

分类号:

密级:

甘肃政法学院

研究生学位论文

论文题目(中文) 基于 BP 网络的连锁超市供应链库存
预测与控制研究

论文题目(外文) Research on Inventory Prediction and
Control of Chain Supermarket Supply
Chain Based on BP Network

研究生姓名 刘楚辉

学 科、专 业 工商管理、企业管理

研 究 方 向 运营管理

学 位 级 别 管理学 硕士

导师姓名、职称 梁琳娜 教授

论文工作起止年月 2018 年 3 月至 2019 年 5 月

论文提交日期 2019 年 5 月

论文答辩日期 2019 年 6 月

学位授予日期 2019 年 6 月

校址: 甘肃省兰州市

独 创 性 声 明

本人郑重声明：本人所呈交的学位论文，是在导师的指导下独立进行研究所取得的成果。学位论文中凡引用他人已经发表或未发表的成果、数据、观点等，均已明确注明出处。除文中已经注明引用的内容外，不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究成果做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

本声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：刘莹辉 日期：2019.6.12

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解甘肃政法学院有关保留、使用学位论文的规定，即：甘肃政法学院有权保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权甘肃政法学院可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：刘莹辉 指导教师签名：梁林峰
日 期：2019.6.12 日 期：2019.6.12

摘 要

当今是一个经济和信息技术发展迅猛的时代，市场参与者之间的竞争日益激烈，特别是企业的相互竞争渐渐地朝着供应链间的竞争转变，促使供应链管理思想广泛传播，其中最为重要的库存预测与控制已成为了各行业在经营管理中必须关注的焦点，故从供应链末端进行库存预测与控制的研究具有重要的意义。在人工智能技术受到各行各业追捧，人工神经网络被运用到供应链库存预测与控制领域的研究已成为一种必然趋势。本文将运用企业运营中的供应链库存控制理论，并结合市场经济学、运筹学与控制论、计算机科学等学科领域内容对连锁超市供应链末端的库存需求预测与控制进行研究，旨在为零售超市企业库存预测与控制提供理论支持，进一步丰富和发展供应链环境下零售企业库存控制理论与方法。本文研究从以下几个方面展开：

（1）国内外文献综述及相关理论研究。从供应链库存管理、库存需求预测方法、连锁超市库存模型等方面进行文献研究，确定了本文连锁超市供应链末端的研究视角。同时，通过对连锁超市库存预测与控制的理论依据展开研究，需求预测方法及库存控制模型的分析，最终选择了可行性的 BP 网络预测方法以构建适应性较强的库存预测模型。

（2）构建模型。在分析连锁超市库存预测现状、库存控制流程和产品需求特性基础上，通过对超市库存预测与控制管理进行理论分析与实地访谈调查，找寻出了影响超市库存需求的因素，使得构建出的超市供应链库存预测 BP 网络模型的输入层指标可靠而全面、精简且具有代表性。

（3）企业应用研究。本文选取 A 连锁超市有限公司下的 a 大卖场超市门店作为案例分析对象，运用所构建的连锁超市供应链库存预测 BP 网络模型，利用 MATLAB 软件中神经网络工具对超市生鲜部类商品历史需求数据进行处理和分析，预测超市门店生鲜商品库存需求量并根据灵敏度分析结果能较好的制定库存控制策略，以期减小供应链末端发出的需求源误差，使超市供应链整体库存得到有效的控制。

关键词：BP 网络;库存控制;超市供应链;销量预测

Abstract

Nowadays, with the rapid development of economy and information technology, the competition among market participants is becoming increasingly fierce. Especially the competition among enterprises is gradually changing towards the competition among supply chains, which promotes the spread of supply chain management ideas. The most important inventory forecasting and control has become the focus of attention in the management of various industries. Therefore, it is of great significance to study inventory forecasting and control from the end of the supply chain. Artificial intelligence technology is sought after by all walks of life. It has become an inevitable trend that artificial neural network is applied to supply chain inventory forecasting and control. This paper will use the theory of supply chain inventory control in enterprise operation, and combine with market economics, operations research and control theory, computer science and other disciplines to study the forecasting and control of inventory demand at the end of chain supermarket supply chain. The purpose is to provide theoretical support for the forecasting and control of inventory in retail supermarket enterprises and further enrich and develop retail enterprises inventory control theory and method in supply chain environment. This paper studies from the following aspects:

(1) Literature review and related theoretical research at home and abroad. From the aspects of supply chain inventory management, inventory demand forecasting method and chain supermarket inventory model, this paper determines the research perspective of supply chain end of chain supermarket. At the same time, through the research on the theoretical basis of inventory forecasting and control of supermarket chains, the analysis of demand forecasting method and inventory control model, the feasible BP network forecasting method is finally selected to build a more adaptable inventory forecasting model.

(2) Construct the model. Based on the analysis of the status quo of chain supermarket inventory forecasting, the process of inventory control and the characteristics of product demand, through theoretical analysis and field interviews on supermarket inventory forecasting and control management, the factors affecting supermarket inventory demand are found, which makes the input level index of the BP network model of supermarket supply chain inventory forecasting reliable, comprehensive, concise and representative.

(3) Enterprise Applied Research. This paper chooses a supermarket stores in a chain supermarket under A chain Supermarket Limited Company as the case study object, uses the BP network model of supply chain inventory forecasting of chain supermarket, uses the neural

network tool of MATLAB software to process and analyze the historical demand data of fresh commodities in supermarket, forecasts the fresh commodity inventory demand of supermarket stores and compares them according to the sensitivity analysis results. A good inventory control strategy is formulated in order to reduce the demand source error at the end of the supply chain and effectively control the overall inventory of the supermarket supply chain.

Key word: BP Network; Inventory Control; Supermarket Supply Chain; Sales Forecast

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	II
目 录	IV
第一章 绪论	1
第一节 选题背景及意义	1
一、选题背景	1
二、选题意义	1
第二节 研究内容与研究方法	2
一、研究内容	2
二、研究方法	3
第三节 国内外研究综述	4
一、国外研究综述	4
二、国内研究综述	5
三、研究述评	6
第四节 研究创新点	7
第二章 相关理论概述	8
第一节 库存控制理论	8
一、库存与库存控制概念	8
二、库存控制模型概述	8
第二节 供应链库存控制	9
一、供应链与供应链管理	9
二、超市供应链库存控制方法	10
第三节 需求预测理论	12
一、预测的概念与意义	12
二、需求预测的分类	13
第四节 BP 神经网络方法	13
一、BP 神经网络基本原理	14
二、BP 神经网络学习算法	15
三、BP 神经网络训练步骤	17
第三章 连锁超市供应链库存预测 BP 网络模型过程分析与构建	19
第一节 连锁超市供应链库存预测现状及控制流程分析	19
一、连锁超市供应链库存预测现状	19
二、连锁超市供应链库存控制流程分析	20
第二节 BP 网络运用于超市库存预测可行性分析	21
一、超市商品需求特性	21

二、BP 网络运用于连锁超市库存预测的可行性.....	21
第三节 连锁超市供应链库存预测 BP 网络模型的建立.....	22
一、选取影响连锁超市库存需求的因素及样本.....	22
二、确定网络各层参数.....	25
三、设计网络结构.....	27
第四章 实例仿真优化及应用研究.....	29
第一节 A 连锁大卖场超市概况.....	29
一、公司基本情况.....	29
二、A 连锁大卖场超市门店库存管理现状.....	29
第二节 库存预测 BP 网络模型仿真与优化.....	30
一、库存预测 BP 网络模型的 MATLAB 仿真.....	31
二、库存需求预测 BP 网络模型的优化.....	32
三、基于库存需求预测 BP 网络模型灵敏度分析.....	33
第五章 结论与展望.....	37
参考文献.....	39
附 录.....	42
致 谢.....	47
在学期间公开发表论文及著作情况.....	48

第一章 绪论

第一节 选题背景及意义

一、选题背景

伴随着经济要素的流动和信息化技术的发展,日益加剧的竞争环境促使作为市场参与主体的企业转向了供应链间的合作竞争,这进一步推动了供应链管理理论的演变与应用,为传统库存控制提供了新的理论基础。传统连锁零售业仅以生产能力或销售业绩为导向进行粗放式管理,易导致企业内部大量库存积压,未意识到自身地位对供应链上各节点企业的特殊作用——需求源的直接接触者。随着产品种类增多和顾客个性需求的变化,若对库存仍采取粗放式管理,供应链末端的库存信息会沿着供应链逆流逐级失真和放大,现实中会造成供应链整体库存偏高和响应速度迟缓,出现这一问题的根源是末端库存需求预测结果不够精准,且其过程的预测难度也大。但随着国内对人工智能领域研究与应用的关注,特别是人工神经网络方法应用到供应链库存预测与控制中,已成为精确企业库存需求预测结果水平及创造经济和社会效益的有效手段。对连锁零售企业来说,运用合适的需求预测方法能有效的对末端库存进行预测与控制,进而降低连锁零售企业供应链整体库存。因此,对库存需求量的预测及控制是优化连锁零售企业库存管理及降低供应链整体库存的必然选择。本文从供应链末端视角出发,探讨研究连锁超市库存需求量预测与控制,希望为连锁超市企业库存控制提供理论支持。

