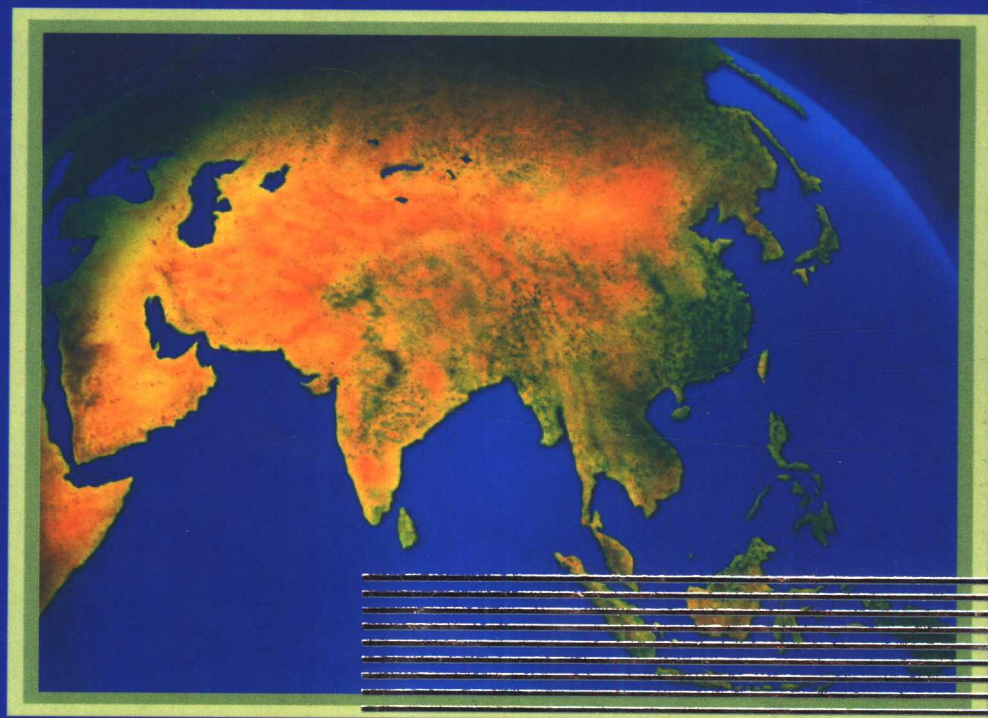


Models and Applications of Sustainable
Development Assessment

可持续发展评价模型与应用

李祚泳 汪嘉杨 熊建秋 徐婷婷 著



科学出版社
www.sciencep.com

可持续发展评价模型与应用

Models and Applications of Sustainable Development Assessment

李祚泳 汪嘉杨 熊建秋 徐婷婷 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了可持续发展的有关概念、评价指标体系及常用的可持续发展评价的模型、方法和应用。主要论述了物元可拓集、集对分析、禁忌搜索算法、模拟退火算法、投影寻踪技术、遗传算法、量子遗传算法、蚁群算法、人工神经网络、鱼群算法、粒子群算法、支持向量机和概率神经网络等新理论和新方法及其在可持续发展评价模型中的应用。反映了可持续发展评价的最新成果和发展方向。全书取材新颖、内容丰富、深入浅出、清晰易懂、实用性强。

本书适用于人口与资源、生态环境、环境科学、环境工程、水利水电、环境系统分析、环境信息系统、地理信息系统等多种不同学科、专业读者的需要,可作为有关专业研究生、高年级本科生的教材或教学参考书,亦可供广大科技工作者和高层次管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

可持续发展评价模型与应用/李祚泳等著. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-018707-9

I. 可... II. 李... III. 可持续发展—系统评价—模型 IV. X22

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第033214号

责任编辑:张展 荣洁莉 韩卫军

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年5月第一版

开本:787×1092 1/16

2007年5月第一次印刷

印张:21

印数:1—3 000

字数:490千字

定价:45.00元

前 言

人类在漫长的历史岁月里，曾经生活在“远芳侵古道，晴翠接荒城”这样一种优美的自然环境中。人们可以尽情地饱览大地风光，呼吸清新空气，注目游鱼流水，倾听虫鸟蝉鸣。在人类居住的美丽的诺亚方舟——地球上，曾经是“物华天宝”到处可见，“香格里拉”随处可寻。然而人们在几个世纪的“战天斗地”的口号下，掀起了“征服自然”的狂热浪潮。伴随着人口的激剧增长和对自然资源的过度开发与掠取，已导致地球上资源严重短缺，造成了环境污染和生态退化危机。

