

文章编号: 1007-4619 (2003)01-0047-07

区域可持续发展评价系统研制

周艺¹, 王世新¹, 阎守邕¹, 黄铁青¹, 曾澜²

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2 国家计委宏观经济院 北京 100032)

摘要: 区域可持续发展是指区域自然环境容量可以不断满足人类生活质量保障的社会发展状态, 要实现这种可持续发展, 就必须评价区域的可持续性。EIS/RSD 是在 windows NT 环境下开发的一个以遥感专题信息作为重要信息来源、具有综合分析和空间制图显示能力的区域可持续发展评价信息系统。该文阐述了 EIS/RSD 的系统目标、技术路线、概念模型、系统功能、使用方法和结果表达方式。

关键词: 可持续发展; 评价方法; 概念模型; 系统功能

中图分类号: P208 **文献标识码:** A

1 引言

自 1987 年以挪威首相布伦特兰夫人为首的“联合国世界环境与发展委员会”(WCED)在《我们共同的未来》一书中提出可持续发展概念以来, 可持续发展(Sustainable Development)成为人类所倡导的一种新的社会发展模式^[1], 走可持续发展之路已成为世界各国共同的必然选择。我国政府把实施可持续发展作为国家经济、社会发展的总体战略, 纳入到《中华人民共和国国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》之中, 推动了我国可持续发展的研究和实施进程。目前关于可持续发展的研究主要集中在两个方面, 一是可持续发展理论与概念^[2-4], 二是实现的有效途径^[5-7], 联系二者的纽带—可持续发展评价方法和衡量标准的研究比较薄弱^[8,9]。近年来取得了一些研究成果, 如: Wackemagle 等(1996)世界各国生态足印计算^[10], 周海林等(1999)可持续发展评价指标(体系)及其确定方法的探讨^[11], 廖志杰等(2000)中国区域可持续发展水平及其空间分布特征^[12], 牛文元等(2000)中国可持续发展战略报告^[13], 张志强等(2001)的中国西部 12 省(市区)的生态足迹^[14], 上述研究采用不同的指标体系和不同的表示方法对可持续发展进行了定量研

究, 但没有形成一个可操作的评价系统。为此, 区域可持续发展评价信息系统研制组通过对国内外可持续发展理论、指标体系、评价方法的广泛、深入调查研究, 提出了自己在遥感、地理信息系统等高技术支持下, 进行区域可持续发展评价的概念框架和指标体系, 研制了相应的全国区域可持续发展评价信息系统(Evaluation Information System for Regional Sustainable Development, DIS/RSD), 以省、大区和三大地带为评价单元, 利用时序统计及遥感数据, 对我国的可持续发展过程进行了动态分析与评价。本文主要介绍 EIS/RSD 的系统目标、技术路线、概念模型、系统功能、使用方法和结果表达方式。

2 系统研制目标

区域可持续发展评价系统的研制目标是:

(1) 建立一个面向我国以省、六大行政区、三大地带为评价对象的区域可持续发展评价应用系统, 提供各种分析评价工具, 动态、持续地研究我国的区域可持续发展过程。

(2) 利用多来源统计数据和多平台、多时相遥感数据, 通过数据融合技术进行遥感信息间的融合、遥感信息和非遥感信息间的融合, 建立区域可持续发展评价空间数据库。

收稿日期: 2001-10-29; 修订日期: 2001-11-03

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目《国土资源环境和区域经济信息系统(NREDIS)及国家空间信息基础设施关键技术研究》(编号: 97-759-05)。

作者简介: 周艺(1964—), 女, 副研究员, 1986年毕业于南京大学。主要从事地理信息系统开发和遥感地学应用研究。已发表论文 30 多篇, 专著 3 部。

(3) 评价结果具有图、表等多种表达方式, 形象直观地将我国的区域可持续发展过程和具体时间阶段的发展状态介绍给社会大众和有关领导, 为我国国民经济持续发展提供先进的技术支持和辅助决策信息。

3 系统研制技术路线

系统研制的技术路线如图 1 所示, 显示了区域可持续发展评价的数据流向和分析逻辑, 主要包括 5 个方面: 资料收集与整理、评价模型选择与构造、

空间数据库建立、系统功能与运行环境设计、用户界面。

3.1 资料收集与数据采集

资料收集包括三个方面, 一是区域可持续发展的概念、评价理论、评价指标体系、评价方法的有关文献和报告; 二是信息技术、空间技术、计算机技术、网络技术在可持续发展评价中的应用现状和潜力; 三是统计数据 and 遥感信息的采集和挖掘。数据来源于图书馆、资料中心及互联网(Internet)站点等几个方面, 有纸质和电子两种介质。

