

环境博士文库

GIS 在区域生态环境信息系统研究中的应用

GIS APPLICATION RESEARCH
ON REGIONAL ECOLOGICAL ENVIRONMENT
INFORMATION SYSTEM

谢跟踪 著

中国环境科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

GIS 在区域生态环境信息系统研究中的应用 / 谢跟踪著. —北京: 中国环境科学出版社, 2004.7

ISBN 7-80163-869-7

I. G… II. 谢… III. 地理信息系统—应用—区域环境: 生态环境—管理信息系统 IV. X321.029

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 053797 号

三叶草工作室

即中国环境科学出版社环境科学编辑部。



工作室以出品环境类图书为宗旨, 服务社会。

工作室同仁愿成为您的朋友。

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: sanyecao@cesp.cn

电话(传真): 010-67112735

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2004 年 7 月第一版 2004 年 7 月第一次印刷

开 本 880×1230 1/32

印 张 8.375

字 数 220 千字

定 价 20.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本工作室更换

前 言

生态环境问题是 21 世纪人类面临的重大问题之一,生态环境建设是当前研究的热点。生态环境信息的收集、存储、管理和利用是生态环境问题研究的工作重点。生态环境研究中涉及到大量的空间数据,因此,利用 GIS 技术建立生态环境信息系统将会有效地管理和利用生态环境信息,是生态环境研究的一个新的技术手段,将加快生态环境问题研究的信息化进程。本书以福建省为研究区域,将组件式 GIS 技术应用于生态环境领域,探讨生态环境信息系统理论、方法与技术,并且选择“福建省生态环境信息系统”作为切入点,进行了基于组件式 GIS 的生态环境信息系统的设计与实践。本书从以下几个方面对 GIS 应用于区域生态环境信息系统进行了分析与研究:1)以地学的方法研究区域生态环境问题,归纳总结出生态环境的主要特征、生态环境因子划分以及生态环境信息的特点,重点探讨了福建省生态环境信息的特点及空间地域规律;2)应用系统分析的方法,对福建省生态环境数据库进行概念模型分析,设计了福建省生态环境信息系统数据流程;3)对目前各种已知的空间索引结构进行了理论上的分析,提出了适用于生态环境数据的空间索引方法及其实现;4)探讨了生态环境空间数据可视化的理论与方法;5)应用国产优秀的全组件式 GIS 软件 VisualTopo,在 Visual C++开发环境中开发了福建省生态环境信息系统。

本书是福建省资源与环境“211 工程”重点学科研究项目、福建省科技厅重大科技项目、福建省自然科学基金的系列研究成果之一。项目研究是在福建师范大学地理研究所的众多研究基础上开展的。本书能够顺利完成,得益于我的博士导师、福建师范大学地理研究所郑达贤教授,本书的写作思路、体系结构以及书中的内容布局都

体现了先生建设性的思想；福建师范大学地理科学学院陈文惠博士、陈丽梅女士、林芳女士为本书的编撰出版做了大量的工作；福建磐基软件有限公司技术总监苏江文先生在本书中的“空间数据索引”、“空间插值”以及“网络分析”等部分提供了极具价值的编程思想。借此书正式出版之际，一并致以诚挚的谢意。

感谢阅读本书的读者！本书只是作者研究工作的一个新的起点，类似的研究工作者还在继续。由于生态环境研究体系庞大，福建省生态环境复杂多样，同时 GIS 技术也在不断地发展变化中，所以尽管作者的研究工作是站在前人研究的基础上，但仍感研究的深度与广度不尽如人意，错漏之处在所难免。书中不足之处，敬请读者批评指正。

