

区域人类活动强度定量模型的建立与应用

徐志刚^{1,2,3}, 庄大方¹, 杨琳^{*}

(11 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 21 中国科学院研究生院, 北京 100039;

31 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要: 区域人类活动是生态系统演变发展的重要驱动因子, 定量评价区域人类活动强度是分析区域人类活动对生态系统影响的基础。本文提出了一套将区域人类活动强度量化的方法: 首先, 通过选取人口密度、经济密度、人均国民生产总值、农业产值和普通中学在校学生数等 17 个代表性指标, 构建了在社会、经济和文化三方面反映区域人类活动强度的评价指标体系; 然后, 采用层次分析法获取各指标的权重; 最后, 利用加权法将各指标综合获取区域人类活动量化指数。将本方法应用于中国武川县、蒙古达尔汗乌拉省和俄罗斯扎卡姆斯克地区, 并验证了其有效性。经计算, 2000 年前述三地的区域人类活动指数, 依次为 0178、0154、0116, 即, 自南向北区域人类活动强度逐渐降低; 武川县 20 世纪 80 年代中期、1995 年及 2000 年的区域人类活动指数, 分别为 0137、0150、0178, 即, 区域人类活动强度随时间逐渐增加。通过对三个研究区的自然环境和区域人类活动的梯度分析, 以及武川县区域人类活动的发展过程分析表明, 该方法可有效地定量评价区域人类活动强度, 为区域人类活动强度量化相关研究提供技术支持。

关键词: 区域人类活动; 定量模型; 层次分析法

1 引言

自然环境影响着陆地生态系统的发展和演变, 同时区域人类活动因素也对其起着重要的作用^[1-6]。自然环境影响陆地生态系统空间格局的分布, 以及所提供的基本生态系统服务功能, 在较大的时空尺度上作用于景观, 引起大面积的景观变化; 区域人类活动具有一定社会职能的各种动作的总和, 包括人口、技术、政治经济和文化等因子。自然环境制约着区域人类活动的基本方式、强度和规模, 区域人类活动反过来又影响自然环境。随着人口的增加和现代技术的进步, 区域人类活动对生态系统的影响越来越广泛和深刻。自 20 世纪后期以来, 区域人类活动成为全球生态系统格局、结构和服务功能变化的主要驱动力^[7-8]。因此, 深入了解区域人类活动对景观格局及其动态变化的影响机制, 规范区域人类活动的类型和方式, 对实现生态景观的可持续发展具有科学生产意义。

区域人类活动具有不确定性和复杂性的特点, 由于难以假定原始的自然条件和原始的自然环境, 无法获得自然过程速率的背景值, 因此, 对区域人类活动的定量评价相当困难。早期对区域人类活动的研究多为定性分析方法^[9]。目前, 对区域人类活动强度进行量化的研究还不多见, 也还没有权威的定量模型^[10-11]。本文在国内外研究的基础上, 针对区域人类活动对生态系统的驱动作用, 提出了一套对区域人类活动强度定量评价的方法, 并把该方法应用于中国武川县、蒙古达尔汗乌拉省和俄罗斯扎卡姆斯克地区, 进行自南向北区域人类活动定量指数的空间对比分析, 以及武川县三个时期区域人类活动的时间对比。

2 区域人类活动强度定量模型的建立

区域人类活动强度定量模型是对区域人类活动主要方面的综合量化评价, 是将反映生态系统

收稿日期: 2008-04-15; 修回日期: 2009-07-14

基金项目: 国家科技支撑计划项目: 基于环境一号等国产微型的环境遥感监测关键技术及软件研究(2008BAC34B06); 中国科学院知识创新工程重要方向项目: 主要能源植物规模化种植综合评价(KSCX2-YW-G-036)。

作者简介: 徐志刚(1977-), 男, 吉林松原人, 博士, 主要从事大型空间数据及土地利用方面的研究。E2mail: xuzg@lreis.ac.cn

* 通讯作者简介: 杨琳, 博士, E2mail: yanglin@lreis.ac.cn

区域内区域人类活动的多个指标(方面), 通过建立计算模型, 综合成一个指数的过程^[12]。本文采用国内外常用的权重加权法对指标体系进行综合评价, 即按不同指标所占的权重进行加权, 最后, 得出评判可持续发展的综合指数。