面对当今的环境问题，人类终于认识到：通过资源的过度开发和以环境损害为代价，片面追求经济高速增长和社会迅速发展的传统意义上的发展模式是一种短视行为，而不是远见卓识。人类的唯一选择必须也只能是努力寻求一条人口、社会、经济与资源、环境相协调的可持续发展之路。可持续发展才是人类发展的永恒主题，是人类发展的一种理想境界，也是人类发展的必由之路。

什么是可持续发展？如何理解可持续发展的内涵？如何协调社会、经济与资源、环境之间的关系？这些是人类需要认真思索和严肃对待的问题。可持续发展评价就是根据不同的评价目的，选择相应的评价形式，采用特定的指标，借助一定的数学模型，将描述人口、社会、经济、资源与环境的多指标的分散信息转化为能反映评价对象（可持续发展系统）总体特征的综合信息，进而作出可协调持续发展水平的判断，为有关部门制定发展规划和决策提供参考依据。因此，可持续发展评价模型和应用的研究具有十分重要的意义。

多年来，国内外学者对可持续发展的评价指标体系和评价模型与应用进行了有益的研究，提出了主分量分析法、模糊综合评价法、层次分析法、灰色系统分析法、相关分析法、趋势预测法和目标决策法等多种可持续发展评价方法。由于可持续发展评价指标类别多，指标数量大，指标间关系复杂，而且指标信息又多具有随机性、模糊性、灰色性、不完全性、不相容性等不确定性特征。因此，现有的可持续发展评价模型与方法还需要不断发展和完善。

近年来发展起来的可拓集合、集对分析、投影寻踪技术、神经网络、概率神经网络、禁忌搜索算法、模拟退火算法、遗传算法、量子遗传算法、蚁群算法、鱼群算法、粒子群算法及支持向量机等新理论与新优化方法已在众多领域得到应用，但它们在可持续发展领域中的应用还鲜为人知，在国内外现有的可持续发展方面的书刊中很少有介绍。

本书的目的正是为了介绍近年来作者将上述新理论与新方法应用于可持续发展分析与评价所取得的研究成果。第1章和第2章主要介绍可持续发展及评价的有关概念、评

价指标体系的特点、选择原则；第3章介绍了当前常用的一些可持续发展评价模型与方法；第4~16章分别论述了可拓集合、集对分析、蚁群算法、禁忌搜索算法、模拟退火算法、投影寻踪技术、遗传算法、量子遗传算法、人工神经网络、鱼群算法、粒子群算法、支持向量机及概率神经网络等的基本概念、基本理论及其在可持续发展评价建模中的应用。

本书具有以下特色：

兼容性 本书内容尽可能做到思想与概念、理论与方法、模型与应用、分析与计算多个层次兼容。

新颖性 本书内容取材于国内外主要是作者近年来在可持续发展评价的理论与方法、模型与应用研究方面取得的最新成果，内容丰富，选材新颖，具有前沿性和新颖性。

科学性 本书提出的评价模型理论依据充分，论证严谨，逻辑性强，分析透彻，计算准确，结果可靠。

系统性 本书系统而全面地开拓了多种新的理论和方法在可持续发展分析与评价中的应用。

实用性 本书注重理论与实践紧密结合，实用性强。每种模型都有应用实例，因而使评价理论和方法不会是“虚无缥缈，空中楼阁”。

可读性 本书内容尽量做到深入浅出，清晰易懂，可读性好。

适应性 本书适应于多种不同学科、专业的需求，适合博士生、硕士生、本科高年级学生、大学教师和科技工作者多种不同层次读者需要，适应面广。

除前三章外，由于本书其余各章只涉及一种新的理论或分析方法在可持续发展评价模型中的应用，读者可根据自身的需要进行阅读。一方面，这些理论和方法彼此联系并不紧密，相依性不强。因此，某些读者若只想熟悉和掌握其中的某些理论和方法在可持续发展建模中的应用，可以跳过前面其他章节，直接去阅读感兴趣的相关章节，也不会有太大的困难；而且即使对所述的理论或模型数学推演的理解并不深刻，但只要了解其基本思想，掌握了基本方法，能应用于实践，起到“立竿见影”的效果，也是大有裨益的。另一方面，书中所介绍的一些理论的基本思想和模型的分析计算（比如基于仿生算法的蚁群算法、鱼群算法和粒子群算法之间，基于进化算法的遗传算法和量子遗传算法之间以及基于智能优化算法的模拟退火算法和神经网络算法之间等等）有某些相似之处，因此，当读者对其中一种算法有深刻的理解和掌握之后，再去阅读其他的几种，就会触类旁通，有“豁然开朗”的感觉了。而对那些想深入了解和熟练掌握全书中所述理论、模型和方法的读者，请自始至终记住“千里之行，始于足下”这一名言吧！