谢跟踪

于福建师范大学地理研究所

niangdudi@yahoo.com.cn

2004 年 1 月

摘 要

基于 GIS 的生态环境信息系统突破了传统的生态环境管理系统的开发模式,由传统的管理统计数据方式的信息系统向管理以空间数据为主的生态环境信息系统转变,使生态环境管理与决策建立在空间数据与属性数据结合的基础上,通过空间数据与属性数据的结合,进一步进行空间分析,挖掘隐藏在数据背后的信息。同时通过 GIS 可视化的功能使信息及空间分析的结果以各种直观图形、图表、多媒体的方面显示出来,并可以进一步通过网络进行生态环境信息共享。

本书以福建省作为研究区域,详细研究了生态环境数据的特点、生态环境数据的集成方法,以地学的研究方法全面、深入地研究了福建省生态环境的总体特征,研究了福建省生态环境数据集成的理论与方法,生态环境空间数据的表现与可视化的理论与方法,生态环境空间数据索引的理论与方法,组件技术与组件式 GIS 的理论与方法。在此基础上,通过对系统的需求分析、系统功能的分析与设计、系统数据库设计,系统空间分析设计与算法实现,在国产优秀组件式 GIS 软件 VisualTopo 平台上,在 Visual C++ 开发环境中实现了系统的集成,并成功地应用于福建省土壤侵蚀敏感性评价与福建省生态环境酸雨相对敏感性评价中。

本书对基于组件式 GIS 的区域生态环境信息系统开发进行了探索性研究,为区域生态环境信息系统的研究探索了一条新的途径,将为区域生态环境科学管理与决策提供有力的技术支持。

ABSTRACT

The ecological environment information system that base on the GIS breaks the traditional development mode of the ecological environment management system, which changes from the traditional statistical data management to the spatial data management and, makes management based on the spatial and attribute data. Combining spatial data with attribute data, and having space analysis, can find out the essence that be concluded in data. At the same time, the visualization — a function of GIS can make information and results of space analysis shown out in all kinds of table, chart, etc. Furthermore, the information can be shared by net.

This book regards Fujian Province as the study area, studies the characteristic of the ecological environment data and the integrated method of ecological environment data in details. With the research approach of Geoscience, it carries on an overall and deep study on the population characteristics of ecological environments data of Fujian Province, as well as the theory and method of ecological environment data integration of Fujian Province, the representation of the ecological environment spatial data and the theory and method of their visualization, the theory and method of the index of ecological environment space data, and that of the component technology and component

GIS (ComGIS). On the basis of these, through the demand analysis of the system, the analysis and design of the system function, the system's database design, and the space analysis together with the algorithm realization of the system, by the assistance of domestic outstanding GIS software, VisualTopo, which serves as a platform, the system has realized its integration in Visual C++'s development environment. And this system has successfully been used in the estimate of both the Soil Erodent Sensitivity of Fujian Province and, the Relative Sensitivity of Ecosystem Acid Rain of Fujian Province..

目 录

第1章 绪论	1
1.1 生态环境概述	1
1.1.1 生态环境的主要特征	1
1.1.2 生态环境因子的划分	4
1.2 生态环境数据特点及其集成	5
1.2.1 生态环境数据的特点	5
1.2.2 生态环境空间数据的集成方法	8
1.3 GIS 概述	10
1.3.1 GIS 技术体系的发展	10
1.3.2 传统 GIS 存在的问题	12
1.3.3 GIS 发展动态	13
1.4 信息技术在生态环境研究中的应用	18
1.4.1 现代生态环境研究的发展趋势和技术需求	18
1.4.2 信息技术应用于生态环境研究现状	19
1.4.3 GIS 术在生态环境研究中的应用	21
1.5 生态环境信息系统研究框架	31
1.6 福建省生态环境总体特征	34
1.6.1 福建省生态环境地理单元	34
1.6.2 福建省生态环境要素	35
1.6.3 福建省陆域景观生态空间分异	39
1.6.4 福建省生态环境脆弱性	40
1.7 福建省生态环境信息系统研究的必要性和选题意义	41
第2章 生态环境数据存储与管理	45
2.1 系统数据库概念模型分析	45
2.1.1 数据源的选取与预处理	46
2.1.2 数据关系分析	48