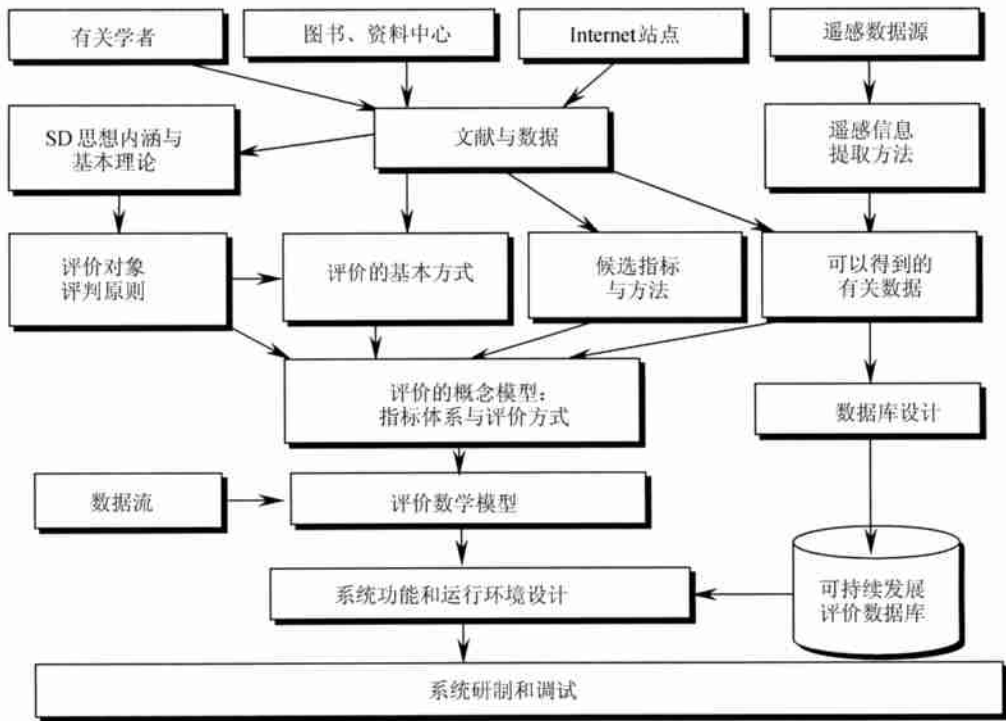


图 1 EIS/ RSD 研制的技术路线
Fig. 1 Technical Scheme of System Development

3.2 评价模型选择与构造

EIS/RSD 是一个以模型为驱动的系统, 评价模型的选择与构造决定了系统的使用效率和使用范围, 是系统发挥效益的关键所在, 我们在对国内外可持续发展概念、评价指标体系、评价理论、评价方法系统地进行分析、比较和归纳的基础上, 确定了区域可持续发展评价指标体系和评价方法。认为可持续发展是一个动态的变化过程, 评价指标的建立具有层次性和数据的可获取性, 有效的把时间维引

入到评价因子中, 充分发挥 GIS 的空间分析操作优势。

3.3 空间数据库建立

区域可持续发展评价空间数据库, 包括社会经济数据库、行政区划数据库、资源本底数据库。社会经济数据库为区域可持续发展评价提供计算人类社会经济发展的有关指标, 资源本底数据库是多时相、多平台遥感影像数据, 为评价提供区域自然资源储量信息, 行政区划数据库为分析过程和结果提供了

空间定位和可视化基础。由于数据来源的多样性导致了数据类型和数据格式的多样性,空间数据和属性数据通过惟一标识码连接。

3.4 系统功能与运行环境设计

EIS/RSD 用 VB6.0 和 Mapobject2.0 开发,运行的操作系统是 Windows NT,系统为用户提供文件管理、区域选择、基本指标计算、人类发展指数、生态盈余计算、综合分析、结果输出 7 个管理和分析工具。

