 80.0		5—10
8	5500—5700	8500—9000				10—15
9	5700—6000	> 9000				15—20
10	6000—6100					20—25
11	6100—7000					> 25
12	7000—8200					
13	8200—9000					
14	9000—10000					
15	> 10000					

时间段内全国各地植被生长最佳时的  $NDVI$ 。一般而言, 小于 0.1 的  $NDVI$  值的植被划分意义不大, 但在原始数据中仍然保留 0.1—0.1 之间的  $NDVI$  灰阶。同时, 大于 0.6 的  $NDVI$  值的出现区域范围和持续时间非常有限, 不对 0.6 以上的  $NDVI$  值作进一步划分。 $NDVI$  数据共计划分 8 个不同的等级。

### 3.2 数据制备

进行多专题空间数据叠加的数值分析, 必须首先进行各种数据的一致化和标准化处理。

数据的一致化包括统一坐标系统的建立和数据格式转换。分析中采用 Albers 双标准纬线等面积圆锥投影方式, 分专题建立各数据集的坐标系统, 保证各数据覆盖相同的空间区域。

数据的分级标准化和栅格化。由于各个生态环境专题要素具有不同的量纲, 真实数值差异很大, 无法直接进行综合计算, 需要通过标准化处理形成无量纲的数据结果。原则上规定, 对于分级后的专题数据, 凡是具有积极环境意义的级别, 要保证在其所属的专题要素中具有较大的标准化值, 反之亦然。对于植被而言, 较大的植被指数一般认为比较小的植被指数反映了植被生长更为良好, 有利于区域生态环境, 即具有较大的标准化值; 较小的坡度易于利用, 也具有较大的标准化值; 较低的海拔高度、有利的坡向、较高的水热状况下, 同样具有较大的标准化值。每一专题指标标准化处理后的分级数值结果规

定在 0—10 之间。

空间叠加分析中, 栅格数据是常用的一种格式。栅格数据集由基本网格组成, 每个网格具有唯一的行和列标识, 通过网格的空间位置来代表不同空间区域。栅格转换包括矢量数据的栅格化, 如地形数据等, 也包括不同大小栅格的统一化, 如 1km 左右的  $NDVI$  栅格数据和地形测量数据、水热观测数据等均需要转换为相同大小的栅格, 实际采用了实地面积  $500\text{m} \times 500\text{m}$  的栅格大小。以栅格为基本分析单元, 计算每一个栅格的生态环境背景综合指数。

### 3.3 生态环境背景空间叠加分析

我国地域辽阔, 自然环境及其社会发展水平具有显著的区域差异, 包括水平分布差异和垂直分布差异。全国生态环境背景综合评价应该兼顾实现全国各区域的可比性以及能够反映不同区域之间的差异。实际上, 各专题要素分别反映生态环境某方面的特点, 不同的自然因素对于全国生态环境状况特点的形成、同一个自然因素在不同区域均具有不同的重要性, 对于形成生态环境特点贡献程度不同, 即具有不同的权系数。权系数代表了单项指标对于整体的贡献程度大小。在考虑各个指标的权系数时, 不仅要求能够反映全国生态环境背景的宏观分异规律, 而且必须针对不同区域的实际状况来确定合理的权系数。为了全国宏观规律的整体分析, 保证不同区域的结果可以对比, 需要各个专题指标的权系

数在全国范围内一致,否则将无法实现区域对比分析和空间分异规律分析。

同时,考虑到不同指标在不同区域的重要程度的差异,同一个指标在不同区域应该具有不同的权系数,需要在全国生态环境整体空间特点的分析基础上,进一步针对区域特点,评价该区域的生态环境状况及其不同指标因素的权重差异。本文主要针对全国宏观规律和区域差异分析的需要,尚不考虑生态环境不同指标间以及同一指标在不同区域间的重要性差异。

空间叠加分析和生态环境背景指数的计算主要在制备完成的各专题空间数据基础上,利用 ARC/INFO 的 GRID 模块建立具有全部这些专题属性的栅格数据文件,在属性数据 VAT 表中的每个栅格都记录了全部 9 个生态环境背景指标因素标准化处理后的结果,采用加权求和的方法,计算每个栅格的生态环境背景指数,这种数值分析方法有利于专题属性的更新和动态对比分析。

加权求和的环境评价结果用下式表示:

$$E_p = \sum_{i=1}^9 k_i * e_i$$

式中,  $E_p$  为第  $p$  个分析单元(栅格)的环境质量指数,  $k_i$  为该分析单元第  $i$  个专题因素标准化处理后的定量值,  $e_i$  为该专题要素对于生态环境背景质量影响重要性的权系数。

