

河北省重点学科技术经济及管理 资助出版

神经网络优化算法 技术经济领域中的应用

SHENJING WANGLUO YOUHUA SUANFA ZAI
JISHU JINGJI LINGYUZHONG DE YINGYONG

张永礼 董志良 安海岗 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

河北省重点学科技术经济及管理

河北省人力资源社会保障科研合作课题(JRSHZ-2015-01032)

河北省社会科学发展研究青年课题(2015041229)

资助出版

河北省科技计划自筹经费项目(154576295)

神经网络优化算法在 技术经济领域中的应用

张永礼 董志良 安海岗 著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2015

内 容 提 要

本书将神经网络优化算法应用于技术经济领域问题,研究了智能算法优化后的神经网络模型在工业技术经济、农业技术经济和其他技术经济中的应用,同时介绍了遗传算法、粒子群算法、思维进化算法、灰色理论等神经网络优化理论及其应用。

本书重点介绍了优化的神经网络算法在技术经济领域的典型应用,全书共15章,各章以理论和实证相结合的方式,从不同的技术视角研究了工业技术创新影响因素、工业技术创新能力、农业现代化、农民收入、农村剩余劳动力转移等问题。

本书可作为高等院校技术经济、管理科学与工程、工商管理 etc 学科本科生、研究生和相关研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

神经网络优化算法在技术经济领域中的应用/张永礼,董志良,安海岗著. —北京:冶金工业出版社,2015.11

ISBN 978-7-5024-7162-0

I. ①神… II. ①张… ②董… ③安… III. ①人工神经网络—最优化算法—应用—技术经济 IV. ①TP183 ②F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 281411 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.com.cn

责任编辑 曾 媛 李维科 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7162-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2015 年 11 月第 1 版,2015 年 11 月第 1 次印刷

169mm×239mm;13.5 印张;260 千字;201 页

45.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

人工神经网络（ANN）是一种通过模拟大脑神经网络处理、记忆信息而建立起来的智能算法。神经网络根据预先提供的一批相互对应的输入和输出数据，通过调整内部大量神经元节点之间相互连接的关系，分析掌握两者之间潜在的规律，最终根据这些规律，用新的输入数据来推算输出结果。它采用了与传统人工智能和信息处理技术完全不同的机理，克服了传统的基于逻辑符号的人工智能在处理直觉、非结构化信息方面的缺陷，具有自我组织，自我学习，能够拟合任意复杂的非线性关系，并行计算，有较强的鲁棒性和容错性等优点。

传统的技术经济研究方法多是建立在线性关系基础上的计量经济模型，很难真实描述真实世界的复杂的非线性关系和涵盖众多不确定性因素。神经网络模型可表示任意非线性关系，具有很强的映射能力和泛化能力等，但一般的神经网络模型使用负梯度下降算法进行模型训练，具有不能搜寻到全局最优解，容易陷入局部极值的缺陷，因此，近年来出现了众多智能算法优化的神经网络模型，常见的智能优化算法有：遗传算法（GA）、粒子群算法（PSO）、蚁群算法（ACA）、思维进化算法（MEA）、鱼群算法（FSA）等。

本书重点介绍了优化的神经网络算法在技术经济领域的典型应用，全书分工业技术经济、农业技术经济、其他技术经济三篇，共15章，各章以理论和实证相结合的方式，从不同的技术视角研究了工业技术创新影响因素、工业技术创新能力、农业现代化、农民收入、农村剩余劳动力转移等问题。

本书在撰写过程中得到了石家庄经济学院电子商务教研室和河北省重点学科技术经济及管理的大力帮助和支持，同时得到了河北省人

II ***** 前 言

力资源社会保障科研合作课题“河北省农村剩余劳动力转移就业影响因素实证研究”(JRSHZ-2015-01032)、河北省社会科学发展研究青年课题“河北省农业机械化影响因素及发展路径研究”(2015041229)和2015年河北省科技计划自筹经费项目“基于遗传算法的河北省农村剩余劳动力转移影响因素研究”(154576295)等项目的资助,特此表示感谢!

由于作者理论修养和自身能力的局限性,本书难免存在种种不足和缺陷,欢迎各位读者批评指正!

