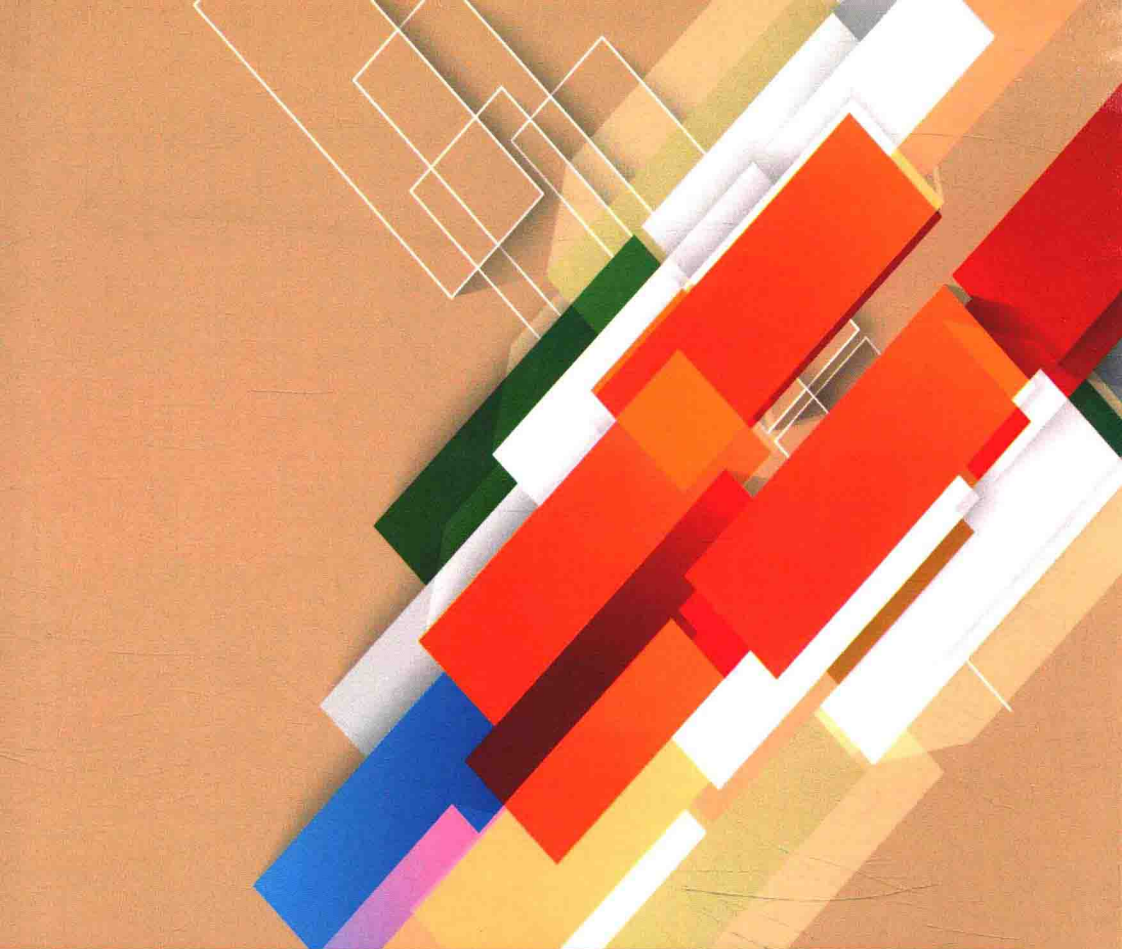




BINHAI QUYU ZONGHE CHENGZAILI LILUN YU SHIJIAN YANJIU

滨海区域综合承载力 理论与实践研究

明昌 著

张光玉 主审

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

滨海区域综合承载力 理论与实践研究

李明昌 著
张光玉 主审

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以系统论思想为基础核心,系统阐述了滨海区域综合承载力理论内涵与特点;建立了非线性集对分析、云理论及其相耦合的滨海区域综合承载力评价方法、步骤与模型;在系统、全面地分析了2004—2013年天津滨海区域环境生态问题的基础上,科学评价了近十年天津滨海区域综合承载力状况;建立了平行坐标、多尺度趋势分析的海洋生态环境可视化分析方法,系统分析了近十年天津近岸海域水环境、生态和底质沉积物质量状况及其发展趋势;建立了与涉海工程建设有机结合的多模型预测性承载力评价方法与模型,为环境影响研究提供了技术支撑。上述研究对于准确评价人类经济社会发展过程中的承载力和分析承载力制约因素具有重要意义,并可为区域管理与决策提供重要依据。