2.1.3 数据编码	54
2.2 系统数据质量控制	56
2.2.1 数据误差概述	56
2.2.2 数据误差控制	57
2.2.3 数据误差校正	58
2.3 系统数据存储与管理	61
2.3.1 空间数据与空间数据库	61
2.3.2 空间数据模型	62
2.3.3 空间数据拓扑关系模型	65
2.3.4 空间数据组织方法	67
2.3.5 系统多源数据集成	70
2.4 系统元数据与数据字典	74
2.4.1 系统元数据	74
2.4.2 系统数据字典	77
第 3 章 生态环境空间数据索引	84
3.1 空间数据索引概述	84
3.1.1 空间数据的特点	84
3.1.2 空间数据访问的特点	85
3.1.3 空间数据索引概述	85
3.2 空间数据索引方法	87
3.2.1 空间索引的一般方法	87
3.2.2 R 树、R+树与 R*树索引	89
3.2.3 PK 树索引	96
3.2.4 Hilbert R 树索引	100
3.3 空间数据索引方法比较分析	104
3.4 系统空间数据索引实现	106
第 4 章 空间分析与算法实现	118
4.1 空间分析与 GIS 的结合	119
4.1.1 空间分析、应用模型与 GIS 的关系	119
4.1.2 空间分析与 GIS 结合的意义	120
4.1.3 空间分析与 GIS 结合的途径	121

4.2 系统空间分析算法及实现	123
4.2.1 叠加分析	123
4.2.2 邻域分析	129
4.2.3 网络分析	151
第 5 章 生态环境空间数据表现与可视化	165
5.1 可视化概述	166
5.1.1 科学计算可视化	166
5.1.2 地图可视化	167
5.1.3 地形可视化	170
5.1.4 地理可视化	172
5.1.5 GIS 可视化	173
5.1.6 虚拟现实	174
5.2 地学可视化研究框架	175
5.3 可视化的质量因素	177
5.4 可视化技术在生态环境研究中的应用	178
5.5 系统数据表现与可视化	180
5.5.1 系统可视化中的数据分级	180
5.5.2 系统可视化实例	182
第 6 章 生态环境信息系统开发与软件实现	188
6.1 组件技术与组件式 GIS	188
6.1.1 COM/DCOM	189
6.1.2 OLE 及其在 GIS 中的应用	195
6.1.3 ActiveX	197
6.1.4 软件组件开发的意义	198
6.1.5 组件技术在 GIS 中的应用	200
6.2 系统开发的技术背景	201
6.2.1 系统开发环境	201
6.2.2 系统开发组件评述	202
6.3 系统需求分析	205
6.4 系统总体设计	207
6.4.1 系统总体设计模型	207

6.4.2 技术实施路线	208
6.4.3 系统功能设计	208
6.4.4 系统总体结构和功能	211
6.5 系统集成	216
6.5.1 系统集成框架	216
6.5.2 系统开发与集成	217
6.5.3 系统功能简介	219
6.5.4 系统特点	227
6.5.5 系统应用	230
附录 1: 福建省乡镇行政区划矢量数据库元数据	243
附录 2: 系统数据字典 (部分)	246

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Summary of ecological environment.....	1
1.1.1 Main characteristic of ecological environment	1
1.1.2 The types of ecological environment factor	4
1.2 The characteristic and integration method of ecological environment data.....	5
1.2.1 The characteristics of the ecological environment data	5
1.2.2 The integration method of ecological environment spatial data	8
1.3 Summaries of GIS.....	10
1.3.1 The development of GIS.....	10
1.3.2 The problem in the traditional GIS.....	12
1.3.3 The update of GIS.....	13
1.4 The application of information technique in ecological environment research.....	18
1.4.1 The trend and the technique demand of modern ecological environment research	18
1.4.2 The situation of information technique application in ecological environment research	19
1.4.3 The application of GIS in ecological environment research.....	21
1.5 The research frame of ecological environment information system....	31
1.6 The general characteristic of Fujian Province ecological environment.....	34
1.6.1 The geography unit of Fujian Province ecological environment.	34
1.6.2 The factor of Fujian Province ecological environment.....	35