本书各章节作者如下：

前言、后记 李祚泳；第1~3章 李祚泳，邹长武，汪嘉杨；第4~6章 李祚泳，徐婷婷；第7~11章 李祚泳，汪嘉杨；第12~16章 李祚泳，熊建秋；总结与展望 李祚泳。

成都信息工程学院环境科学专业2005级硕士研究生赵晓莉协助了本书第11章和第13章部分实例的编程与计算。全书由李祚泳与汪嘉杨共同统稿和负责校阅全稿。

• ii •

在撰写本书过程中, 参阅、引用和吸收了国内外许多专家和学者的著作和研究成果, 作者从中受到有益的启迪。因此本书亦凝聚了广大同行和学子的辛勤劳动成果, 在此表示诚挚谢意!

此外, 对在工作 and 生活上关心、支持和帮助过我们的同事、好友和亲人也表示衷心感谢!

在撰写本书过程中, 得到成都信息工程学院领导和有关部门(包括研究生处、教务处、科研处和环境工程系)的支持和协助; 并得到“973 国家重大基础研究项目(2002CB412301)和成都信息工程学院发展基金项目(CSRF200401)及学院重点学科(环境科学)建设项目资助; 科学出版社对本书的出版给予了大力支持, 在此一并表示感谢。

“年年岁岁花相似, 岁岁年年人不同”。学科的发展更是日新月异, 岁岁年年都有不同。因此本书所论述的可持续发展评价的新模型和新方法远不是可持续发展评价的全貌, 重点是本书作者近年来在可持续发展评价模型与应用研究中取得的最新成果, 也许只是“冰山一角”。由于作者的学识水平、时间和精力有限, 国内外一些可持续发展评价模型和方法可能未被提及; 作者在书中提出的一些思想和观点难免存在异议; 一些模型和方法也许有失偏颇; 一些概念和文字表述可能不够确切。恳请广大读者和专家批评指正。

李祚泳

2006 年 6 月于成都信息工程学院

ABSTRACT

After the deep and long thinking, mankind, after all, clearly knows that sustainable development is an eternal motif, the ideal state and the only way for the human society development. Sustainable cooperative development assessment of society—economy—environment systems is used to judge the level of sustainable development by the mathematical models using specific indexes, and it provides scientific basis of programs, managements and decisions for government department. Therefore, it is of very important significance to study theories and methods, models and its applications of sustainable development assessment.

The purpose of this book is based on the description above. Firstly, concepts, indexes systems, common assessment models, methods and its applications of sustainable development assessment have been introduced in this book. This book focuses the discussion on the applications of the new theories and new methods, such as matter element and extension sets, set pair analysis, taboo search algorithms, simulated annealing algorithms, project pursuit, genetic algorithms, quantum genetic algorithms, ant colony algorithms, artificial neural networks, fish swarms algorithms, particle swarm optimization, support vector machine and probabilistic neural networks, etc. , in the modeling of sustainable development assessment, which shows the newest products and the developing direction of sustainable development assessment. More than 10 kinds of new models and methods of sustainable development assessment mentioned above, which enriches and develops the researches of theories and its applications of sustainable development assessment, have not been seen yet till now in domestic and overseas books.

Characters of this book are shown as follows:

(1) Compatibilities of multi—level such as ideas and concepts, theories and methods, models and its applications, analyses and calculations are made as well as possible in this book.

(2) The models and methods mentioned in this book have solid theoretical bases, the mathematical reasoning of formula is strict, and the analyses and calculations of cases are accurate and trustworthy.

(3) This book choices new original of theme, provides abundant contents, and explains the profound in simple terms. It is easy to comprehend and its practicality is good.