图书在版编目(CIP)数据

滨海区域综合承载力理论与实践研究/李明昌著. 张光玉
主审. —天津:天津大学出版社,2015. 4

ISBN 978-7-5618-5283-5

I. ①滨… II. ①李… ②张… III. ①海滨—区域环境
—环境承载力—研究—天津市 IV. ①X321. 221

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第078548号

出版发行	天津大学出版社
地 址	天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话	发行部:022-27403647
网 址	publish.tju.edu.cn
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司
经 销	全国各地新华书店
开 本	169mm×239mm
印 张	10
字 数	177千
版 次	2015年5月第1版
印 次	2015年5月第1次
定 价	35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

随着人类对陆地和海洋的不断开发与利用,导致赖以生存的资源基础正在遭受持续的破坏,引发了资源供需矛盾和生态环境恶化等一系列问题。自然界对人类经济社会活动的承受能力是衡量区域可持续发展的一个重要判据。综合评价人类经济社会发展过程中的自然承载力,分析并判断自然承载力的制约因素,对于正确判断人类社会行为是否与生态环境条件及人类需求相协调,进而为管理与决策提供重要依据,是保护人类生存环境、实现经济社会可持续发展的重要前提。

本书分为两部分。第1部分为“滨海区域综合承载力理论”,共4章,主要内容包括:在简述承载力概念起源,提出区域综合承载力概念的基础上,重点阐述了以系统论思想为核心的滨海区域综合承载力的内涵与特点;建立了基于非线性集对分析的单系统与多子系统综合评价方法、步骤与模型;以云理论为基础,通过期望、熵和超熵三个数字特征反映其随机性和模糊性的特点,实现定性概念与定量数值之间的不确定性转换,建立了基于云理论的综合评价方法、步骤与模型;结合云理论和集对分析方法的优点,建立了云理论与集对分析相耦合的综合评价方法、步骤与模型;建立了基于数据驱动模型人工神经网络算法的承载力评价与预测模型;建立了基于单指标预测的综合承载力间接预测方法体系。第2部分为“滨海区域综合承载力实践”,应用非线性集对分析、云理论及其耦合方法和模型,评价并分析了近十年天津滨海区域综合承载力状况,共4章:首先简要介绍了天津滨海区域的自然、社会和近岸海域开发建设状况;提出并建立了基于平行坐标、多尺度趋势分析的海洋生态环境可视化分析方法,系统分析了近十年天津近岸海域水环境、生态和底质沉积物质量状况及其发展趋势;较为全面地分析了天津滨海区域及近岸海域生态环境问题及其成因,以系统论思想为核心,构建了天津滨海区域综合承载力评价指标体系,包括经济、人口、资源、社会、生活和环境6个子系统,共41个评价指标;以多子系统集对分析方法为基础,采用岭型和幂函数两种具体的非线性隶属函数形式改进联系度,提高评价指标等级归属程度,系统评价并分析了近十年天津滨海区域综合承载力及其制约因素,并与云理论及两者相耦合的方法进行了对比分析;将滨海区域综合承载力评价与预测方法进行引申,以潮流水动力、水交换、悬浮物扩散和泥沙等多个数学模型数值模拟以及生物量损失核算公式计算为依据,以云理论等综合评价方法为核心,将工程建设前

后水动力改变量、水交换改变率、泥沙冲淤、生态损失等作为评价指标,建立涉海工程建设多模型预测性综合承载力评价方法与模型,并应用于天津港东疆港区第二港岛和锦州港龙栖湾港区涉海工程建设的综合承载力评价。

