

管理科学与工程丛书

主编：葛新权

废弃电子产品 资源化的 预测与评价

Prediction and Evaluation of
E-waste Recycling

张健
刘宇 著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

管理科学与工程丛书

主编：葛新权

废弃电子产品资源化的 预测与评价

Prediction and Evaluation of E-waste Recycling

张 健 刘 宇/著



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目 (CIP) 数据

废弃电子产品资源化的预测与评价 / 张健, 刘宇著.

—北京: 社会科学文献出版社, 2013. 7

(管理科学与工程丛书)

ISBN 978 - 7 - 5097 - 4623 - 3

I. ①废… II. ①张… ②刘… III. ①电子产品 - 废物综合利用 IV. ①X76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 099738 号

· 管理科学与工程丛书 ·

废弃电子产品资源化的预测与评价

著 者 / 张 健 刘 宇

出 版 人 / 谢寿光

出 版 者 / 社会科学文献出版社

地 址 / 北京市西城区北三环中路甲 29 号院 3 号楼华龙大厦

邮政编码 / 100029

责任部门 / 经济与管理出版中心 (010) 59367226

电子信箱 / caijingbu@ssap.cn

项目统筹 / 恽 薇 冯咏梅

经 销 / 社会科学文献出版社市场营销中心 (010) 59367081, 59367089

读者服务 / 读者服务中心 (010) 59367028

责任编辑 / 陈凤玲

责任校对 / 赵会华 李向荣

责任印制 / 岳 阳

印 装 / 三河市尚艺印装有限公司

开 本 / 787mm × 1092mm 1/20

版 次 / 2013 年 7 月第 1 版

印 次 / 2013 年 7 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5097 - 4623 - 3

定 价 / 48.00 元

印 张 / 13.6

字 数 / 180 千字

本书如有破损、缺页、装订错误, 请与本社读者服务中心联系更换

版权所有 翻印必究

本书受北京市教委科学技术与研究生建设项目资助
本书受北京市重点建设学科管理科学与工程建设项目资助

总 序

基于 2003 年北京机械工业学院管理科学与工程硕士授权学科被批准为北京市重点建设学科，我们策划出版了这套丛书。

2004 年 8 月，北京机械工业学院与北京信息工程学院合并筹建北京信息科技大学。

北京机械工业学院工商管理分院于 2004 年建立了知识管理实验室，2005 年建立了北京地区第一个实验经济学实验室，2005 年 8 月召开了我国第一次实验经济学学术会议，2005 年 12 月获得 2005 年度北京市科学技术奖二等奖一项，2006 年 4 月获得北京市第九届人文社科优秀成果二等奖两项。2006 年 5 月，知识管理研究被批准为北京市教委人才强校计划学术创新团队；2006 年 10 月，被批准为北京市哲学社会科学研究基地——北京知识管理研究基地。

2006 年 12 月，北京机械工业学院工商管理分院与北京信息工程学院工商管理系、经济贸易系经贸教研室合并成立北京信息科技大学经济管理学院。2008 年 3 月，企业管理硕士授权学科被批准为北京市重点建设学科。

2008 年 4 月，教育部正式批准成立北京信息科技大学。

经济管理学院是北京信息科技大学最大的学院。2007 年

10 月经过学科专业调整（信息系统与信息管理学士授权专业调出）后，经济管理学院拥有管理科学与工程、企业管理、技术经济及管理、国民经济学、数量经济学 5 个硕士授权学科，拥有工业工程专业硕士授予权，拥有会计学、财务管理、市场营销、工商管理、人力资源管理、经济学 6 个学士授权专业，设有注册会计师、证券与投资、商务管理、国际贸易 4 个专门化方向。