3.5 系统界面

EIS/RSD 是一个具有积木式结构的地理信息系统。区域现状的分析评价,如综合评价、动态分类、发展轨迹等,要依赖系统中有关功能模块的组合来完成。因此,系统必须要有一个十分灵活、友好的用户界面。系统的用户界面主要有三种类型:菜单、工具条、对话框。通过采用多文档、分割窗口、菜单、快捷键、工具条、模式对话框、无模式对话框、拖放等一系列可视化界面技术,保证了用户能够方便、灵活地使用系统中的各种功能模块及其组合高效地完成区域可持续发展评价。

4 系统概念模型

可持续发展的重要标志是资源的永续利用和良好的生态环境,实现区域经济与人口、资源、环境的协调发展,可持续发展的核心是发展,中国是发展中国家,要消除贫困,缩小地区差异,提高人民生活水

平,就必须把发展国民经济放在首位。为了对我国不同区域的可持续发展过程进行动态评价,在充分利用国内外已有重要成果,例如人类发展指数、生态足印等的基础上,从我国的实际情况和需要出发,我们构建了自己的区域可持续发展评价概念模型。这个模型利用区域时序社会经济统计数据 and 卫星遥感专题信息,分别计算衡量社会经济发展程度的“人类发展指数”以及衡量国土资源支撑力极限的“生态盈余”两个评价指标。然后,根据这两个指标及其变化,分别对不同评价单元进行分析,并提出有关的计划措施,保证所辖地区能够沿着可持续发展的轨道前进。EIS/RSD 的概念模型如图 2 所示。它说明了区域可持续发展评价的基本过程以及在此过程中所使用的数据类型和基本概念,反映了 EIS/RSD 评价的基本理念。

5 系统功能

图 3 所示, EIS/RSD 具有文件管理、区域选择、指标计算、人类发展指数、生态盈余、综合分析、结果输出七个功能模块。

5.1 区域选择

该模块主要实现用户对研究区域的选择。在区域研究中按照行政职能和隶属关系选择了三个不同层次的区域进行研究,从区域范围大小划分为三大地带、六大行政区、省,在该系统中加载了相应的行政区划图,以矢量数据格式存放。