二、选题意义

(一) 理论意义

首先,促进需求预测理论与供应链库存预测与控制的交叉融合,推动了研究的高度和深度。国内外对供应链库存管理研究已有了相对成熟的理论并广泛应用,且大多集中在供应链库存控制模型的构建、供应链节点间协调库存等领域研究,而关于供应链库存需求预测与控制的交叉领域研究较少;现有的研究视角大多从供应链整体视角对节点企业间的库存进行控制,很少从超市供应链末端视角去研究库存需求预测与控制。故本文从供应链末端视角出发,以连锁大卖场门店为研究对象,通过运用供应链库存管理思想和需求预测理论对零售超市库存管理问题深入分析,找出影响零售超市库存量变动的因素,构建更加适合连锁超市实际情况的供应链库存需求预测 BP 神经网络模型,为连锁超市行业库存预测与控制提供决策支持,研究成果将会丰富供应链环境下连锁零售业库存管理理论。

(二) 现实意义

供应链库存预测与控制是供应链管理体系中的组成部分,对其深入研究能让企业加

深对供应链库存需求预测与控制的深刻认识。连锁超市库存管理作为连锁超市供应链库存体系中的一部分，其库存量的变化与供应配送方式和顾客需求多样化联系紧密，且对整条供应链库存成本易造成影响，对超市库存需求量进行预测与控制具有现实意义。传统的库存需求预测方法受企业壮大、消费需求变化等多方面影响，预测误差难以控制在合理范围内。通过对产品销售需求量历史数据的研究，并运用 BP 神经网络方法构建预测模型能有效地提高库存需求预测水平，利用此模型可以在需求不确定性情况下，灵活有效的预测和控制连锁超市的库存量，从需求源上减小供应链末端库存需求放大现象。本文将 BP 神经网络方法运用到库存需求预测与控制研究中，在实践与操作上，能为我国连锁零售企业在库存需求预测和库存控制方面提供新的库存管理方法，在需求预测领域证实了其广泛的应用性。

第二节 研究内容与研究方法

一、研究内容

本文的研究对象是连锁超市供应链末端下连锁门店的库存需求，运用 BP 神经网络方法构建连锁超市供应链库存预测 BP 网络模型，对其进行预测与控制。在相关研究理论基础之上，通过文献研究法、实地调查法及数理统计等方法，基于连锁超市供应链末端的视角去构建库存需求预测 BP 网络模型，为连锁超市库存需求预测与库存策略提供有效的手段。下面将阐述各章节内容，论文结构框架图如 1.2.1 所示。

本论文主体内容包括以下三个方面：相关基础理论；构建连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型；具体企业应用研究。具体的主体内容共分为五章：

第一章 绪论。对本文选题背景及意义、研究内容与方法、论文框架图做了介绍，对国内外相关库存管理研究进行了综述。为解决连锁超市供应链库存需求预测与控制问题研究打好基础。

第二章 基础理论。对库存控制理论、供应链库存控制理论和需求预测理论等理论分别进行系统学习，基于神经网络的相关理论对 BP 神经网络学习算法和流程深入分析。为 BP 网络在连锁超市供应链库存预测与控制问题中的应用提供理论基础。

第三章 连锁超市供应链库存预测 BP 网络模型建立与过程分析。首先分析了连锁超市供应链库存预测现状和控制流程，然后对 BP 神经网络应用于连锁超市库存预测进行可行性分析，即基于连锁超市产品独立性需求及各学者库存需求预测方法的研究成果，论证了 BP 神经网络应用的可行性。最后从市场参与主体和现场访谈角度去选取连锁超市供应链库存需求影响因素，并基于 BP 网络方法构建连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型，为下文案例仿真优化及应用提供保证。

第四章 实例仿真优化及应用。先详细介绍 a 大卖场门店库存管理状况，然后将第四章已构建的库存需求预测 BP 网络模型在 MATLAB 软件神经网络工具中进行案例仿真模拟，根据仿真的误差进行优化，通过各层网络参数的调整来提高 BP 网络模型的预测水平，使模型更稳定更符合实际状况。运用灵敏度分析法测试各因素对库存需求的影响程

度，针对灵敏度结果来提出库存控制策略。

第五章 总结及展望。总结了本文中主要研究成果，对论文中存在的不足之处进行自我批评指正，并展望下一步的研究工作及研究方向。

二、研究方法

为完成所要研究的内容，实现设定的研究目标，本论文在研究过程中运用了文献研究法、现场访谈法、BP 神经网络方法和案例分析法。

第一，文献研究法。通过查阅、收集、整理和分析国内外关于供应链库存管理、库存需求预测和 BP 神经网络方法在库存预测中应用的文献资料，针对现有研究确立了文章研究视角。使本研究的必要性更加突出，内容更加系统化。

第二，访谈调查法。在工作之余与连锁超市管理人员和门店库存营运人员进行约谈。主要询问了连锁超市在日常运行中，反映商品是否为畅销或滞销状态的指标有哪些，配送的准确率又是如何等影响库存需求的问题。通过梳理统计分析，确定合适影响因素为本文服务。

第三，改进的 BP 神经网络方法。运用 MATLAB 软件中的神经网络工具对数据预处理，建立连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型，案例仿真、模型的优化（对各网络层参数调试与算法改进）和各影响因素参数灵敏度的分析。主要包括在 MATLAB 软件中处理数据，运行相关代码等操作，验证该预测方法应用性和有效性。

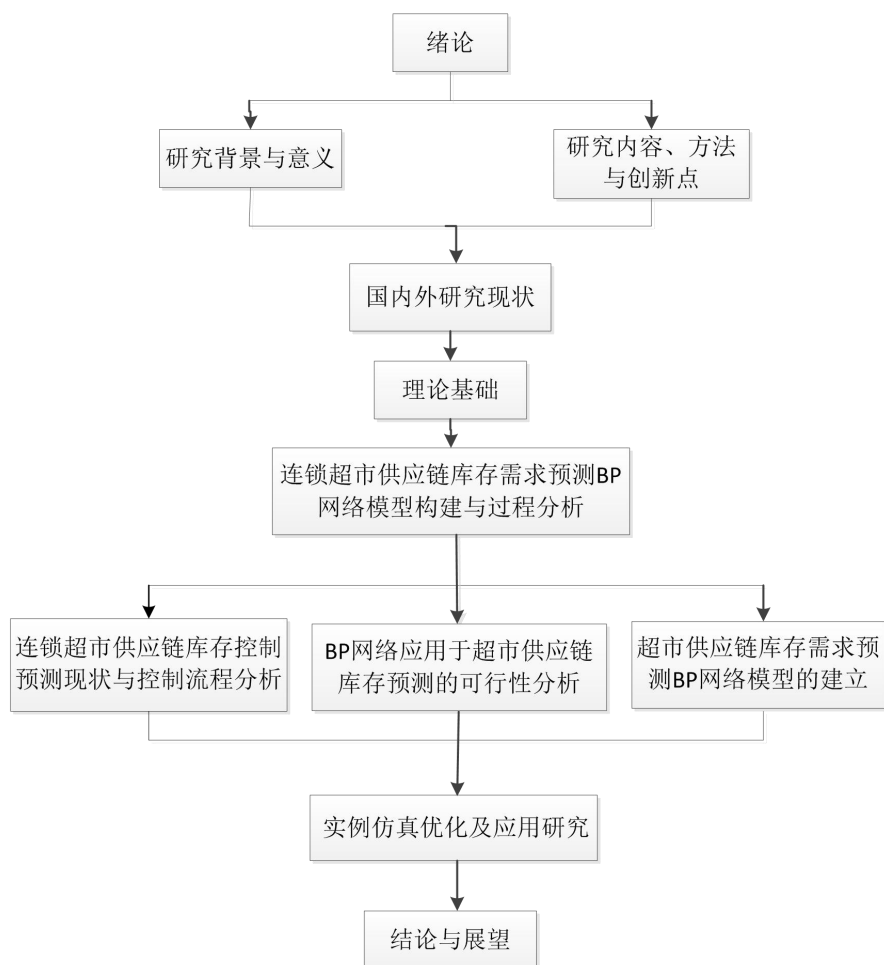


图 1.2.1 论文结构框架图

第三节 国内外研究综述

一、国外研究综述

库存管理研究在国外备受重视,关于供应链库存管理等问题有一些成熟的库存预测方法和相关控制理论。当今企业的生产运作管理过程中存在着许多不合理的库存问题,如库存结构优化、最佳订货批量问题、订货提前期问题和需求变化与预测等,这些问题主要是因动态不确定性等因素引起的。因此目前国外各学者研究现状给予我们很大启示。