在进行全国生态环境背景指数计算时,为了各

区域具有可比性和计算的方便,实际上不考虑 9 个因素的权系数差异,均采用了 1,因此需要对  $E_p$  进行平均计算,即算术平均值。同时,每一个指标要素对全国不同地区的影响程度的差异暂不考虑,待后续开展区域特点分析时予以区分。计算后的生态环境背景指数实际上是位于 0—10 之间的一个数值,代表生态环境背景状况的优劣。根据前面确定的标准化处理原则,数值越大代表相对更好的生态环境状况,实际分析中采用分级表示的方法,将全国生态环境背景状况划分为 10 个等级(图 2,图版 I)。

## 4 中国生态环境基本特点

结果表明,全国陆地及其沿海主要岛屿的生态环境背景状况自东南向西北的表现出越来越差的特点,同一般认为的总体趋势一致。同时,这一计算结果也明显反映了全国生态环境背景状况的区域差异。就全国范围,生态环境背景主要集中在中等及其偏上的 4—8 级区域内,面积比例达 90.59%,相对较差的 3 级以下区占 7.77%,而相对最好的 9 级和 10 级区只占 1.63%(表 3 和图 3)。

一级和二级区域主要出现在新疆、西藏、青海和甘肃西部地区,面积很小,分布比较零星,主要属于昆仑山脉和喜马拉雅山脉等切割剧烈的极高山地,祁连山和天山也有少量分布。

表 3 中国生态环境背景指数分级结果

Table 3 The classified area percentage of environmental quality in China

环境等级	一、二级区	三级区	四级区	五级区	六级区	七级区	八级区	九、十级区
比例/%	0.85	6.92	16.22	23.76	16.12	20.90	13.59	1.63

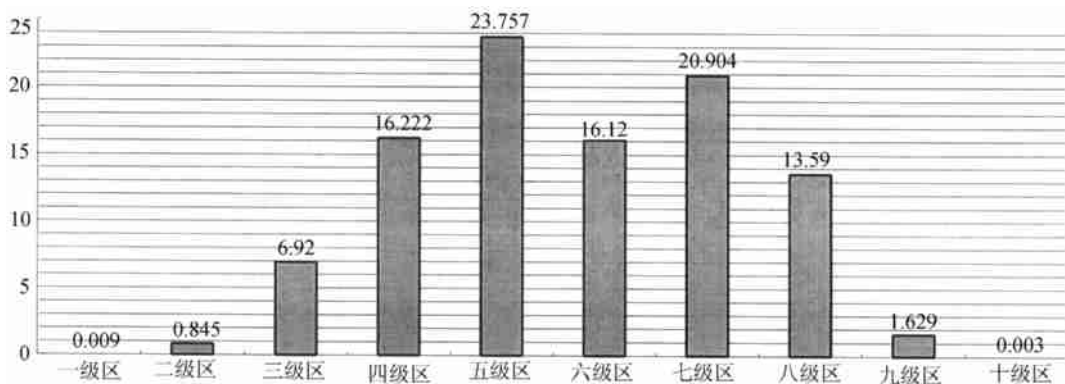


图 3 生态环境背景分级面积百分比比较

Fig. 3 The classified area percentage of environmental quality in China

三级区域有较大规模的连片分布, 仍然集中在我国西部省、区, 如新疆、西藏、青海、内蒙古、甘肃、宁夏等均有大面积分布, 以昆仑山地区的面积最大。部分扩展到我国中部, 河北西北部、陕西和山西北部、四川中西部有零星分布。

四级环境区是我国面积比例较大的类型, 在西南、西北和华北西北部地区有广泛分布, 这一地区有山地、丘陵、盆地等不同地貌形态和裸岩石砾地、低覆盖度草地、沙漠、戈壁等不同的地表覆盖类型, 包括新疆中西部和北部, 西藏中东部, 青海、甘肃、宁夏、内蒙古中东部, 河北西北部, 山西和陕西中北部、四川中西部等区域均有大面积分布, 黑龙江、吉林、辽宁、山东、贵州、云南等省区有零星分布。

五级区域的分布在四级区域外围, 向东和向北有明显面积扩展, 除新疆、西藏、青海、甘肃外, 青藏高原东部、四川盆地以西、秦岭西段、黄土高原和内蒙古高原均出现大面积分布, 这一类型的零星分布区扩大到除海南岛以外的所有其他省、区, 累计总面积占全国面积的 23.76%, 是我国最主要的环境等级区。