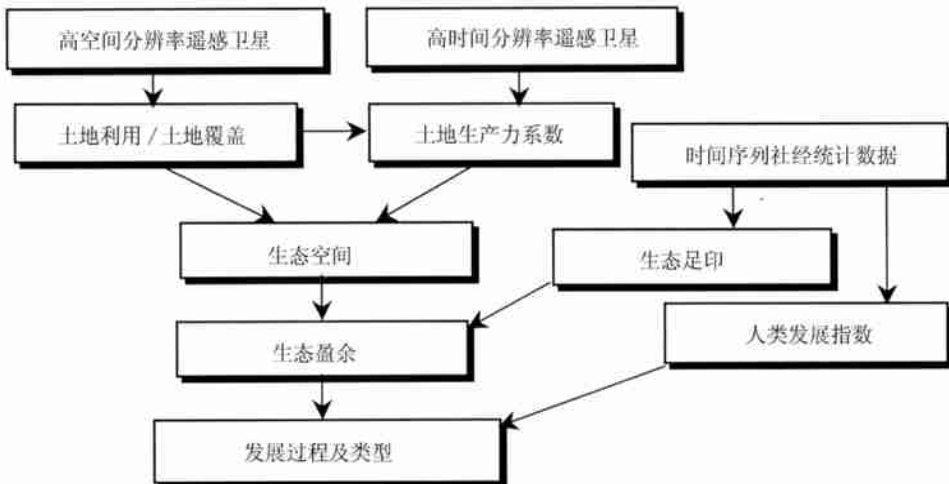


图 2 EIS/RSD 的概念模型框图

Fig. 2 Conceptual Framework of EIS/RSD

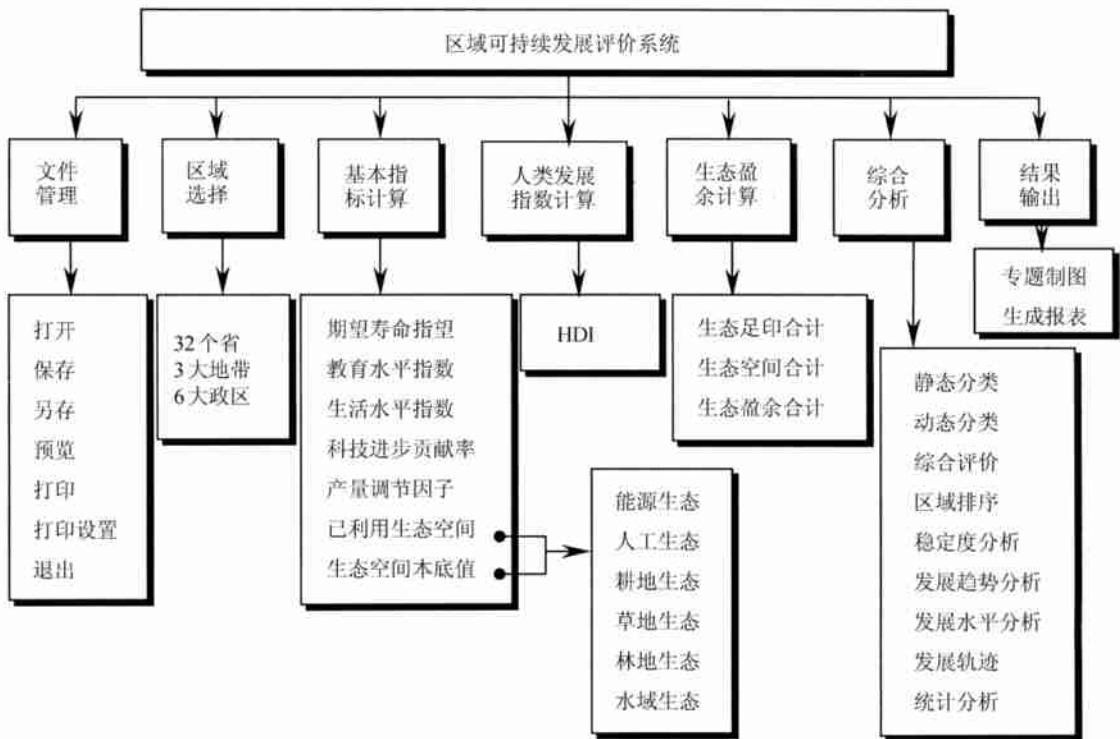


图 3 EIS/ RSD 系统功能结构图

Fig. 3 System Function of EIS/ RSD

5.2 基本指标计算

该模块主要实现在评价过程中所使用的相对独立、具有一定社会含义和分析意义的指标计算,其他社会意义不明显的指标则隐含在有关模型的计算过程中。指标共有七个:期望寿命指数、教育水平指数、生活水平指数、科技进步贡献率、产量调节因子、已利用生态空间、生态空间本底值,反映了我国人口、教育、经济、科技的发展和自然资源拥有量。

5.3 人类发展指数

HDI 反映了一定地区的卫生健康、文化教育、经济发展和生活水平状况,综合了社会和经济两方面的因素^[15],是用来较全面的衡量社会经济综合发展的指数,与常用的描述经济发展的 GDP 相比,覆盖范围更宽一些,对于发达国家、发展中国家、落后国家进行国际比较时,也更为客观,这部分数据来源于国家的各种统计年鉴,在评价过程中引入动态参数,如变化速度、斜率等。HDI 由期望寿命指数、教育成就指数和生活水平指数共 3 个过渡指数构成。

5.4 生态盈余计算

生态盈余是衡量人类所面临的压力和承受能力的指数。计算原理是将中国实现可持续发展所面临的压力,如:人口膨胀、资源消耗、环境污染等换算为所需的承载生态区域,并与可利用的生态区域进行比较,通过区域资源本底和人类生活实际消耗两者之间的距离,反映生活在一定地域范围内的人群资源消耗量和资源拥有量之间的关系。生态盈余计算基于生态空间和生态足印两个因子。生态空间表示区域内资源本底量,这部分数据利用常规调查方法是无法获取的,只有通过高时间分辨率和高空间分辨率卫星影像获取。

5.5 综合分析评价

综合分析评价是系统的核心部分。前面的几项功能都是针对单一指数进行的计算,反映区域在某一方面的发展状况、问题及潜力,综合和分析评价模块提供了一系列片段和整体分析工具,从我国发展的时间节点和历史长河进行点与线的交叉分析。

(1) 静态分类, 通过专家打分, 对人类发展指数和生态盈余赋予不同的权重, 采用明氏距离聚类, 划分不同的区域类型, 揭示区域可持续发展的空间分布特征和规律。

(2) 动态分类, 利用静态和动态参数对区域发展现状分类, 静态参数包括前面各项单一指数, 动态参数是前述单一指数的发展速度、发展水平、稳定度、发展趋势等, 通过动态参数引入时间维, 反映区域可持续发展评价的时间演化特性。