本书以滨海区域综合承载力为主要研究对象,建立了多种数值方法与数学模型,研究成果对于环境质量状况、涉海工程建设环境影响和区域可持续发展等多个方面研究均具有一定的指导和借鉴意义,可供环境科学相关领域的管理人员和科研人员参考阅读。本项研究工作得到了国家自然科学基金委自然科学基金资助项目“海域污染事件源搜索方法研究”(51209110)、天津市科技兴海项目“半岛式、离岸式用海模式的研究”(KJXH 2011—17)以及中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目“海陆复合环境承载力评价与预测方法研究”(TKS 090204)、“重大涉海工程累积环境影响评价方法研究”(KJFZJJ 2011—01)、“深海资源承载力预测性评价模型及围填海规划布局研究”(TKS 130215)等项目的资助与支持。

特别感谢以下人员对项目研究提供的帮助和支持。

交通运输部天津水运工程科学研究院:戴明新、张华庆、朱建华、周斌、李欣、赵英杰、毛天宇、司琦、田明晶、杨细根、刘爱珍、焦润红、朱宇新、王莹、李广楼、叶伟、高清军等领导和海岸与海洋资源环境研究中心的全体同事(特别感谢张光玉研究员对本书研究内容所提供的指导)。

大连理工大学:孙昭晨教授、梁书秀副教授。

天津大学:尤学一教授。

区域综合承载力涉及经济、社会、环境、生态、生物等多个学科领域以及数据挖掘、环境数值模拟与预测、时间序列分析等多个专业技术领域。本书以系统论思想为核心,建立了多种综合评价方法与模型,构建了天津滨海区域承载力评价指标体系,评价并分析了近十年天津滨海区域的综合承载力状况,但研究中仍存在一些不足之处和纰漏,有待今后进一步深入研究和逐步完善,也希望读者不吝赐教,以促进相关领域的研究。

李明昌

2014年11月6日

目 录

第 1 部分 滨海区域综合承载力理论

1 概述	(3)
1.1 承载力概念的起源及其发展	(3)
1.2 区域综合承载力概念的提出	(4)
2 滨海区域综合承载力理论	(5)
2.1 滨海区域综合承载力内涵与特点	(5)
2.2 滨海区域综合承载力评价方法	(6)
2.3 滨海区域综合承载力预测方法	(8)
3 滨海区域综合承载力评价方法	(9)
3.1 基于数据驱动人工神经网络模型的综合评价方法	(9)
3.1.1 数据驱动模型基本原理	(9)
3.1.2 人工神经网络基本原理	(9)
3.1.3 基于人工神经网络的综合评价方法与过程	(11)
3.2 基于非线性集对分析的多子系统综合评价方法	(13)
3.2.1 集对分析基本原理	(13)
3.2.2 基于非线性集对分析的单系统评价方法与过程	(13)
3.2.3 基于非线性集对分析的多子系统评价方法与过程	(16)
3.3 基于云理论的综合评价方法	(20)
3.3.1 云理论基本原理	(20)
3.3.2 基于云理论的综合评价方法与过程	(20)
3.4 基于云理论与集对分析的耦合评价方法	(23)
3.4.1 云理论与集对分析的耦合优势	(23)
3.4.2 基于云理论与集对分析的耦合评价方法与过程	(23)
4 滨海区域综合承载力预测方法	(26)
4.1 基于综合承载力时间序列的直接预测方法	(26)

4.1.1 基于人工神经网络的综合承载力时间序列直接预测方法	(26)
4.1.2 方法应用与分析	(27)
4.2 基于单指标预测的综合承载力间接预测方法	(28)

第2部分 滨海区域综合承载力实践

5 天津滨海区域概况	(33)
5.1 自然状况	(33)
5.1.1 气候状况	(33)
5.1.2 地质地貌状况	(34)
5.1.3 波浪、潮流、泥沙状况	(35)
5.2 社会状况	(38)
5.2.1 天津市概况	(38)
5.2.2 滨海新区概况	(39)
5.3 天津海岸线及近岸海域开发建设状况	(39)
5.3.1 自然发展阶段(1939 年以前)	(43)
5.3.2 平稳发展阶段(1939—2002 年)	(43)
5.3.3 高速发展阶段(2002—2030 年)	(43)
5.3.4 后发展阶段(2030 年—)	(44)
5.4 基于平行坐标的天津近岸海域水环境生态质量可视化分析	(44)
5.4.1 平行坐标基本原理	(44)
5.4.2 平行坐标可视化分析方法及其步骤	(45)
5.4.3 基于平行坐标的天津近岸海域水生态质量可视化分析	(45)
5.4.4 基于平行坐标的天津近岸海域底质沉积物质量可视化分析	(49)
5.5 天津近岸海域水环境生态因子时间序列多尺度趋势分析	(52)
5.5.1 时间序列多尺度趋势分析方法	(52)
5.5.2 天津近岸海域水环境生态因子时间序列多尺度趋势分析	(53)
5.5.3 天津近岸海域沉积物因子时间序列多尺度趋势分析	(66)
5.6 天津及其近岸海域主要环境生态问题浅析	(78)
5.6.1 天津及其近岸海域主要环境生态问题	(78)
5.6.2 引起环境问题的原因分析	(85)
5.7 天津滨海新区“十二五”规划纲要分析	(90)

