

■ 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 软件系统开发和使用

胡云锋 董 昱 明 涛 等/著
戴昭鑫 张云芝 赵冠华



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 软件系统开发和使用

胡云锋 董 昱 明 涛 等/著
戴昭鑫 张云芝 赵冠华

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书在系统和模块总体设计基础上,依托“高分遥感主体功能区规划实施评价与辅助决策指标(专题产品)体系”研究成果等,应用信息技术,基于经济地理学的基本原理和模型方法,将各种通用和专用的区域评价和区域规划辅助决策模型方法转化为计算机模块,书中对每个模型的模型概念、模型算法、输入输出定义、算法流程图、模型界面等进行了定义、设计和研发论述。

本书可供广大地学、空间科学和计算机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. 软件系统开发和使用 / 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 978-7-03-057658-3

I. ①主… II. ①胡… III. ①区域规划-应用软件-研究-中国
IV. ①TU982. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 125093 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>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 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: 11

字数: 230 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

本书的出版得到以下项目及课题的支持

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）

国家重点研发计划：生态退化分布与相应生态治理技术需求分析（2016YFC0503701）

国家重点研发计划：全球多时空尺度遥感动态监测与模拟预测（2016YFB0501502）

中国科学院战略性先导科技专项（A类）：“三生”空间统筹优化与决策支持（XDA19040300）



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的快速、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。研究中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

对国家主体功能区规划实施开展监测和评估是落实主体功能区规划、调控主体功能区运行的基本途径。应用信息技术,基于经济地理学的基本原理和模型方法,将各种通用和专用的区域评价与区域规划辅助决策模型方法转化为计算机模块,这是开展自动化、业务化的监测、评估和辅助决策的关键所在。

本书在系统和模块总体设计基础上,利用 GIS 与 RS 相关的功能模块,分别对国土开发、城市环境、耕地保护、生态环境质量、生态服务功能、辅助决策 6 类、23 个具体模型进行了研发,对每个模型的模型概念、模型算法、输入输出定义、算法流程图、模型界面等进行了定义、设计和研发。此外,考虑到系统业务化、自动化作业的完整性,进一步研发了数据预处理、空间格局、动态变化、情景模拟、综合评价 5 个方面共 19 个软件模块。上述 19 个软件模块可以完成从专题产品生产、集成,到专题产品时空分析、模拟预测和综合评价的工作,是对主体功能区规划实施评价与辅助决策工作的必要补充。

本书共分为 6 个部分、15 章。第一部分包括第 1 章、第 2 章,是对系统需求及系统和模块总体设计的介绍;第二部分包括第 3 章,主要是对多源数据整合、时空格局与动态分析和未来情景模拟方法的研究;第三部分包括第 4 章,是对主体功能区规划实施评价与辅助决策关键模型的论述,主要包括针对京津冀地区、中原经济区、三江源地区三个典型主体功能区的规划评价与辅助决策;第四部分包括第 5~9 章,深入分析了国土开发、城市环境、耕地保护、生态环境质量、生态服务功能、辅助决策具体模块的设计和研发;第五部分包括第 10~14 章,深入分析了数据预处理、空间格局、动态变化、情景模拟、综合评价软件模块的设计和研发;最后就全书内容进行了提要总结,形成了第 15 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。具体工作由国家发展和改革委员会信息中心、中国科学院地理科学与资源研究所两家单位的科研人员完成。

研究过程中，作者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，以及曾澜研究员、刘纪远研究员、樊杰研究员、周艺研究员、王世新研究员、李浩川高工、孟祥辉高工、吴发云高工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，作者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

目 录

总序

前言

第 1 章	需求分析	1
1.1	总体需求	1
1.2	功能性需求	2
1.3	非功能性需求	7
第 2 章	系统和模块总体设计	8
2.1	研发背景	8
2.2	研发基础	9
2.3	总体架构	9
2.4	系统模块架构设计	11
2.5	类库结构设计	14
2.6	运行环境	19
第 3 章	多源数据整合与时空分析关键模型方法	20
3.1	数据空间化与精度评估模型方法	20
3.2	空间格局模型方法	26
3.3	动态变化模型方法	30
3.4	情景模拟模型方法	32
3.5	综合指数评价模型方法	36
第 4 章	规划实施评价和辅助决策关键模型方法	41
4.1	规划实施评价指标和流程	41
4.2	国土开发强度评价模型	46