张永礼

2015年10月

目 录

1 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 神经网络研究综述	1
1.2.1 神经网络发展历程	1
1.2.2 神经网络原理	2
1.2.3 神经网络应用领域	3
1.2.4 神经网络研究方向	3
1.3 本书主要内容	4
1.4 本书创新之处	7
参考文献	7
2 神经网络与优化算法理论	9
2.1 神经网络理论	9
2.1.1 BP 神经网络	9
2.1.2 SOM 神经网络	10
2.1.3 GRNN 神经网络	12
2.2 优化算法理论	13
2.2.1 遗传算法	13
2.2.2 粒子群算法	14
2.2.3 思维进化算法	15
2.2.4 灰色系统理论	17
参考文献	17

第 1 篇 工业技术经济篇

3 PSO - BP 模型在工业技术创新环境影响因素研究中的应用	21
3.1 引言	21
3.2 变量和数据	22
3.2.1 变量选择	22

IV ***** 目 录

3.2.2 数据来源及处理	22
3.3 模型构建	23
3.3.1 MIV 算法	23
3.3.2 PSO - BP 模型	23
3.4 实证结果	25
3.4.1 总体分析	25
3.4.2 区域差异分析	26
3.4.3 变动趋势分析	28
3.5 结论与建议	29
参考文献	30
4 GA - BP 模型在区域工业技术创新能力评价中的应用	33
4.1 引言	33
4.2 指标设计	33
4.3 模型构建	34
4.3.1 BP 神经网络	34
4.3.2 遗传算法	35
4.3.3 GA - BP 模型	35
4.4 实证分析	36
4.4.1 数据来源	36
4.4.2 多重共线性检测	36
4.4.3 变量基因编码	37
4.4.4 权值和阈值优化	37
4.4.5 仿真对比测试	38
4.5 结论	40
参考文献	41
5 GRNN 模型在工业技术创新水平预测中的应用	43
5.1 引言	43
5.2 指标设计	44
5.3 GRNN 模型	46
5.4 实证分析	46
5.4.1 数据来源及预处理	46
5.4.2 模型训练和交叉验证	47
5.4.3 仿真对比预测	47

5.5 结论	50
参考文献	51
6 聚类分析在区域工业企业技术创新能力评价中的应用	53
6.1 研究综述	53
6.1.1 评价指标	53
6.1.2 评价方法	53
6.2 指标设计	54
6.3 实证分析	54
6.3.1 数据获取	54
6.3.2 因子分析	55
6.3.3 聚类分析	59
6.4 结论	60
6.5 建议	61
参考文献	62
7 京津冀区域协同发展中河北省工业企业技术创新能力研究	63
7.1 研究综述	63
7.2 评价指标	64
7.3 研究方法	64
7.3.1 熵权法	64
7.3.2 灰色关联度分析	65
7.4 实证分析	67
7.4.1 实证结果	67
7.4.2 结果分析	68
7.5 结论	69
参考文献	69

第 2 篇 农业技术经济篇

8 GR-HC 模型在河北省农民收入影响因素研究中的应用	73
8.1 引言	73
8.2 农民收入结构	74
8.2.1 农民收入来源	74
8.2.2 农民收入结构	74

VI ***** 目 录

8.3	模型构建	75
8.3.1	灰色关联度分析	75
8.3.2	计算步骤	75
8.4	实证分析	76
8.4.1	数据来源	76
8.4.2	收入来源分析	76
8.4.3	行业影响分析	78
8.4.4	经营形式影响分析	79
8.5	结论与对策	80
8.5.1	结论	80
8.5.2	对策	81
	参考文献	82
9	SOM 神经网络在河北省农村经济结构差异研究中的应用	83
9.1	农村经济结构	84
9.2	研究方法	84
9.3	实证分析	85
9.3.1	数据来源及结构化处理	85
9.3.2	分类结果	85
9.3.3	行业结构差异	87
9.3.4	经营结构差异	88
9.4	结论与讨论	88
	参考文献	89
10	GM-SOM 模型在河北省农民收入结构地区差异研究中的应用	91
10.1	引言	91
10.2	农民收入结构	92
10.3	研究方法	93
10.3.1	数据来源	93
10.3.2	灰色模型	93
10.3.3	GM-SOM 神经网络	94
10.4	结果与分析	95
10.4.1	计算灰色关联度矩阵	95
10.4.2	SOM 神经网络聚类结果	96
10.4.3	行业结构分析	98

