

■ 主体功能区规划评价丛书

主体功能区规划 实施评价与辅助决策 三江源地区

胡云锋 戴昭鑫 张云芝 等/著
赵冠华 李海萍 龙 宓



科学出版社

■ 主体功能区规划评价丛书

主体功能区规划 实施评价与辅助决策 三江源地区



胡云锋 戴昭鑫 张云芝 等/著
赵冠华 李海萍 龙 宓

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书采用遥感和地理信息系统方法,结合三江源地区主体功能区规划目标及规划实施评价指标体系设计,采用时空格局变化的分析方法,开展三江源地区主体功能区规划不同时期国土开发、生态结构、生态质量及生态功能变化特征与分阶段区域差异的分析,清晰刻画出不同功能区和不同时间段国土资源、生态环境变化规律及其与主体功能区规划的契合程度,并根据评价结果对未来规划提出决策建议。

本书可供广大地学和空间科学领域从事地理信息系统、城市规划、遥感等研究的科研人员及相关高等院校教师和研究生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

主体功能区规划实施评价与辅助决策. 三江源地区 / 胡云锋等著.
—北京: 科学出版社, 2018. 7

(主体功能区规划评价丛书)

ISBN 978-7-03-057659-0

I. ①主… II. ①胡… III. ①区域规划—研究—青海 IV. ①TU982.2
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 121761 号

责任编辑: 张 菊 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 无极书装

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>

北京虎彩文化传播有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 7 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2018 年 7 月第一次印刷 印张: 7 1/4

字数: 150 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

丛书编委会

主 编：胡云锋

编 委：明 涛 李海萍 戴昭鑫 张云芝

赵冠华 董 昱 张千力 龙 宓

韩月琪 道日娜 胡 杨

总 序

进入 21 世纪以来,随着中国经济社会的持续、高速发展,中国的区域经济发展、自然资源利用和生态环境保护之间逐渐形成了新的突出矛盾。为有效开发和利用国土资源,实现国家可持续发展目标,中国科学院地理科学与资源研究所樊杰研究员领衔的研究团队开展了全国主体功能区规划研究,相关研究成果直接支持了党中央、国务院有关国家主体功能区规划的编制工作。主体功能区发展战略的提出是我国国土空间开发管理思路 and 战略的一个重大创新,是对区域协调发展战略的丰富和深化,对中国区划的发展具有重要的现实意义。

2010 年,《全国主体功能区规划》由国务院正式发布。该规划为各省、自治区和直辖市落实地区主体功能规划定位和规划目标提供了基本的理论框架。但要在实践和具体业务中真正落实上述理念和框架,就要求各级政府及其相应的决策支撑部门充分领会《全国主体功能区规划》精神,充分应用包括遥感地理信息系统在内的各项新的空间规划、监测和辅助决策技术,开展时空针对性强的综合监测和评估。2013 年以来,以高分 1 号、高分 2 号、高分 4 号等高空间分辨率和高时间分辨率卫星为代表的中国高分辨率对地观测系统的成功建设,为开展国家级主体功能区规划快速、准确的监测评估提供了及时、精准的数据基础。

在《全国主体功能区规划》中,京津冀地区总体上属于优化开发区,中原经济区总体上属于重点开发区,三江源地区总体上属于重点生态功能区和禁止开发区。这三个地区是我国东、中、西不同发展阶段、发展水平的经济社会和地理生态单元的典型代表。对这三个典型功能区代表开展高分辨率卫星遥感支持下的经济社会及生态环境综合监测与评估示范研究,不仅可以形成理论和方法论的突破,而且对于这三个地区评估主体功能区规划落实状况具有重要应用意义,对于全国其他地区开展相关监测评价也具有重要的参考价值。