6 天津滨海区域综合承载力评价指标体系	(91)
6.1 评价指标选取原则	(91)
6.2 结合区域特点的指标体系组成	(92)
7 天津滨海区域综合承载力评价与分析	(95)
7.1 评价指标与指标标准	(95)
7.1.1 经济子系统指标	(95)
7.1.2 人口子系统指标	(97)
7.1.3 资源子系统指标	(102)
7.1.4 社会子系统指标	(106)
7.1.5 生活子系统指标	(111)
7.1.6 环境子系统指标	(111)
7.1.7 评价指标标准	(116)
7.2 基于非线性隶属函数集对分析的天津滨海区域综合承载力评价	(119)
7.2.1 不同指标的非线性隶属函数构成	(119)
7.2.2 天津滨海区域综合承载力评价结果	(125)
7.3 基于云理论的天津滨海区域综合承载力评价	(128)
7.4 基于云理论与集对分析相耦合的天津滨海区域综合承载力评价	(133)
7.5 天津滨海区域综合承载力评价结果分析	(136)
7.6 天津滨海区域可持续发展状况分析	(137)
8 滨海区域综合承载力评价预测方法引申与工程应用	(138)
8.1 涉海工程建设多模型预测性综合承载力评价方法与过程	(138)
8.1.1 涉海工程建设多模型预测性综合承载力评价方法	(138)
8.1.2 涉海工程建设多模型预测性综合承载力评价过程	(138)
8.2 涉海工程建设多模型预测性综合承载力评价方法工程应用	(140)
8.2.1 天津港东疆港区第二港岛	(140)
8.2.2 锦州港龙栖湾港区	(142)
参考文献	(144)

第 1 部分 滨海区域 综合承载力理论

1 概述

1.1 承载力概念的起源及其发展

承载力是正确判断人类社会行为是否与环境、生态条件及人类需求相协调的主要衡量标志,是及时掌握区域发展制约因素的重要手段,是区域监督管理与决策的科学依据,逐渐受到了专家、学者和管理人员的广泛关注和重视。

自英国学者 Malthus 在《人口原理》一书中提出人口承载力的概念基础(Seidl & Tisdell, 1999)后,许多国内外学者针对承载力的定义、评价与预测等问题进行了大量的研究。

承载力已经从最初的人口承载力研究延伸到土地承载力、矿产资源承载力、环境承载力、水资源承载力、生态承载力和旅游承载力等诸多领域,发展了指标体系综合评价法(贾振邦等, 1995)、单个与多目标最优决策分析法(程国栋, 2002)、系统动力学仿真模型法(毛汉英和余丹林, 2001)、软计算系统分析法(王俭等, 2007)和生态足迹法(Rees, 1992)等多种评价方法,取得了大量的研究成果:Clarke(2002)评价了美国佛罗里达 Keys 流域的承载力;Chen 等(2000)应用驱动—状态—响应法研究了中国台湾中港河流域的环境承载力;毛汉英等(2001)应用系统动力学模型研究了环渤海地区的承载力;惠泱河等(2001)建立了评价指标体系和评价方法并对关中地区的水资源承载力进行了研究;韩增林等(2006)建立了以系统动力学为基础的海域承载力评价与预测方法体系,并对辽宁海域承载力发展状况进行了预测(狄乾斌和韩增林, 2005);曾敏(2006)利用元胞自动机模型对环渤海地区的承载力进行了预测研究;蒋晓辉等(2001)建立了区域水环境承载力的大系统分解协调模型,寻求提高关中地区水环境的最优策略;赵卫等(2008)应用系统动力学原理建立了辽河流域水环境承载力仿真模型,并提出了优化管理方案;符国基等(2008)在分析生态足迹承载力理论方法缺陷的基础上,采用“实际供给法”计算并分析了海南省的自然生态承载力;王开运等(2005)应用系统动力学方法综合分析了崇明岛的生态承载力,并提出生态建设的建议;曾维华等(2008)应用多目标优化方法建立了区域承载力优化模型,并对通州区的环境、人口和经济进行了综合评价;惠泱河等(2001)应用自然—人

