



大中城市地理国情 综合统计与分析研究

——以兰州市为例

孙建国 杜立钊 苗天宝 等著
魏冠军 段焕娥 李克恭



科学出版社

大中城市地理国情综合统计与分析研究 ——以兰州市为例

孙建国 杜立钊 苗天宝 魏冠军 段焕娥 李克恭 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

开展全国地理国情普查,系统掌握权威、客观、准确的地理国情信息,是制定和实施国家发展战略与规划、优化国土空间开发格局和各类资源配置的重要依据,是推进生态文明建设的重要支撑。大中城市是我国地理国情普查的典型区之一,以地理国情数据为基础,针对大中城市发展中的特殊问题和迫切需求开展地理国情综合统计分析,具有重要的理论和实践价值。本书首先研究大中城市地理国情综合统计分析的方法论基础,包括总体技术流程和关键技术方法;在此基础上,选取兰州市作为典型研究区域,从资源利用、生态文明、社会民生、区域经济、城镇发展五个维度进行专题分析评价,通过建立指标体系,测算国情指数,科学揭示大中城市基本国情要素的空间分布格局、空间结构特征、空间相关关系,以及地域差异等客观规律。

本书可作为各级测绘部门、城市规划部门、环保部门、发展和改革委员会工作人员的参考书,也可作为大专院校、科研机构相关专业科研工作参考用书等。

图书在版编目(CIP)数据

大中城市地理国情综合统计与分析研究:以兰州市为例/孙建国等著.
—北京:科学出版社,2016.11

ISBN 978-7-03-050756-3

I. ①大… II. ①孙… III. ①地理-统计分析-兰州 IV. ①K924.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 280115 号

责任编辑:焦 健 韩 鹏 李 静/责任校对:何艳萍

责任印制:张 伟/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年11月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年11月第一次印刷 印张:11 3/4

字数:227 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

为全面掌握我国地理国情现状,满足经济社会发展和生态文明建设的需要,国务院于 2013~2015 年组织开展了第一次全国地理国情普查工作。2015 年 9 月 7 日,国务院第一次全国地理国情普查领导小组办公室发文(国普统计 [2015] 28 号)确定甘肃省为“国家级综合统计分析试点单位”,兰州市为“典型大中城市城镇发展综合统计分析试点之一”,要求以地理国情普查数据为基础,融合人口、GDP 等社会经济统计数据,并结合地区特点,开展有针对性的专题综合统计分析,形成“典型大中城市城镇发展综合统计分析试点报告”。作为试点工程,兰州市地理国情综合统计与分析研究的项目成果将有助于完善我国地理国情综合统计分析的技术方法体系和成果形式设计,为各省(区、市)及全国其他大中城市开展地理国情综合统计分析及成果应用总结经验和奠定基础,具有重要的理论和实践价值。

2014 年,我们有幸承担了“兰州市地理国情综合统计与分析研究”的项目任务。经过课题组历时两年的辛勤工作,项目终于完成,并于 2016 年 5 月 26 日顺利通过评审,受到甘肃省测绘地理信息局及省内相关专家的一致好评和肯定。项目完成以后,我们有充裕的时间对已完成的课题成果进行重新审视,对项目研究过程中的一些重要问题进行更加深入的思考和研究。在原来“兰州市地理国情综合统计与分析研究”综合报告的基础上,增加了对于我国大中城市地理国情综合统计分析一般方法论的总结和提炼,补充了我们对大中城市地理国情专题评价的一些最新认识和研究成果。怀着野人献曝的心情,在此提交出版,以期对我国同类地区开展地理国情综合统计分析提供借鉴,并有效促进本领域的学术交流。

本书综合运用地理学、经济学、生态学等多学科理论和思想,借鉴资源利用、生态承载力、福利经济学、新经济地理学、新型城镇化等领域的学术积累,结合 GIS 和应用统计分析技术,对城市和区域发展中的资源利用、生态环境、公共服务、经济增长、城镇化质量等重大问题进行定性和定量分析,通过建立指标体系,测算国情指数,揭示各类国情要素的空间关联和空间分异特征。本书在以下方面具有一定的特色和创新。

(1) 本书提出大中城市地理国情综合统计分析的总体技术流程和关键技术方法具有一定的探索性和推广价值。总体技术流程包括评价主题确定、数据处理、指标计算、分级评估;关键技术方法包括指标体系构建、综合评价模型、空间分异表达等内容,能够为我国典型大中城市,以及更大尺度地域空间的地理国情综合统计分析提供一定的借鉴。