在国家国防科技工业局重大专项计划支持下,胡云锋团队长期聚焦于国家主

体功能区监测评估领域的研究，取得了一系列重要成果。在该丛书中，作者以地理学和生态学等基本理论与方法论为基础，以遥感和 GIS 为基本手段，以高分遥感数据为核心，以区域地理、生态、资源、经济和社会数据等为基本支撑，提出了具有功能区类型与地域针对性的高分遥感国家主体功能区规划实施评价的指标体系、专题产品库和模型方法库；作者充分考虑不同主体功能区规划目标、区域特色、数据可得性和业务可行性，在三个典型主体功能区开展了长时间序列指标动态监测和评估研究，并基于分析结果提出了多个尺度、空间针对性强的政策和建议。研究获得的监测评价技术路线、指标体系、基础数据和产品、监测评估的模型和方法等，不仅为全国其他地区开展主体功能区规划实施的综合监测和评估提供了成功范例，也为未来更加深入和精准地开展空间信息技术支撑下的区域可持续发展研究提供了有益的理论与方法论基础。

当前，中国社会主义建设进入新时代。充分理解和把握新时代中国社会主要矛盾，落实党中央“五位一体”总体布局，支撑新时代下经济社会、自然资源和生态环境的协调与可持续发展，这是我国广大科研人员未来要面对的重大课题。因此，针对国家主体功能区规划实施的动态变化监测、全面系统的评估和快速精准的辅助决策研究还有很远的路要走。衷心祝愿该丛书作者在未来研究工作中取得更丰硕的成果。



中国科学院地理科学与资源研究所
2018年5月18日

前 言

三江源地区位于青海省南部，地处青藏高原腹地，是长江、黄河、澜沧江三大河流的发源地，素有“中华水塔”之称。由于三江源地区特殊的地理位置及区域气候、地理和生态特点，该区生态环境状况及其演变态势对我国黄河、长江、澜沧江中下游乃至亚洲东部地区的生态安全和社会稳定发展具有重要意义。三江源地区生态系统十分脆弱，在国家主体功能区规划中，三江源地区被规划为重点生态功能区和禁止开发区。在三江源地区开展区域经济社会及生态环境综合监测与评估，是区域生态环境退化治理规划的重要依据，有利于充分认识三江源地区生态环境与社会经济发展中存在的问题。

本书主要以高分辨率遥感（remote sensing, RS）为数据支撑，利用经济地理学、GIS（geographic information system, 地理信息系统）空间分析、遥感分析、空间统计等技术方法，以三江源主体功能区区划目标、区域特色等为基础，从国土开发、生态结构、生态质量、生态功能总计 10 个指标参数，对三江源地区主体功能区（2000 ~ 2015 年）的经济社会与生态环境变化特征进行了深入对比分析，最后根据评价结果对区域提出了辅助决策建议。

本书共分为 4 个部分、6 章。第一部分包括第 1 章、第 2 章，是对研究区概况及评价指标与模型的介绍；第二部分包括第 3 章、第 4 章，是对主体功能区规划监测基础数据获取与主体功能区规划实施评价指标的深入分析；第三部分包括第 5 章，是对研究区规划实施辅助决策的深入分析；第四部分就全书内容进行了提要总结，形成了第 6 章。

本书内容是由国家国防科技工业局重大专项计划“基于高分数据的主体功能区规划实施效果评价与辅助决策技术研究（一期）”（00-Y30B14-9001-14/16）科研项目长期支持形成的结果。具体工作由中国科学院地理科学与资源研究所相关科研人员完成。

研究过程中，得到了国家发展和改革委员会宏观经济研究院、中国科学院地理科学与资源研究所、国家发展和改革委员会信息中心、中国科学院遥感与数字地球研究所等单位，以及曾澜、刘纪远、樊杰、周艺、王世新、李浩川、孟祥辉、吴发云等专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢！本书编写过程中，参考了大量有关科研人员的文献，在书后对主要观点结论均进行了引用标注，谨对前人及其工作表示诚挚的谢意！引用中如有疏漏之处，还请来信指出，以备未来修订。读者若对相关研究结果及具体图件感兴趣，欢迎与我们讨论。

限于作者的学术水平和实践认识，书中难免存在不足或疏漏之处，殷切希望同行专家和读者批评指正。

作者
2018年1月

iv

目 录

总序

前言

第1章 三江源地区概况	1
1.1 区域发展概况	1
1.2 主体功能规划定位	2
第2章 指标和方法	3
2.1 评价指标	3
2.2 指标算法	5
第3章 产品和精度	17
3.1 LULC 产品	17
3.2 植被绿度产品	23
3.3 载畜压力产品	27
3.4 水源涵养产品	28
3.5 防风固沙产品	31
3.6 水土保持产品	33
第4章 规划实施评价	36
4.1 国土开发	36
4.2 生态结构	46
4.3 生态质量	55
4.4 生态服务功能	72
第5章 规划辅助决策	89
5.1 生态治理重点区县遴选	89