(3) 综合评价, 通过层次分析法, 对人类发展指数和生态盈余赋予不同的权重, 计算具体年份的区域发展现状, 反映区域现有空间生存能力分布状况。

(4) 区域排序, 对各项指标进行排序, 反映区域在全国中所处的位置和区域发展状态改善调整对全国实现可持续发展目标的影响。

(5) 区域稳定度分析, 反映区域发展的模式, 包括三个基本类型: 稳定可持续发展、波动可持续发展、稳定不可持续发展, 此外, 还有一些过渡类型。

(6) 区域发展趋势分析, 通过线性拟合寻找区域经济和资源的发展趋势, 其方向是上扬还是下滑, 亦或持平。

(7) 区域发展水平分析, 反映区域的平均发展水平和能力。

(8) 发展轨迹, 该模型提供了区域可持续发展可持续性量测的二维坐标可视化表达方法, 以人类发展指数为纵轴, 以可持续性指数为横轴。区域可持续发展的可持续性表达采用动态数据, 所得结论在某时间断层上是静态的, 对描述对象而言反映了其发展过程特性, 揭示了区域的特点、类型及未来趋势。

(9) 统计分析, 对分析结果进行统计制图, 结果表达不具备空间特性。

5.6 文件管理与结果输出

这两个模块主要实现系统对矢量数据和统计数据直接调用和混合调用, 以及文件的存储、打印等常规管理。结果输出采用可视化的表达方式, 包括专题图制作和报表生成等方式。

6 系统应用

6.1 可持续发展评价过程

系统功能开发以作业流程为轴, 除了为系统诸

模块服务的文件管理模块外, 其余诸模块从左向右排列的次序依评价工作步骤的先后而确定。在进行区域可持续发展评价时, 首先要从 32 省市、3 大地带或 6 大行政区之中选择一种评价对象, 然后按照这种区域计算它们的基础指标、人类发展指数、生态盈余等的数值。在这些计算的基础上, 进行各评价单元的可持续发展状况的综合分析, 其中最重要的是绘制各评价单元的人类发展指数-生态盈余过程曲线, 并分析这些曲线的类型、特征及其发展趋势。从各评价单元自身的特点出发, 评价其可持续发展的状况, 并为其合理的调控提供科学的依据。

评价分析结果有两种特性。一是基于静态数据的分析方法, 分析结果具有瞬时性; 一是基于动态数据的分析方法, 分析结果具有过程性。如表 1 所示。

表 1 系统分析结果特性

Table 1 The Characteristic of Analysis Result

分析方法		使用参数	结果特性
基本指标计算		静态数据	瞬时性
人类发展指数			
生态盈余计算			
综合分析	静态分类	静态数据	瞬时性
	综合评价		
	区域排序		
	统计分析		
综合分析	动态分类	动态数据	过程性
	稳定度分析		
	发展趋势分析		
	发展水平分析		
	发展轨迹		

评价分析结果具有以下四种主要表达方式:

(1) 专题制图提供了等值制图、范围制图、等间距制图、统计制图 4 种制图方式, 用统一规范的图式绘制分布图、分类图、评价图, 反映可持续发展的宏观趋势和分布状况, 没有比例尺。图 4(图版 I)是用系统的专题制图功能绘制的评价图, 颜色由红到绿反映可持续发展状况由坏到好。

(2) 绘制轨迹图, 能绘制全国、分省、三大地带、六大行政区的社会经济发展—生态盈余过程轨迹。图 5 反映了 20 世纪 90 年代后期北京的社会经济进入国际高发展行列, 生态处于平稳赤字状态。

(3) 绘制统计图, 有柱形、条形、折线、饼图、散点、面积、原环、雷达、曲面、气泡 10 种类型。图 6(图版 I)是我国各省区人均生态足印图, 我国 1986 年、1996 年的人均生态足印分别为 0.5568hm^2 、 0.5166hm^2 , 10 年间人均生态足印下降了 0.0402hm^2 , 即下降 7.22%。人均生态足印缩小的原因在于生

产力提高,生产单位消费物所需的生态面积变少。但因人口增长,我国 1996 年总的生态足印由 1986 年的 $588.655 \times 10^4 \text{ km}^2$ 扩大到了 $632.262 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