(2) 利用国情普查数据,辅以其他社会经济数据,研究兰州城市发展中的土地利用、生态环境、公共服务、经济发展、城镇化等重大问题,极大地发挥了普查数据精确性和

即时性的优势,使得统计分析成果更加具有客观性。

(3) 在不同属性数据整合的基础上,综合统计分析的主题选择和技术方法呈现出一定的交叉性和综合性,符合自然和人文学科交叉与合作的国际化研究趋势,使得统计分析成果的科学性得到增强。

(4) 得益于国情普查数据的全覆盖和高密度优势,从县区和乡镇/街道两个层次开展综合统计分析,尤其是乡镇/街道尺度的研究是对兰州市城市问题研究的重大突破,使统计分析成果具有坚实的微观基础。

本书可分为三个部分:第一部分是方法论基础,提出大中城市地理国情综合统计分析的方法论体系(第一章);第二部分是案例和应用研究,选择兰州市作为典型城市,从土地资源利用、生态环境质量、公共服务均等化、区域发展潜力、城镇化质量五个维度进行综合统计分析专题研究(第二章至第六章);第三部分是总结与展望(第七章)。

本书是甘肃省地理国情监测工程实验室成员精诚协作的集体成果。各章主要执笔人:第一章为孙建国、杜立钊;第二章为魏冠军、张志华;第三章为孙建国、苗天宝、李克恭;第四章为杜立钊;第五章为段焕娥;第六章为杜立钊;第七章为孙建国、杜立钊。全书由孙建国负责总体框架设计、研究思路确定和最终统稿。硕士研究生陈鹏、魏芳、王龙、脱丽娜、王红霞、张梅玲等承担了大量的数据搜集、整理、计算,以及制图任务。

在兰州市地理国情综合统计与分析研究课题的完成,以及本书的撰写过程中,甘肃省测绘地理信息局、甘肃省基础地理信息中心,以及兰州市三县五区的各个职能部门都在资料提供和调研安排方面给予了大力的支持;中国测绘科学研究院董春研究员、兰州大学王文瑞博士和常跟应博士、西北师范大学赵军教授和张志斌教授等专家学者给予了宝贵的学术指导和研究建议;兰州交通大学测绘与地理信息学院提供了优良的科研环境和硬件支持,在此致以诚挚的感谢!

由于地理国情监测工作在我国尚属首次开展,地理国情综合统计与分析的基本定位、主要职能、框架内容、技术流程等目前还处于探索与试验阶段,加之影响我国大中城市发展的各种要素目前处于快速变化之中,本书不免会存在许多不足之处,欢迎各界同仁批评指正。本书参考了大量科研成果和文献资料,虽已尽最大可能一一注明,但难免挂万漏一,敬请原谅和指正!

目 录

前言

第一章 大中城市地理国情综合统计与分析的方法论基础	1
第一节 地理国情综合统计分析概述	1
第二节 大中城市地理国情综合统计分析的目标与意义	2
第三节 大中城市地理国情综合统计分析的方法与技术	3
一、总体技术流程	3
二、关键技术方法	4
第二章 兰州市土地利用水平评价	8
第一节 兰州市土地利用现状与问题	8
一、地形地貌特征	8
二、土地利用类型	9
三、土地利用问题	10
第二节 兰州市土地利用水平评价方法、指标与数据	10
一、指标体系构建	10
二、准则域的指标值计算	12
三、目标域的综合值计算	18
四、土地利用耦合度	19
五、土地利用耦合协调度	19
第三节 兰州市土地利用水平评价结果	19
一、土地利用程度评价	19
二、土地利用效率评价	22
三、土地利用效益评价	25
四、土地利用可持续性	28
五、土地利用水平综合评价	32
六、土地利用耦合度与协调性分析	35
第四节 兰州市土地利用水平类型区划与管治对策	37
一、低度耦合协调区	37
二、高度耦合协调区	40
三、中度耦合协调区	40