经济管理学院下设会计系、财务与投资系、企业管理系、营销管理系、经济与贸易系 5 个系，拥有实验实习中心，包括会计、财务与投资、企业管理、营销管理、经济与贸易、知识管理、实验经济学 7 个实验室。现有教授 12 人、副教授 37 人，具有博士学位的教师占 23%，具有硕士学位的教师占 70%。在教师中，有博士生导师、跨世纪学科带头人、政府津贴获得者，有北京市教委人才强校计划学术创新拔尖人才、北京市教委人才强校计划学术创新团队带头人、北京市哲学社会科学研究基地首席专家、北京市重点学科带头人、北京市科技创新标兵、北京市青年科技新星、证券投资专家，有北京市政府顾问、国家注册审核员、国家注册会计师、大型企业独立董事，还有一级学术组织常务理事，他们分别在计量经济、实验经济学、知识管理、科技管理、证券投资、项目管理、质量管理和财务会计教学与研究领域颇有建树，享有较高的知名度。

经济管理学院成立了知识管理研究所、实验经济学研究中心、顾客满意度测评研究中心、科技政策与管理研究中心、食品工程项目管理研究中心、经济发展研究中心、国际贸易研究中心、信息与职业工程研究所、金融研究所、知识工程研究所、企业战略管理研究所。

近三年来,在提高教学质量的同时,在科学研究方面也取得了丰硕的成果。完成了国家“十五”科技攻关项目、国家科技支撑计划项目、国家软科学项目等8项国家级项目和12项省部级项目,荣获5项省部级奖,获得软件著作权24项,出版专著16部,出版译著2本,出版教材10本,发表论文160余篇。这些成果直接或间接地为政府部门以及企业服务,特别地服务于北京社会发展与经济建设,为管理科学与工程学科的建设与发展打下了坚实的基础,促进了企业管理学科建设,形成了基于知识管理平台的科技管理特色,也形成了稳定的研究团队和知识管理、科技管理、知识工程与项目管理3个学术研究方向。

在北京市教育委员会科学技术与研究生建设项目、北京市重点建设学科管理科学与工程建设项目资助下,把我们的建设成果结集出版,形成了这套“管理科学与工程”丛书。

管理科学与工程学科发展日新月异,我们取得的成果不过是冰山一角,也不过是一家之言,难免有不当甚至错误之处,敬请批评指正。这也是我们出版本丛书的一个初衷,抛砖引玉,让我们共同努力,提高我国管理科学与工程学科研究的学术水平。

在北京市教育委员会与北京信息科技大学的大力支持与领导下,依靠学术团队,我们有信心为管理科学与工程学科建设、科学研究、人才培养与队伍建设、学术交流、平台建设与社会服务做出更大的贡献。

主编 葛新权

2008年4月于北京育新花园

前 言

新世纪，电子产品的快速普及和更新换代，警示我们必须以前瞻的眼光来审视由此带来的环境污染和资源浪费等问题。20 世纪 80 年代以来，在不同的地区和不同的时期，废弃电子产品回收和再利用出现了不同程度的环境污染和其他问题，不可否认的重要原因这是由于对数量的不清楚导致缺乏规划和统筹，无法对不同的资源回收利用进行规范化处理。另外，由于资源回收利用过程中的经济价值没有正确的评估，电子产品中含有的大量有毒有害物质没有先期分析，导致污染得不到正确及时的治理，资源得不到有效的回收。鉴于此，本书从废弃电子产品资源化数量的预测、资源化的经济评价方法和有毒有害物质评价分析三个方面进行研究，试图揭示我国废弃电子产品资源化利用中存在的一些规律，进一步为政府和相关企业提供决策支持和分析依据。本书主要内容包括：

第一篇（第二～五章）：根据废弃电子产品生命周期特点，从时间、地域、产品结构三个维度，采用基于时间序列模型、斯坦福模型、卡内基模型、灰色模型、神经网络模型等多种预测模型，进行废弃电子产品保有量、废弃量、可资源量的预测；利用知识挖掘的方法，挖掘电子产品中资源物

的种类、存在方式、含量,研究我国废弃电子产品中资源物的分布特征;基于电子电器产品中资源物种类、分布特征与产品结构的关系模式,探明电子产品资源物时空分布规律,通过可视化界面方便、高效地对数据进行动态采集、编辑和管理。