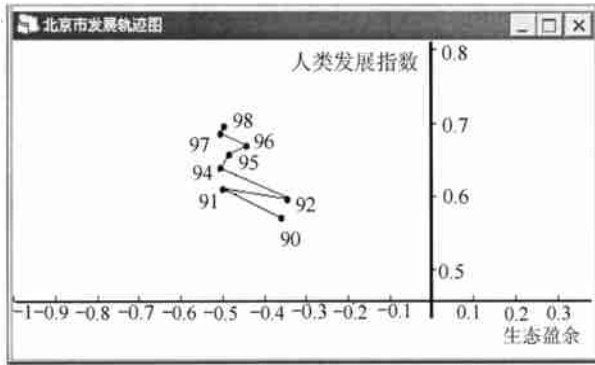


图 5 北京市社会经济发展—生态盈余过程轨迹

Fig. 5 Social and Economical Development—Ecological Deficit Track in Beijing

(4) 表格表示,表格可以精确地表示各指标、指数的数值,有固定表格和自由报表两种形式,主要为编写可持续发展评价年报服务。

6.2 可持续发展试验研究

在 EIS/RSD 的支持下对我国的区域可持续发展进行了以省为评价单元的试验研究,得出以下初步结论:

(1) 我国平均人类发展指数 (HDI) 从 1986 年的 0.5494 发展到 1996 年的 0.6726,10 年间增长了 0.1232,相对增长 22.42%,如果照此速度继续发展下去,再过 10 年,我国平均 HDI 值可望达到 0.8,进入 UNDP 划定的高发展指数行列。HDI 的增长分布从东南沿海向西北内陆呈递减趋势,HDI 增幅最大的 7 个省区除辽宁、广西外均分布在沿海地区,增幅最小的 10 个省区主要分布在西北、西南和华北地区,上海市因为处于高 HDI 值发展平台,海南省因为 1986 年采用广东省数据计算结果不具有代表性而未计入增幅最小行列。

(2) 从 1986 年至 1996 年,我国 HDI 值从 0.5494 增长至 0.6726,但生态盈余值却由 0.0209 ha/cap 变为 -0.0027 ha/cap ,表明目前我国经济和社会在发展,但其生态基础在削弱,人类压力已超出生态承载力。人均生态盈余低值省区集中在以辽宁、广东、青海 3 省为顶点的三角形区域内,包括以黄河流域为主的生态空间低值区和以长江流域、东南沿海省区为主的生态足印高值区。比较例外的是江西省,其 1986、1996 年人均生态盈余值都较高,分别为 0.1492

hm^2 和 0.1063 hm^2 。在此三角形区域内,除江西省外,1996 年仅有广西、浙江和山东的生态盈余为正值,且盈余量很小,区外的其它省区,生态盈余均为正值。

(3) 按照以发展为主的评价原则,采用 AHP 计算权重,进行我国 1998 年区域可持续发展综合评价 (图 4),分布上有明显的地带性,空间分布特征逼近我国三大地带划分,由东向西呈条带状递减趋势,主要原因是沿海经济发达和东北地区科技发展水平和受教育水平较高,扩大了自然资源含义和使用水平。

7 结语与展望

EIS/RSD 是在 windows NT 环境下开发的一个以遥感专题信息作为重要信息来源、具有空间制图显示和业务运行能力的区域可持续发展评价信息系统。系统的研制,使我国以省、六大行政区和三大地带为对象的区域可持续发展评价工作,在高新技术支持下向着动态、定量和持续进行的方向上有所迈进。但区域可持续发展可持续性评价和衡量标准是一个极为复杂的过程,EIS/RSD 赖以建立的概念模型、指标体系及其算法,就其合理性与完整性而言,还存在着值得进一步商榷和改进的地方。

(1) 进一步调整评价载体。本研究考虑中国的具体国情,以行政单元为载体,有利于问题的解决和可持续发展战略的实施,忽视了不同区域因自然条件差异导致的制约因子不同,在下一步的研究中,将增加信息源到分区的一体化功能,采取行政区划和自然区划双重研究,因地制宜地建立多种评价指标体系衡量区域的可持续发展状况。

(2) 进一步完善对社会和经济基础与生态承载力的相互关系研究。完善、改进和扩充已有的评价指标,在可持续性定量评价中综合反映生态承载力、社会和经济基础,利用空间信息分析技术进行遥感信息挖掘,拓展遥感在区域可持续发展研究中的应用深度。

(3) 进一步发展区域可持续发展评价方法。扩充区域可持续发展评价数据库,建立模型库、方法库,为用户提供问题求解的框架程式评价操作平台,提高计算机系统对现实世界的解释能力,形成 B/S 结构的区域可持续发展空间决策支持系统。

参考文献 (References)

[1] WCED. Our Common Future[M]. Oxford: Oxford University Press.