六级和七级区域的分布范围进一步东移, 除新疆西北部天山地区外, 我国西部地区已少有出现, 西藏、青海、甘肃东南部, 内蒙古东北部, 陕西中南部和东部各省市自治区是主要分布区, 六级环境区形成自青藏高原东南到大小兴安岭之间的一个连续的带状区域,

其东南侧为七级环境区, 包括了东北、华北和云贵高原的各大区域。这类等级的生态环境区是我国分布范围最广的区域, 在我国 32 个省、市、自治区均有出现。

八级区域主要在我国东南各省, 特别是长江中下游平原和江南丘陵区。西藏东南部、甘肃东南部和内蒙东北部有少量分布, 东北三省只有零星出现, 广大西北地区已基本不出现。

九级以上区域面积很小, 主要在云南、广西、广东、海南、台湾等省区, 贵州、湖南、江西、安徽、浙江、福建、西藏东南部等省区也有非常少的分布, 除雷州半岛、珠江中游、海南岛沿海平原和台湾西侧海滨平原外, 很少有大面积的分布区域。

进一步统计表明(表 4), 湖北、海南、北京、天津、上海、重庆等是生态环境背景境内差异最小的区域, 各自境内只出现了 4 个不同的生态环境等级。西藏由于其巨大的海拔高度和高差, 以及复杂的地形特点, 生态环境状况垂直分异明显, 出现了 8 个等级, 但以五级以下为主, 是我国生态环境背景变化最大和相对最差的区域。

根据对全国及各省、市、自治区总体生态环境背景指数的计算, 全国生态环境背景平均指数为 5.726。低于全国平均指数的包括新疆、西藏、青海、甘肃、宁夏和内蒙古等。东南地区是我国生态环境背景指数最高的地区, 在广东、广西和海南均达到 8.0 以上。

表 4 主要省、市、自治区生态环境背景指数分级比较

Table 4 Main characters of classified environmental index in each province

区域	出现的环境等级区间	主要环境等级区间	总体环境指数	区域	出现的环境等级区间	主要环境等级区间	总体环境指数
新疆	1—7	1—5	4.245	北京	4—7	6—7	6.732
西藏	1—8	1—5	4.293	天津	4—7	6—7	7.037
青海	1—7	2—5	4.553	重庆	5—8	6—7	7.202
甘肃	1—8	3—5	4.972	湖北	5—8	6—7	7.495
内蒙古	2—7	3—5	5.341	上海	5—8	6—7	7.990
宁夏	3—7	3—5	5.131	广西	5—9 级以上	6—8	8.089
山西	3—8	4—6	6.009	湖南	5—9 级以上	6—7	7.567
河北	3—8	4—7	6.518	江西	5—9 级以上	6—7	7.672
四川	3—8	4—7	6.251	安徽	5—9 级以上	6—7	7.735
陕西	4—8	3—8	6.455	江苏	5—9 级以上	6—7	7.892
辽宁	4—8	5—7	6.837	浙江	5—9 级以上	6—7	7.411
吉林	4—8	5—7	6.757	广东	5—9 级以上	7—8	8.042
黑龙江	4—8	5—7	6.733	福建	5—9 级以上	7—8	7.589
河南	4—8	5—7	7.221	台湾	5—9 级以上	7—8	7.613
山东	4—8	5—7	7.086	海南	6—9 级以上	8—9 级以上	8.666
云南	4—9 级以上	6—8	6.861	全国			5.726
贵州	4—9 级以上	6—7	7.042				

## 5 结论与讨论

利用多专题空间叠加分析的方法可以比较综合地了解我国生态环境背景的整体特点及其区域差异。采用数值分析方法,以指数的方式代表生态环境背景状况,有利于进行生态环境背景的区域对比,为后续开展动态监测奠定了基础。

完全采用空间数据的方式,从数据制备到结果分析,均保留了数据信息的空间位置特征,能够了解其数量差异,分析空间分布规律,计算结果保持了非常好的可视效果,提高了成果的实用性。

以栅格为基本分析单元,每一栅格均保留了各个专题指标的全部特征信息,能够针对研究区域内的任一空间位置,可以在分析生态环境背景的区域规律和动态变化时,发现主要影响因素,并且能够方便地实现与土地资源等其它空间数据的叠加分析,为资源利用和环境保护措施的制定与实施提供辅助信息,更具针对性和时效性。

文中工作主要针对我国生态环境背景的综合评价,以分析全国陆地及其主要沿海岛屿范围内的生态环境背景特点为主要目的,需要在今后的工作中针对不同区域特点,开展区域生态环境背景指标因素权重系数研究及其区域特点分析。

