

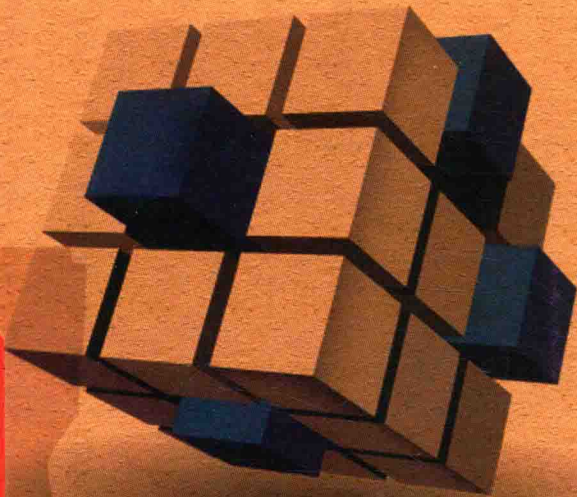
(编号: 16JYE01)

2016年度黑龙江省哲学社会科学规划项目

基于数学模型的预测 与决策研究

JiYu ShuXue MoXing De YuCe
YuJueCe Yanjiu

夏冰◎著

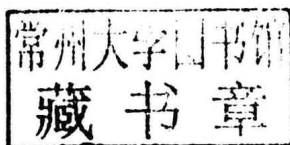


中国财经出版传媒集团
中国财政经济出版社

2016 年度黑龙江省哲学社会科学规划项目（编号：16JYE01）

基于数学模型的预测 与决策研究

夏 冰 著



中国财经出版传媒集团
中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于数学模型的预测与决策研究/夏冰著. —北京: 中国财政经济出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5095 - 7671 - 7

I. ①基 II. ①夏… III. ①数学模型应用 - 科学决策 - 研究 IV. ①C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 198951 号

责任编辑: 周桂元

责任校对: 张 凡

封面设计: 孙俪铭

责任印制: 张 健

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100142

营销中心电话: 88190406 北京财经书店电话: 64033436 84041336

北京财经印刷厂印刷 各地新华书店经销

710 × 1000 毫米 16 开 13.5 印张 238 000 字

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月北京第 1 次印刷

定价: 47.00 元

ISBN 978 - 7 - 5095 - 7671 - 7

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

本社质量投诉电话: 010 - 88190744

打击盗版举报热线: 010 - 88190414 QQ: 447268889

前 言

预测是指在掌握现有信息的基础上,依照一定的方法和规律对未来的事情进行测算,以预先了解事情发展的过程与结果。决策是根据预测的内容,为了实现特定的目标,在占有一定信息和经验的基础上,借助一定的工具、技巧和方法,对影响目标实现的诸因素进行分析、计算和判断择优后作出的决定。

预测与决策联系紧密。预测与决策是人们在政治、经济、社会及日常生活中普遍存在的一种行为,其研究方法的主要特点是在充分调查研究、如实掌握数据资料的基础上,进行定性与定量相结合的系统分析和论证,从而得出正确的预测和科学的决策,以指导各项工作并获得理想的效果。它包括发现问题、确定目标、确定评价标准、方案制定、方案择优和方案实施等过程。

笔者从事数学建模研究工作多年,在校担任《预测与决策》课程主讲教师。本书是在相关项目研究的基础上,经过不断丰富完善后形成的。全书从数学模型的角度,以案例的形式给出预测与决策的应用方法。全书分为上、下两篇。上篇为预测,以案例分析的形式给出预测的基本概念、原理和常用方法,第一、二、三章主要应用神经网络进行预测,分别涉及 BP 神经网络、RBF 神经网络和过程神经网络;第四、五章主要应用回归分析的方法进行预测。下篇为决策,以案例分析的形式给出常用的决策方法,第六、七、九、十章涉及最优化;第八章主要采用熵值法计算评价指标的权重;第十一章采用 Logistic 回归模型来模拟缺水量系列的概率分布;第十二章和十三章涉及层次分析法,分别采用模糊层次分析法和改进的层次分析法评价企业的财务状况和企业员工;第十四章采用灰色系统理论,通过求解灰色关联度比较 4 家商业银行的竞争力。