4.3	国土开发聚集度评价模型	47
4.4	国土开发均衡度评价模型	48
4.5	城市绿被率评价模型	50
4.6	城市绿化均匀度评价模型	51
4.7	城市热岛评价模型	53
4.8	耕地面积评价模型	54
4.9	农田生产力分级评价模型	55
4.10	优良生态系统评价模型	56
4.11	人类扰动指数评价模型	58
第5章	国土开发模块详细设计	60
5.1	国土开发强度	60
5.2	国土开发聚集度	62
5.3	国土开发均衡度	65
第6章	城市环境模块详细设计	67
6.1	城市绿被率	67
6.2	城市绿化均匀度	69
6.3	城市地表温度	71
6.4	城市热岛	73
第7章	耕地保护和生态环境质量模块详细设计	77
7.1	耕地面积	77
7.2	优良生态系统	79
7.3	草地生态系统	81
7.4	人类扰动指数	83
7.5	植被绿度	86
第8章	生态服务功能模块详细设计	88
8.1	载畜压力指数	88
8.2	水土保持能力	91
8.3	水源涵养功能	93
8.4	防风固沙功能	96

第 9 章 辅助决策模块详细设计	100
9.1 严格调控区县遴选	100
9.2 严格调控网格遴选	102
9.3 推荐开发区县遴选	104
9.4 推荐开发网格遴选	106
9.5 人居环境改善网格遴选	108
9.6 生态治理重点区县遴选	110
9.7 生态治理重点网格遴选	112
第 10 章 其他类（数据预处理）模块详细设计	114
10.1 成分栅格产品	114
10.2 经济社会数据网格化	116
10.3 分类产品验证	118
10.4 反演产品验证	119
第 11 章 其他类（空间格局）模块详细设计	122
11.1 人口首位度	122
11.2 工业区位商	124
11.3 经济发展水平差异	126
11.4 土地开发效率	128
11.5 土地资源占用	130
11.6 居民点空间密度	133
11.7 城市发展潜力	135
第 12 章 其他类（动态变化）模块详细设计	137
12.1 经济发展速率	137
12.2 植被指数变化率	139
12.3 土地变化矩阵	140
第 13 章 其他类（情景模拟）模块详细设计	144
13.1 GDP 情景模拟	144
13.2 LULC 情景模拟	146

第 14 章 其他类（综合评价）模块详细设计 150

14.1 保护力度评价 150

14.2 主体功能提升评价 152

14.3 区域协调性评价 154

第 15 章 总结 157

参考文献 159

第1章 需求分析

1.1 总体需求

本软件系统利用 GIS 与 RS 相关的功能模块,对国土开发、城市环境、耕地保护、生态环境质量、生态服务功能、辅助决策等方面重要的模型算法进行归类整合。这些用于国家主体功能区规划实施监测和评价的主要的模型算法迫切需要统一整理、整合利用,并形成相应的软件体系,最终产生一套具有界面友好性、易操作性的软件系统,为科研人员与相关从业人员提供帮助。该系统应当根据模型所需的输入数据,通过已经编写好的内置算法,迅速地计算出可靠的可利用的结果。

本软件系统应当具有以下几个基本特性。

(1) 模块的相互独立性

为保证软件的高效开发与运行,本系统应当根据不同的模型算法将软件分成不同的模块。模块与模块之间相互独立。模块化的系统的好处在于,可以根据不同的用户自身的实际需求,选择性地整合利用不同的软件模块,形成相应的子系统,而无须依赖其他模块。

(2) 模块的接口统一性

虽然模块之间是相互独立的,每一个模块可以独立运行,但是部分模块之间却有相互调用的关系,如一个模块的结果数据可能为另一个模块的输入数据。采用统一的软件接口,可以方便程序的整合与其他程序的调用,并为未来的软件升级与功能的扩展提供依据。

(3) 高效性

除了功能性的需求,软件还应当注重运行的性能。由于本系统是依据国家主体功能区的相应研究区研发,研究区的范围较大,而系统的内存却为固定值,因

此需要调和解决数据量大和有限的内存之间的矛盾。即便如此，较大的研究区范围也必然会使得软件的运行速度受到制约，在提高软件性能的同时，也应当将每个模块运行的每一步都告知用户，告知当前模型计算所处的步骤。

(4) 易用性

本软件系统应当在重视软件的功能全面性、流程的可控性和技术的先进性的同时，提高软件的易用性。软件易用性包括软件的易理解性、易学习性、易操作性等方面。设计亲和的软件界面，减少复杂的流程设计，配制精简的系统菜单，可以帮助用户提高工作效率，减少不必要的学习成本。