(4) The development of other subjects, such as environment analysis and assessment, water resources assessment, systems differentiation, model distinguish, image disposal, environmental system analysis, resources protection, will be edified and drawn on the experiences of the new models and methods brought forward in this book.

The content in this book is suitable for senior undergraduate and graduate majoring in system engineering, artificial intelligence, human and environmental resources, environment with sustainable development, environmental management, environment with resources protection, environmental science, environmental engineering, hydrology and water resources, ecological environment, environmental system analysis, environmental message system, geographical message system, regional economy and other related subjects. It is also suitable for university teachers, science researchers and high—level managers engaged into sustainable development assessment, management and planning.

人类文明的每一步进展都会扰动
大自然的固有和谐，带来相应的负面
影响。

——詹克明

天地与我并生，万物与我为一。

——庄子

正是未知造就了科学。

——戴维·格罗斯

在通向科学之路上的那些陷坑不
是可以绕得开的壑穴，而是一个值得
探索的良机。

——余家驹 编译

目 录

前 言	(i)
第 1 章 概 述	(1)
1.1 可持续发展概念	(1)
1.2 可持续发展评价	(2)
本章小结	(3)
参考文献	(3)
第 2 章 可持续发展评价指标体系	(5)
2.1 可持续发展评价指标体系的概念及特点	(5)
2.2 构建可持续发展评价指标体系的基本原则	(6)
2.3 国内外可持续发展评价指标体系研究进展	(7)
2.4 可持续发展评价指标体系构建的若干实例	(7)
本章小结	(26)
参考文献	(26)
第 3 章 常见的可持续发展评价模型与方法	(28)
3.1 基于主分量分析与回归分析相结合的经济环境系统协调发展评价	(28)
3.2 基于模糊综合评价法的可持续发展评价	(31)
3.3 基于层次分析法和线性加权法的可持续发展评价	(35)
3.4 环境与经济协调发展评价模型	(41)
3.5 基于主分量分析和层次分析的可持续发展综合评价模型	(43)
3.6 可持续发展多目标综合评价法	(49)

本章小结·····	(54)
参考文献·····	(55)
第 4 章 基于可拓集合的可持续发展评价 ·····	(56)
4.1 可拓学简介·····	(56)
4.2 基于物元可拓的城市经济可持续发展的综合评价·····	(59)
4.3 基于物元可拓的区域水资源可持续利用系统综合评价·····	(63)
本章小结·····	(67)
参考文献·····	(67)
第 5 章 基于集对分析的可持续协调发展评价 ·····	(68)
5.1 集对分析简介·····	(68)
5.2 基于集对分析的同异反态势排序的可持续协调发展评价模型·····	(72)
5.3 集对分析用于城市可持续发展评价模型·····	(76)
本章小结·····	(82)
参考文献·····	(82)
第 6 章 基于蚁群算法的可持续发展评价 ·····	(83)
6.1 蚁群算法简介·····	(83)
6.2 基于连续蚁群优化算法的可持续发展评价·····	(90)
6.3 蚁群算法用于城市可持续发展评价模型·····	(96)
本章小结·····	(107)
参考文献·····	(108)
第 7 章 基于禁忌搜索算法的可持续发展评价 ·····	(109)
7.1 禁忌搜索算法简介·····	(109)
7.2 基于免疫禁忌搜索算法的区域生态环境可持续发展评价·····	(120)
7.3 基于免疫禁忌搜索算法的城市可持续发展评价·····	(124)
本章小结·····	(132)
参考文献·····	(132)
第 8 章 基于模拟退火算法的可持续发展评价 ·····	(134)
8.1 模拟退火算法的基本原理及实现步骤·····	(134)
8.2 基于模拟退火算法的区域水资源可持续利用评价实例之一·····	(138)
8.3 基于模拟退火算法的区域水资源可持续利用评价实例之二·····	(143)
8.4 基于模拟退火算法的城市可持续发展评价·····	(147)
本章小结·····	(150)