工二元模式的系统动力学方法进行了水资源承载力的评价研究;张天宇(2008)应用熵值状态空间法评价了青岛市的环境承载力;张衍广(2008)采用多尺度统计动力预测模型从人口、经济、土地和水资源几方面研究了山东省的承载力;陈楷根(2002)从承载力剩余率的角度,探讨了福州市的区域环境承载力等。但上述方法本身都存在一定的优缺点(杨维等,2008),同时具有不能及时发现承载力制约因子的缺陷。

1.2 区域综合承载力概念的提出

资源、环境与人类社会等子系统相互作用,组成了一个复杂的开放系统,其中资源、环境、经济和社会等多个子系统,相互作用、互为耦合、缺一不可。从系统论的角度,个体与个体、个体与整体、整体与外部环境之间是有机联系的,整体性、动态性和目的性是系统的三大基本特征(魏宏森和曾国屏,2009)。因此,将事物作为一个整体来考察与研究,更符合马克思主义关于物质世界普遍联系的哲学原理。

承载力研究同样符合上述系统的理论与思想,单一子系统承载力的研究,极易忽略其他子系统的关联作用,研究结果难免失之片面,如对于环境承载力,土地、经济、人口等子系统是其重要的支撑载体和依托,单一环境系统的承载力研究虽然对环境管理具有一定的指导意义,但由于角度过于片面,亦不能及时发现其制约因素。

无论哪种承载力研究,均旨在为区域发展提供理论指导和管理手段,区域综合承载力是将研究区域作为一个有机的系统来综合考量的,这个系统包含相互联系和相互作用的全部子系统,如资源、环境、经济、社会等。因此,区域综合承载力研究是判断区域可持续发展最有效、最可靠、最合理的方法,符合整体性这一重要的系统特征。

2 滨海区域综合承载力理论

2.1 滨海区域综合承载力内涵与特点

任何国家的滨海区域均是本国发展程度最高、功能最为完备、所占经济总量最大的重要区域,人口稠密、经济活跃、土地等资源利用率高、生态环境压力大是其共同的基本特征。因此,滨海区域的可持续发展是全社会关注的焦点,研究滨海区域经济社会发展中的承载力问题是实现可持续发展、健康发展、和谐发展的重要手段和有效依据。

滨海区域综合承载力是从系统整体性的角度,综合考虑区域资源、环境、经济、社会、人口等众多子系统所组成的开放系统,将环境的最终承受者——海洋、大气环境等纳入系统之中,综合考量滨海区域发展中的可承载能力(如图 2.1 所示),其具有如下特点。

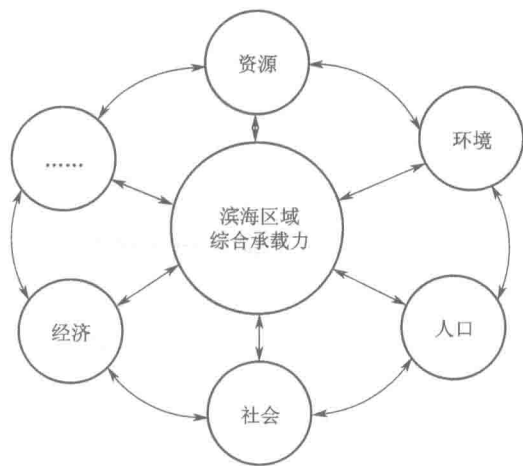


图 2.1 滨海区域综合承载力系统构成示意

1. 综合性

综合性是滨海区域综合承载力系统最重要的特征之一,是系统整体性、完整性的重要体现。以往的承载力研究,对资源、经济和社会关注较多,对于环境的最终承受

者——海洋、大气环境等,则很少真正涉及。滨海区域综合承载力完整地将区域内的资源、环境、经济、社会、人口等众多子系统纳入综合系统之中,形成了一个相互联系、相互作用的有机整体,更能充分体现承载力研究的完整性、合理性和有效性。