第三章 兰州市生态环境质量评价	41
第一节 兰州市生态环境现状与问题	41
一、大气污染严重	42
二、水土流失严重	42
三、土地盐碱化和沙化	42
四、生物多样性受到威胁	43
第二节 兰州市生态环境质量评价方法、数据与过程	43
一、“压力-状态-响应”模型	43
二、评价指标体系及指标计算	43
三、数据的标准化处理	45
四、确定权重	46
五、计算综合指数	46
六、PSR 协调度	46
第三节 兰州市生态环境质量综合评价	47
一、生态环境压力	47
二、生态环境状态	50
三、生态环境响应	55
四、生态环境质量综合指数	58
五、PSR 协调度分析	62
第四节 结论与对策	65
第四章 兰州市基本公共服务均等化评价	67
第一节 兰州市基本公共服务设施分布现状	67
一、兰州市基础教育资源配置情况	67
二、兰州市基本医疗资源配置情况	70
三、兰州市公共交通资源配置情况	73
第二节 兰州市基本公共服务均等化评价模型及指标	74
一、公共服务均等化的科学内涵及理论基础	74
二、公共服务均等化评价指标体系及指标计算	75
三、数据的标准化处理	77
四、确定权重	78
五、计算公共服务综合指数	79
六、计算公共服务均等化指数	79
第三节 兰州市公共服务综合水平评价结果	79
一、兰州市基本公共服务水平总体情况	79
二、兰州市基础教育服务水平评价结果	83
三、兰州市基本医疗服务水平评价结果	88
四、兰州市公共交通服务水平评价结果	92
第四节 兰州市公共服务均等化程度评价	97

一、区县之间的公共服务均等化比较	97
二、街道之间的公共服务均等化比较	98
三、建制镇之间的公共服务均等化比较	99
四、乡之间的公共服务均等化比较	99
五、区县内部的公共服务均等化比较	100
第五章 兰州市区域发展潜力评价	104
第一节 兰州市经济发展现状与问题	104
一、经济保持快速增长,但城市综合实力依然较小	104
二、经济发展的地区差异大,城乡二元结构明显	106
三、经济发展面临用地不足和生态环境承载力小的制约	108
第二节 兰州市区域发展潜力评价方法	108
一、区域发展潜力基础模型	108
二、经济发展潜力评价的指标体系	110
三、区域经济潜力评价方法——TOPSIS 方法	113
第三节 兰州市经济发展潜力分析	115
一、经济发展拉动力	115
二、交通区位支撑力	119
三、土地资源保障力	121
四、经济发展潜力	126
第四节 兰州市经济发展潜力制约因素分析	130
一、经济发展潜力制约因素判析	130
二、类型区划分及应对策略	131
第六章 兰州市城镇化质量评价	134
第一节 兰州市城镇化现状与问题	134
一、城市总体规模逐步增大,人口城镇化率快速提高	134
二、城镇化水平不均衡,极化效应和“中心-外围”特征明显	135
三、城市建设步伐加快,综合服务能力和质量日益提高	136
第二节 兰州市城镇化质量评价模型	137
一、城镇化质量的评价维度	137
二、评价指标体系及指标计算	138
三、熵权 TOPSIS 评价模型	140
第三节 兰州市城镇化质量评价结果	143
一、兰州市城镇化质量基本情况	143
二、经济发展质量评价	147
三、公共服务质量评价	151
四、人居环境质量评价	156
五、基础设施质量评价	161
第四节 兰州市城镇化质量分类评价	166

一、城镇化水平与城镇化质量关系评价.....	166
二、城镇化质量滞后类型区划	168
第七章 总结与展望	177
第一节 地理国情统计分析是开展区域系统研究的重要基础	177
第二节 研究专题的确定应该加强综合性与专业性深度融合	178
第三节 统计分析的技术和方法应强调学科交叉与实际应用	179
一、以地理国情普查数据为主，综合运用其他部门的数据	179
二、综合统计分析的技术和方法应加强系统性与集成性创新.....	179
三、重点聚焦区域地理国情现状评估、潜力分析和趋势预测.....	179
四、形成各类地理国情指标、指数，并向社会公开发布	179
参考文献.....	180

第一章 大中城市地理国情综合统计与分析的方法论基础

第一节 地理国情综合统计分析概述

开展全国地理国情普查,系统掌握权威、客观、准确的地理国情信息,是制定和实施国家发展战略与规划、优化国土空间开发格局和各类资源配置的重要依据,是推进生态环境保护、建设资源节约型和环境友好型社会的重要支撑,是做好防灾减灾工作和应急保障服务的重要保障,也是相关行业开展调查统计工作的重要数据基础。国际上,一些主要发达国家早已开展地理国情监测工作,如美国国家基金委(NSF)建立的美国国家生态观测站网络(NEON)、美国地质调查局实施的“地理分析和动态监测计划(GAMGAM)”、英国的全球干旱监测网、欧盟的“全球环境与安全监测计划(GMES)”等,利用数字地形图、卫星遥感数据、航空遥感数据等,结合计算机建模和野外调查技术手段,开展以重点地区地表覆盖、地表变化过程的分析与模拟为主的监测内容,为生态环境保护、灾害预防、气候变化研究、经济可持续发展提供基础数据和技术支持(Angel, 2000)。