(一) 供应链库存管理研究

国外对供应链库存研究始于多阶段库存问题,Hua Le (1992) 论述了 14 种供应链库存管理所需解决的问题,但对其未形成系统化的分析,在这之后的第五年对牛鞭效应现象也做了深入研究^[1]。Gerard Cachou (1999) 基于博弈论深入研究了两级供应链的合作与竞争政策以及信息共享在单个供应商与多个零售商模型中所发挥的作用^[2]。Song D P 等 (2014) 在供应链环境不确定性下定量研究了综合库存管理策略中供应商基础削减策略和差异化问题^[3]。Guritno A D 等学者 (2015) 强调新鲜蔬菜供应链进行库存决策应考虑产品易腐性和分销成本效率因素并分析了两种库存类型^[4]。Dai, Jianhua (2017) 以麦当劳与第三方物流合作为例论证了库存管理策略实施措施,降低了供应链管理中的牛鞭效应^[5]。Singh, Deepesh (2018) 论述了供应链库存管理及与库存相关的问题,重点综述了存货管理与控制等研究状况^[6]。

(二) 库存预测方法研究

对库存预测方法研究主要表现为在各行业库存需求预测适用性很广。S.W. Tsang 和 C.Y. Jim (2013) 将随机理论运用于建筑绿色屋顶库存需求量预测,并证实构建的需求随机模型能提高预测精确度^[7]。Wingerden E V 等学者 (2014) 将一次指数平滑法分别与移动平均值法、修正法和抽样法等预测方法做对比,证实了该方法的优势性及实际预测结果仍有不足^[8]。Lewis, Colin (2015) 认为一些传统需求预测方法和不可探索的预测方法会随着计算机技术的进步逐渐完善自身缺陷并发展,有助于库存需求预测精度的提高^[9]。Mouaky, Malak 等学者 (2016) 在信息共享环境下将协调看板系统运用到管理药品供应链中的多级库存中,能精准订购每个层次的药品数量需求以保持较低库存水平^[10]。Ding, Ming (2017) 提出基于退化建模的备件需求自适应预测方法,能在未来时间跨度内对备件需求分布进行预测^[11]。Prak, Dennis (2019) 为解决库存模型中估计不确定性问题,基于贝叶斯方法构建的框架能根据预测提前期需求分布做库存决策^[12]。

BP 神经网络在需求预测应用研究中的现状,主要从网络方法在行业的适用性和需求预测精确性进行论述。Kourentzes N (2013) 在研究非连续性需求时对时间序列模型、指数平滑法和移动平均法等传统预测方法的不足分析,而后引入神经网络方法来证实该预测方法在非连续性需求预测结果上比传统预测方法更精确^[13]。Yong, Cao 等学者 (2015) 在家庭环境检测领域则利用 BP 网络方法构建实时数据预测模型,比改进前的网络方法更能准确预测室内湿度需求的变化趋势^[14]。Zhang, Zonghua 等学者 (2017) 运用多种优化方法对 BP 网络方法相关特性进行改进,在电力资源利用领域构建了负荷短期需求预

测模型，其预测精度远高于传统 BP 网络预测模型结果^[15]。Rosienkiewicz, Maria 等学者（2017）针对矿业库存备件量状况，提出了面向矿业企业的新型混合备件需求人工网络预测方法^[16]。

二、国内研究综述

伴随中外经济的交流，国外大型连锁超市企业将先进库存管理思路与方法带到国内，促使国内诸多学者对我国连锁企业的库存管理问题有了新的认识并展开了相关研究。国内学者研究的方向主要是从供应链库存管理、库存预测方法和连锁零售超市库存模型这三个领域进行相关分析，为后文的深入研究打下了夯实的基础。

（一）供应链库存管理研究

黄培清等学者（1998）就供应链库存管理潜在问题提出几点治理手段：强调供应链库存管理设计，确保供应链上信息逆行的时效性，重设组织激励以消除组织存在的障碍，研究与建立供应链性能量度，加深对不确定性的认识^[17]。徐森林和谢武（2012）论述了供应链上企业库存管理面临现状并有针对性提出解决策略，为同行业库存管理问题提供解决方向^[18]。杨功平和胡玉凤（2012）指出在需求不确定性下，国内外供应链库存控制的发展状况及其相关理论，通过调查分析提出了创新性的解决方案——价值三边模型^[19]。程敏（2014）在考虑多周期和需求随机后构建了供应链多级库存控制模型，减少了库存成本的同时也加快了需求反应速度，实现了整合与优化供应链库存控制系统的目标^[20]。辛玉娇和张亚帆（2016）阐述了我国供应链库存管理现象，深入分析和总结了表现背后的相关问题^[21]。黄滚（2017）指出供应链节点企业间合作在科技发展环境下日益不稳定，基于供应链与产品相一致原则创新性的制定了柔性供应链库存管理完善改进策略^[22]。

（二）库存预测方法研究

在传统库存预测方法研究方面，姜宁（2012）从商品销售预测角度出发，运用回归分析法和巴斯扩散模型去构建时尚鞋服销量预测模型，为零售企业库存需求预测提供了经验^[23]。赵军和王晓（2014）运用数据挖掘技术和指数平滑法分别构建需求预测数据库和库存需求预测模型，并对第三方物流中心的库存需求进行了预测^[24]。雷兆明等学者（2015）指出传统安全库存预测方法在钢结构企业中运用的缺陷，论证了遗传算法对 BP 网络改进后预测的优越性^[25]。腾蛟（2016）针对国内某钢铁企业信息化状况，运用时间序列方法设计了库存规模能预测整个营销实态监控可视化系统平台^[26]。刘新良（2017）基于汽车主机厂备件产品和管理特性，运用大数据方法对备件寿命进行了预测^[27]。王济干等学者（2018）重点论述了影响需求的因素、需求预测的库存决策方法和决策结果等相关研究，构建了需求预测库存决策模型^[28]。程凤娇和孙若莹（2018）以物料需求特性对其聚类分析，基于 BP 网络方法对每一类物料进行预测，证实了组合式库存需求预测结果比传统单一库存预测结果误差小^[29]。

BP 神经网络在需求预测应用研究中的现状，文传源（1997）详细阐述了 BP 神经网络，并围绕其基本原理、学习算法、设计和实现进行介绍，重点介绍了控制与预测的应用^[30]。马健和盛魁（2013）将改进的遗传 BP 神经网络运用到中药材销量预测中，得出遗传 BP 网络在预测精确度上比未改进的网络占优势^[31]。高豪杰（2015）在预测某个

阀门制造企业库存需求时运用了 BP 网络方法，详细论证了预测结果准确性及需求影响因素灵敏度分析的效用^[32]。周化等学者（2016）在控制了服务水平这一条件后，运用 BP 网络方法建立需求预测模型，以真实有效的进行服装企业库存需求预测^[33]。翁莹晶（2016）应用 BP 网络方法研究网络店铺未来的销售金额，通过案例实际结果可以证实店铺销售额预测结果的准确性及预测模型的有效性^[34]。潘国庆等学者（2018）面对中小城市停车需求难满足的状况，将主成分分析的 BP 网络应用到停车需求预测问题上，证实了该方法需求预测适用性强和预测精度高^[35]。

（三）连锁超市库存模型的研究

在实际生活中，连锁超市库存需求的不确定性及其经营商品种类的多样性，针对连锁超市库存现状建立了模型以解决问题。杨光（2012）研究连锁超市库存管理系统是以系统动力学为研究方法，以一个配送中心和三家超市店铺为研究对象，去建立库存管理系统仿真模型^[36]。韩好（2014）认为零售企业去建立多品种库存控制订货模型的现实意义深远，其研究成果能为食品类库存控制管理提供理论指导^[37]。苏涵萌（2018）在分析连锁超市库存因素后，将建立的几种订货批量控制模型应用到超市库存系统中取得了成效^[38]。钟绍琴（2018）选取一个物流配送中心与两家超市店铺为对象，建立了基于系统动力学的连锁超市库存配送效率模型，并根据仿真结果对连锁超市的配送系统效率问题给出了改善意见^[39]。

三、研究述评

（一）已有研究的理论贡献

通过对上述有关文献的梳理，可以看到目前学者们对供应链库存管理的相关研究突破了定性分析的限制，尤其是供应链库存管理问题及各领域库存预测方法的运用比较系统全面，大量模型的运用促使库存控制问题的参数得以数值化，并能有效结合相关行业及产品特性进行分析，这些理论成果具有极高的实践指导意义。对于管理实践而言，目前的研究成果将问题导向和成果导向综合，这对连锁零售行业的商品需求预测及库存控制策略方面极具有经济性和指导性，一定程度上实现了效率和效果的统一化，也为本文后续研究的开展提供了广阔思路及基础理论依据。

（二）已有研究的不足之处

在内容上，国内外对关于供应链库存管理相关理论的研究趋于完善，其逐渐成为各节点企业全面协调供应链上库存的常用指导方法。现有的大部分研究只是在理论层面上做出理想性的库存控制假设进行研究，少部分研究能将理论联系实际，即根据连锁零售超市库存实际现状具体分析。在库存需求预测与库存控制模型等研究方面，大部分研究视角集中在多目标供应链多级协调上，主要探讨供应链库存理论在连锁零售行业中的运用，以实现整体库存最小化。总之，以上研究都未能从供应链末端视角出发，以零售超市门店为研究对象，对其库存量进行预测和控制，使门店库存保持合理水平，进而降低整条供应链的库存水平。因此，本文基于连锁超市门店库存需求影响因素，运用 BP 神经网络方法构建连锁超市供应链库存需求预测模型去预测与控制超市门店库存问题，即根据历史产品销售数据进行库存量预测，可以帮助超市在保证生产连续进行的基础上，