2.1.1 构建区域人类活动强度指标体系

区域人类活动对生态系统的影响具有交互性、持续性、主动性、双向性等特点。对此, 依据区域人类活动的特点及其在生态系统结构变化作用的分析, 可建立区域人类活动主因子的指标体系。

选取区域人类活动因子的指标主要是遵循 4 个基本原则^[13-14]: (1)科学性原则, 即, 选取指标具有明确的内涵, 且意义明确简单, 指标应相互独立且相对稳定, 避免相互包容和高度相关, 尽可能使指标能适应不同的研究尺度; (2)系统性原则, 即, 指标选取力求系统完整, 真实反映各生态系统结构功能变化中, 区域人类活动影响的过程、结果、强度和广度; (3)可比性原则, 即, 所选指标应考虑其可测性、规范性和一致性, 即尽可能使用量化、容易获取、统计口径一致的指标; (4)动态性原则, 即, 选取的指标应适于对比研究, 以反映区域人类活动在生态系统结构变化中的时序性。

指标体系的建立是区域人类活动强度评价的关键。由于区域人类活动强度牵涉到经济、社会、文化三个方面, 每一方面又受到很多因素的制约, 涉及面十分广泛, 靠单一指标难以作出全面客观的评价, 但这也并不意味着指标越多越好。如果把各种因素收集起来, 将会得到庞大的指标体系, 这不仅增加评价的工作量, 而且还会淡化主要指标, 致使评价结果不理想。因此, 我们按照总体思路, 根据区域人类活动影响的方式、区域人类活动驱动作用和区域人类活动的管理因素的分析, 选取容易获取、能最大限度地揭示社会、经济、文化三方面差异的指标, 构建出一套区域人类活动强度的评价指标体系(见图 1)。

(1) 社会因子

1 人口密度: 人口是区域人类活动的首要因素。人口密度是单位面积内的人口数, 是表示人口密集程度的指标。一般把人口的密度分为四个等级:

第一级 人口密集区 > 100 人 / km^2 ;

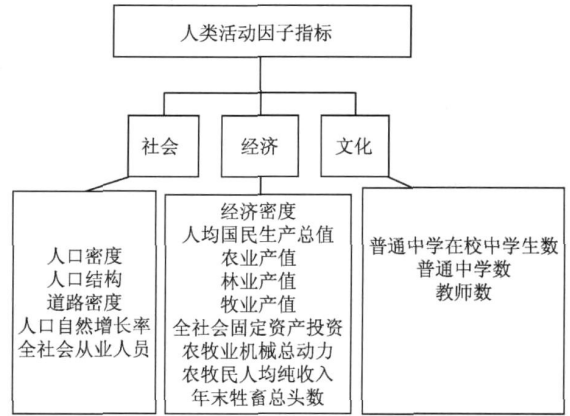


图 1 区域人类活动强度指标体系图

Fig 1 Chart of human activities index system

第二级 人口中等区 25- 100 人 / km^2 ;

第三级 人口稀少区 1- 25 人 / km^2 ;

第四级 人口极稀区 < 1 人 / km^2 。

° 人口结构: 是将人口以不同的标准划分而得到的一种结果。构成这些标准的因素主要包括以下几类: 年龄、性别、人种、民族、宗教、教育程度、职业、收入、家庭人数等。本文所采用的人口结构为农业人口占总人口的比重。一般来说, 通过人口结构可以反映出一个国家或地区的大体的社会经济状况。

» 道路密度: (Density of road network)是指在一定区域内, 道路网的总里程与该区域面积的比值。道路分为公路和铁路, 本文将分别计算公路和铁路密度。

¼ 人口自然增长率: 指一定时期内人口自然增长数(出生人数减死亡人数)与该时期内平均人口数之比, 通常以年为单位计算, 用千分比来表示。它是反映人口自然增长速度的指标。实际上, 人口自然增长率是一定时期的人口出生率减去同期人口死亡率。

½ 全社会从业人员: 全社会从事第一、第二、第三产业的所有人员成为全社会从业人员。

(2) 经济因子

1 经济密度: 指单位面积所承载的经济实力, 本文中经济实力用国内生产总值(GDP)数值来代表, 反映一定区域的生产力水平高低, 是衡量区域环境容量的基础。理论上而言, 经济密度与生产率之间的关系是非常清晰的: 经济密度越高, 知识外溢、劳动力、专业化投入品等集聚效应更强, 从而生产率越高^[15-16]。