本书案例涉及工业、农业、建筑业、运输业、商业、服务业、城市公用事业等方面,它们都是国民经济的重要组成部分。书中的预测与决策方法仅供相关技术人员参考,不一定是最优的。

本书写作过程中得到前辈师长和友人们的关怀指导,他们的鼎力相助促成了此稿成书。同时,得到 2016 年度黑龙江省哲学社会科学规划项目《黑龙江省“两大平原”现代农业综合配套改革试验区资金保障体系研究》(16JYE01)的支持。在此表示衷心地感谢!

虽然本书力求由浅入深,从理论与实践、定性与定量等角度对预测与评价方法进行比较深入和详尽的研究与论证,但是,由于作者受理论水平和研究能力所限,书中难免存在疏漏及不足之处,恳请读者不吝赐教、批评指正。

作 者

2017 年 3 月于哈尔滨金融学院

目 录

上篇 预 测

第一章 旅游需求预测模型的比较研究	(3)
一、预测方法简介	(4)
二、人工神经网络的基本理论	(8)
三、旅游需求的预测	(11)
第二章 基于 RBF 神经网络的股票价格预测	(27)
一、预测科学的产生与发展	(27)
二、股票价格的预测方法	(28)
三、基于 RBF 神经网络的股票价格预测	(30)
第三章 基于过程神经网络的发动机气路参数预测	(35)
一、混合递归过程神经网络	(36)
二、基于混合递归过程神经网络的发动机气路参数预测	(41)
三、小结	(46)
第四章 基于统计回归的医疗需求预测	(47)
一、预测未来全市和各区医疗床位需求	(49)
二、预测 7 种疾病在不同类型医疗机构就医的床位需求	(58)
第五章 基于统计回归的交通运输产业值预测	(69)
一、预测交通运输产业值的意义	(69)
二、统计回归模型的建立与求解	(70)

下篇 决 策

第六章 服务业最佳运营方案研究	(77)
一、服务业运营现代化的趋势	(77)
二、典型案例	(78)
附录	(92)
第七章 基于规划理论的养殖业最优化研究	(96)
一、养殖业最优化的意义	(96)
二、典型案例	(97)
附录	(106)
第八章 建筑设计方案的选择方法研究	(107)
一、构建评价指标体系	(108)
二、数据的分析与处理	(108)
三、数学模型的建立与求解	(114)
四、数学模型的改进	(120)
附录	(121)
第九章 企业退休职工养老保险金制度的改革	(125)
一、我国的养老保险现状	(125)
二、案例分析	(126)
附录	(143)
第十章 垃圾分类处理的成本最小化设计	(146)
一、垃圾分类的意义	(146)
二、案例分析	(148)
附录	(155)
第十一章 水资源短缺风险综合评价	(158)
一、研究背景	(158)
二、案例分析	(158)
附录	(173)

第十二章 企业财务状况分析方法研究	(176)
一、财务分析的意义	(176)
二、模糊层次分析法	(179)
三、案例分析	(180)
第十三章 基于改进 AHP 法的员工综合评价	(183)
一、考核制度的意义	(183)
二、改进的 AHP 法	(184)
三、案例分析	(185)
第十四章 基于灰色关联分析的商业银行竞争力研究	(193)
一、研究商业银行竞争力的意义	(193)
二、灰色关联评价模型的构建	(194)
三、案例分析	(195)
参考文献	(203)

上 篇

预 测

第一章 旅游需求预测模型的比较研究

随着我国社会经济的持续增长和人民生活水平的不断提高,人们在满足了自身的物质需求之后,开始追求更高层次的精神文化需求,旅游产业由此应运而生。旅游业作为朝阳产业将对我国经济发展产生日益明显的推动作用,旅游业的繁荣可以带动餐饮、交通等行业的发展,增加就业率,促进整个社会经济的发展。因此,许多地区将旅游业作为经济发展的支柱产业,希望借助旅游业的发展带动地区社会经济的发展。为此,必须做好旅游业的经营管理工作,只有这样,才能保持和实现旅游业的持续稳定的发展。