使其门店库存维持在较低水平，依据因素灵敏度影响结果对库存问题进行改善。故本文对连锁超市门店库存需求预测的研究具有理论性的创新和现实指导意义，以期对连锁超市供应链库存控制理论进行完善和补充。

在研究方法上，国内外学者大多运用传统库存预测方法对库存控制问题进行研究。在需求预测方面，研究比较多的是应用这类方法预测销量以及将其在预测精度程度上与其他预测方法做出比较。他们通常会忽略传统库存预测方法的实际适用范围，即当外部市场环境发生变化，原有相对成熟的库存需求预测方法的实际运用就会遭到挑战：只能片面反映库存系统中的单一因素及一些互为因果关系的因素，过多假设下去构建库存需求预测模型且过于理想化等。随着人工智能技术研究热潮的袭来，BP 神经网络方法不仅在哪些方面很好的克服和弥补了以上的不足，而且从库存需求预测应用研究现状可知该方法实际适用性在不断加强与发展，故本文基于上述研究成果，采用此预测方法去构建连锁超市供应链库存需求预测模型。该研究既丰富了供应链库存预测方法理论，又可以为连锁零售企业的库存控制提供指导方向。

第四节 研究创新点

一、研究视角的创新。在归纳和分析传统库存预测研究现状及相关库存控制模型的基础上，以供应链末端视角去研究超市零售业库存问题，根据历史销售需求数据来预测库存量。具体结合零售业超市产品独立性需求特性和实际存在的库存预测问题及流程分析，构建出连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型，丰富了供应链末端超市行业库存需求预测与控制理论和方法。

二、研究方法运用的创新。随着近两年人工智能技术研究热潮的出现，本文选取 BP 神经网络作为需求预测方法，对其做了相关介绍及深入分析了该预测方法运用到连锁超市供应链库存需求预测中的可行性，根据零售业超市产品独立性需求特性和实际存在的库存预测问题及流程分析，构建出连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型，通过案例仿真优化与应用进一步证实该方法在超市行业库存预测与控制领域具有一定适用性和可操作性。

第二章 相关理论概述

第一节 库存控制理论

一、库存与库存控制概念

库存指各种物料被存储，用于缓解未来需求波动、被暂时搁置且有价值的资源^[38]。从这个定义可以得出：一是资源被搁置场所的不确定性，可以处在非仓库中的任何位置，资源闲置状态的原因受多种因素影响；二是能预见性地起到缓冲作用，因为生产与消费间存在一定的不可协调性，易造成库存的积压。供应链上的节点企业都会持有一定数量的库存，是为了快速响应需求多变的客户要求，避免缺货和延期交货现象的发生。总之，库存是企业正常运营和获取利润的重要保障，拥有一定数量的库存能有效消除企业供应和顾客需求在时间上存在的差异，在面对市场需求的不确定性，如何有效地控制库存量对于任何一个企业来说都尤为重要。

库存控制指为降低整条供应链库存系统成本，而将专门库存控制方法和策略运用到供应链上各节点企业生产经营过程中，对各种形态的物料计划生产、组织经营、协调及控制需求，使其保持合理储备量。同时，库存预测与控制是企业供应链库存控制管理的组成部分，其本质是为平衡消费者需求与产品供应间的差异，产品库存量供应过多则会积压造成较高的仓储成本，消费者需求波动大导致产品库存量供应少了又会影响顾客的满意度，这使得企业在库存控制时常以高标准要求自身。但现实中的企业产品库存供应量和消费者需求是处在不断变化波动中，库存控制的平衡点通常很难找到。

二、库存控制模型概述

库存控制是基于企业自身生产经营性质和外部不确定因素对库存进行预测和控制的一种补充库存决策行为。做出库存补充决策时，即确定时间点补货及补货量需构建库存预测模型对库存精确预测与控制。各学者对库存控制模型主要从定期型库存、定量型库存、确定型库存、随机型库存以及最少成本型库存等方面进行重点研究^[40]。但无论从哪个角度去构建库存控制模型，最终都是为了更高效地响应顾客需求以取得经济效益。

对库存控制模型研究的演变可归纳为以下阶段：第一是对基本库存控制模型的研究阶段，即从早期美国学者 Harris 提出的经济订货批量模型到 Arrow 的报童模型，再到发展的库存动态规划优化模型，最后将研究重点转移到多级库存系统的库存控制模型。该阶段研究视角主要从企业内部运用库存控制方法进行库存管理，在保证自身利润最大化的同时也能维持整条供应链上库存的流动与稳定。第二是经典库存控制模型进行发展和探索阶段。随着市场竞争日益加剧和计算机技术与其他学科交叉发展，现代库存控制管理思想逐渐兴起，新的库存控制方法也不断涌现。如周永务和王圣东重点对确定性、随

机性库存控制方法及多产品、多级库存控制方法等最新研究成果进行了论述^[41]。从库存控制模型总体演变发展来看，构建库存控制模型是为了更好适应多变的客户需求，防止不确定性对企业经营活动造成经济损失，既能快速响应客户提出的需求，又能间接地将企业供应链的整体库存成本降到最低。

由于一般企业的库存管理流程为订货—进货—保管—供货，在构建库存控制模型上可以从以上一个方面或多个方面入手去实现库存的控制管理。大多数企业都是从订货需求量的准确度和进货的及时性两方面来管理库存，能制定出合适的库存控制策略，从而达到库存控制的目的。

第二节 供应链库存控制

一、供应链与供应链管理

（一）供应链概念

供应链的概念及其思想在各行各业中早已广为熟知，其理论源头可追溯到由管理专家德鲁克提出的“经济链”概念。随着管理实践的发展和进步，波特教授在《竞争优势》中创新性的提出价值链理论，逐步演变为供应链的内涵^[42]。对供应链含义的论述最初只关注企业自身内部活动，并没有将研究视角延伸到企业之间，但随着市场环境不确定性的增加，其内涵便得到前伸和后延，关注其他企业活动和与企业外部环境产生的联系。同时，在计算机技术和社会经济快速交融的推动下，供应链节点企业间的生产经营正呈现出交叉网络化的经济活动，打破了各学者们对供应链的认识。马士华的论述对其做了补充，他强调供应链是以核心企业为中心，信息流、物流和资金流的运动将采购、生产和销售等企业活动及供应商、零售商和消费者等相互关联的企业串连成具有网链式功能的结构模式^[43]。如图 2.2.1 所示，它以供应源节点为起始端，经过链上企业间相互协调配合去进行采购、生产制和分销等经营活动直到最终满足需求源而结束。链上的每一个企业是被视为一个节点，节点间存在着需求与供应的合作关系，每个节点既是需求方也是供给方。链上的产品从供应端流动到用户需求端的过程中，因生产计划、制造、包装、运输等传输活动而增值。

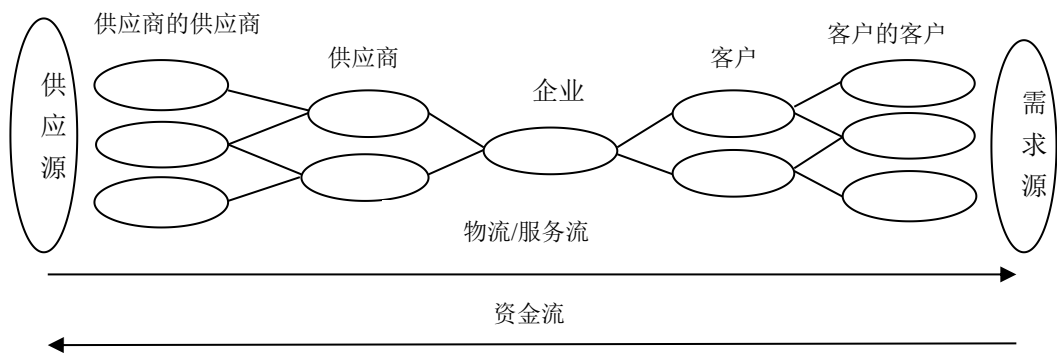


图 2.2.1 供应链结构模型

从上图可知在一个个业务相互关联的节点企业组合而成的供应链上，其核心企业占主导优势，在供应链末端需求源的信息驱动下，其他节点企业在供应链上都履行着各自

的责任与义务去配合核心企业经济业务的开展，通过“三流”来发挥供应链整体的最大价值。综合以上观点，本文供应链的定义：作为处在动态变化中的网链式结构，需求源是整条供应运作的动力，通过采购、生产、仓储、运输和销售等一系列活动来加深供应链上的客户、客户的客户、供应商和供应商的供应商之间的关系，它们的功能和价值再互动中演变与增值。