第二篇(第六~第八章):针对废弃电子产品资源化的技术经济评价的影响因素和应用结构方程模型、CIPP评价模式,对废弃电子产品资源化的技术经济评价进行问题识别和必要性及可行性分析,进而形成电子废弃物资源化的技术经济评价的形式化体系和概念设计,最终形成针对电子废弃物资源化的技术经济评价指标体系,并应用评价模型,通过实例研究完成了对电子废弃物资源化的技术经济评价,以期为我国电子废弃物资源化提供一些切实可行的技术经济评价研究。

第三篇(第九~十二章):提出了废弃电子产品有毒有害物质评价体系的概念,通过对其分析与研究,提出了废弃电子产品有毒有害物质评价体系的需求主体、影响因素和评价原则,并建立评价指标体系。运用主成分分析法对废弃电子产品有毒有害物质含量进行分析,确定指标体系中对废弃电子产品影响最大的指标、因素,为政府、企业和消费者提供技术指导。运用模糊聚类分析法对废弃电子产品有毒有害物质进行分析,根据对不同电子产品或电子产品的不同组成元件的有毒有害物质含量的分析,将其进行分级,为政府和生产企业提供预测信息。在此基础上,设计废弃电子产品有毒有害物质分析系统。

本书撰写过程中,研究生杨旻、朱金良和王涛等同学参

与调研、资料整理、写作和排版录入等工作，在此一并表示感谢！

本书得到国家自然科学基金（编号：70873005）、北京市哲学社会科学重大项目（编号：11ZDA04）、北京市属高等学校人才强教高层次人才计划、科技创新平台计划、北京市重点建设学科和北京市知识管理研究基地项目资助。