黑龙江省有其得天独厚的旅游资源,独特的俄式建筑、晶莹剔透的冰雪世界等旅游项目,不仅为黑龙江省带来了巨大的经济效益,同时也产生了巨大的社会效应,提高了黑龙江省在国内外的知名度。为确保旅游业持续稳定的发展,各相关部门不仅要加强经营管理,还要做好规划工作。在旅游业的规划和经营管理过程中,旅游需求预测扮演了关键性的角色,建立科学的、可操作的旅游需求预测模型,进行准确预测是实现黑龙江省乃至我国旅游业持续健康稳定发展的基础性工作。

从微观角度讲,旅游企业可以依据旅游需求的预测合理配置有限的资源,以期最大限度地降低投资风险,获得最大效益,旅游需求的预测结果可以为企业制定战略计划和策划旅游产品的营销方案提供理论指导。

从宏观角度讲,旅游需求预测可以为国家旅游业主管部门及相关行业的主管部门制定科学发展规划和切实可行的市场开拓策略提供依据,可以为宏观产业经济政策的制定提供参考。还可以为地方政府评估旅游业对当地经济发展的总体贡献从而制定旅游业发展政策,引导旅游资源的合理利用和配置提供技术支持。

旅游需求预测的重要性表明,任何一个国家和地区在发展旅游业时,都必须以人们对该国或该地区旅游产品的需求预测为依据,在此基础之上开发旅游产品,合理规划和控制旅游业的开发规模和发展速度,以实现发展旅游业的最佳

效益。

旅游需求预测一直是旅游学研究的一个重要课题。建立科学的、可操作的旅游需求预测模型是实现旅游业持续稳定发展的前提。

在旅游经济比较发达的国家,计量经济学已经应用到旅游经济研究之中。1961年,一篇名为《国际市场上旅游商品与服务的需求》的文章问世,使旅游需求预测领域的研究引起了人们的关注。1973年,Strazhein、Harrop等人应用旅游需求收入弹性和价格弹性来解释国际旅游需求的高速发展。同年,Askar将旅游需求的引导归结为一系列的因素。1991年,Sung Soo Pyp在《旅游需求的线性消费模型》一文中成功地运用模型分析价格、收入、时间等因素对旅游需求的影响。Geoffery(1992)在《收入和价格对国际旅游业的影响》,David在《旅游需求约束》,Bob Van Limburg在《价格对新西兰和阿姆斯特丹的影响——以美国游客为例》等文章中都对其中的某些因素进行了量化分析。

目前,国内对旅游需求预测的研究尚未引起学术界和旅游界人士的关注,相关文献不多。1996年,赵西萍在《旅游目的地国家国际旅游需求预测方法综述》一文中,简要介绍了国际需求预测技术的几种方法;2000年,秦立公在《桂林入境旅游发展的非线性回归拟合与自惯性预测研究》一文中,对桂林入境旅游接待量历史数据进行处理,做出了桂林入境旅游发展的多项式型非线性回归拟合,得出了2000—2005年桂林入境旅游接待量的自惯性发展的预测值;2001年,李佼瑞在《海外游客来华旅游市场趋势预测》一文中,运用数理统计中的趋势预测方法,对海外来华游客人数进行预测,并提供了相应的统计预测模型。

纵观国内外关于旅游需求预测的研究工具或方法,目前常用的主要是基于统计学的数学模型,如时间序列预测模型、回归模型(包括线性和非线性的回归模型)等,对目前已在许多领域广泛应用的人工神经网络模型应用很少。

一、预测方法简介

最近几十年来,作为探讨事物发展未来状况的预测工作已经越来越引起人们的重视。尤其是在科学技术和经济迅猛发展的今天,随着社会运转速度的不断加快和信息量的不断膨胀,管理中需要决策的事项不但在数量上越来越多,而且对决策在时间和质量方面的要求也越来越高了。决策是人们在当前情形下,对未来行动所进行的设计。如果能对事物的未来情况做出准确的预测,就能为人们合理的决策提供依据,从而使决策不犯错误或少犯错误,进而取得满意的效果。