（二）供应链管理概述

供应链管理思想指供应链上协调活动需要统合系统中的人财物。早期的研究成果从多层次和多角度对供应链管理进行定义，强调计划和控制手段的运用是实现企业节点企业间协作的根本方法，也论述了供应链内涵和增值相关内容。营销学家菲利浦指出了供应链管理与供应商管理的区别，前者不仅注重节点企业间的供需合作，而且善于从供应链整体视角将不同企业集成起来发挥高效的运作效率和效益。全球物流与供应链论坛通过访谈与调查，得出供应链管理能促使企业业务流程重组，实现整条供应链的内容管理价值增值。在我国国家标准术语中供应链管理指对企业间所产生的业务往来及生产经营活动进行生产计划、组织经营、协调与控制需求。

回顾供应链管理理论的发展过程，初期理论主要关注的是企业内部的库存控制、采购物料、建立分销渠道等局部环节性的问题，但后来随着个性化和多样化需求的消费群体出现，及在消费者对购买等待时间的零容忍和产品生命周期不断的缩短的背景下，供应链管理理论的内涵得到了丰富，管理模式和管理思维呈现出新的特性^[44]。当今时代的企业做任何决策时都会受到企业内部与外部环境不确定性因素的影响，传统供应链管理模式已无法快速有效地响应顾客多变的需求，无法及时处理那些非线性和非结构化的问题，而供应链管理的不断发展为解决传统企业所面临的问题找到了突破口，即以占主导地位的企业为核心，将各个单一企业聚集起来形成一条完整的供应链，并让供应链上各节点企业各司其职，以共同的目标去协调合作解决问题。

二、超市供应链库存控制方法

在连锁超市供应链体系中，从供应商、配送中心到零售商的每一个环节都存在着库存，库存是联系各环节正常运转的纽带。面对跌宕起伏的市场环境，处在供应链末端的连锁超市，其库存的稍微变化就会波及上游企业甚至超市产业链的整体库存，在对连锁超市供应链库存问题进行优化时，面临的主要困难是对末端库存需求的预测和把控。现实生活也是如此，连锁超市库存需求量主要受终端顾客需求影响，精准的库存需求预测不仅能为连锁超市提供制定库存控制策略的依据，而且能减少需求端沿着供应链逆流逐层传递的库存信息波动。现实的困境促使连锁超市库存需求预测与控制问题成为了各学者纷纷研究的对象，各种库存控制方法不断被提出和改进。如何在及时有效地满足顾客需求的根本前提下去提高需求预测的精确性，提高库存管理水平和整体的运营效率，各连锁超市都想方设法地进行着库存预测与控制方法的运用和创新。连锁超市库存控制方法有：零库存（JIT）、供应商管理库存（VMI）、联合库存管理（JIM）和协同式供应链库存管理（CPFR）^[45]。

（一）零库存管理

源于日本的零库存管理思想在早期单纯的以减少库存为目的，后来逐渐演变成为一种管理体系。零库存思想的实质是物料流动于企业经营管理活动环节中，不以特定储存场所存在且不是零数量储备，是运用这种库存管理思想去制定相应的库存控制策略，使库存储存量保持最低水平。可见，零库存管理思想所追求的不是单纯的“零库存”目标，而是通过采取特殊的库存供给方式让企业存储库存量尽可能的低，针对突显出的问题进行解决和改进，零库存思想的精髓在企业库存控制方面充分得到发挥，实现企业经济效益增加。

零库存管理的主要思想是消除库存，即库存的存在是一种不必要的浪费，进一步延伸为没有任何直接利益的相关活动都会被视为废物输出，只根据客户需求进行生产来减少多余库存占用成本，零库存理论在实际应用的过程中逐步丰富和发展了其内涵，形成了一种独特的生产库存控制管理体系。零库存管理以生产时间为基本单位，首要解决的问题是生产计划不到位和其他物料浪费类等问题，然后对不满足企业生产经营需求的设备和人员等资源进行整合与更新，以此减少生产经营活动中库存物料成本，最终使库存管理成本与运营效率的关系呈现出最优的状态。当然，零库存管理思想的运用完全取决于企业的性质的具体状况，一般考虑供应商的管理、技术条件、产品开发与维护、客户服务水平和企业战略规划等多个方面。

（二）供应商管理库存

该库存控制方法源于零售行业，是零售商与供应商相互达成共同协议，即供应商负责管理库存和督促协议进度状况。若发现违背应及时修改其协议内容，达到符合双方库存控制管理战略的要求。从宝洁和沃尔玛超市联手合作的案例中可以看到，在沃尔玛超市将库存交给宝洁管理后，达到了双赢的效果：沃尔玛减少缺货情况发生频率的同时库存成本也下降了，宝洁需求不确定性和送货成本等问题得到解决，成为了沃尔玛长期的战略合作伙伴。可见该方法克服了节点企业独立管理自身库存的缺点，促使供应链上的供应商与下游企业相互合作，在信息需求上保持实时共享，也要求下游节点企业定期将产品销售数据和库存需求信息汇报给供应商，以此制定相应的库存控制管理策略。

供应商库存管理模式将预测和补货职能转移到了供应商，能有效减少信息逆行传递过程中的放大现象，因为供应商可以通过了解客户的历史销售相关数据，经分析预测后自行安排配送计划。供应商在一次次补货过程中能去构建和修正符合自身情况的库存预测模型，将客户库存需求量精准化的掌握，有利于减少下游企业库存管理风险。

（三）联合库存管理模式

联合库存管理模式是基于 VMI 发展而来，适用该模式的企业主体一般为占据主导地位连锁零售企业或一定区域范围内的分销中心，它明确了各节点企业间权责、风险共担和利益共享的职责。上下游企业能从库存控制管理者角度积极参与，共同探讨出具有协调性库存管理策略，并在实施策略过程中能使供应链上下游企业间库存需求保持预期的一致性，进而消除库存需求逆流放大的效应。联合库存管理能建立更广泛的合作关系，根据信息共享来预测并制定相应的生产和销售计划，库存控制管理策略能进一步优

化。

该库存控制方法是根据多方共同制定的框架对节点企业间的库存需求预测，并确定补货策略。框架主要包括：库存储备量的最高与最低标准；补货周期；确保产品安全生产及减小环境的危害程度；数据来源与需求预测、库存补货管理问题；库存控制目的、结算及支付方式的确定；制定因其中一方未履行责任与义务的补救措施。有效解决库存控制管理中的协调性问题是该模式最大的优点，将库存存在的直观与潜在风险都能控制在合理的范围内，在库存控制过程发挥出巨大的效能。

（四）合作计划、预测与补给

该库存控制方法由沃尔玛主导，它与管理信息系统供应商、供应链软件开发商和美国咨询公司等共 5 家公司成为合作伙伴关系并形成了工作小组，根据互联网对商品需求的预测来推行连续补货系统，通过对其不断的改进来研究和探索 CPFR。运用 CPFR 能实现供应链上下游企业全方面协同、预测、计划与补给，它是基于 VMI 和 JMI 不断应用实践发展而来，分别针对它们的缺点进行了改进和总结，能有效弥补 VMI 中供应商决策过程缺乏协商、JMI 建立难度大和成本高的不足。CPFR 从统筹全局角度出发，以减少库存管理成本和提高供应链整体运营效率为目标，也强调供需双方在做出协同预测时，应快速准确地预测出因各种促销活动和措施的展开或异常状况引起的商品畅销高峰期和停滞期，从而使零售商和供应商在面对此情形时更主动，以便日后在处理预测信息反馈和构建与优化预测模型上能更高效。总之，CPFR 实现整个供应链系统集成的关键是上下游企业互助合作的关系能最大范围去覆盖整条供应链，成员企业间在信息共享的基础上共同探讨制定库存控制管理规划，预测产品库存需求并进行补货。

第三节 需求预测理论

一、预测的概念与意义

一般将预测定义为对某一不确定性事件或未知事物做出估量和猜测，它通过采集历史数据并运用数学模型进行推导。需求预测的准确性依赖于收集一些针对预测目标的精确信息数据，并运用科学可行的预测方法对其进行处理和分析，结合决策者的经验和有关理论进行思维研究活动去修正判断预测结果^[46]。在供应链管理中现实的库存需求往往反复无常的，为了减少库存成本和降低企业的库存水平，对未来库存需求进行准确预测显得很有必要。

在连锁超市零售行业中，对超市库存需求预测一般是基于历史销售数据进行分析和预测，在未来的某一段时间或某一时刻什么类型商品将被消费以及销售数量是多少都能预测出来。由于连锁超市商品具备较短的销售周期和品类繁多等特征，再加上容易受到外部因素的影响，其库存需求具有高度的不确定性，使得商品供给与顾客需求之间难以准确匹配，常常导致连锁超市库存持有成本过高的结果。因此，需求预测对连锁超市供应链库存预测与控制及供应链上下游企业来说具有特别重要的意义。

二、需求预测的分类

对库存需求进行预测是指依据历史经营数据对未来库存某一时段或时刻的需求预测，也是对消费者购买需求的一种预测。一般而言，库存预测方法可分为预测期限和预测方法两类。

（一）根据预测期限分类

1、短期预测。预测时间段通常小于 3 个月，但非常时期下不能大于一年。预测对象是近期内一个产品或一批计划生产的产品需求，其预测目的主要是制定库存控制策略和适应顾客需求波动。总之，短期预测与企业库存决策行为密切相关，对预测精确度有严格要求。