° 人均国民生产总值: 国民生产总值是指一个国家(地区)所有常住机构单位在一定时期内(年或季)收入初次分配的最终成果(简称 GNP), 数值上等于国内生产总值(GDP)加上来自国外的劳动报酬和财产收入减去支付给国外的劳动者报酬和财产收入。人均国民生产总值指国民生产总值与人口数量之比, 表明一个国家或一个地区平均每人拥有的最终产品数量。由于这一指标剔除了不同国家和地区人口水平不同的影响, 从而确切地反映了一国的经济发展水平、经济实力以及生活水平、丰裕程度等。

» 农业产值: 农、林、牧业产值是指以货币表现的农、林、牧产品的总量, 它反映一定时期内农林牧业生产总规模和总成果。其计算方法通常是按农林牧渔业产品及其副产品的产量分别乘以各自单位产品价格求得; 少数生产周期较长, 当年没有产品或产品产量不易统计的, 则采用间接方法匡算其产值。本文中农业产值计算包括, 种植业: 从事农作物栽培获得的产品产值; 其他农业: 采集野生植物产值和农民家庭兼营的工商业产值;

¼ 林业产值: 是一个国家或地区在一个时期内(比如一个季度或一年), 由其林业产业所生产的最终产品和劳务价值总量。包括营林产值、采集林产品产值、村及村以下采伐竹木产值。

½ 牧业产值: 指饲养牲畜、家禽产值和出售畜禽产品产值。

¾ 全社会固定资产投资: 全社会固定资产投资, 即是指某个国家或者地区内固定资产投资的数量和范围, 是以价值形式表示的投资建设活动的工作量, 是反映建设规模的综合性指标。全社会固定资产投资是国民经济领域中的一个重要指标, 是国内生产总值的一个重要组成部分。

¿ 农牧业机械总动力: 指主要用于农、牧业的各种动力机械的动力总和。包括耕作机械、排灌机械、收获机械、农产品加工机械、运输机械、植物保护机械、牧业机械。不包括专门用于乡办工业、基本建设、非农业运输、科学实验和教学等非农业生产方面用的动力机械与作业机械。农牧业机械化水平是农牧业生产条件改善的明显标志。

À 农牧民人均纯收入: 农牧民年纯收入与农牧民人数之比为农牧民人均纯收入。一个地区的农牧民人均收入水平受制于多种因素, 例如,

交通地理条件、历史沉积成的各种基础等。

Á 年末牲畜总头数

(3) 文化因子

人口群体是素质和数量的统一, 二者相互联系、相互制约。在一定的社会条件下, 控制人口数量有助于提高人口素质, 而提高人口素质反过来又会促进控制人口数量。人口的文化素质在物质文明和精神文明建设中占有重要地位, 特别是在科技日新月异飞速发展时期, 人口文化素质的提高是促进社会经济迅速发展的条件。衡量一个国家或一个地区的人口文化素质的指标, 主要是受各种教育的人数在总人口中的比重, 如, 科技研究人员的比重, 劳动者的文化构成等。本文选择三个指标来代表文化因子: 即普通中学在校中学生数、普通中学数和教师数。

2.1.2 指标无量纲化

由于所选指标量纲不同, 无法直接进行比较, 因此, 需要对各指标原始数据进行无量纲化。常用的指标无量纲化处理有规格化变换、标准化变换、对数变换和比重法。在这里选择规格化变换, 将各指标原始数据变换为规格化数据, 即对每一指标按一下公式计算:

$$S_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

其中, x_{ij} 为第 i 个指标的第 j 个数据, $i=1, 2, \dots, m$; x_{\min} 为某一指标所有数据中的最小值; x_{\max} 为该指标中所有数据的最大值。

经无量纲化后, 所有数据均转换为 0-1 之间的数值, 可进行进一步的比较分析。

论文所选社会(如人口密度)、经济(如人均 GDP)和文化(如教师数)三个方面对生态系统的过程变化, 具有不同程度的作用, 例如, 人口密度对生态系统空间格局的变化, 具有直接的影响, 而如教师数量因子对生态系统结构和功能的变化则是间接作用的。目前, 对三方面影响程度没有权威的度量标准, 为了体现各因子的不同作用, 在修改稿中采用层次分析法, 结合专家意见得到不同因子的权重。