为全面掌握我国地理国情现状,满足经济社会发展和生态文明建设的需要,国务院于2013~2015年开展了第一次全国地理国情普查工作。本次普查工作包含4个方面的主要任务:一是调查自然地理要素的基本情况,包括与自然资源环境相关的地形地貌、植被覆盖、水域、荒漠与裸露地等地理要素的类别、位置、范围、面积等,掌握其空间分布状况;二是调查人文地理要素的基本情况,包括与人类活动相关的交通网络、居民地与设施、地理单元等地理要素的类别、位置、范围、面积等,掌握其空间分布现状;三是开展地理国情信息统计分析,包括对自然和人文地理要素等重要地理国情信息的统计分析,以及将地理信息与经济社会数据进行整合,对经济社会发展指标进行空间化、综合性统计分析评价;四是建立覆盖全国的地理国情信息数据库,形成一系列地理国情普查图集和普查报告,形成系统、规范的地理国情普查技术和标准体系,建立科学、高效的地理国情普查工作机制。

地理国情统计分析是地理国情普查的重要工作环节,包含3个层次:①基本统计汇总,以地理国情普查数据为基础,基于规则网格、行政区划、自然地理、社会经济区域等4类统计单元,对地理国情普查覆盖层和要素层数据的点、线、面几何特征类型及实体对象的个数、长度、面积、占比等37个统计指标进行基本特征统计,形成包括地形地貌、植被覆盖、水域、荒漠与裸露地表、交通网络、居民地及设施、地理单元等7类统计内容的自然和人文基础地理国情信息数据,生成地理国情基本信息统计数据集、报表、报告等多种类型成果;②综合统计分析,在基本统计及汇总基础上,结合社会经济等部门专题数据,运用综合统计分析模型和方法,对地理国情普查要素的物理结构、空间关系及差异特性等内容进行综合分析,用来反映地形地貌、植被覆盖、荒漠与裸露地、水

域、交通网络、居民地及设施等要素的地表要素空间分布形态、地表覆盖空间格局、地面覆盖程度、基础设施配置水平、地面交通通达性、地表要素空间相关性,构建生态协调性、城镇发展、基本公共服务均等化、区域经济潜能等地理国情指数;③专题分析评价,基于地理国情基本统计汇总和综合统计分析成果,结合社会、经济等统计数据,定量与定性分析相结合,从资源分布、生态保护、区域经济发展、社会发展、社会民生等维度测量地理国情综合状况,综合评估自然和人文地理国情要素的现状与空间特征,形成地理国情系列分析评价报告。在实践中,综合统计分析与专题分析评价往往结合在一起。

第二节 大中城市地理国情综合统计分析的目标与意义

当今世界经济的一个突出特征就是人口和经济在空间上分布的不平衡,全球人口和生产活动主要聚集在大中城市。其中,占全球土地面积 1%的城市化区域囊括了世界一半以上的生产活动。世界各国的人口和经济都在向少数大城市或大都市圈集聚,而且,越是发达的国家人口和经济的聚集程度越高(世界银行,2009)。由若干大中城市组成的大都市区已成发达国家城镇化的主体形态,是一国创造就业和人口居住的城镇聚集区,也是支撑经济发展,参与国际竞争的核心区。例如,日本主要的工业化和城镇化核心区——东京、名古屋、大阪,集中了全国 65%的人口和 70%的国内生产总值。由伦敦、巴黎、米兰、慕尼黑和汉堡组成的欧盟五边形大都市区,集中了欧盟 40%的人口和 50%的地区生产总值。美国 67%的 GDP 集中在大纽约、大洛杉矶和五大湖区。中国在改革开放以来的高速经济增长过程中也伴随着快速的城镇化过程(Dicken, 2000)。京津冀、长江三角洲、珠江三角洲三大城市群,以 2.8%的国土面积集聚了 18%的人口,创造了 36%的国内生产总值,成为带动我国经济快速增长和参与国际经济合作与竞争的主要平台。成渝、中原、长江中游、哈长等城市群,以及一批区域性中心城市成为推动国土空间均衡开发、引领区域经济发展的重要增长极。根据第六次全国人口普查数据,我国人口超过 1000 万以上的城市达到 6 个,500 万~1000 万人口城市 10 个,300 万~500 万人口城市 21 个,100 万~300 万人口城市 103 个,50 万~100 万人口城市 138 个,50 万以下人口城市 380 个。按照《国务院关于调整城市规模划分标准的通知(国发[2014]51 号)》,常住人口 50 万以上 100 万以下的城市为中等城市,100 万以上人口城市为大城市,我国目前大中城市数量达到 278 个。大中城市在我国现代化建设中发挥越来越重要作用的同时,也产生了由于高度集聚和快速开发带来的资源短缺、环境恶化、基础设施和公共服务设施供给不足、空间配置低效率等问题,对我国全面建成小康社会构成了一定挑战。