1.6.3 The space distribution of Fujian Province land landscape ecology	39
1.6.4 The fragile characteristic of landscape ecology	40
1.7 The necessity and meaning of reacheron the Fujian Province ecological environment information system.....	41

Chapter 2: the storage and management of ecological environment

data	45
2.1 The analysis of the system's database conceptional model	45
2.1.1 data source selection and pretreatment.....	46
2.1.2 data relation analysis	48
2.1.3 data coding.....	54
2.2 The quality control of system data	56
2.2.1 Summaries of the Data Error	56
2.2.2 Data Error Control	57
2.2.3 Data Error Emendation	58
2.3 System Data Storage and Management.....	61
2.3.1 Spacial Data and Spatial Database	61
2.3.2 Spatial Data Model	62
2.3.3 Spatial Data Topologied Relation Model.....	65
2.3.4 Spatial Data Structure	67
2.3.5 System Multi-Sources Data Integrity	70
2.4. System Metadata and DD	74
2.4.1 System Metadata.....	74
2.4.2 Data Dictionary (DD)	77

Chapter 3 Environment Spatial Data Index

3.1 Spatial Data Index Overview.....	84
3.1.1 Spatial Data Feature.....	84
3.1.2 Feature of Spatial Data Accessing.....	85
3.1.3 Spatial Data Index Overview.....	85
3.2 Approach to Spatial Data Index.....	87

3.2.1 Currently Approach of Spatial Index	87
3.2.2 R Tree , R+ Tree and R* Tree Index	89
3.2.3 PK Tree Index	96
3.2.4 Hilbert R Tree Index	100
3.3 The Contrastive Analysis of Methods of Space Data Index	104
3.4 The Implementation of System Space Data Index	106
 Chapter 4 Space Analysis and Implementation of arithmetic	118
4.1 Combination of Space Analysis and GIS	119
4.1.1 The Relationship of Space Analysis, Application Model and GIS.....	119
4.1.2 The Significance of the Combination of Space Analysis and GIS.....	120
4.1.3 The Method of the Combination of Space Analysis and GIS.....	121
4.2 Space Analysis Arithmetic and its Implementation of the System ...	123
4.2.1 Overlay Analysis	123
4.2.2 Neighbor Analysis	129
4.2.3 Network Analysis	151
 Chapter 5 Environment Space Data and its Visualization	165
5.1 Summarization of Visualization	166
5.1.1 Science Computation Visualization	166
5.1.2 Map Visualization.....	167
5.1.3 Terrain Visualization	170
5.1.4 Geography Visualization	172
5.1.5 GIS Visualization.....	173
5.1.6 Virtual Reality	174
5.2 The Research Framework of Geography Visualization	175
5.3 The Quality Factor of Visualization	177
5.4 The Application of Visualization technique in Environment	178

5.5 System Data Representation and Visualization.....	180
5.5.1 Data Classification of System Visualization	180
5.2 The Example of System Visualization	182

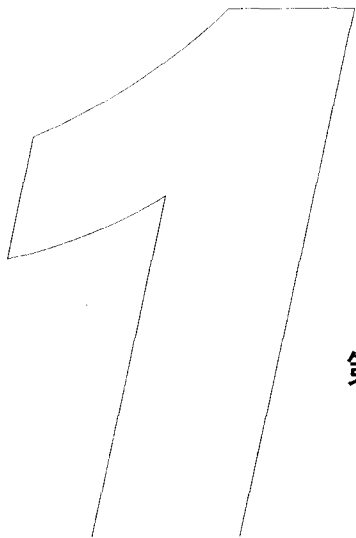
Chapter 6 The Development and Software Implementation