（一）预测的一般步骤

1. 确定预测目标。预测是为决策服务的，所以要根据决策的需要来确定预测对象、预测结果达到的精确度，确定是定性预测还是定量预测以及完成预测的期限。

2. 收集、整理有关资料。预测是根据有关的历史资料去推测未来，资料是预测的依据。应根据预测目标的具体要求去收集资料。

3. 选择预测方法。预测方法种类很多，不同的方法有不同的适用范围、不同的前提条件和不同的要求。实践中应根据计划、决策的需要，结合预测工作的条件、环境，依经济、方便、精度满足要求为原则选择预测方法。

4. 建立预测模型。预测模型是对预测对象发展变化的客观规律的近似模拟，预测结果是否有效取决于模型对预测对象未来发展规律近似的真实程度。对于数学模型，要计算出其模型形式和参数值。如用趋势外推法，则要计算出反映发展趋势的公式。

5. 评价预测模型。

6. 利用模型进行预测。

7. 分析预测结果。

利用模型得到的预测结果有时并不一定与事物发展的实际结果相符。这是由于所建立的模型是对实际情况的近似模拟，有的模型模拟效果可能好些，有的可能会差些；同时，在计算和推测过程中也难免会产生误差，再加上预测是在前述假设条件下进行的，所以，预测结果与实际结果难免会发生偏差。因此，每次得到的预测结果都应对其加以分析和评价。通常是根据常识和经验判断结果是否合理，与实际的结果之间是否存在较大的偏差，以及未来条件的变化会对实际结果产生多大的影响，等等，以确定预测结果是否可信，并想出一些办法对预测结果加以修正，使之更接近于实际。此外，在条件允许的情况下，可以采用多种方法进行预测，再经过比较或综合，确定出可信的预测结果。

（二）预测方法的分类

由于预测的对象、目标、内容和期限不同，形成了多种多样的预测方法。

1. 预测法的分类体系。预测方法可按不同标准进行分类，从而形成了预测方法的分类体系。

（1）按预测技术的差异性分类。可分为定性预测技术、定量预测技术、定时预测技术、定比预测技术和评价预测技术。

（2）按预测方法的客观性分类。可分为主观预测方法和客观预测方法两类。

前者主要依靠经验判断,后者主要借助数学模型。

(3) 按预测分析的途径分类。可分为直观型预测方法、时间序列预测方法、计量经济模型预测方法、因果分析预测方法。

(4) 按采用模型的特点分类。可分为经验模型和正规预测模型。后者包括时间关系模型、因果关系模型、结构关系模型等。

2. 常用的方法分类。预测的常用方法通常分为定性分析预测法和定量分析预测法两类。

(1) 定性分析预测法。定性分析预测法也称为经验判断预测法,是指预测者根据历史与现实的观察资料,依赖个人或集体的经验和智慧,对未来的发展状态和变化趋势作出判断的预测方法。常用的有专家意见法、个人判断法、专家会议法、头脑风暴法、Delphi法、相关类推法、对比类推法、比例类推法等。

在现有的以定量分析为主的预测方法体系中,德尔菲法是一个重要的方法,它建设性地、系统地利用专家在信息较充分条件下所做的直观判断,其至少具有三个优点:首先,该方法能将更大范围的不可量化的因素考虑进来。新加坡专家几年前曾运用德尔菲法预测本国旅游业的发展前景,问卷中有待确定的未来影响因素包括:闲暇和旅游活动的未来趋势、技术进步、未来的国际旅游环境、未来的地区间合作、旅游业培训、政治前景与旅游障碍等。这些因素是几乎不可以量化的,但这些事件会对旅游业产生深刻影响。其次,该方法为预测结果的使用者充分参与预测提供了可能。定量分析法往往有许多复杂的技术性问题,使用者将预测过程视为黑暗,只关心预测人员提交的数据分析报告,这往往会造成预测过程中设置的变量不合理。德尔菲法可以充分接受旅游专业人士(而非预测技术人员)的咨询,使得预测结果更加科学合理。最后,该方法提供了综合使用多种预测方法的机会。