城市是在“自然-社会-经济”复杂巨系统中,通过集聚效应、规模效应、组织效应和辐射效应的作用,实现“人口、资源、环境、发展”四位一体和谐发展的现代文明中心。Forrester (1971)、Meadows (1972, 1992) 等著名学者在对城市发展问题的研究中认为,21 世纪世界各国城市经济活动的总体增长趋势将面临四个方面的刚性约束(Antro, 2004):①地球上有限的空间;②资源稀缺的日益加剧;③生态服务能力与环境自净能力的限制;④人类科技水平与调控城市能力的限制。如何克服这些限制,成为

城市尤其是大中城市可持续发展问题研究的重点课题。美国国家科学基金会（CHNS）在有关研究计划中，强调了“人与自然耦合系统的集成研究可以揭示新的、复杂的格局和过程，而单独的自然科学或者社会科学的研究不能揭示这种规律”（陆大道和樊杰，2009）。

地理国情综合统计分析是以地理国情信息普查数据形成的地理国情信息数据库为基础，结合社会、经济等统计数据，基于不同统计单元，对自然、人文等地理国情要素进行统计和分析，反映自然地理和社会人文信息的空间分布，有助于揭示人文因素与自然资源消耗、城镇化进程之间的内在联系，推动城市科学研究向多学科交叉方向发展。《改变我们的世界——2030年可持续发展议程》正式提出城市、社区和农村协同发展的理念，这也是中国“十三五”规划中2020年全面建成小康社会的核心内容。开展大中城市地理国情综合统计分析，从资源利用、生态文明、社会民生、经济发展、城镇化等角度，准确翔实地反映大中城市地理国情的空间分布、空间结构、空间关系、地域差异等，科学揭示资源、生态、环境、人口、经济、社会等要素在地理空间上的相互作用、相互影响，可以为科学管理决策提供可靠依据，为制定和实施区域发展战略与规划、优化国土空间开发格局和各类资源配置、推进生态环境保护、建设资源节约型和环境友好型社会，提供重要的参考信息。

第三节 大中城市地理国情综合统计分析的方法与技术

一、总体技术流程

在确定统计分析主题的基础上，基于地理国情普查数据和现有基础地理信息成果，整合相关部门社会经济统计数据，提取包括行政区划与管理单元、自然地理单元、社会经济区域单元等综合统计分析单元，构建综合统计分析方法与模型库，开展综合统计分析指标计算和地理国情指数构建，形成地理国情综合统计分析成果。综合统计分析总体流程包括数据预处理、统计单元提取、方法与模型库构建、综合指标计算、地理国情指数构建、统计成果生成等6个部分，其核心内容包括评价主题的选定、数据收集与处理、指标体系构建与计算、分级分类评估等。

（一）评价主题的选定

大中城市地理国情综合统计分析的评价主题，应该结合国情普查数据的独特优势，以及具体城市的个体特征来确定。目前，我国的城市化进程已进入新型城镇化建设阶段，推动经济的可持续发展，建设精明城市；推动资源的高效利用，建设低碳城市；加大城市环境整治力度，建设生态城市；注重社会民生，推进以人为核心的城镇化等成为关切重点。因此，大中城市地理国情综合统计分析要结合国家和社会需求，从资源利用、生态文明、社会民生、区域经济、城镇发展5个维度展开专题评价。根据我国大中城市的市情特色和发展诉求，本书确定了土地利用水平、生态环境质量、基本公共服务均等化、区域经济发展潜力、城镇化质量等5个综合评价主题。