10.4.4 经营结构分析	99
10.5 建议	100
参考文献	101
11 信息粒化和 PSO-SVR 模型预测棉花价格波动区间和变化趋势	103
11.1 引言	103
11.2 模型构建	104
11.2.1 模糊信息粒化模型	104
11.2.2 粒子群优化算法参数寻优	104
11.2.3 SVM 模型	105
11.2.4 预测流程	106
11.3 实证分析	106
11.3.1 数据来源	106
11.3.2 模糊信息粒化	106
11.3.3 SVM 模型粒化数据回归预测	107
11.3.4 预测效果验证	110
11.4 结论	111
参考文献	111
12 GA-BP 模型在农业机械化水平影响因素研究中的应用	114
12.1 引言	114
12.2 变量选择、数据与模型构建	115
12.2.1 变量选择	115
12.2.2 数据来源及处理	117
12.2.3 模型构建	118
12.3 结果与分析	118
12.3.1 总体分析	118
12.3.2 区域影响分析	119
12.3.3 变动趋势分析	121
12.4 结论与建议	121
参考文献	124
13 遗传算法在河北省农村剩余劳动力转移影响因素研究中的应用	126
13.1 引言	126
13.2 变量与数据	127
13.2.1 因变量	127

13.2.2 自变量	127
13.2.3 数据来源及归一化处理	128
13.3 研究方法	129
13.4 结果与分析	131
13.4.1 模型构建	131
13.4.2 运行结果与分析	132
13.5 建议	133
参考文献	134

第3篇 其他技术经济篇

14 思维进化算法优化的灰色神经网络模型	139
14.1 引言	139
14.2 灰色神经网络	139
14.3 思维进化算法优化灰色神经网络模型	141
14.3.1 思维进化算法原理	141
14.3.2 思维进化算法优化灰色神经网络模型	141
14.4 模型应用	143
14.4.1 数据来源及灰化处理	143
14.4.2 仿真对比结果	144
14.5 结论	146
参考文献	147
15 熵权 TOPSIS 指数在河北省民生质量评价中的应用	149
15.1 引言	149
15.2 指标体系构建	149
15.2.1 研究现状	149
15.2.2 指标体系构建	149
15.3 研究方法	151
15.3.1 熵权法	151
15.3.2 TOPSIS 法原理	152
15.4 实证研究	153
15.4.1 数据来源	153
15.4.2 河北省民生质量评价	153
15.4.3 河北省民生质量分析	155

15.5 结论	158
参考文献	159
附录 A 工业技术经济技术指标数据	160
附录 B 农业技术经济技术指标数据	183
附录 C 其他技术经济技术指标数据	198



绪 论

1.1 引言

传统的技术经济研究方法多是建立在线性关系基础上的计量经济模型,很难真实描述真实世界的复杂的非线性关系和涵盖众多不确定性因素。人工神经网络(ANN)是一种通过模拟大脑神经网络处理、记忆信息而建立起来的智能算法,可表示任意非线性关系,具有以下优点:(1)信息分布贮存在神经元中,神经网络具有很强的鲁棒性和容错性;(2)神经元具有并行处理结构,计算速度快;(3)神经元连接强度随学习过程不断调整改变,能够自我组织,自我学习和自我适应,能够处理“黑箱”问题;(4)能够拟合任意复杂的非线性关系;(5)能够同时处理定量和定性数据,具有较强的信息综合能力^[1]。自20世纪80年代末期以来,神经网络模型在经济学和管理学等方面的应用也逐渐展开,在经济景气分析、经济时间序列预测、组合证券优化、股票预测等经济领域,吸引了不少专家对其进行研究,得到了常规经济学方法所不能得到的效果。尤其是BP网络更是广泛地用来解决识别和预测等问题^[2]。

传统神经网络模型使用负梯度下降算法进行模型训练,具有不能搜寻到全局最优解、容易陷入局部极值的缺陷^[3],因此,近年来出现了众多智能算法优化的神经网络模型,如遗传算法优化的神经网络模型、粒子群算法优化的神经网络模型、鱼群算法优化的神经网络模型、免疫优化算法优化的神经网络算法、思维进化算法优化的神经网络模型、蚁群算法优化的神经网络模型^[4-6]。