2、中期预测。预测时间段通常为 3 个月至 2 年期间，是选择新产品或资源重组的决策期。本文以该时间段作为库存需求预测与控制研究的数据选取范围，其预测目的主要是安排企业的销售计划和订货计划，中期预测结果在精确度的要求上比短期预测要低。

3、长期预测。预测时间跨段一般不少于 2 年，其目的主要是预测企业产品运营整体的需求，把握企业库存量波动范围和发展趋势，为进一步制定具体库存控制策略提供依据。

（二）根据预测方法特征分类

纵观大量需求预测方法的研究成果，运用合适的需求预测方法都能在一定程度上去精准的预测库存需求，解决库存存在的问题。需求预测方法可分为定性和定量两类，定性预测方法主观性较强，通过收集市场与企业文字资料或依据库存管理者的经验对需求做出主观预测；定量预测方法客观性较强，且涉及数据的计算和处理，一般基于历史销售数据或二手数据资料去构建需求预测模型。选取需求预测方法需综合考虑各方面因素，即主要从企业库存控制环节和库存预测目标的特性等角度入手。

库存需求预测是供应链库存管理中的一个重要环节，影响库存需求的因素众多，为了提高需求预测质量，应将定性方法与定量方法结合进行分析和预测。定性方法是库存需求预测的基础，定量方法是定性方法的进一步延伸，预测结果能测定主要因素的影响程度且更具有说服力，定性方法则从侧面对其他影响因素深入分析并做出相应的修正或替换，只有将两者结合运用才能更接近实际库存预测结果。

第四节 BP 神经网络方法

人工神经网络的发展经历了约半个世纪，是受生物启示而构建的一种类似于人类神经系统的信息处理技术和数据处理模型。其种类由感知器、线性神经网络、BP 神经网络等多个网络构成，其中误差逆向传播算法 BP 神经网络(Error Back Propagation Network)在各行各业中被广泛和成功的应用^[47]。它是由多个神经单元相接连并构成多层网络模型，模型内部具体结构形态是依据外界信息组合而成的，模型的构建需在保持输入数据维度不变前提下不断的调节各神经元之间的权值，直到模型输出误差内的结果才结束。总之，BP 网络作为人工神经网络中的一种前向网络，具有强大的输入—输出非线性映射能力。

一、BP 神经网络基本原理

BP 网络基本原理可划分信号正向传播和误差逆向传播这两个过程。第一个是信息逐层重复反馈及更新的过程：输入层各神经单元在获取外部传递的信息后，将此信息传送到负责内部信息处理和转换的网络层，即隐含层。并依据信息在传送过程中的变化去设计该层神经节点数及层数结构；将隐层转换的信息再传送到输出层，经输出层神经单元再次转换最终形成输出结果。第二个是对各层权值和阈值修改的过程：如果输出层实际与期望结果的误差未达到设定允许范围内，绝对误差会以特定式样按输出层——隐含层——输入层逆向传递，在逆向传递过程中获取神经单元的误差信息，将其作为调节和修正各层连接权值的依据。当两个阶段每完成一次学习迭代后观察绝对误差是否符合设定的允许范围，否则进行两个过程的反复交替反馈。从以上网络基本原理可知误差反向传播算法的核心是绝对误差在逐层逆向传递的过程中不断地去修正各层间权值，将该学习算法推广到有着多个中间层的网络结构，就是 BP 网络^[48]。

BP 网络本质上是一个输入——输出模式的映射模型，是由输入层、中间层和输出层多层组成。输入与输出层数有且仅有一层，隐含层数至少一层，其中应用最为广泛的是三层 BP 网络结构。该模型各层都包含着一到多个节点，网络层间呈现全连接的状态，任意一层（输入层除外）的各神经单元与前一层所有神经单元分别连接，但同层的神经元节点间不相互联系，即各节点之间不存在反馈作用，如图 2.4.1 所示。

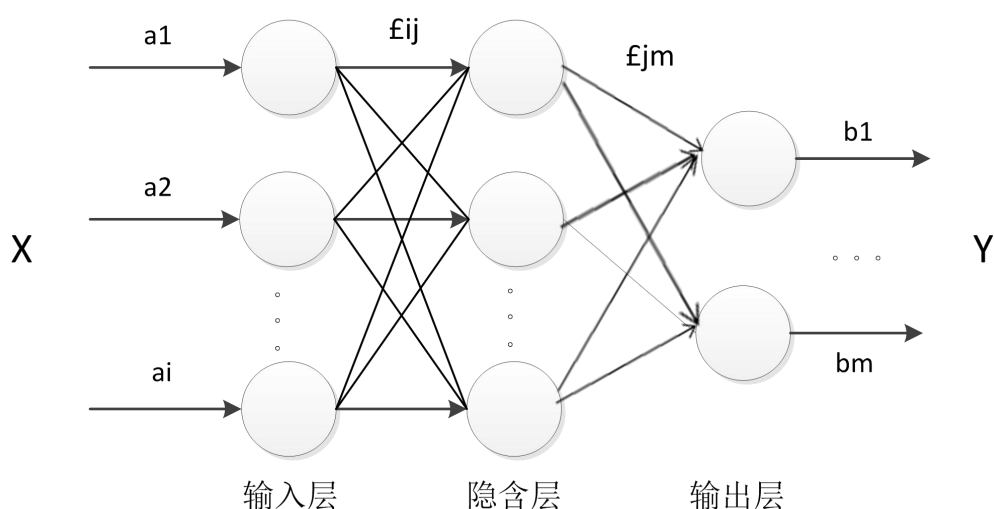


图 2.4.1 BP 神经网络结构图

上图是最为普遍的三阶 BP 网络。现用 X 和 Y 代表输入端与输出端的节点，信号 $X(a_1, a_2, \dots, a_i)$ 从输入层各神经单元依次传入，层与层间的神经单元相互接连，经隐层传送到输出层，最后在各神经单元处理下输出结果 $Y(b_1, b_2, \dots, b_m)$ ，这三阶网络结构层间的连接权值分别为 ξ_{ij} 、 ξ_{jm} 。BP 神经网络作为典型的非一次函数，整个结构运行过程遵循输入——输出的映射，将网络输入值和输出预测值分别视为该映射模型的自变量和因变量。以上三阶 BP 网络结构模式反映的是一个从 X 到 Y 函数映射关系的本质。

二、BP 神经网络学习算法

BP 网络的原算法被称为梯度下降学习算法，通过误差性能函数逆向对各层间的连接权值进行调试。随着人工神经网络理论的发展，标准 BP 网络算法缺陷在逐渐暴露的同时也出现了几种改进算法来弥补其不足，如最小下降法和拟牛顿法等^[49]。标准三阶 BP 网络的算法是最速下降法，本文以该网络结构进行算法的分析。

设三阶 BP 网络结构，输入神经元数为 N ，隐含层神经元数为 I ，输出层神经元数为 M 。输入层中的第 i 个神经元为 a_i ，隐层中第 j 个神经元为 k_j ，输出层中第 m 个神经元为 b_m 。从 a_i 到 k_j 的连接权值为 ξ_{ij} ，从 k_j 到 b_m 的连接权值为 ξ_{jm} 。三阶 BP 网络结构各层间的传递函数分别为 Sigmoid 函数与线性函数，网络输入维度为 n ，最终输出维度为 m 。用 u 和 v 依次代表每层的输入端与输出端，如 u_j^1 表示 j 层（隐含层）第一个神经元的输入量。网络的实际输出为：

$$Y(n) = [V_M^1, V_M^2, \dots, V_M^M] \quad (2-1)$$

网络的期望输出为

$$d(n) = [d_1, d_2, \dots, d_M] \quad (2-2)$$

n 为迭代次数。第 n 次重复该过程的误差为：

$$e_M(n) = d_M(n) - Y_M(n) \quad (2-3)$$

将误差能量定义为：

$$e(n) = \frac{1}{2} \sum_{M=1}^M e_M^2(n) \quad (2-4)$$

（一）BP 网络信息正向传播：

1. 从输入层到隐含层的传播过程。输入层输出端的结果为网络获取外部传递的信息：

$V_N^n(n) = X(n)$ ，隐层第 j 个神经元输入信息为 $V_N^n(n)$ 与输入层和隐层间连接权值的加权和：

$$u_j^n(n) = \sum_{n=1}^N \xi_{nj}(n) V_N^n(n) \quad (2-5)$$

设 $f^{(*)}$ 是 Sigmoid 函数，则隐层第 j 个神经元输出为：

$$V_j^n(n) = f(u_j^n(n)) \quad (2-6)$$

2. 从隐含层到输出层的传播过程。输出层第 m 个神经元接收到的信息为 $V_j^j(n)$ 与隐层和输出层之间权值的加权和： $u_m^m(n) = \sum_{j=1}^J \xi_{jm}(n) V_j^j(n)$ ，输出层第 m 个神经元的输出为：

$$V_m^m(n) = g(u_m^m(n)) \quad (2-7)$$

输出层第 m 个神经元输出的绝对误差为 $e_m(n) = d_m(n) - V_m^m(n)$ ，三阶网络均方误差为：

$$e(n) = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M e_m^2(n) \quad (2-8)$$