- 1987.
- [2] Donella Meadows, Denis Meadows, and Jorgen Randers. Beyond the Limits[M]. Toronto, McClelland & Stewart Inc., 1992.
- [3] Castanis J. UNDP's New Measure of Development Success[J]. *Development J.*, 1990, 2: 40—46.
- [4] Barbier E. B. The Concept of Sustainable Economic Development[J]. *Environ. Conservation*, 1997, 14: 101—110.
- [5] Huang Tieqing. Research on the Methodology for Assessing the Progress Towards Sustainable Development Supported by the Geo-Spatial Information Technology[D]. Doctoral Thesis of Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, 1999. [黄铁青. 空间技术支持下的可持续发展评价方法研究[D]. 中国科学院遥感应用研究所博士学位论文, 1999.]
- [6] Niu Wenyuan. China: The Forecast of Its Environmental Situation in The 21st Century[J]. *Journal of Environmental Management*, 1996, 30: 50—51.
- [7] OECD. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews[R]. Paris: OECD, 1993.
- [8] OECD. Measuring Development Progress; A Working Set of Core Indicators[R]. Paris: OECD, 1998.
- [9] DPCSD. Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies[R]. New York: United Nations, 1996.
- [10] Mathis Wackemagel, Larry Onisto and *et al.* Analysis National Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept[J]. *Ecological Economics*, 1999, 29: 375—390.
- [11] Zhou Hailin. A Study on The Approach of Establishing Indicator System for Assessing Sustainable Development[J]. *China Environmental Science*, 1999 19(4): 210—216. [周海林. 可持续发展评价指标(体系)及其确定方法的探讨[J]. 中国环境科学, 1999, 19(4): 210—216.]
- [12] Liao Zhijie, *et al.* Comprehensive Index and Spatial Distribution Characteristics of the Regional Sustainable Development of China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(2): 139—150. [廖志杰等. 中国区域可持续发展水平及其空间分布特征[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 139—150.]
- [13] Sustainable Development Research Group in Chinese Academy of Sciences. Sustainable Development Stratagem Report in China 2000[M]. Beijing: Science Press, 2000. [中国科学院区域可持续发展研究组. 2000 中国可持续发展战略报告[M]. 北京: 科学出版社, 2000.]
- [14] Zhang Zhiqiang *et al.* The Ecological Footprint of the 12 Provinces of West China in 1999[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(5): 599—610. [张志强等. 中国西部 12 省(市区)的生态足迹[J]. 地理学报, 2001, 56(5): 599—610.]
- [15] UNDP. Human Development Report 1997[M]. New York: Oxford University Press, 1997.

Evaluation Information System for Regional Sustainable Development

ZHOU Yi¹, WANG Shi-xin¹, YAN Shou-yong¹, HUANG Tie-qing¹, ZENG Lan²

(1. Institute of Remote Sensing Application, CAS, Beijing 100101, China; 2. China State Committee of Development and Planning, Beijing 100032, China)

Abstract: In the last three decades, sustainable development (SD) has been proposed and developed as a new development model. In China, SD has been confirmed as one of the two basic strategies (the other one is “Developing through science & education”) for national development. We define regional sustainability development as the continuous support of human quality of life within a region’s ecological carrying capacity. To achieve regional sustainability development, one must first assess the current situation. Until now, studies on SD have been mainly focused on two domain, one is the concepts and theory of SD and the other is the effectively realizing processes of SD, while few studies were carried out on evaluation methods of SD. Recently the application of Geo-spatial information technology in SD assessment, has gained great attention, mainly because the conventional statistic methods cannot satisfy the requirements of SD assessments. A conceptual model of regional SD assessment, using high spatiotemporal resolution remote sensing satellites as an important data sources, was built based on some essential achievements such as Human Development Index (HDI) and ecological footprint. In the conceptual model, ‘development’ and ‘sustainability’ were used as two primary criteria to evaluate the regional SD situation. Evaluation Information System for Regional Sustainable Development (EIS/RSD) was developed based on the above-mentioned conceptual model. The system has a number of application models, which can be used for further analysis of original data. The analysis result can be displayed using map and chart. This paper presents the aim, developing scheme, conceptual model, function and assessment method of evaluation information system for regional sustainable development.