由于作者水平有限，本书错漏之处，恳请广大学者及其他读者朋友给予批评指正。

作者

2012 年 11 月

目 录

前 言 / 1

第一章 绪论 / 1

第一节 废弃电子产品资源化现状 / 1

第二节 国内外相关研究现状及分析 / 5

第三节 研究思路与创新 / 13

第一篇 废弃电子产品资源化预测

第二章 废弃电子产品资源化预测的领域识别 / 21

第一节 领域问题的识别思想 / 21

第二节 领域问题的概念模型 / 22

第三节 废弃电子预测领域问题的识别 / 24

第四节 小结 / 33

第三章 废弃电子产品资源化预测模型构建 / 34

第一节 卡内基·梅隆模型 / 35

第二节 斯坦福模型 / 37

第三节 市场供给模型 / 39

2 废弃电子产品资源化的预测与评价

第四节 时间序列模型 / 41

第五节 灰色预测模型 / 55

第六节 神经网络模型 / 63

第七节 小结 / 66

第四章 废弃电子产品资源化预测系统的实现 / 67

第一节 系统设计 / 67

第二节 系统实现 / 73

第三节 小结 / 86

第五章 废弃电子产品资源化预测模型比较与分析 / 88

第一节 预测模型比较 / 88

第二节 预测模型分析 / 94

第三节 资源化评价分析 / 99

第四节 小结 / 107

第二篇 废弃电子产品资源化的技术经济评价

第六章 废弃电子产品资源化的技术经济评价的基本问题分析 / 111

第一节 基于系统理论的技术经济评价问题的识别思想 / 112

第二节 废弃电子产品资源化的技术经济评价的概念设计和概念模型 / 114

第三节 废弃电子产品资源化的技术经济评价体系 / 116

第四节 废弃电子产品资源化的技术经济评价程序 / 125

第五节 评价指标选取的原则 / 127

第六节 小结 / 129

第七章 基于结构方程模型的技术经济评价实例研究 / 130

第一节 结构方程模型概述 / 130

第二节 技术经济评价需求与变量选取 / 134

第三节 技术经济评价的结构方程分析 / 137

第四节 结构方程模型参数估计与检验 / 140

第五节 结构方程模型应用实例的结果分析 / 144

第六节 小结 / 145

第八章 基于 CIPP 评价模式的技术经济评价实例研究 / 146

第一节 CIPP 评价模式概述 / 146

第二节 CIPP 评价模式的技术经济评价体系 / 154

第三节 基于 CIPP 评价模式的评价模型构建 / 155

第四节 基于 CIPP 评价模式的结果分析 / 160

第五节 小结 / 161

第三篇 废弃电子产品中有毒有害物质评价

第九章 废弃电子产品有毒有害物质评价指标体系 / 165

第一节 废弃电子产品有毒有害物质评价的需求主体 / 165

第二节 废弃电子产品有毒有害物质影响因素 / 166

第三节 评价指标体系的建立原则 / 169

第四节 评价指标体系的功能 / 171

第五节 评价指标体系的建立 / 172

第六节 评价方法的选定 / 173

第七节 小结 / 175

第十章 基于主成分分析的废弃电子产品有毒有害物质评价模型 / 176

第一节 主成分分析法 / 176

第二节 基于主成分分析的评价步骤 / 184

第三节 基于主成分分析的废弃电子产品有毒有害物质评价 / 185

第四节 小结 / 189

第十一章 基于模糊聚类分析的废弃电子产品有毒有害物质评价模型 / 190

第一节 模糊聚类分析的数学模型 / 190

第二节 废弃电子产品有毒有害物质的模糊聚类分析 / 203

第三节 小结 / 209

第十二章 废弃电子产品有毒有害物质分析系统的设计与实现 / 210

第一节 系统分析 / 210

第二节 系统设计 / 214

第三节 系统实现 / 216

第四节 小结 / 218

第十三章 结论与展望 / 219

参考文献 / 222

附录 / 237

Contents

Preface / 1

Chapter 1 Introduction / 1

- 1.1 Current Situation of E-waste Recycling / 1
- 1.2 Review of Chinese and International Studies and Literature / 5
- 1.3 Research Thinking and Innovation / 13

Part 1 Prediction of E-waste Recycling

Chapter 2 Field Identification of the Prediction of E-waste Recycling / 21

- 2.1 Identification of Field Issues / 21
- 2.2 Conceptual Model of Field Issues / 22
- 2.3 Identification of Field Issues of E-waste Prediction / 24
- 2.4 Summary / 33

Chapter 3 Model Construction for the Prediction of E-waste Recycling / 34

- 3.1 Carnegie Mellon Model / 35
- 3.2 Stanford Model / 37
- 3.3 Market Supply Model / 39
- 3.4 Time Sequence Model / 41
- 3.5 Grey Prediction Model / 55
- 3.6 Neural Network Model / 63
- 3.7 Summary / 66

Chapter 4 Realization of the Prediction System of E-waste Recycling / 67

- 4.1 System Design / 67
- 4.2 System Implementation / 73
- 4.3 Summary / 86

Chapter 5 Comparison and Analysis of the Prediction Models of E-waste Recycling / 88

- 5.1 Comparison of Prediction Models / 88
- 5.2 Analysis of Prediction Models / 94
- 5.3 Evaluation and Analysis of E-waste Recycling / 99
- 5.4 Summary / 107

Part 2 Technical and Economic Evaluation of E-waste Recycling

Chapter 6 Analysis of Basic Problems / 111

- 6.1 Identification Ideas for Technical and Economic Evaluation Based on Systems Theory / 112

- 6.2 Conceptual Design and Model for Technical and Economic Evaluation of E-waste Recycling / 114
- 6.3 Technical and Economic Evaluation System for E-waste Recycling / 116
- 6.4 Technical and Economic Evaluation Procedure for E-waste Recycling / 125
- 6.5 Selection Principle for Evaluation Indicators / 127
- 6.6 Summary / 129

Chapter 7 Case Studies in Technical and Economic Evaluation Based on Structural Equation Model / 130

- 7.1 Overview of the Structural Equation Model / 130
- 7.2 Demand and Variable Selection for Technical and Economic Evaluation / 134
- 7.3 Structural Equation Analysis for Technical and Economic Evaluation / 137
- 7.4 Parameter Estimation and Test for Structural Equation Model / 140
- 7.5 Outcome Analysis of Applications of Structural Equation Model / 144
- 7.6 Summary / 145

Chapter 8 Case Studies in Technical and Economic Evaluation Based on CIPP Evaluation Model / 146

- 8.1 Overview of CIPP Evaluation Model / 146
- 8.2 Technical and Economic Evaluation System of CIPP Evaluation Model / 154