2. 复杂性

一个综合的、完整的系统包含为数众多的子系统,各子系统相互联系、相互作用,不断竞争、演化,却又相互依存,构成了一个复杂的有机整体。各子系统之间、子系统与综合系统之间、系统与外部系统之间,都存在着复杂的相互作用关系,这种关系具有很强的非线性和不确定性,较难把握。因此,复杂性是滨海区域综合承载力系统的另一个重要特点。

3. 动态性

综合系统中各子系统之间相互作用、不断转化,这种能量和作用的传递无时无刻不在进行,实时动态变化是滨海区域综合承载力系统的又一个重要特征。如海洋作为环境受体的引入,不同时期的人类活动对海洋的开发与改造,在改变海洋动力、海底地形、海洋生态环境等的同时,也影响着海洋对其自身和其他子系统的作用,这既是系统复杂性,也是系统动态变化特性的重要体现。

除此之外,滨海区域综合承载力系统还表现为资源有限、环境有限、承载力有限的有限特性,人类干预所体现的部分可控性、可调节性以及某些无法通过人力调节而改变的客观性等特点。

2.2 滨海区域综合承载力评价方法

科学有效的评价方法是确定滨海区域综合承载力的重要手段。评价的实质是评价因子与评价标准相结合的分析过程。因此,前述的承载力评价方法同样适用于滨海区域综合承载力评价,但均存在一定的问题。现对目前应用较为广泛的系统动力学、生态足迹、层次分析、模糊综合评价和智能软计算分析等评价方法简要分析如下。

1. 系统动力学方法

系统动力学方法是一种以反馈控制理论为基础,以计算机仿真为手段,通过系统结构、功能和各部分动态行为的计算机模拟与仿真,处理高阶次、非线性、时变的复杂问题,实现系统过程的重演与预测。自美国麻省理工学院的福雷斯特教授创立系统动力学方法以来,系统动力学方法已成功地应用于企业、城市、地区、国家甚至世界规模的战略与决策分析,并发展出众多的商业化模型(张波等,2010)。尽管系统动力学方法可以较好地把握系统内的各种反馈关系,并广泛地应用于承载力研究之中

(杨梅忠等,2011),但对系统规律性的认识、发掘系统内部诸因素的联系与相互促进的动力机制和系统内大量参数的不确定性等问题是该方法开展的难点。

2. 生态足迹方法

生态足迹方法是通过以生物生产性土地(或水域)面积来表示特定数量人群按照某一种生活方式所消费的各种商品和服务以及环境(生态系统)吸纳废弃物的需求和自然生态系统实际供给的比较,定量地判断某一国家或地区的可持续发展状态的一种分析评价方法。生态足迹方法在20世纪90年代初由加拿大大不列颠哥伦比亚大学规划与资源生态学教授里斯提出,并得到了广泛的实际应用(彭利民等,2011)。生态足迹方法中转化因子的确定受多种因素影响,具有较强的非线性,难以量化,如人类活动方式、管理水平提高和技术进步等因素。

3. 层次分析方法

层次分析方法是决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的一种定性与定量相结合的决策分析方法。层次分析方法通过将复杂问题分解为若干层次和若干因素,在各因素之间进行简单的比较和计算,得出不同方案的权重,为最佳方案的选择提供依据。层次分析方法因其清晰的分析思路而得到了较大的发展与广泛的应用(李新等,2011),但方法本身仍存在某些不足之处(吴殿廷和李东方,2004)。

4. 模糊综合评价方法

模糊综合评价方法是一种基于模糊数学的综合评价方法,通过模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即以隶属度判断与综合,对受到多种因素影响与制约的事物或对象做出一个总体的评判。模糊综合评价方法具有结果清晰、系统性强的特点,可较好地解决模糊与难以量化的实际问题,在承载力研究中已得到了较多应用(李跃鹏等,2010),但仍存在一定的局限性(杨维等,2008)。