社会、经济和文化三个方面中所选的指标不可避免地具有一定的重叠性和相关性, 然而, 对于指标数据之间的相关性和相互作用的定量分析, 需要大量的数据支持, 且不在本文研究目标范畴

内。采用层次分析法, 确定不同指标的权重, 可在一定程度上减少指标间的相关作用, 对最终区域人类活动定量结果的影响。

2.1.3 层次分析法确定指标权重

指标权重的确定是区域人类活动强度定量模型建立的另一个关键点。确定权重的方法, 目前较常用的包括经验权数法、专家咨询法、相邻指标比较法、层次分析法、主成分分析法、复相关系数法和变异系数法等^[11, 13, 17]。本文采用层次分析法确定社会、经济和文化因子中各指标的权重, 以及在将三因子综合时各因子的权重。层次分析法 (Analytical Hierarchy Process, 简称 AHP), 是美国匹兹堡大学教授 A. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的一种系统分析方法, 它综合了定性与定量分析, 模拟人的决策思维过程, 具有思路清晰、方法简便、适用面广、系统性强等特点, 是分析多目标、多因素、多准则的复杂大系统的有力工具。层次分析法在多个领域得到广泛应用^[10, 18-19]。

利用层次分析法 (AHP) 确定权重的步骤如下:

(1) 构造判断矩阵

以 A 表示目标或某一准则, $u_i, u_j (i, j = 1, 2, \dots, n)$ 表示影响目标的因素。比较 u_i, u_j 对上一层目标的影响程度, 确定在该层中相对于这一目标所占的比重, 即把 n 个因素对上层某一目标的影响程度排序。将影响因素两两比较得到 u_{ij} , 表示 u_i 对 u_j 的相对重要性数值, 由 u_{ij} 组成 A- U 判断矩阵 P。其中, $u_{ji} = 1/u_{ij}$, 比较时取 1- 9 标度 (表 1)。

表 1 1- 9 标度的意义

Tab1 The meaning of 1~ 9 scale

标度	意义
1	u_i 与 u_j 的影响相同
3	u_i 比 u_j 的影响稍强
5	u_i 比 u_j 的影响强
7	u_i 比 u_j 的影响明显地强
9	u_i 比 u_j 的影响绝对地强
2, 4, 6, 8	为上述两判断级的中间值
1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/7, 1/9	u_i 较 u_j 的影响之比与上述说明相反

(2) 计算重要性排序

根据判断矩阵, 求出其最大特征根 K_{max} 所对应

的特征向量 w, 方程如下:

$$P_w = K_{max}w \tag{2}$$

所求特征向量 w 经归一化, 即为各评价因素的重要性排序, 也就是权重分配。

(3) 一致性检验

为避免其他因素对判断矩阵的干扰, 在实际中要求判断矩阵满足大体上的一致性, 需进行一致性检验。只有通过检验, 才能说明判断矩阵在逻辑上是合理的, 才能继续对结果进行分析。对判断矩阵进行一致性检验, 计算:

$$CR = CI/RI \tag{3}$$

式中, CR (consistency ratio) 为一致性比例。当 $CR < 0.10$ 时, 认为判断矩阵的一致性是可以接受的, 否则应对判断矩阵作适当修正。CI (consistency index) 为一致性指标, 按下式计算:

$$CI = (K_{max} - n) / (n - 1) \tag{4}$$

式中, K_{max} 为判断矩阵的最大特征根; n 为成对比较因子的个数; RI (random index) 为随机一致性指标, 可查表确定, 如表 2 所示。

表 2 随机一致性指标 RI 值

Tab2 The random consistency index (RI)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54

2.1.4 加权法确定区域人类活动强度指数

采用权重加权法对社会、经济和文化三面的指标进行综合评价得到最终的区域人类活动强度量化指数。通过层次分析法可以得到每一方面内所包含的各指标的权重。由于三方面对区域人类活动强度的重要程度不同, 本文仍采用层次分析法确定其权重。最终, 区域人类活动强度指数可用式 (5) 计算:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^3 w_i \# \left(\frac{\sum_{m=1}^m w_{im} \# u_{im}}{\sum_{m=1}^m w_i} \right)}{\sum_{i=1}^3 w_i} \tag{5}$$