5.2 生态治理重点网格遴选 93

第6章 总结 95

6.1 国土开发方面 95

6.2 生态结构方面 96

6.3 生态质量方面 96

6.4 生态服务功能方面 97

6.5 辅助决策结果 98

参考文献 99

第 1 章 三江源地区概况

三江源地区是全国主体功能区规划确定的重点生态功能区和禁止开发区。在三江源地区内部,根据区域自然地理和生态环境特点,进一步分析地区主要生态问题和生态定位,可以形成主要基于县、市一级(部分到乡、镇一级)的三江源主体功能区规划方案。

1.1 区域发展概况

三江源地区位于青海省南部,地处青藏高原腹地,是长江、黄河、澜沧江三大河流的发源地,素有“中华水塔”之称^[1,2]。三江源地区行政区域包括玉树藏族自治州(简称玉树州)、果洛藏族自治州(简称果洛州)、黄南藏族自治州(简称黄南州)、海南藏族自治州(简称海南州)4个藏族自治州的16个县[泽库县、河南蒙古族自治县(简称河南县)、同德县、兴海县、玛沁县、班玛县、甘德县、达日县、久治县、玛多县、玉树县、杂多县、称多县、治多县、囊谦县、曲麻莱县]和1个乡镇(格尔木市唐古拉山镇)。三江源地区总面积约为36.3万km²,约占青海省总面积的40%。现有总人口为55.4万人,其中藏族人口占90%以上,其他还有汉族、回族、撒拉族、蒙古族等民族。

三江源地区自然条件严酷,生态系统群落结构简单,系统内物质循环、能量流动缓慢,抗干扰和自我恢复能力低下,是全球生态环境最为敏感和脆弱的地区之一^[3-5]。近年来,受全球气候变暖及日趋频繁的人类经济活动的共同影响,三江源地区生态系统持续退化,生态系统结构和功能受到严重干扰,已对我国黄河、长江、澜沧江中下游乃至亚洲东部地区的生态安全构成威胁^[6]。

目前,三江源地区最主要的生态环境问题包括草场退化与沙化加剧、水土流失日趋严重^[7]、草原鼠害猖獗^[8]、源头产水量减少、生物多样性急剧萎缩^[9]5类

问题。

1.2 主体功能规划定位

三江源地区生态系统十分脆弱，在国家主体功能区规划中，三江源地区被规划为重点生态功能区和禁止开发区，其规划目标定位为保护地区自然生态系统，强调对资源环境的保护，注重环境，能有效遏制传统农林牧业对资源环境的掠夺式开发，提供可持续增长的机会^[10]。

在全国主体功能区规划中，对全国各个大的区域的主体功能进行了规划定位；根据国务院要求，各省（自治区、直辖市）在《全国主体功能区规划》基础上，根据统一的技术规范，对本行政区内的县（市、区）等进行了主体功能定位。根据中国主体功能区划方案（V1.0 版本）、国家发展和改革委员会编制的三卷本《全国及各地区主体功能区规划》，结合中国县级行政区划地图、中国乡镇区划地图等资料，可以最终确定三江源地区各州（县、市）主体功能^[11]。具体见表 1-1。

表 1-1 三江源地区各类主体功能区范围

序号	区域	总面积 (km ²)	省份	面积占比 (%)	地区、 地级市	县、市（乡）
1	国家级重点生态功能区、禁止开发区	357 253.5	青海省	3.7	黄南州	泽库县、河南县
				4.7	海南州	同德县、兴海县
				20.8	果洛州	玛沁县、班玛县、甘德县、达日县、久治县、玛多县
				57.4	玉树州	玉树县、杂多县、称多县、治多县、囊谦县、曲麻莱县
				13.4	海西州	唐古拉山镇（格尔木市）