参考文献	(150)
第 9 章 基于投影寻踪的可持续发展评价	(151)
9.1 投影寻踪简介	(151)
9.2 基于投影寻踪的区域经济可持续发展能力评价	(153)
9.3 城市可持续发展的投影寻踪评价模型	(158)
9.4 区域生态环境可持续发展的投影寻踪评价模型	(160)
9.5 基于投影寻踪的区域水资源可持续利用评价	(161)
本章小结	(164)
参考文献	(164)
第 10 章 基于遗传算法的可持续发展评价	(166)
10.1 遗传算法简介	(166)
10.2 基于遗传算法优化的城市可持续发展评价的普适公式	(175)
本章小结	(182)
参考文献	(183)
第 11 章 基于量子遗传算法的可持续发展评价	(184)
11.1 量子遗传算法简介	(184)
11.2 基于 QGA 的城市可持续发展幂函数加和型指数评价	(195)
11.3 基于 QGA 的城市可持续发展评价的参数化多指标组合模型	(197)
11.4 基于 QGA 的生态可持续发展评价参数化多指标组合模型	(203)
11.5 基于 QGA 的水资源可持续利用评价参数化多指标组合模型	(208)
本章小结	(211)
参考文献	(212)
第 12 章 基于 BP 人工神经网络的可持续发展评价	(213)
12.1 BP 网络简介	(213)
12.2 基于 BP 网络的水资源可持续利用评价模型	(224)
12.3 水资源可持续利用系统的 BP 网络评价模型	(231)
12.4 基于 BP 网络的城市可持续发展评价模型	(234)
本章小结	(238)
参考文献	(238)
第 13 章 基于人工鱼群算法的可持续发展评价	(240)
13.1 人工鱼群算法	(240)
13.2 鱼群算法用于可持续发展评价公式中的参数优化	(244)

13.3 基于鱼群算法的地下水资源承载力可持续性评价	(249)
13.4 基于鱼群算法的水资源可持续利用评价模型	(252)
本章小结.....	(254)
参考文献.....	(255)
第 14 章 基于粒子群算法的可持续发展评价	(256)
14.1 粒子群算法简介	(256)
14.2 基于粒子群算法优化的可持续发展评价指数公式	(260)
14.3 基于粒子群算法优化的城市可持续发展评价公式	(263)
14.4 基于粒子群算法优化的区域水资源可持续利用评价	(266)
本章小结.....	(268)
参考文献.....	(269)
第 15 章 基于支持向量机的可持续发展评价	(270)
15.1 支持向量机简介	(270)
15.2 基于支持向量机的区域生态环境可持续发展评价	(287)
15.3 基于支持向量机的水资源可持续性利用评价	(292)
本章小结.....	(295)
参考文献.....	(296)
第 16 章 基于概率神经网络的可持续发展评价	(299)
16.1 概率神经网络理论简介	(299)
16.2 基于概率神经网络的生态环境可持续发展评价	(302)
16.3 基于概率神经网络的水资源可持续性利用评价	(303)
本章小结.....	(305)
参考文献.....	(305)
总结与展望.....	(306)
后 记.....	(313)

Models and Applications of Sustainable Development Assessment

Contents

Foreword	(i)
Chapter 1 Outline	(1)
1. 1 Conception of sustainable development	(1)
1. 2 Assessment of sustainable development	(2)
Summary	(3)
References	(3)
Chapter 2 Indexes system of sustainable development assessment	(5)
2. 1 Conception and characteristic of indexes system on sustainable development assessment	(5)
2. 2 Basic principle of composing indexes system on sustainable development assessment	(6)
2. 3 Progress on study of indexes systems of sustainable development assessment in domestic and overseas	(7)
2. 4 Some cases of indexes system of sustainable development assessment	(7)
Summary	(26)
References	(26)
Chapter 3 Usual models and methods on sustainable development assessment	(28)
3. 1 Coordinated development assessment of economy—environment system based on the combination between principal component analysis and regression analysis	(28)
3. 2 Sustainable development assessment based on fuzzy synthetic method	(31)
3. 3 Sustainable development assessment based on the combination between analytic hierarchy process and linear weight average	(35)
3. 4 Assessment model of sustainable coordinated development between environment and economy	(41)
3. 5 Synthetic assessment model of sustainable development based on the combination of principal component analysis and analytic hierarchy process	(43)
3. 6 Multi—objective comprehensive evaluation method of sustainable development	(49)
Summary	(54)
References	(55)