其中, H 为最终计算所得区域人类活动强度指数, $i = 1, 2, 3$ 代表社会、经济和文化三个方面, w_i 为三方面影响区域人类活动强度的权重; m 代表第 i 个方面的指标个数, u_{im} 代表第 i 个方面的第 m 个指标, w_{im} 代表其权重。

3 区域人类活动强度定量模型的应用与结果分析

为检验研究方法的有效性, 选择自南向北分布的中国武川县、蒙古达尔汗乌拉省及俄罗斯扎卡缅斯克地区三个研究区, 建立区域人类活动强度定量化模型, 对其作空间上的比较; 并计算武川县 80年代中期、1995年、2000年三个时期的区域人类活动强度指数, 进行区域人类活动强度指数的时序性比较分析。

3.1.1 模型应用研究区背景

本文所选三个研究区的位置示意图如图 2 所示。武川县位于内蒙古自治区中部, 属半干旱、干旱地区, 是典型的农牧交错地带, 总面积约 4 885km²。达尔汗乌拉省 (Дархан-Уул аймаг) 位于蒙古国中北部的森林草原区, 面积约 3 280km², 境内面积的 57.9% 为牧场区, 21.9% 为干草场。首府达尔汗大部分是工业用地, 也是该省 76% 人口的居住地, 同时又是连接亚欧大陆公路和铁路的重要交通枢纽。扎卡缅斯克地区 (Завсхамгайн сум) 位于俄罗斯布里亚特西南部东萨彦山区, 总面积约 15 320km², 森林覆盖率 60%。该区属于广大的贝加尔边缘山地地带, 广泛分布泰加林, 以及部分森林草原。

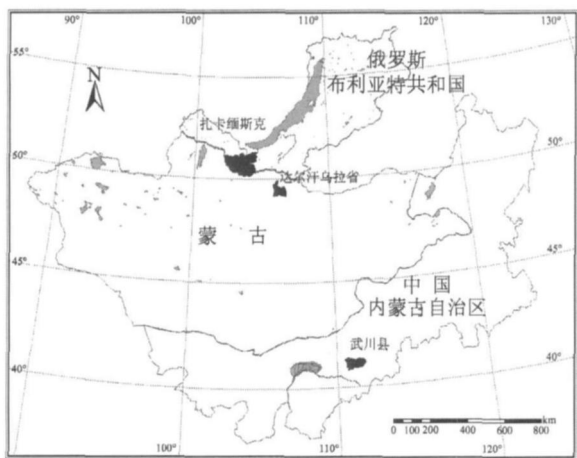


图 2 研究区位置示意图

Fig 2 Location of the study areas

3.1.2 结果分析

(1) 研究区区域人类活动强度定量化结果

通过查阅统计年鉴、文献资料等获取并计算得到 2000年研究区三个方面的区域人类活动强度指标

数据 (其中, 达尔汗乌拉省和扎卡缅斯克地区的部分数据由境外专家提供, 见表 3)。首先, 将各指标进行无量纲化, 然后, 分别构造社会因子、经济因子和文化因子的判断矩阵, 并根据层次分析法获得社会、经济和文化因子所包含的人类指标的权重值 (见表 4), 及社会、经济和文化三个方面对区域人类活动强度的重要程度权重表 (表 5)。采用公式 (5) 最终可得到区域人类活动强度定量化指数 (表 6)。

如表 6 所示, 总体上来看, 武川县区域人类活动最强烈, 达尔汗次之, 扎卡缅斯克区域人类活动最弱。对比社会、经济、文化三方面因子, 武川社会和经济特别是经济因子的区域人类活动强度明显强于达尔汗与扎卡缅斯克, 而在文化方面, 达尔汗的区域人类活动显然对生态系统空间格局与功能有更强的影响作用。此外, 可以看出, 扎卡缅斯克在社会、经济和文化三方面的区域人类活动强度均最弱。