注：海西州为海西蒙古族藏族自治州的简称。

三江源地区包含国家级重点生态功能区和禁止开发区两种主体功能类型。

第2章 指标和方法

2.1 评价指标

根据《全国主体功能区规划》，在三江源地区重点生态功能区和禁止开发区内，规划实施的重点是要改善区域生态结构、提升生态服务功能^[12-14]。根据主体功能区规划核心目标，选择对应三江源地区5类主要生态环境问题，再兼顾数据支撑情况，本书重点评估生态系统国土开发强度、草地变化、生态系统宏观结构及布局、生态服务功能等要素。主要评价以下4个问题。

- 1) 国土开发是否得到控制？
- 2) 生态结构是否得到优化？
- 3) 生态质量是否得到改善？
- 4) 生态服务功能是否得到提升？

根据上述4个问题，依据卫星遥感技术特点及数据支撑情况，特别是考虑到现有可提供数据下载的GF-1、GF-2卫星，以及将发射或者已发射但尚未提供数据下载的GF-3~GF-6等卫星的遥感荷载特点和能力，本书拟通过以下10个指标予以定量评价（表2-1和表2-2）。

表2-1 主体功能区规划实施评价问题、指标和范围

序号	评价问题	评价指标	评价范围
1	国土开发是否得到控制？	国土开发强度 国土开发聚集度	全区
2	生态结构是否得到优化？	优良生态系统 草地生态系统	全区

续表

序号	评价问题	评价指标	评价范围
3	生态质量是否得到改善?	植被绿度 [归一化指被指数 (normalized differential vegetation index, NDVI)] 载畜压力指数 人类扰动指数	全区
4	生态服务功能是否得到提升?	水源涵养功能 水土保持能力 ^[15] 防风固沙功能	全区

表 2-2 三江源地区重点生态功能区主体功能区规划实施指标及 GF 产品和 GF 替代产品

序号	评价指标	应用产品
1	国土开发强度	• 高分 LULC (land use and land cover) 产品, 2015 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2010 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2005 年
2	国土开发聚集度	• 高分 LULC 产品, 2015 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2010 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2005 年
3	优良生态系统	• 高分 LULC 产品, 2015 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2010 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2005 年 • 重点生态功能区边界
4	草地生态系统	• 高分 LULC 产品, 2015 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2010 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2005 年
5	植被绿度	• GF-4 替代数据 (MODIS), 2005 ~ 2015 年 • 重点生态功能区边界
6	载畜压力指数	• 高分 LULC 产品, 2015 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2010 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2005 年 • 统计数据

续表

序号	评价指标	应用产品
7	人类扰动指数	• 高分 LULC 产品, 2015 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2010 年 • 基于 TM、ETM+、HJ 的 LULC 产品, 2005 年 • 重点生态功能区边界
8	水源涵养功能	• GF-4 替代数据 (MODIS), 2005 ~ 2014 年 • 基础地理数据 • 气象站点数据, 2005 ~ 2014 年 • 土壤数据, 2000 年
9	水土保持能力	• GF-4 替代数据 (MODIS), 2005 ~ 2014 年 • 基础地理数据 • 气象站点数据, 2005 ~ 2014 年 • 土壤数据, 2000 年
10	防风固沙功能	• GF-4 替代数据 (MODIS), 2005 ~ 2014 年 • 基础地理数据 • 气象站点数据, 2005 ~ 2014 年 • 土壤数据, 2000 年

注: LULC 指土地利用与土地覆被类型。

2.2 指标算法

(1) 国土开发强度

国土开发强度,是指一个区域内城镇、农村、工矿水利和交通道路等各类建设空间占该区域国土总面积的比例^[16]。国土开发强度是监测评价主体功能区规划实施成效的最基础、最核心的指标^[17]。

在中国科学院 1 : 10 万 LULC 产品支持下, 国土开发强度计算公式如下:

$$LDI=\frac{UR+RU+OT}{TO}$$

式中, LDI (land development intensity) 为国土开发强度; UR (urban resident land area) 为城镇居住用地面积; RU (rural resident land area) 为农村居住用地