(二) BP 网络误差信息逆向传播：

信息在网络中一层层逆向传播对权值进行调试和修正。将 (2-8) 公式展开至隐含层得：

$$e(n) = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M (d_m - V_m^m)^2 = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left[d_m - g\left(\sum_{j=1}^J \xi_{jm} V_j^j\right) \right]^2 \quad (2-9)$$

将 (2-9) 式子向输入层进行展开得：

$$e(n) = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left\{ d_m - g\left[\sum_{j=1}^J \xi_{jm} f(U_j^j)\right] \right\}^2 = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left\{ d_m - g\left[\sum_{j=1}^J \xi_{jm} f\left(\sum_{n=1}^N \xi_{nj} V_N^n\right)\right] \right\}^2 \quad (2-10)$$

由以上公式可知，网络总误差是连接权值 ξ_{ij} 与 ξ_{jm} 的函数，对连接权值修正能提高预测结果的精确度。

1. 调试和修正隐层与输出层间的连接权值 ξ_{jm} 。先算出绝对误差对 ξ_{jm} 的梯度 $\frac{\partial e}{\partial \xi_{jm}}$ ，然后逆向调整：

$$\Delta \xi_{jm} = -\eta \frac{\partial e}{\partial \xi_{jm}} \quad (2-11)$$

在式 (2-11) 中，梯度下降比例系数 $\eta \in (0,1)$ ，能反映 BP 网络训练学习的快慢。

$$\text{定义局部梯度 } \delta_m^m = -\frac{\partial e}{\partial u_m^m} = -\frac{\partial e}{\partial e_m} \cdot \frac{\partial e_m}{\partial V_m^m} \cdot \frac{\partial V_m^m}{\partial u_m^m} = e_m g'(u_m^m) \quad (2-12)$$

权值修正量为：

$$\Delta \xi_{jm} = \eta e_m g'(u_m^m) V_j^j \quad (2-13)$$

输出层的传递函数为线性函数，即 $g'(u_M^m) = 1$ 。由（2-13）公式可得输出神经元的权值修正：

$$\Delta \xi_{jm} = \eta e_m V_j^j \quad (2-14)$$

2. 调试和修正输入层和隐层间的连接权值 ξ_{ij} 。与 1 步骤类似可得：

$$\Delta \delta_{ij} = \eta f'(u_j^j) \sum_{M=1}^m \delta_M^m \xi_{jm} \quad (2-15)$$

总之，在对 BP 神经网络各层间的连接权值进行调试和修正时，应注意前层的局部梯度是后层局部梯度的加权和。

三、BP 神经网络训练步骤

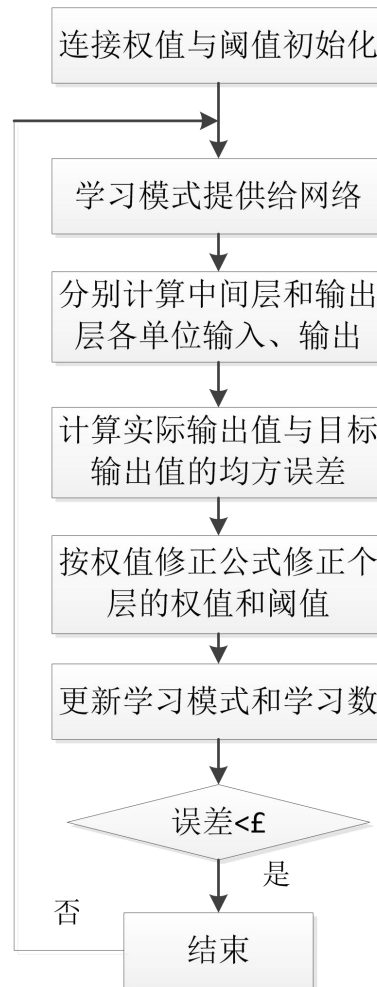


图 2.4.2 BP 网络学习流程图

在了解了 BP 网络基本原理、学习算法和具有监督学习特性基础上，运用此方法解决一个具体问题时，需准备充足的销售数据才能训练 BP 神经网络，其步骤为：

步骤一：设定 BP 网络初始值。主要包括学习速率 η 、训练次数、绝对误差精度 ε 、连接权值和阈值。BP 网络需要设定初始值并运用逐层迭代更新的算法确定权值，对于初始值的设定随机选取较小的非零数。在确定以上初始值后，将样本数据归一化处理并

将其输入网络中训练与学习。

步骤二：计算各层神经元的输出结果。BP 网络方法运用的关键是结合问题具体情况去分析和构建出模型。输入层神经元数由信息向量的维度决定，输入层的输出值为网络输入端的接收信息，根据 (2-6)、(2-7) 式子分别计算出隐层和输出层的输出值 $f(u_j^j(n))$ 和 $g(u_m^m(n))$ 。

步骤三：计算 BP 网络总误差。根据式 (2-8) 可得到均方误差 $e(n)$ 的结果，对其展开发现各层输出误差是各层连接权值 ξ_{ij} 与 ξ_{jm} 的函数。

步骤四：判断学习是否结束。根据误差精度 ε 或最大学习次数，判断学习是否结束，如若 $e(n) < \varepsilon$ 或达到最大学习次数，则终止学习。否则继续步骤五

步骤五：更新各层连接权值和阈值。根据式 (2-14) 和 (2-15) 调整和修正连接权值后，返回步骤二。

本章小结

本章论述了供应链库存控制理论、需求预测和 BP 网络方法等相关基础理论，确立了文章的研究视角，对库存控制及供应链库存控制相关内涵进行了界定，对超市供应链库存控制方法进行了详细介绍，重点讲解了 BP 网络基本原理过程和学习算法的推导，并指出了网络算法运行流程和训练学习步骤的关键。

第三章 连锁超市供应链库存预测 BP 网络模型过程分析与构建

第一节 连锁超市供应链库存预测现状及控制流程分析

一、连锁超市供应链库存预测现状

随着供应链库存控制理论不断发展,库存预测问题逐渐突显出其重要性,对连锁超市门店而言更是库存控制管理的有效前提和关键。库存以多种形态在供应链上各节点企业仓库存在,它们根据下游企业未来需求预测量制定库存控制策略,而下游企业发出的订货需求因经常受到一些不确定性因素的影响而不准确,被夸大易造成上游企业库存的积压,迫使企业处于一种不良的运营状态,过少的库存需求又会对供应链末端企业直接造成利润损失及间接的潜在顾客流失。早期连锁超市在库存管理方面主要依靠超市门店,以成本最小化为目标确定库存控制策略,并根据管理经验和历史销售数据向连锁总部发出订货需求请求,因运用的都是一些简单和理想化的库存预测方法和控制模型易导致预测需求的不准确。再加上近年来连锁超市的不断扩张和竞争联合,多变的市场环境和个性化的消费需求等不确定性影响因素让企业家深刻的意识到库存需求预测所处的困境。因此,只有对供应链库存需求预测愈发重视,才能从根本上去消除“牛鞭效应”现象。连锁超市供应链库存需求难以预测的具体表现为:

(一) 库存控制体系对库存需求影响

我国零售连锁超市于 20 世纪末发展起步,经过近年来经济和科技的推动,连锁超市门店的数量规模急剧上升。截止 2017 年,连锁经营百强零售企业的销售额规模达到 2.2 万亿元,与上年同期增幅 8.0%,门店总数量达到 10.98 万家,与上年同期增幅 9.1%。超市服务对象具有不稳定性和多样性的消费特性,他们有更多消费选择权,更愿意到品类齐全服务舒心的超市购物,为满足消费者的需求超市门店不断增加新单品数量,超市企业自有品牌 SKU 数量平均由 435 个增加到 633 个。客观环境下的连锁超市规模扩张和业务量激增给超市内部库存需求预测增加了难度。现实中连锁超市制定的内部库存控制操作规范也难以落实到位,库存管理人员未掌握科学的库存分级管理策略,只注重畅销品和增值品库存管理,忽略了潜在商品缺货造成的损失^[50]。故连锁超市门店难以对库存需求进行预测并实施策略。

(二) 不确定性对库存需求影响

连锁超市门店具有较强的综合性,产品品类繁多。超市货架上商品的陈列是根据产品不同用途和顾客购买频次进行摆放,连锁超市门店日常经营会面临很多不确定性因素的出现。产品管控方面,如换季产品未及时开展促销活动、临近过期或不新鲜商品未及时退换等因素,易产生大量的库存累积和损耗,增加连锁超市门店对库存的管理成本;

产品订货方面，如未在订货排程下单、人为下单操作失误及未对畅销品进行临时性补货，会增加订货成本和购入成本；不可抗力方面，因天气、道路交通、节假日和原料供应紧缺等因素对连锁超市门店造成直接损失，因天气限制了顾客出行购物，因货物未及时供应导致商品售价高于同行业，这些不可抗力因素易降低顾客的消费欲望。不确定因素对连锁超市门店的应变能力提出了很大的考验，故在考虑这些时是难以对库存需求进行预测和实施策略。