三个研究区自南向北依次为农牧交错带、森林草原生态系统、森林生态系统, 自然环境要素呈梯度分布。其受气候、地形等因素影响, 研究区自南向北的自然条件越来越不适宜区域人类活动的开发, 区域人类活动的强度和规模也就越来越小。武川县的气候条件 (10℃ 积温约 2 000℃) 较适宜于农牧业活动。长时期高强度的人为干扰和破坏, 使得武川县的生态环境非常脆弱, 生态系统不断趋于退化。达尔汗乌拉省主要区域人类活动为工业和牧业, 农业活动相对较少, 草地仍是其优势景观类型。扎卡缅斯克地区气候寒冷, 相比之下, 不太适宜人类居住, 因此, 其区域人类活动强度最小, 至今仍保持原始的森林植被景观, 当地多发展林业。

(2) 武川县三时期的区域人类活动强度定量化结果

武川县 80年代中期、1995年和 2000年的区域人类活动强度指标数据如表 7 所示。通过本文建立的方法, 得到三个时期武川县区域人类活动强度指数 (表 8)。总体上来看, 自 80年代中期到 1995年再到 2000年, 武川县区域人类活动逐渐增强, 特别是从 1995到 2000五年时间, 区域人类活动强度明显大于从 80年代中期到 1995年这十年。社会方面的区域人类活动强度的增长比较稳定; 而在经济方面, 区域人类活动强度呈现飞速增长; 在文化方面, 区域人类活动强度呈缓慢增长趋势。区域人类活动强度指数所反映的这种变化趋势与

武川县的区域人类活动发展状况一致, 这也说明了本文所建立方法在时间序列研究上的有效性。

表 3 三研究区的区域人类活动强度指标数据

Tabl 3 Hum an activity data of the three study areas

因子	项目	单位	武川	达尔汗	扎卡锡斯克
社会	人口结构	%	831 00	201 3	431 10
	人口自然增长率	%	01 45	11 14	- 01 2
	人口密度	人 /km ²	35	251 75	11 94
	公路密度	m /km ²	721 34	261 17	151 83
	铁路密度	m /km ²	0	431 59	01 00
	全社会从业人员	人	89 065	22 300	7 400
经济	经济密度	万元 /km ²	151 21	51 72	11 52
	人均国民生产总值	元	4 333	2 1781 29	5 8221 56
	全社会固定资产投资	万元	7 299	4971 27	3801 55
	农牧业机械总动力	万千瓦	171 5	141 7	51 3
	农牧民人均纯收入	元	1 869	1 3391 84	3 540
	年末牲畜总头数	万头 (只)	351 3	171 97	41 22
	农业产值	万元	10 239	9291 92	7 4871 1
	林业产值	万元	1 108	5741 36	2 080
文化	普通中学在校学生数	人	9 644	21 400	6 760
	普通中学数	所	26	20	30
	教师数量	人	1 679	851	703

表 4 区域人类活动强度指标权重表

Tabl 4 W eights of human activity indice

因子	指标	权重
社会	人口密度	01 357
	人口结构	01 128
	人口自然增长率	01 050
	公路密度	01 225
	铁路密度	01 201
	全社会从业人员	01 038
经济	经济密度	01 226
	人均国民生产总值	01 109
	全社会固定资产投资	01 150
	农牧业机械总动力	01 253
	农牧民人均纯收入	01 080
	年末牲畜总头数	01 027
	农业产值	01 062
	林业产值	01 040
文化	普通中学在校学生数	01 558
	普通中学数	01 122
	教师数量	01 32

表 5 社会、经济、文化三方面的区域人类活动强度重要程度权重表

Tabl 5 W eights of human social, econom ic and cu ltural activities

因子	权重
社会	01 68
经济	01 24
文化	01 08

表 6 区域人类活动强度指数表

Tabl 6 Hum an activities indices

	武川	达尔汗	扎卡锡斯克
社会	01 52	01 40	01 07
经济	01 22	01 08	01 08
文化	01 04	01 05	01 01
合计	01 78	01 54	01 16

在区域人类活动干扰的初期, 区域人类活动在自然环境条件的基础上起诱发作用, 随着人口的增加、经济活动的加剧以及现代技术的进步, 区域人类活动对生态系统的影响越来越广泛和深