5. 智能软计算分析方法

智能软计算分析方法是指以人工智能技术为基础的分析评价方法体系,人工神经网络和遗传算法等智能算法是其中较常采用的方法模型。人工神经网络模型以其在非线性关系拟合与求解问题上的优势(李明昌等,2007),在承载力领域获得了较好的应用(柴磊,2007);而遗传算法在承载力评价中的应用较少(董益华等,2007),更多地是体现在其对神经网络结构权重的优化之中(李淑霞,2004)。

从严格意义上讲,层次分析方法、模糊综合评价方法和智能软计算分析方法均属于将评价指标与标准区间进行对照、判断和选择的一类指标体系评价方法(杨维等,2008;李玮等,2010)。除此之外,主成分分析方法(王维维等,2010)、集对分析方法(姚治华等,2010)、云理论方法(曹玉升等,2010)等在承载力研究中也有应用。

2.3 滨海区域综合承载力预测方法

滨海区域综合承载力预测是指导滨海区域未来发展规划的重要依据,是区域科学有效管理的重要手段。滨海区域综合承载力可采用直接和间接两大类方式进行预测,其中直接预测方法是指以综合承载力评价为基础,以多年综合承载力时间序列特征分析为手段的承载力时间序列预测方法,该方法仅以时间序列分析为依据,可采用ARIMA模型(赵琳和郇亚丽,2010)和人工神经网络模型(李明昌等,2010)等预测工具,但多年的综合承载力时间序列不能充分、完整地体现滨海区域综合承载力系统中复杂的非线性关系,因此这种直接预测方法的合理性、可靠性和有效性无法保障。而间接预测方法(李明昌等,2014)的预测对象是滨海区域综合承载力系统中各子系统的每一个评价指标,它是在对每一个评价指标进行预测之后,再以特定的评价方法对预测的指标进行综合评价的过程,是综合承载力分解预测的一种方法。这种预测方法充分体现了各子系统、各指标的内涵、特点和演化规律,其相应的模拟预测模型更能保证预测的精度,具有较好的合理性和可靠性,但整个预测过程涉及面广,较为复杂,难度较大。

3 滨海区域综合承载力评价方法

3.1 基于数据驱动人工神经网络模型的综合评价方法

3.1.1 数据驱动模型基本原理

传统的工程数值模型是建立在对系统物理过程具有良好理解的基础之上的,称为知识驱动模型(或过程驱动模型等)。在模型当中,系统物理规律以方程的形式予以表达,并通过有限差分、有限元等数值方法求解,观测数据用于模型验证。

相反,所谓的数据驱动模型(Solomatin,2002)是在有限地了解系统物理知识的基础上,仅以系统状态变量作为模型输入、输出,分析系统数据的特点,建立系统状态变量之间的对应关系。数据驱动模型以人工神经网络、模糊逻辑、专家系统和机器学习等方法实现。数据驱动模型是单纯地建立输入、输出数据之间的映射关系,区别于知识驱动模型建立确定性描述两者之间的物理规律的方程。同数据驱动模型相比,知识驱动模型需要详细的系统物理知识去刻画系统的物理过程。数据驱动模型有如下的表达式:

$$(y_1, \cdots, y_i, \cdots, y_m) = F(x_1, \cdots, x_i, \cdots, x_n) \quad (3.1)$$

式中: $(x_1, \cdots, x_i, \cdots, x_n)$ 和 $(y_1, \cdots, y_i, \cdots, y_m)$ 分别为系统的输入、输出变量; F 是反映输入、输出变量之间非线性关系的函数。

3.1.2 人工神经网络基本原理

人工神经网络是一种复杂的非线性信息处理系统。自1943年,心理学家 Warren McCulloch 和数学家 Walter Pitts 从信息处理的角度出发,采用数理模型的方法,提出了形式神经元模型(MP模型)以来,人工神经网络方法飞速发展,现已在模式识别、非线性动力系统的辨识、预报预测等领域得到了广泛的应用,并取得了良好的效果。

BP神经网络即倒传播网络模型(Rumelhart et al,1986),是最为重要的神经网络模型之一,也是人工神经网络模型中最具代表性和应用最广泛的一种模型。BP神经