（二）数据收集与处理

通过采用叠加分析、数据拼接、属性关联、网络分析等方法,对地理国情普查数据和基本统计数据数据进行数据匹配与整合、归一化处理等,生成满足地理国情综合统计分析的空间数据库。从各行业部门收集的社会经济统计数据在空间坐标、数据类型、数据格式等方面均与普查数据存在较大的差异,无法在综合统计分析工作中直接使用。专题数据预处理即将专题数据的空间坐标、数据类型和数据格式等与普查数据相统一,从而与普查数据或基本统计数据数据进行关联匹配。

（三）指标体系构建与计算

指标计算是综合统计分析的首要环节,基于地理国情普查数据、基本统计成果,结合社会经济数据,综合运用四则运算、空间量算、区位熵模型、网络分析方法、景观格局指数等其他定量计算方法和模型,计算土地利用水平、生态环境质量、基本公共服务均等化、区域经济潜能、城镇化质量等方面的综合统计指标,反映自然资源、生态、社会、经济等要素的空间分布、空间格局、覆盖程度、通达性、基础设施配置水平、空间相关性,为构建地理国情综合指数和综合评价奠定基础。

（四）分级分类评估

对各专题领域不同一级指数进行归一化处理,根据已定义的指数分级体系,以及所得到的综合指数归一化结果,综合评价土地利用水平、生态环境状况、基本公共服务均等化程度、区域经济潜能、城镇化质量等地理国情状态。分级评估是基于指数构建的结果,采用定量分析和定性分析相结合的方式,根据已定义各专题不同一级指数结果及其分级体系,以及所得到的综合指数归一化结果,运用标准离差分级法、空间关联分析法、四分位数法、空间聚类、最优分割分级法等分级数学模型进行综合指数定性级别划分,并通过分级精度评价模型和信息量评价模型等分级评估模型进行分级评判结果的精度验证。

二、关键技术方法

（一）指标体系构建

借鉴联合国 CSD 提出的可持续发展指标体系、联合国人文发展指标体系(HDI)、世界银行“财富+价值”指标体系、中国科学院“省级主体功能区划分技术规程”、国家环保总局“生态环境状况评价技术规范”、《全国土地利用总体规划纲要(2006~2020年)》、“国家生态文明建设试点示范区指标体系(试行)”、《国家新型城镇化规划(2014~2020年)》、陆大道等关于中国城市化水平综合测度指标体系(陈明星等,2009)等国内外有重大影响的指标体系构建方法,选择资源利用、生态文明、社会民生、区域经济、城镇发展等5个维度建立多层次复合型指标(刘耀林和何建华,2014)。

(二) 指标权重计算

熵技术支持下的层次分析法具有较强的逻辑性、实用性和系统性,能够定性与定量相结合地对复杂系统进行评价,其基本原理是将要识别的复杂问题分解成若干层次,由专家和决策者对所列的指标重要程度进行两两比较,构造判断矩阵,通过求解判断矩阵的最大特征值和它们所对应的特征向量,得到每一层次的指标相对于上一层目标的权重值(层次单排序,必须通过一致性检验),而一旦确定了低层指标对较高层次指标的权重后,可以根据递阶赋权定律确定最低层指标相对于最高层指标的权重(即层次总排序,必须通过一致性检验)。虽然层次分析法识别问题的系统性较强,可靠性较高,但当采用专家咨询方式时,容易产生循环而不满足传递性公理,导致标度把握不准和丢失部分信息等问题出现,因此,采用熵技术对层次分析法确定的权系数进行修正(徐建华,2002;陈彦光,2010),其计算公式为

$$\alpha_j = \frac{V_j p_j}{\sum_{j=1}^n V_j p_j} \quad (1.1)$$

$$v_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (1.2)$$

$$d_j = 1 - \lambda_j \quad (1.3)$$

$$\lambda_j = -(\ln n)^{-1} \sum_{i=1}^n r_{ij} \ln r_{ij} \quad (1.4)$$

式中, α_j 为熵技术支持下的层次分析法求出的指标权重值; p_j 为采用层次分析法求出的指标权重; V_j 为指标的信息权重; λ_j 为指标输出的熵值; r_{ij} 为采用层次分析法构造的判断矩阵经归一化处理后的标准矩阵值。按照上述公式计算的各指标赋权结果信息量最大,可信度提高。