Chapter 4	Sustainable development assessment based on matter element and extension sets (ES)	(56)
4.1	Introduction of matter element and extension sets	(56)
4.2	Comprehensive evaluation on sustainable development of urban economy based on matter element and extension sets	(59)
4.3	Comprehensive evaluation on sustainable utilization of regional water resources based on matter element and extension sets	(63)
	Summary	(67)
	References	(67)
Chapter 5	Sustainable harmonious development assessment based on set pair analysis (SPA)	(68)
5.1	Introduction of set pair analysis	(68)
5.2	Sustainable harmonious development assessment model based on same - indefinite-contrary order of set pair analysis	(72)
5.3	Urban sustainable development assessment model based on set pair analysis	(76)
	Summary	(82)
	References	(82)
Chapter 6	Sustainable development assessment based on ant colony algorithm (ACA)	(83)
6.1	Introduction of ant colony algorithm	(83)
6.2	Sustainable development assessment based on ant colony algorithm in continuous space	(90)
6.3	Urban sustainable development assessment model based on ant colony algorithm	(96)
	Summary	(107)
	References	(108)
Chapter 7	Sustainable development assessment based on taboo search (TS)	(109)
7.1	Introduction of taboo search	(109)
7.2	Sustainable development assessment of regional ecological environment based on immune taboo search	(120)
7.3	Urban sustainable development assessment based on immune taboo search	(124)
	Summary	(132)
	References	(132)
Chapter 8	Sustainable development assessment based on simulated annealing (SA)	(134)
8.1	Basic principle and implementation of simulated annealing	(134)
8.2	Sustainable utilization assessment of regional water resources based on simulated annealing — case one	(138)

8.3 Sustainable utilization assessment of regional water resources based on simulated annealing — case two	(143)
8.4 Urban sustainable development assessment based on simulated annealing	(147)
Summary	(150)
References	(150)
Chapter 9 Sustainable development assessment based on projection pursuit (PP)	(151)
9.1 Introduction of projection pursuit	(151)
9.2 Sustainable development assessment of regional economy based on projection pursuit	(153)
9.3 Urban sustainable development assessment based on projection pursuit	(158)
9.4 Assessment model on sustainable development of regional ecological environment based on projection pursuit	(160)
9.5 Sustainable utilization assessment of regional water resources based on projection pursuit	(161)
Summary	(164)
References	(164)
Chapter 10 Sustainable development assessment based on genetic algorithms (GA)	(166)
10.1 Introduction of genetic algorithms	(166)
10.2 General formula for urban sustainable development assessment based on genetic algorithms	(175)
Summary	(182)
References	(183)
Chapter 11 Sustainable development assessment based on quantum genetic algorithms (QGA)	(184)
11.1 Introduction of quantum genetic algorithms	(184)
11.2 Exponential model on power function of urban sustainable development assessment based on QGA	(195)
11.3 Parameterization model of urban sustainable development assessment based on QGA	(197)
11.4 Parameterization model of ecological sustainable development assessment based on QGA	(203)
11.5 Parameterization model on sustainable utilization of water resources based on QGA	(208)
Summary	(211)
References	(212)

Chapter 12	Sustainable development assessment based on BP artificial neural networks (BP)	(213)
12.1	Introduction of BP networks	(213)
12.2	Assessment model on sustainable utilization of water resources based on BP networks	(224)
12.3	Assessment model on sustainable utilization of water resources system based on BP networks	(231)
12.4	Assessment model on urban sustainable development based on BP networks	(234)
	Summary	(238)
	References	(238)
Chapter 13	Sustainable development assessment based on artificial fish swarm algorithms (AF)	(240)
13.1	Introduction of artificial fish swarm algorithms	(240)
13.2	Parameters optimization in formula of sustainable development assessment based on artificial fish swarm algorithms	(244)
13.3	Sustainable utilization assessment of groundwater resources bearing capacity based on artificial fish swarm algorithms	(249)
13.4	Assessment model on sustainable utilization of water resources based on artificial fish swarm algorithms	(252)
	Summary	(254)
	References	(255)
Chapter 14	Sustainable development assessment based on particle swarm optimization (PSO)	(256)
14.1	Introduction of particle swarm optimization	(256)
14.2	Exponential formula of sustainable development assessment based on particle swarm optimization	(260)
14.3	Assessment formula of urban sustainable development based on particle swarm optimization	(263)
14.4	Sustainable utilization assessment of water resources based on particle swarm optimization	(266)
	Summary	(268)
	References	(269)
Chapter 15	Sustainable development assessment based on support vector machines (SVM)	(270)
15.1	Introduction of support vector machines	(270)
15.2	Sustainable development assessment of regional ecological environment based on support vector machines	(287)