of Environment Information System	188
6.1 Component Technique and Component GIS.....	188
6.1.1 COM/DCOM	189
6.1.2 OLE and its Application in GIS	195
6.1.3 ActiveX.....	197
6.1.4 The Significance of the Software Component Development.....	198
6.1.5 The Application of Component Technique in GIS	200
6.2 The Technique Background of System Development.....	201
6.2.1 System Development Environment.....	201
6.2.2 The Estimate of System Development Component	202
6.3 System Requirement Analysis.....	205
6.4 System Design as a Whole	207
6.4.1 the Model of System Design	207
6.4.2 Technique implementation Route.....	208
6.4.3 system function design	208
6.4.4 System Structure and Function.....	211
6.5 System Integration.....	216
6.5.1 System Integration Framework	216
6.5.2 System Development and Integration	217
6.5.3 The Brief Introduction of System.....	219
6.5.4 System Feature	227
6.5.5 System Application.....	230

Appendix 1 The Metadata of Vector Database of

Administration Division, Fujian Province	243
---	------------

Appendix 2 System Data Dictionary	246
--	------------



第 1 章

绪 论

1.1 生态环境概述

1.1.1 生态环境的主要特征

生态环境是指某一特定生物体或生物群体以外的空间，以及直接或间接影响该生物体或生物群体生存的一切事物的总和^[1]。生态环境是一个相对的概念，在生态环境研究中，人类是主体，生态环境是指围绕着人群的空间以及其中可以直接或间接影响人类生活和发展的各种因素的总体。生态环境的主要特征包括物理性特征、人类行为特征和经济学特征等。

1.1.1.1 物理性特征

人类与生态环境的关系发生在两个层面。一是上游层面，即生态环境为人类提供各种天然资源，人类依赖这些天然资源生存并进行各种生产活动；一是下游层面，即生态环境为人类提供吸收及处

理废物的服务,使这些废物对人类的危害降到一个较低的程度。在人口较少及工业生产不甚发达的工业革命前,人类与生态环境的两个层面的联系比较紧密。随着工业生产的迅速发展和人口的膨胀,人类与生态环境的两个层面的联系逐渐遭到破坏。主要表现在^[2]:

(1)生态环境上游层面自然资源的供给能力削弱。这种状况在很大程度上是由于人们不适当地对自然资源的使用和开采造成的。

(2)生态环境下游层面处理或吸收废物、污染物质的功能削弱。这一状况既是由于人类的生产和消费活动产生过量的废物及污染物质造成的,又是人类某些不适当的生产和消费行为引起的。

人类与生态环境上述两个层面联系的破坏具有以下特点:

(1)从变化的速度看,人类使用自然资源的速度大大超过了可更新资源(生物)的再生速度和不可更新资源(矿物)的储备速度;人类向生态环境排放废物的速度也大大超过了生态环境吸收和消化这些废物的速度。

(2)从变化的中介来看,人类活动通常是先影响构成生态环境的基本分子——水、土壤、空气,然后再通过它们作为中介影响到其他资源。

(3)从变化的最终结果看,人类在破坏环境的同时使自身的健康水平和生存状况日益恶化,人类既是破坏生态环境的始作俑者,又是生态环境恶化的最终受害者。

1.1.1.2 人类行为特征

生态环境问题是由人类行为引起的,它必然存在某些人类行为方面的特征。例如:

(1)人类在知识与科技方面的不完备性导致生态环境问题的产生。许多在开始被认为有益于人类生活水平提高和福利改进的科技进步,后来被发现对生态环境有害。比如,氟利昂在十几年前被认为是一项制冷技术的重要技术发明,然而后来却发现它对保护地球免受紫外线危害的臭氧层有破坏性作用,目前已有了限制氟利昂使用的国际公约。又如,填充低洼地一度被认为对防止蚊蝇病菌的滋