1.2 神经网络研究综述

1.2.1 神经网络发展历程

人工神经网络从20世纪40年代初开始研究,至今经历了兴起、高潮、低谷及稳步发展的历程,在众多科学家艰苦不懈的研究探索中,终于取得了较大的进步。1943年,心理学家W. S. McCulloch和数理逻辑学家W. Pitts提出了M-P模型,M-P模型的提出具有开创意义,为以后的研究工作提供了重要依据;1949年,心理学家D. O. Hebb提出突触联系可变的假设,由这一假设得出的学习规则——Hebb学习规则,为神经网络的学习算法奠定了基础;1957年,计算机科

学家 Rosenblatt 提出了著名的感知机 (Perception) 模型, 是第一个完整的人工神经网络, 并且第一次把神经网络研究付诸工程实现, 从而奠定了从系统的角度研究人工神经网络的基础; 1960 年 B. Windrow 和 M. E. Hoff 提出了自适应线性单元网络, 可用于自适应滤波、预测和模型识别; 1982 年和 1984 年美国加州理工学院生物物理学家 J. J. Hopfield 发表的两篇文章, 提出了新的神经网络模型——Hopfield 网络模型和实现该网络模型的电子电路, 为神经网络的工程实现指明了方向, 有力地推动了神经网络的研究, 引起了神经网络研究的又一次热潮; 1984 年, Hinton 等人将模拟退火算法引入神经网络中, 提出了 Boltzmann 机网络模型; 1986 年, D. E. Rumelhart 和 J. L. McClelland 提出了误差反向传播算法, 成为至今影响很大的一种网络学习方法; 20 世纪 90 年代初, 诺贝尔奖获得者 Edelman 提出了 Darwinism 模型, 建立了神经网络系统理论; 几乎同时, Aihara 等人给出了一个混沌神经元模型, 该模型已成为一种经典的混沌神经网络模型; 1995 年, Mitra 把人工神经网络与模糊逻辑理论、生物细胞学说以及概率论相结合, 提出了模糊神经网络, 使得神经网络的研究取得了突破性进展。

现在, 神经网络的应用研究取得了很大的成绩, 涉及的领域非常广泛。在应用的技术领域方面, 主要有计算机视觉、语言识别、模式识别、神经计算机的研制、专家系统与人工智能。其涉及的学科有神经生理学、信息科学、计算机科学、微电子学、光学、生物电子学等^[7,8]。

1.2.2 神经网络原理

神经元是神经网络最基本的构成单元, 神经元之间连接方式的不同, 可得到不同的神经网络。神经网络内部权值系数决定神经元之间的连接强度, 权值系数可以刺激或抑制信号传递, 且随着神经网络的训练进行改变, 因此, 人工神经网络具有高度的灵活性。

神经网络预测过程可分为训练期和预测期两个阶段, 训练期阶段计算单元状态不变, 神经元之间的权值系数通过学习不断修改, 预测期阶段连接权值系数固定, 计算单元状态变化, 计算输出神经元预测值。当神经网络结构确定后, 若在不改变转换函数的前提下修改输出值, 只能改变神经网络输入, 而改变神经网络输入的唯一办法是修改神经元权值系数, 因此, 神经网络的学习过程就是修改神经元权值系数的过程, 以达到使输出值接近或达到期望值的目的。

一般情况下, 权值系数的调整是按某种预定的学习算法来进行度量调整的, 常见的度量学习算法有: 反向传播 (back propagation, BP) 算法、Hopfield 反馈神经网络算法、Windrow - Hoff 算法、Hebb 算法、竞争 (competitive) 算法、自组织神经网络学习算法等。度量学习算法是神经网络的主要特征, 也是神经网络研究的主要课题^[8]。

1.2.3 神经网络应用领域

人工神经网络研究与应用近二十几年来取得了丰硕的成果。理论研究方面,在映射逼近任意非线性连续函数能力、并行计算、学习算法理论及动态网络的稳定性分析等方面都取得了重大进步,同时在应用方面,神经网络的应用已经扩展到许多重要领域,其中包括:

(1) 模式识别与图像处理,包括模式识别方面,如手写识别、人脸识别、指纹识别、签字识别、语音识别等;图像处理方面,如脑电图与心电图分类、DNA 与 RNA 识别、图像复原与图像压缩等。

(2) 控制与优化,如在化工过程控制领域,神经网络可应用于半导体生产控制、机械手运动控制、食品工业的优化控制、超大规模集成电路布线设计等。

(3) 预测与管理,如有价证券管理、股票市场预测、财务分析、借贷风险分析、机票管理、信用卡管理等。

(4) 通信,如呼叫接纳识别与控制、路由选择、自适应均衡、回波抵消等。

(5) 其他应用,如运载载体轨迹控制、光学望远镜聚焦、导航、电机故障检测和多媒体技术等。

1.2.4 神经网络研究方向

针对人工神经网络的现状、存在的问题和社会的需求,神经网络今后的发展方向主要集中在理论研究和应用研究两个方面。

在理论研究方向方面,利用认识科学与生理机制的最新研究成果,将大脑思维及智能机理的突破性成果应用于人工神经网络上,改进和发展神经网络理论。

人工神经网络提供了一种揭示智能和了解人脑工作方式的合理途径,人类对自身脑结构及其脑结构的活动机理的认识十分肤浅,对神经系统的了解也非常有限,且带着某种程度的“先验”。因此,通过模仿人脑的行为建立的人工神经网络算法也不会很完善和成熟,人工神经网络的发展与进步需要以神经科学的进步为前提,而神经科学、认识科学和心理学等领域面临和提出的问题,也是向神经网络理论研究提出的新挑战,这些问题的解决有助于完善和发展神经网络理论,也将改变人类对于智能和人与机器关系的认识。

近年来,人工神经网络正向模拟人类认知的更高层次发展。例如,与遗传算法、粒子群算法、鱼群算法、蚁群算法等群体智能算法结合,形成人工智能,成为神经网络发展的重要方向,在实际应用中得到了更好的发展。利用神经科学基础理论的研究成果,用数理方法探索智能水平更高的人工神经网络模型,开发新的网络数理理论,也是神经网络研究的重要领域,如关于收敛性、稳定性、计算复杂性、容错性、鲁棒性、神经元计算、学习规则等方面的改进算法。人工神经

网络可以拟合任意非线性关系,因此,非线性问题的研究也是神经网络理论发展的一个重要方面。近年来,人们发现人脑中存在着混沌现象,从生理本质角度出发,用混沌动力学启发神经网络的研究或用神经网络产生混沌成为神经网络研究的一个新的重要课题。

在神经网络软件模拟、硬件实现的研究以及神经网络在各个科学技术领域应用方面,人工神经网络可以使用传统计算机模拟,也可以使用集成电路芯片组成神经计算机,甚至还可以用光学的、生物芯片的方式实现,因此研制纯软件模拟、虚拟模拟和全硬件实现的电子神经网络计算机潜力巨大。如何使神经网络计算机、传统计算机和人工智能技术相结合也是神经网络研究的前沿课题。同时,如何使神经网络计算机的功能向智能化发展,研制与人脑功能相似的智能计算机,如光学神经计算机、分子神经计算机,具有十分诱人的前景^[7]。

1.3 本书主要内容

本书将神经网络优化算法应用于技术经济领域问题,研究了智能算法优化后的神经网络模型在工业技术经济、农业技术经济和其他技术经济中的应用,同时介绍了遗传算法、粒子群算法、思维进化算法、灰色理论等神经网络优化理论及其应用。各章具体内容如下:

(1) 绪论。主要介绍了本书的研究背景、相关理论知识和主要研究内容。

(2) 基于 MIV 和 PSO - BP 模型的工业技术创新环境影响因素分析。利用 2008 ~ 2013 年全国 31 个省(市、自治区)面板数据,建立 PSO - BP 神经网络模型,计算变量 MIV 值,对我国工业技术创新影响因素进行了实证分析。最后,在工业技术创新影响因素实证分析的基础上,提出了推动我国工业技术创新的对策与建议。