Key words: sustainable development; assessment method; conceptual model; system function

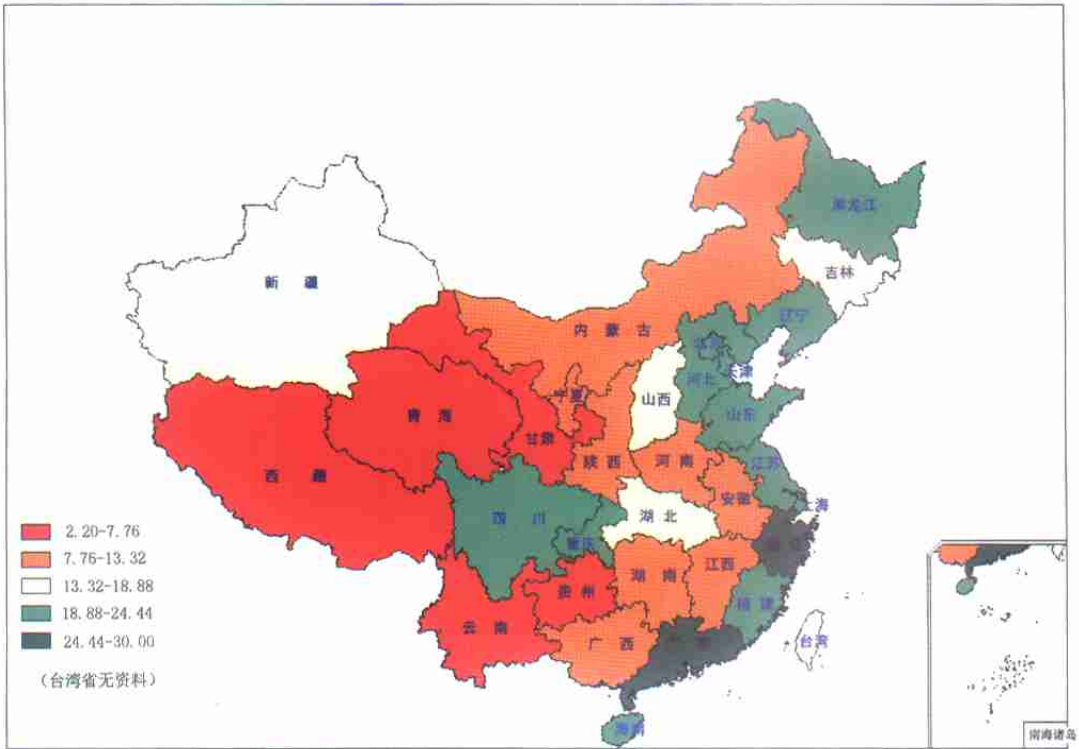


图 4 区域可持续发展综合评价图

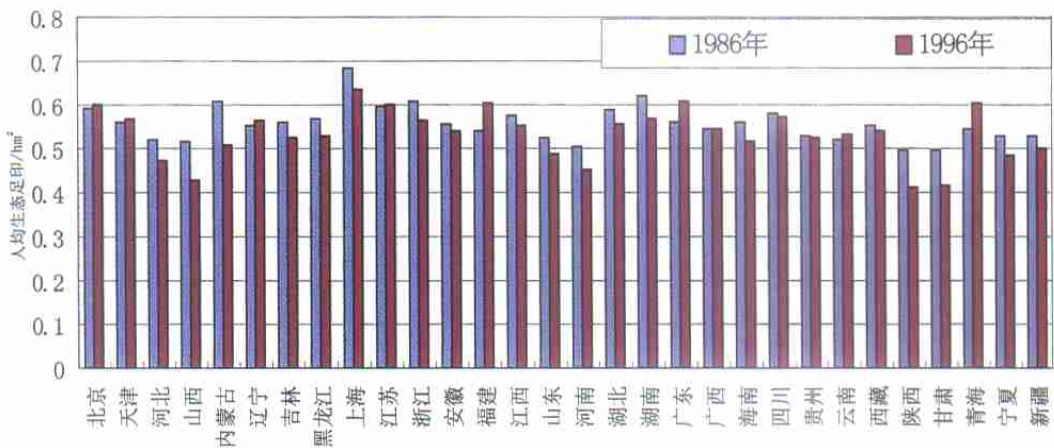


图 6 1986、1996 年各省区人均生态足印