### 参 考 文 献 (References)

- [1] Duzheng Ye, *et al.* Cause and Countermeasure of Dust Weather in North China [J]. *ACTA Geographica Sinica*, 2000, **55**(5): 513—521. [叶笃正等, 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策 [J]. *地理学报*, 2000, **55**(5): 513—521.]
- [2] Zengxiang Zhang, *et al.* Integrated Assessment and Dynamic Moni-

toring of Natural Resources and Environment of Central Tibet By Remote Sensing [M]. Astronautics Publishing House, Beijing, 1998, 1, 35—72. [张增祥等, 西藏自治区中部地区资源环境遥感监测与综合评价研究, 宇航出版社, 北京, 1998, 1, 35—72.]

- [3] Jiyuan Liu, *Micro-Scale Survey and Dynamic Study of Natural Resources and Environment of China By Remote Sensing* [M]. Chinese Science & Technology Publishing House, Beijing, 1996, 12, 82—171. [刘纪远, 中国国家资源环境遥感调查与动态研究, 中国科学技术出版社, 北京, 1996, 12, 82—171.]
- [4] Peng Xulong, Zhang Zengxiang, *et al.*, The Integrated Study on Environment Evaluation in Central Tibet by Remote Sensing and GIS, Proceedings of the 4th international symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, University of Karlstad Press, 1997, 203—210.
- [5] Yujie Huang, *et al.* Eco-Environmental Synthetic Evaluation in Mid-Tibet [J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, **18**(4): 318—321. [黄裕婕等, 西藏中部的生态环境综合评价, *山地学报*, 2000, **18**(4): 318—321.]
- [6] Zengxiang Zhang, *et al.* Spatial Information Quantitative Analysis Method on Integrated Assessment and Monitoring of Ecological Environment [J]. *Environmental Science*, 1999, **20**(1): 68—72. [张增祥等, 生态环境综合评价与动态监测的空间信息定量分析方法及应用, *环境科学*, 1999, **20**(1): 68—72.]
- [7] Xiaofeng Chen, *et al.* Digital Environment Model Study Based on GIS [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, **2**(4): 305—309. [陈晓峰等, 基于地理信息系统的数字环境模型研究, *遥感学报*, 1998, **2**(4): 305—309.]
- [8] Honglie Sun (editor in chief), *Chinese Resource Science Encyclopedia* [M]. Chinese Encyclopedia Publishing Company, Petroleum College Publishing House, Beijing, 2000, 3. [孙鸿烈主编, 中国资源科学百科全书 [M]. 中国大百科全书出版社, 石油大学出版社, 北京, 2000年3月.]
- [9] Deng Xianrui, *Introduction to Climate Resources* [M]. East China Normal School Press, Shanghai, 1995. [邓先瑞主编, 气候资源概论, 华中师范大学出版社, 上海, 1995.]
- [10] Qiu Baojian, Lu Qiyao, *Method of Agriculture Climate Region Analysis* [M]. Science Press, Beijing, 1987. [丘宝剑, 卢其饶编著, 农业气候区划及方法 [M]. 科学出版社, 北京, 1987.]

# Comprehensive Assessment and Analysis of China Eco-environment Based on Spatial Data

ZHANG Zeng-xiang, YANG Cun-jian, TIAN Guang-jin

(*Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China*)

**Abstract:** The paper builds the multi-subject spatial database and the numerical analytical method because regional difference of Chinese ecological environment background is prominent. The ecological environment background condition is synthetically appraised and the index is used to reflect the general characteristics and the regional difference by the 9 kinds of spatial raster database i. e. precipitation, accumulative temperature, temperature, slope, aspect, elevation, *NDVI*, the building of the national appraisal index system of ecological environment background and the combined function of the GIS. The ecological environment index is divided into 10 grades. The higher the grade, the better the ecological environment is. The results will be beneficial to compare the regional difference of the ecological environment and to study the dynamic change in time series since it reflects objectively the natural characteristics and regional difference of China.

The average index of Chinese ecological environment is 5.726. The ecological environment index increases and represents the better condition from Northwest to Southeast.

Using the index, the numerical method is built to reflect the ecological environment background and to compare the regional ecological environment background that builds the foundation for future dynamic monitoring.

The feature value of the subject index of every cell by the GRID module of ARC/INFO can be calculated to analyze the regional law and dynamic change and to study the main factors that have the effect on the background. The ancillary information can be supplied to help make decision on the resource exploitation and environmental protection pertinently and simultaneously by overlaying the data with the especially spatial data such as land use data.

**Key words:** spatial data; China; ecological environment; integrated assessment