(3) GA - BP 神经网络模型在地区工业技术创新能力评价中的应用。针对当前技术创新能力评价方法大多建立在线性模型的基础上,且技术创新能力的影响因素较多,可能存在多重共线性的缺陷,提出了遗传算法优化的 BP 神经网络模型。GA - BP 神经网络模型在以下几方面做出了改进:利用了神经网络强大的非线性关系映射能力,避免了传统线性模型的缺陷;利用遗传算法对评价指标进行了降维,去除了多重共线性;使用遗传算法从全局搜寻 BP 神经网络权值和阈值向量,优化了 BP 神经网络模型,避免了 BP 神经网络由于使用梯度下降算法,容易陷入局部最优解的缺陷。最后选取 2008 ~ 2013 年全国 31 个省市规模以上工业企业技术创新能力 124 条数据作为训练样本,31 条数据作为测试样本,分别测试遗传算法优化的 BP 神经网络和未优化的 BP 神经网络,测试结果显示遗传算法优化的 BP 神经网络模型预测准确率高于未优化的 BP 神经网络模型。

(4) 广义回归神经网络在工业技术创新水平预测中的应用。当前技术创新

研究方法主要是衡量投入产出效率的随机前沿法 (SFA) 和数据包络法 (DEA), 而工业技术创新水平的预测方法较少, 且多数假设模型符合一定生产函数, 因变量与自变量为线性关系, 难以描述企业创新水平和影响因素之间复杂的非线性关系。针对现有研究的空白和不足, 提出了预测工业技术创新水平的广义回归神经网络模型, 模型在以下几方面做出了改进: 利用神经网络强大的非线性关系映射能力, 避免了传统线性模型的缺陷; 利用广义回归神经网络所需调整参数少、逼近能力强等优势, 避免了 BP 神经网络容易陷入局部最优解、收敛速度慢的缺陷; 采用交叉验证法, 克服了宏观经济类数据样本少, 模型学习不足导致预测不稳定的缺陷。最后选取 2009 ~ 2013 年全国 31 个省 (市) 规模以上工业企业技术创新能力 124 条数据作为训练样本, 31 条数据作为测试样本, 使用广义回归神经网络模型和 BP 神经网络模型进行仿真预测, 结果显示广义回归神经网络模型预测准确率高于 BP 神经网络模型。

(5) 基于因子分析与聚类分析的工业企业技术创新能力实证分析。以全国 31 个省份规模以上工业企业的技术创新投入能力、技术创新产出能力、技术创新支撑能力构建了技术创新能力评价指标体系, 采取因子分析方法和聚类分析方法对全国 8 个经济区域 31 个省份的技术创新能力进行综合评价和分类, 并提出了相应的对策建议。

(6) 京津冀区域协同发展中河北省工业企业技术创新能力研究。构建了技术创新投入能力、技术创新产出能力、技术创新支撑能力 3 部分 15 项指标组成的工业企业技术创新能力评价指标体系, 从京津冀协同发展的角度, 使用熵权和灰色关联分析方法对河北省各项技术创新能力指标进行了分析和评价, 并提出了相应的对策建议。

(7) 基于灰色关联和层次聚类方法的河北省农民收入影响因素及地区差异研究。利用灰色关联理论和层次聚类方法分析了河北省农民收入主要来源、行业与经营形式对农民收入的影响及地区差异, 同时, 使用层次聚类方法, 将河北省农民收入来源行业差异分为 5 类地区, 经营形式差异分为 6 类地区。最后, 针对河北省农民收入来源存在的问题, 提出了增加河北省农民收入的对策与建议。

(8) 基于 SOM 神经网络的河北省农村经济结构与经营结构地区差异。使用 SOM 神经网络模型, 对河北省 2012 年 11 个地级市的农村经济收入进行了分类, 分析了河北省农村经济结构和经营结构的地区差异。

(9) 基于 GM - SOM 模型的河北省农民收入结构地区差异研究。使用灰色理论研究了河北省 11 个行业、5 种经营形式对河北省农民收入的影响差异, 在此基础上, 利用 SOM 神经网络对河北省农民收入来源行业结构和经营结构进行了聚类, 揭示了行业结构和经营结构在河北地区存在的分布特征和类型。

(10) 基于信息粒化和 PSO - SVR 模型的棉花价格波动区间和变化趋势预测。