选择德尔菲法最重要的一点是专家组的意见。专家组的规模并没有一定之规,但达尔克认为15—20人是确保预测精确性的最小规模。至于专家的人选资格,马提诺指出专家关于预测问题的知识与阅历是该方法最关键的因素。

虽然德尔菲法在帮助旅游规划者和政策分析者预测可能的未来发展方向时颇有价值,但由于其预测过程的复杂性,它是争议最大的方法。

(2) 定量分析预测法。定量分析预测法是依据调查研究所得的数据资料,运用统计方法和数学模型,近似地揭示预测对象及其影响因素的数量变动关系,建立对应的预测模型,据此对预测目标做出定量测算的预测方法。通常有时间序列分析预测法和因果分析预测法

1) 时间序列分析预测法。这是以连续性预测原理作为指导,利用历史观察值形成的时间序列,对预测目标未来状态和发展趋势做出定量判断的预测方法。

主要有移动平均法、趋势外推法、指数平滑法、ARMA 模型预测法、马尔可夫预测法等。

在课题的研究过程中,作者本人发表的文章《拟合直线方程法在旅游需求预测中的应用》就是应用趋势外推法进行的预测。

2) 因果分析法预测法。这是以因果性预测原理作指导,以分析预测目标与其他相关事件及现象之间的因果关系,对未来状态与发展趋势做出预测的定量分析方法。主要有回归分析预测法、经济计量模型预测法、灰色系统模型预测法等。

(三) 影响预测方法选择的因素

选择适合的预测方法,对于提高预测精度,保证预测质量,有着十分重要的意义。影响预测方法选择的因素很多,在选择预测方法时应综合考虑。

1. 预测的目标特性。预测目标用于战略性决策,要求采用适于中长期预测的方法,但对其精度要求较低。用于战术性决策,要求采用适于中期和近期预测的方法,对其精度要求较高。用于业务性决策,要求采用适于近期和短期预测的方法,且要求预测精度高。

2. 预测的时间期限。适用于近期和短期的预测方法有:移动平均法、指数平滑法、直观判断法等。适用于1年以上的短期与中期的预测方法有:趋势外推预测法、经济计量模型预测法等。适用于5年以上长期预测的方法有:经验判断预测法、趋势分析预测法。

3. 预测的精度要求。满足较高精度要求的预测方法有:经济计量模型预测法、回归分析预测法等。满足较低精度要求的预测方法有:趋势外推预测法、经验判断预测法、移动平均预测法等。

4. 预测的费用预算。预测方法的选择,既要达到精度的要求,满足预测的目标需要,还要尽可能节省费用。用于预测的费用包括调研费用、数据处理费用、专家咨询费用等。

费用预算较低的方法有:时间序列分析预测法、经验判断预测法以及预测模型法。费用预算较高的方法有:经济计量模型预测法、大型复杂的预测模型方法。

(四) 数据的分析与预处理

在定量预测中数据是建立预测模型的基础,缺少数据或数据异常都会导致所建立模型的不准确。所以需要对数据的异常情况进行鉴别与分析。

1. 数据的分析与鉴别。首先,应对得到的数据作大体的估计,去掉与问题

无关或不能说明问题的数据。其次,对值得怀疑和探讨的数据(如有大起大落的情况)进行研究,调查其产生的背景,鉴别其真实程度,分析原因,以便判断这些受怀疑的数据是否异常或能否反映预测对象的正常情况。

2. 数据的预处理。对判定为异常或不能真实地反映预测对象发展趋势的数据进行适当的处理,称为数据的预处理。常用的预处理方法有4种。

(1) 剔除法。剔除法就是去掉那些不能如实反映预测对象正常发展趋势的数据。对于时间序列数据,剔除其中某些异常数据建立的预测模型将能较好地描述研究对象的发展规律,减小误差。剔除法的缺点是破坏了时间序列的连续性,但对因果关系型的横断面时间则没有这种影响。

(2) 还原法。当数据比较少时,采用剔除法会使数据变得更少,而给建立预测模型造成不便。这时,可以采用还原法。还原是指把数据处理成没有突变因素影响时本应表现出的数值,这当然只是估计值。