为了解决各项指标的量纲不同而难以汇总的问题,对各指标进行了消除量纲的计算。考虑到指标体系中既有正向指标,又有逆向指标,指标间的“好”与“坏”在很大程度上都具有模糊性,因此,采用模糊隶属度函数法,对各指标的“价值”进行量化。对正向指标,采用半升梯形模糊隶属度函数模型,即

$$\Phi(e_{ij}) = \frac{e_{ij} - m_{ij}}{M_{ij} - m_{ij}} = \begin{cases} 1 & e_{ij} \geq M_{ij} \\ \frac{e_{ij} - m_{ij}}{M_{ij} - m_{ij}} & m_{ij} < e_{ij} < M_{ij} \\ 0 & e_{ij} \leq m_{ij} \end{cases} \quad (1.5)$$

对逆向指标,采用半降梯形隶属度函数模型,即

$$\Phi(e_{ij}) = \frac{M_{ij} - e_{ij}}{M_{ij} - m_{ij}} = \begin{cases} 1 & e_{ij} \leq m_{ij} \\ \frac{M_{ij} - e_{ij}}{M_{ij} - m_{ij}} & m_{ij} < e_{ij} < M_{ij} \\ 0 & e_{ij} \geq M_{ij} \end{cases} \quad (1.6)$$

式中, e_{ij} 为评价指标的具体属性值, i 为区域个数, j 为第 i 区域指标个数; M_{ij} 、 m_{ij} 分别代表第 i 区域第 j 个指标属性值的最大值与最小值; $\Phi(e_{ij})$ 代表 i 区域 j 指标的隶属度, 其值为 0~1, 其值越大, 表明该项指标的实际数值越接近最大值, M_{ij} 的程度越大; 隶属度值与其相对应权数的乘积越大, 该指标数值对总目标的贡献就越大; 隶属度值与 1 之间的差, 即为该项指标与最大指标间的差距。

(三) 综合评价模型

利用各指标的熵化权系数和隶属度值, 采用多种方法分别计算大中城市地理国情各类评价指数。除了传统的加权求和法外, TOPSIS 法(逼近理想解排序法)作为系统工程中有限方案对目标决策分析的一种常用方法, 具有较高的应用价值。其基本思想是, 最优的方案应与正理想方案的距离最小, 与负理想方案的差距最大。TOPSIS 方法可对多个具有可度量属性的被评价对象进行排序, 基本步骤如下:

(1) 用向量规范化的方法求得规范决策矩阵 $Z = \{z_{ij}\}$ 。

(2) 赋予向量矩阵权重 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, 则构成加权规范阵 $X = \{x_{ij}\}$ 。其中, $x_{ij} = x_j \times z_{ij}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。

(3) 确定正理想解 x^+ 和负理想解 x^- , 则 $x^+ = \max_i (x_{ij})$; $x^- = \min_i (x_{ij})$ 。

(4) 计算各方案到正理想解和负理想解的距离 S_i^+ 和 S_i^- , 再计算各方案到正理想解的相对接近度 S_i (即综合评价指数)。 S_i 取值为 0~1, 该值越接近 1, 表示该方案越接近于最优水平; 反之, 该值越接近 0, 表示该方案越接近最劣水平。

$$\begin{aligned} S_i^+ &= \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - X_j^+)^2} \quad (i=1, 2, \dots, m) \\ S_i^- &= \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - X_j^-)^2} \quad (i=1, 2, \dots, m) \\ S_i &= \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (i=1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (1.7)$$

其中, 向量权重矩阵采用熵技术支持下的 AHP 法确定。

(四) 空间分异表达

国情要素的空间格局、空间分异与空间相互作用是地理国情综合统计分析的基本内容, 也是开展国情指数分级分区的重要基础。ESDA (exploratory spatial data analysis) 是一系列空间数据分析方法和技术的集合, 以空间关联测度为核心, 通过对事物或现象空间格局的描述与可视化, 发现空间集聚和空间异常, 揭示研究对象之间的空间相互作用

机制 (Anselin, 1995, 1999)。

1. 空间权重矩阵

为了揭示属性值之间的空间联系,可以通过定义一个空间连接矩阵来衡量。空间连接矩阵可以依据空间数据的拓扑属性(如邻接性)或者空间距离来构建。邻接矩阵与距离矩阵分别定义如下:

$$W_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{区域}i\text{和区域}j\text{相邻} \\ 0 & \text{区域}i\text{和区域}j\text{不相邻} \end{cases}$$

$$W_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{区域}i\text{和区域}j\text{在}d\text{之内} \\ 0 & \text{区域}i\text{和区域}j\text{在}d\text{之外} \end{cases}$$