1.2 功能性需求

根据总体需求与研究内容，软件根据主体功能区规划实施监测和评价涉及的七大类模型方法，将软件分成7个一级菜单，一级菜单需求如图 1-1 所示。

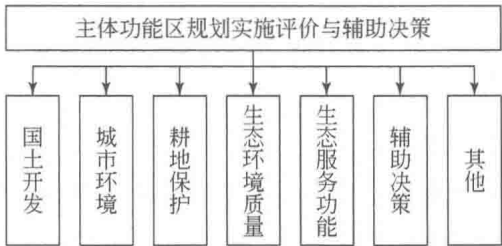


图 1-1 主体功能区规划实施评价与辅助决策软件需求

国土开发菜单中应当包括国土开发强度、国土开发聚集度、国土开发均衡度评价指标，用于指示与检测各主体功能区的开发空间布局状况。城市环境菜单中应当设计城市绿被率、城市绿化均匀度、城市地表温度、城市热岛评价指标，用于指示与检测各主体功能区的城市环境的空间布局情况。耕地保护菜单中应当设计耕地面积和农田生产力的统计模块，用于检测各主体功能区的耕地分布情况。生态环境质量模块应当设计植被绿度、优良生态系统、草地生态系统、人类扰动指数指标，用于体现各主体功能区的生态系统空间分布状况，检测生态质量。生态服务功能菜单应当设计载畜压力指数、水源涵养功能、水土保持能力、防风固沙功能指标，用于指示与检测各主体功能区的各种生态服务功能。辅助决策菜单

应对国家级主体功能区的国土开发、人居环境、生态环境等方面的综合发展情况开展评价和决策支持。

各二级菜单的功能需求描述如下。

(1) 国土开发

国土开发一级菜单下包括国土开发强度、国土开发聚集度、国土开发均衡度二级菜单（图 1-2）。国土开发强度二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的行政区划数据、土地利用数据，计算统计各行政区的国土开发强度。国土开发聚集度二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的行政区划数据与土地利用数据，通过八邻域比重卷积法和地类标准法计算相应地区的国土开发聚集度数据。国土开发均衡度二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的行政区划数据，基年与现年的土地利用数据，统计计算相应地区的国土开发均衡度。

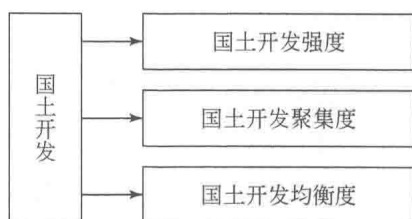


图 1-2 国土开发菜单结构

(2) 城市环境

城市环境一级菜单下包括城市绿被率、城市绿化均匀度、城市地表温度、城市热岛二级菜单（图 1-3）。城市绿被率二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的行政区划数据、土地利用数据与绿被数据，统计计算相应地区城市绿被率数据。城市绿化均匀度二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的行政区划数据、城镇面积数据、绿地数据统计计算相应地区的城市绿化均匀度。城市地表温度（land surface temperature, LST）二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的 LST 数据与模板数据（高分数据或 Landsat 数据）对 LST 进行降尺度运算，形成高分辨率的 LST 数据。城市热岛二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的行政区划数据、土地利用数据、地表温度

数据，计算各行政区的城市热岛。

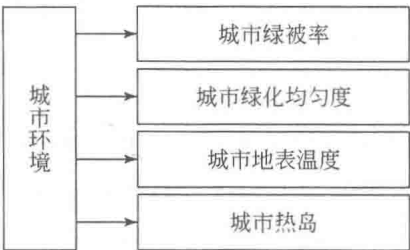


图 1-3 城市环境菜单结构

(3) 耕地保护

耕地保护菜单下，只需包括耕地面积模块。耕地面积二级菜单打开后为一对话框，可以根据各主体功能区的土地利用数据，生成单位网格，统计计算各网格内的耕地面积。

(4) 生态环境质量

生态环境质量一级菜单下包括优良生态系统、草地生态系统、人类扰动指数、植被绿度二级菜单（图 1-4）。优良生态系统二级菜单打开后为一对话框，可以利用各主体功能区的行政区划数据和土地利用数据统计计算相应地区的优良生态系统面积。草地生态系统二级菜单打开后为一对话框，可以通过各主体功能区的土地利用数据，生成单位网格，统计计算各网格内的草地生态系统面积。人类扰动指数二级菜单打开后为一对话框，可以通过利用各主体功能区的行政区划数据和土地利用数据，统计计算相应地区的人类扰动指数。植被绿度二级菜单打开后为一对话框，可以通过遥感影像的红波段和近红外波段计算相应地区的归一化植被指数（normalized difference vegetation index，NDVI）。

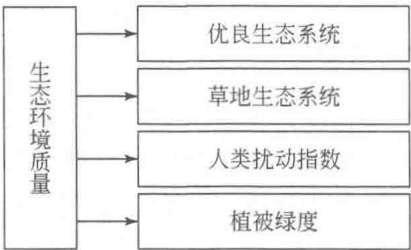


图 1-4 生态环境质量菜单结构