(3) 拉平法。由于环境条件的变化,常使一些历史数据不能反映现时的情况。如果数据较多,则去掉它们即可;如果数据较少,去掉它们会使建立模型更加困难。这时可以应用合适的方法来处理这些历史数据,拉平法是一个较好的方法,其原理是:通过分析造成数据过时的原因,对数据加以适当的处理,使其符合现时的实际发展情况。

二、人工神经网络的基本理论

(一) 神经网络概念的提出

人类当前所面临的重大科学研究课题之一,是要解释大脑活动的机理和人类智能的本质,制造具有类似人类智能活动能力的智能机器,开发智能应用技术。利用机器模仿人类的智能是长期以来人们认识自然、改造自然和认识自身的理想。

计算机从产生至今,其功能和性能得到了飞速的发展,使机器智能的研发日益受到人们的关注。

在过去的几十年中,研究的先驱者们不懈探索,在神经生理学、心理学、控制论、信息论和认知科学等一大批基础学科研究成果的基础上,从信息处理的角度来研究脑和机器的智能,并取得了许多可喜的进展,推动了一大批相关学科的发展,其研究成果的应用也促进了国民经济建设和国防科技现代化建设。

国际著名的神经网络技术专家 Hecht - Nielson 给神经网络的定义是:“神经网络是一个以有向图为拓扑结构的动态系统,它通过对连续或断续式的输入作状

态响应而进行信息处理”。

神经网络系统是由大量的同时也是很简单的处理单元（或称神经元）通过互相连接而形成的复杂网络系统。虽然每个神经元的结构和功能十分简单，但由大量神经元构成的网络系统的行为却是丰富多彩和十分复杂的。

神经网络系统是一个高度复杂的非线性动力学系统，不仅具有一般非线性系统的共性，更主要的是它还具有自己的特点，比如高维性、神经元之间的广泛互连性以及自适应性或自组织性等。

（二）神经网络理论的发展及应用

1. 人工神经网络理论的发展。早在电子计算机出现以前，人类就尝试探索智能的秘密，并且期盼着将来有一天可以重新构造人脑，让它去代替人类完成相应的工作。从总体上讲，人类对人工智能的研究可以分成两种方式，这两种方式可以对应两种不同的技术，即传统的人工智能技术和基于人工神经网络的技术。人工神经网络的发展大致可以分为以下5个时期：

（1）20世纪40年代信息科学的开创时期是人工神经网络的萌芽时期。1943年，心理学家麦克卡洛克（McCulloch）和数学家匹茨（Pitts, W. H.）建立了著名的阈值加权和模型（M—P模型）；1949年心理学家D. O. Hebb提出了神经元之间突出的联系是可变的假说，即Hebb学习率，是人工神经网络学习训练算法的起点和里程碑。

（2）1950—1968年从单级感知器（Perceptron）的构造成功到被否定是人工神经网络，这是第一次高潮期。这个时期的研究以Marvin Minsky, Frank Rosenblatt, Bernard Widrow等为代表人物，成功构造了单级感知器，并被人们用于各种问题的求解中。

（3）1968—1980年是人工神经网络研究的低潮期。神经网络研究工作受到了现代计算机和人工智能快速发展所带来的冲击。基于仿生学的结构主义用硬件来模拟人脑，虽然遇到了前所未有的阻碍，但世界上仍有一部分学者献身于神经网络的研究，为后期的复兴奠定了基础。如威德罗（Widrow, B.）的自适应线性元件（adaline）模型、安德森（Anderson）的线性联想记忆理论、冯德曼尔斯博格（Von Der Malsburg）的竞争学习理论以及格罗斯博格（Grossberg, S.）的自适应共振理论（ART）等。

（4）20世纪80年代的第二次高潮期。基于十几年迅速发展起来的以逻辑符号处理为主的人工智能理论和并行分布处理模式的神经网络自身的研究结果，神经网络的研究又一次进入了高潮期。美国加州理工学院的物理学家Hopfield, J. J.将神经网络理论分析与动力学系统稳定性分析方法相结合，引入了“计算能量函