权重矩阵 W_{ij} 的取值与研究问题的性质有关,一般采用基于邻接性的空间关系构建权重矩阵。

2. 全局空间自相关分析

全局空间自相关是对属性在整个区域空间特征的描述,反映空间邻接或空间邻近区域单元观测值的相似程度。一般在涉及空间全局自相关的研究中都应用 Moran's I 指数表示。其值在-1~1,大于0表示存在空间正相关,小于0为负相关,等于0则表示不存在空间相关性。Moran's I 指数计算公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij}} \quad (1.8)$$

式中, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$; $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$; x_i, x_j 为位置 i 和位置 j 的属性值,包括各类国情指数的属性值; W_{ij} 为空间权重矩阵。一般采用 z 检验来检验区域之间是否存在空间自相关关系, Z 的计算公式为 $Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{VAR}(I)}}$ 。

3. 局部空间自相关分析

局部空间自相关是衡量每个空间要素属性在局部的相关性质一般采用 Local Moran's I 指数来衡量。观测单元 i 的局部自相关统计定义为如下形式:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j \neq i}^n W_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (1.9)$$

I_i 的绝对值越大,表示子区域空间关联性程度越高。 I_i 的 z 检验公式为

$$Z_i = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{\text{VAR}(I_i)}} \quad (1.10)$$

第二章 兰州市土地利用水平评价

充足的能源、淡水资源和土地资源是城市发展的最基础条件。在能源供应压力初步得到缓解的情形下, 水资源短缺将成为我国未来城镇化的重要制约因素。从单因素角度来看, 水资源短缺或土地资源短缺成为一部分城市面临的强制约因素。例如, 缺水城市以环渤海地区和东南沿海地区最多、最严重, 其中, 环渤海地区严重缺水城市有 25 个, 占全地区缺水城市的一半, 而西北内陆绿洲和河谷城市, 以及东南沿海岛屿城市则受到土地资源供给不足的制约。与此同时, 有不少城市面临水土资源双短缺的困境(陆大道等, 2007)。加强对城市单资源要素或复合资源要素利用效率的科学认识, 充分利用现代科技手段和机制创新, 提高城市对自然资源的利用水平, 对于缓解城市发展中的资源压力, 建设资源节约型城市具有重要意义。

相比较而言, 水资源短缺可以在一定程度上通过区域性调水和加强供水设施建设加以缓解, 而土地资源则具有极大的供给刚性, 土地资源短缺的城市发展的制约作用更具有持久性。土地是人类赖以生存与发展的重要资源和物质保障, 在“人口-资源-环境-发展(PRED)”复合系统中, 土地资源处于基础地位。土地利用反映了人类与自然界相互影响与交互作用最直接和最密切的关系, 是人类经济社会活动作用于资源和自然环境的综合反映(刘彦随和陈百明, 2002), 也是地理国情的重要构成部分。本章以兰州市土地利用为例, 充分利用第一次地理国情普查获得的基础数据, 从土地利用程度、土地利用效率、土地利用效益、土地利用可持续性 4 个方面对兰州市土地利用水平进行综合评价。兰州市是我国受土地资源约束最为强烈的城市之一, 优化土地资源利用, 提高土地资源利用效率和效益, 增强土地资源利用的可持续对兰州城市的未来发展具有极为重要的意义。本章评价结果可为此提供科学的认知基础和决策保障, 也可以为其他大中城市开展多种资源利用评价提供技术和方法的借鉴。

第一节 兰州市土地利用现状与问题

一、地形地貌特征

兰州市位于陇西黄土高原的西部, 是我国地形一级阶梯——青藏高原向二级阶梯——黄土高原的过渡地区。地势西部和南部高, 东北低(图 2.1), 黄河由西南流向东北, 横穿全境, 切穿山岭, 形成了峡谷与盆地相间的串珠形河谷。

兰州市境内大部分地区是黄土覆盖的海拔为 1500~2500m 的黄土丘陵区。由于各地原始地形和新构造运动的控制及后期流水的侵蚀, 其特征各地有所不同, 可以分为: 大通河西岸黄土山梁区、大通河—庄浪河之间黄土山梁区、黄河以北黄土梁峁丘陵区、榆中北山黄土山梁区、兴隆山—七道梁山前黄土山梁区、秦王川和榆中断陷盆地等。