面积；OT（other resident land area）为其他建设用地面积；TO（total land area）为区域总面积。这里的“区域”，可以是不同大小的行政区域，如县域单元、地级市单元或者省域单元；也可以是不同尺度上的栅格单元，如 1km、5km 和 10km 网格单元。

根据上述定义，国土开发强度指标既可以方便地以栅格数据展示，并参与空间运算，同时也可以非常实用地以行政区专题统计图的形式出现，供政府决策部门使用。

(2) 国土开发聚集度

国土开发聚集度，是衡量城乡建设用地空间聚块、连片程度的指标。较高的国土开发聚集度，指示了本地区国土开发空间的高度集中、各区块独立性强的特点；较低的国土开发聚集度，指示了本地区国土开发比较分散，建设地块在空间上不连续，建设地块之间存在较大空当。

在传统的经济学、经济地理学中，关于聚集度的测度有多种算法，如首位度、区位商、赫芬达尔-赫希曼指数、空间基尼系数、EG（Elilsion and Glaesev）指数等。但是这些指标算法都是基于统计数据而来的，难以空间化展示和分析。为此，本书在 GIS 技术支持下，开发了空间化的国土开发聚集度指标算法模型^[18]。

公里网格建设用地面积占比指数（JSZS）：首先计算公里网格上的建设用地比重，而后应用如下的卷积模板对空间栅格数据进行卷积运算，由此计算得到公里网格建设用地面积占比指数。

$$JSZS = JSZB \cdot W$$
$$W = \begin{vmatrix} 0.25 & 0.5 & 0.25 \\ 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.25 & 0.5 & 0.25 \end{vmatrix}$$

式中，JSZS 为 3×3 网格中心格点的公里网格建设用地面积占比指数；JSZB 为格点建设用地面积占比。

地域单元国土开发聚集度（JJD）：首先计算公里网格上的建设用地面积占比，而后应用如下公式计算目标地域单元国土开发聚集度：

$$JJD_{i,j} = SDCL \times 0.4 + CLTP \times 0.6$$

式中， $JJD_{i,j}$ 为地域单元国土开发聚集度；SDCL 为网格 i, j 及八邻域内网格建成区面积不为 0 的网格内建成区面积的标准差；CLTP 为建成区面积为 0 的网格数与总网格数的比值。

上述 2 个反映国土开发聚集度的指数各有其优势的适用场合：公里网格建设用地面积占比指数可以方便地以栅格数据展示，并参与空间运算；地域单元国土开发聚集度则有利于使用基于行政区的专题统计图形式呈现，供政府决策部门使用。

(3) 优良生态系统

优良生态系统，是指有利于生态系统结构保持稳定，有利于生态系统发挥水源涵养、水土保持、防风固沙、水热调节等重要生态服务功能的自然生态系统类型。

本书中，具体是指各类自然林地、高覆盖度草地、中覆盖度草地、各种水体和湿地等优良生态系统土地覆被类型的总面积。

优良生态系统面积的计算公式为

$$YLA_{\text{Area}} = \text{Area} \left(DL_{21} + DL_{22} + DL_{31} + DL_{32} + DL_{42} + DL_{43} + DL_{46} + DL_{64} \right)$$

式中， YLA_{Area} 为优良生态系统类型总面积；Area 为各优良生态系统类型的面积； DL_{21} 、 DL_{22} 、 DL_{31} 、 DL_{32} 、 DL_{42} 、 DL_{43} 、 DL_{46} 、 DL_{64} 分别为表 2-3 中各地类。

表 2-3 优良生态系统土地覆被类型

代码	名称	含义
21	有林地	指郁闭度>30% 的天然林和人工林，包括用材林、经济林、防护林等成片林地
22	灌木林	指郁闭度>40%、高度在 2m 以下的矮林地和灌丛林地
31	高覆盖度草地	指覆盖度>50% 的天然草地、改良草地和割草地，此类草地一般水分条件较好，草被生长茂密
32	中覆盖度草地	指覆盖度为 20% ~50% 的天然草地和改良草地，此类草地一般水分不足，草被较稀疏
42	湖泊	指天然形成的积水区常年水位以下的土地
43	水库坑塘	指人工修建的蓄水区常年水位以下的土地
46	滩地	指河、湖水域平水期水位与洪水期水位之间的土地