刻,区域人类活动对生态系统的干扰也就处于一个扩大和加重的过程中。通过本研究方法所得到

的武川县三个时期的区域人类活动强度指数结果也说明了这点。

表 7 武川县 1980年代中期, 1995年和 2000年的区域人类活动强度指标数据

Tab17 Human activity data of Wuchuan County in mid 1980s, 1995 and 2000

因子	项目	单位	1980s中期	1995年	2000年
社会	人口结构	%	891.16	861.55	831.00
	人口自然增长率	%	01.00	- 01.77	01.45
	人口密度	人 /km ²	341.00	351.00	351.00
	公路密度	m /km ²	21.50	211.20	721.34
	铁路密度	m /km ²	01.00	01.00	01.00
	全社会从业人员	人	66 715	82 512	89 065
经济	经济密度	万元 /km ²	11.51	71.55	151.21
	人均国民生产总值	元	4431.01	2 1711.00	4 3331.00
	全社会固定资产投资	万元	4461.00	2 0921.00	7 2991.00
	农牧业机械总动力	万千瓦	61.49	91.50	171.50
	农牧民人均纯收入	元	8731.00	6911.00	1 8691.00
	年末牲畜总头数	万头 (只)	31.87	31.37	351.30
	农业产值	万元	1 4021.20	7 1651.00	10 2391.00
	林业产值	万元	1401.22	4871.00	1 1081.00
	牧业产值	万元	1 2611.98	4 570	7 733
文化	普通中学在校学生数	人	9 000	9 360	9 644
	普通中学数	所	16	19	26
	教师数量	人	6021.88	1 215	1 679

表 8 武川县三时期区域人类活动强度指数表

Tab18 Human activity index results in Wuchuan County in mid 1980s, 1995 and 2000

因子	1980s中期	1995年	2000年
社会	01.36	01.39	01.52
经济	01.01	01.08	01.22
文化	01.01	01.03	01.04
合计	01.37	01.50	01.78

4 结论

本文将区域人类活动对生态系统的影响分为社会、经济和文化三方面,选取、确立有代表性的 17个区域人类活动因子指标,经无量纲化及通过层次分析法确定权重,最终采用加权法综合各指标的影响用于定量表达区域人类活动强度。该

定量结果与各区域人类活动因子指标权重与社会、经济和文化三个方面对区域人类活动强度的重要程度权重直接相关,而各种指标权重的确定则依赖于专家对指标重要性的判别。将该方法应用于中国武川县、蒙古达尔汗乌拉省及俄罗斯扎卡姆斯克地区三个研究区,计算得到三个研究区 2000年的区域人类活动强度指数和武川县三个时期的区域人类活动强度指数。结果表明:本研究所建立的方法不仅能真实客观地反映各研究区的区域人类活动强度,而且还可以对比各研究区之间的区域人类活动强度及研究区各自的时序性变化。为区域人类活动对生态系统的驱动作用研究提供一种有效的工具。

参考文献:

[1]王宪礼,胡远满,布仁仓. 辽河三角洲湿地的景观变化分

- 析. 地理科学, 1996(3): 260- 265
- [2]肖笃宁, 高峻, 石铁矛. 景观生态学在城市规划和管理中的应用. 地球科学进展, 2001(6): 813- 820
- [3]郑华, 欧阳志云, 赵同谦, 等. 区域人类活动对生态系统服务功能的影响. 自然资源学报, 2003, 18(1): 118- 126
- [4]卢正中, 邱少鹏, 高会军. 黄河上游及源头区生态环境质量综合评价. 地球信息科学, 2003, 5(1): 11- 15.
- [5]石亚男, 刘高焕, 张北飞. 绿洲生态环境动态调控模型及系统概念涉及应用. 地球信息科学, 2003, 5(3): 6- 10.
- [6] Ganzey S S Functional zoning of transboundary geosystems for development of programs of ecologically sustainable nature management 地球信息科学, 2007, 9(1): 26- 34.
- [7] Françoise B, Jacques B. Landscape Ecology: Concepts Methods and Applications New Hampshire Science Publishers Inc, 2003, 18- 24.
- [8] Margaret A P, Emily S B, Elizabeth A C, et al 21st Century Vision and Action Plan for the Ecological Society of America Report from the Ecological Visions Committee to the Governing Board of the Ecological Society of America 2004. <http://esa.org/ecovisions/>.
- [9]朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论. 地理学报, 2003, 58(5): 643- 650.
- [10]文英. 区域人类活动强度定量评价方法的初步探讨. 科学对社会的影响, 1998(4): 55- 60.
- [11]张翠云, 王昭. 黑河流域区域人类活动强度的定量评价. 地球科学进展, 2004, 19: 386- 390.
- [12]李香云, 王立新, 章子舒, 等. 西北干旱区土地荒漠化中区域人类活动作用及其指标选择. 地理科学, 2004, 23(1): 68- 75.
- [13]李香云, 王立新, 章子舒. 干旱区区域人类活动指数的动态研究)) 以塔里木河流域 1978- 2000年县级为例. 兰州大学学报, 2004(40): 106- 111
- [14]魏建兵, 肖笃宁, 解伏菊. 区域人类活动对生态环境的影响评价与调控原则. 地理科学进展, 2006, 25(2): 36- 45
- [15] Ciccone Antonio and Hall Robert E. Productivity and the Density of Economic Activity American Economic Review, 1996, 86: 54- 70.
- [16]陈良文, 杨开忠. 生产率、城市规模与经济密度: 对城市集聚经济效应的实证研究. 贵州社会科学, 2007, 206(2): 113- 119
- [17]周文华, 王如松, 张克锋. 区域人类活动对北京空气质量影响的综合生态评价. 生态学报, 2005, 25(9): 2214- 2220.
- [18]常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究. 武汉理工大学学报, 2007, 29(1): 153- 156
- [19]徐玉文, 熊佑发. 确定尾矿库生态因子权重的层次分析法. 金属矿山, 1999(8): 45- 58

Construction and Application of Regional Quantitative Model of Human Activity Intensity

XU Zhigang^{1, 2, 3}, ZHUANG Dafang¹, YANG Lin¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2 Graduate University of CAS, Beijing 100039, China; 3 Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract Human activity is an important driving factor to development and evolution of ecosystem. Quantitative assessment of human activity intensity is foundation to analysis influences of human activities on structure, process and service functions of ecosystem. An approach to constructing a regional quantitative model of human activity intensity was proposed in the article. Firstly, 17 representative human activities indices such as population density, the entire society employees, output value of agriculture, investment in fixed assets, density of road, students, number in high school were selected and a set of human activity index system referring to social, economic, culture aspects was established. Then, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method was employed to determine the weights of each human activity index and the weights of importance of social, economic, culture aspects. Finally, a weighted average model was used to quantify regional human activity intensity. The proposed method was applied in three

study areas Wuchuan County in China, Darhan in Mongolia, Zakamensky in Russia. After calculation, human activity exponents of the three study areas in 2000 were 0.178, 0.154 and 0.116, respectively, which decreased from south to north. And regional human activity exponents of Wuchuan County in mid 1980s, 1995 and 2000 were 0.137, 0.150 and 0.178, respectively, indicating a trend of increase. According to analysis on gradient changing of human activity and natural environment of the three study areas and the process of development of Wuchuan's human activity, we can conclude that the method is highly effective in evaluating regional human activities intensity, which can serve as a technique for related researches.

Key words: regional human activity; analytical hierarchy process (AHP); quantitative model

第三十届亚洲遥感会议 (30ACRS)通知

第三十届亚洲遥感会议 (30ACRS)将于 2009年 10月 18- 23日在北京会议中心召开。亚洲遥感会议是亚洲遥感界发起并推动遥感科学技术发展与交流的盛会, 至今已经举办了 29届。2009年是亚洲遥感会议三十周年庆典, 届时欢迎您的参与!

大会组织机构

组织单位: 亚洲遥感委员会 (AARS)

中国遥感委员会 (CNCRS)

主办单位: 中国科学院遥感应用研究所

中国科学院对地观测与数字地球科学中心

国土资源部航空物探遥感中心

会议主题

))) 迈向空间时代的亚洲

大会欢迎遥感及相关研究领域的专家学者、企业家、学生代表与会, 围绕新型传感器、遥感应用、数据处理、地理信息系统 (GIS)等领域提交论文, 并作学术报告或张贴论文。会议语言为英语, 文章摘要及全文为英文, 需通过大会征文网络系统提交, 全文格式及重要时间请查询大会网站 www.acrs20091.org

(中国地理学会环境遥感分会 吴洁 供稿)