（三）信息传递对库存需求影响

连锁超市门店与上游供应商间业务往来关系不够协调，信息传递不够及时准确^[51]。它们间协调的业务关系是需求信息在供应链中及时准确传递的重要保障，能使连锁超市供应链上下游企业间的库存量与顾客终端需求源同步，形成精准的供需关系。但现实中连锁超市门店与供应商的关系是以自身利益为前提的，需求信息的传递因被强制灌输了人为观念而失真，处在需求波动末端的连锁超市门店，为了避免自身利益受损不得不去提高库存水平，发送虚高库存订单给供应商。故在信息传递失真下难以对库存需求进行预测和实施策略。

以上可以看出对连锁超市库存需求进行预测存在着困境，主要来自连锁超市门店内部环境、连锁超市门店外部不确定性和连锁超市供应链上信息流的传递。BP 网络预测方法因其自学习和自适应性能有效的克服这些问题，连锁超市门店在进行预测库存需求时充分运用该预测方法不仅能综合考虑超市内部发展环境和外部不确定性因素，而且能预测出连锁超市供应链末端的需求的精准结果，为连锁超市门店制定最优库存控制策略提供依据，促进连锁超市供应链上下游企业间的需求信息公开透明，责任和风险共担。

二、连锁超市供应链库存控制流程分析

近几年超市业态租赁面积比呈上升趋势，如若按照营业面积标准可将超市分为大卖场、综合性超级卖场、标准式卖场超市和便利店。故本文在分析连锁超市供应链库存预测现状基础上，对由连锁超市上游企业、连锁大卖场门店及消费者组成的连锁超市供应链末端库存控制流程进行研究。连锁超市供应商与配送中心都各自储存着一定库存以快速响应连锁超市库存订货需求，连锁超市门店则通过信息系统与上游企业保持着库存信息的联系，并根据顾客消费需求和门店持有库存量及时向上游供应商或配送中心订货。连锁超市门店的上游企业根据订货请求来判定是否有充足的库存进行配送，否则向供应商的上游再次发出订货信息。其具体的库存管理流程如下图 3.1.1 所示。



图 3.1.1 连锁大卖场门店库存管理流程

如图可知连锁超市供应链末端的主要参与主体包括上游供应商、连锁大卖场门店和

最终消费者，它们会对连锁大卖场门店的库存需求造成影响。从产品供需关系分析，库存需求预测结果误差产生的根本原因是供需能力不匹配^[52]，故本文主要从连锁超市上游企业（配送中心/供应商）、连锁大卖场门店和最终用户具体分析库存需求预测的主要影响因素。

第二节 BP 网络运用于超市库存预测可行性分析

经本文对供应链库存控制相关理论分析，发现无论采用 JIT、VMI、JIM 还是 CPFR 库存控制方法，其核心都是要更好的识别并预测供应链末端库存需求，特别是针对多种类、需求量大和销售周期短的超市商品，要比其他行业承担更多的库存风险，零售超市需根据实际需求和销售情况来不断地调整库存，需求若预测不精确则会增加库存成本或利润损失。需求预测在连锁超市供应链库存控制中日益发挥着重要的作用，使得该领域的研究受到了热议。早期的需求预测理论研究中，库存量的计算等于提前期的计算加上估算值，而在理论中对估算值没有明确如何计算。而从 BP 神经网络在库存预测中的应用研究现状中发现，BP 网络方法克服了以上不足之处并被广泛运用到零售行业的库存预测问题中，从众多需求预测方法中，选取 BP 网络方法去构建连锁超市库存预测模型。本文将从超市商品需求特点及 BP 网络方法在建模预测中占上风的角度出发进行该网络方法在超市库存预测中的可行性分析。

一、超市商品需求特性

超市商品需求特性是一种独立性需求，是处于需求末端且顾客在未来会购买或使用该产成品，其库存量的多少只因外界需求环境的变化而变动，超市对商品库存需求的确定通常只能根据历史销售数据和人为经验进行预测，而不能精确控制。连锁超市的服务理念是对购买生活消费品的顾客尽量满足其需求，是拥有众多产品品类的一种零售形态企业，其所经营品种繁多的商品正好符合独立性需求的特性。现代连锁超市在解决商品库存预测与控制问题时需从外界需求环境入手进行预测，运用预测方法构建有针对性的预测模型，根据预测去采取对应的库存控制措施以改善库存管理现状。

二、BP 网络运用于连锁超市库存预测的可行性

引发整条连锁超市供应链库存偏高的原因是对终端需求源的不精确预测。供应链上原材料经制造商加工成产成品后，由供应商配送到各连锁超市门店，最终由消费者购买，反之末端库存订货需求信息会沿着超市门店供应链逆流逐级波动放大。故连锁超市供应链库存需求的预测必须以末端需求为核心，重点分析顾客需求变化。

各学者运用不同的预测分析方法对同一需求预测对象进行预测结果的比较，其中 BP 网络方法在需求预测中体现了其实用性和可行性。盛奎（2013）将多元线性回归法、支持向量机、BP 网络方法和 RBF 网络方法分别构建药品销售需求预测模型并对预测结果比较，得出神经网络方法预测精度更高^[53]。马法尧（2014）认为 BP 神经网络方法在各需求预测方面运用比 ARMA 模型更占优势^[54]。罗戎雷等学者（2014）直接指出人工神经网络方法能有效预测未来销售需求状况，运用遗传算法对 BP 网络方法进行改进以

提升需求量的预测精度^[55]。付光鑫（2015）认为传统定量库存控制方法的运用是基于实践经验的总结，安全库存定量影响因素是复杂的非线性关系，在预测过程中会涉及模式识别、函数逼近等处理，而这些正是人工神经网络擅长的^[56]。张策（2017）综合分析了一些常见的智能算法优劣，最终选取自适应遗传算法来满足多目标供应链多级库存控制模型的求解需求^[57]。

总之，随着影响连锁超市销售量需求预测因素的日益增多，这些因素间也呈现出越来越复杂的非线性关系。BP 网络相对于传统的预测方法，神经网络在为销售量需求预测方面提供了新思路 and 新的解决方案^[58]：

1. 容错能力方面。BP 网络分布式存储库存信号，当出现神经单元损坏或存在错误的库存信号情形时，该特性能避免错误输出，在辨别或预测方面数据真实性高。

2. 预测速度方面。BP 网络在进行识别或预测过程中，训练与学习大量数据样本所花的处理时间很少。

3. 避免复杂关系描述方面。BP 网络通过自学习和自记忆确定输入量和输出量间的关系，根据连锁超市门店原始历史销售数据进行训练和学习，便能确定各层间存在的内在联系。

4. 适应性方面。BP 网络通过调试和修正各层连接权值来应对外部库存信号环境的变化。经过充分的样本数据训练，库存信号被分布式的储存到各网络层连接权值矩阵及各神经单元转换函数的系数，面对变化的库存信号环境这种自适应能力始终反映着库存需求特性。

5. 不确定性信息处理方面。当出现输入库存信号残缺或不明情形，BP 网络仍能运用类似人类的联想思维方式去调动分布式存储在网络中关于研究对象完整性库存信号。

因此，本章采用 BP 神经网络方法来构建库存需求预测模型是可行性的，能解决销售量预测问题，然而由于 BP 神经网络本身的局限性，在运用中仍需要依据实际对其进行改进，从而提高预测性能。本文利用 BP 网络方法解决连锁超市供应链库存预测与控制问题的基本思想是：先确定连锁超市门店大类中的高库存商品，然后根据连锁超市处在供应链末端的地位优势找出该类商品在管理中影响库存量的因素，作为网络的输入节点。将连锁超市门店原始历史销售数据作为输入库存信号进行 BP 网络训练。经过大量样本数据的训练与学习后，BP 网络可以利用推理联想思维对未来产品库存需求量进行预测。在面对超市销售和供应条件发生变化时，该预测模型的输出库存量能为事前订货提供依据。

第三节 连锁超市供应链库存预测 BP 网络模型的建立

一、选取影响连锁超市库存需求的因素及样本

“牛鞭效应”现象指处在供应链末端的需求信息在逆流而上的传递中受波动而放大。从该现象描述可知，整条供应链库存水平与其存在的不确定性有紧密的联系，而这些不稳定性因素的来源主要涉及上文所述三个方面。目前企业所运用的库存控制理论和方法

已难以应对当今供应链上库存所呈现的新特性和新要求等相关问题，只有在现实生活中充分考虑各方面的不确定性，构建的库存预测模型才能提高库存预测精度和保证控制策略的有效实施。

对于连锁超市而言，库存控制管理具有相对较大的复杂性，各连锁超市门店每天的销售需求在不同时间段内呈现出不同的状态，各种商品的销售量也会因顾客的购买倾向和配送中心效率而出现较大变化。对于连锁超市库存需求预测方面的研究，各学者们通常会考虑缺货成本、供应商信用程度、供货价格、供应商规模、库存管理水平、广告推广、连锁超市毛利率等因素，其中订货数量、配送效率和信息水平也在大型零售连锁超市中对库存控制决策起决定性作用^[59]。但是选取连锁超市库存需求的影响因素原则应尽可能的科学合理，也要有一定的现实意义，从供应商、连锁超市门店和最终客户三个主要角度去分析连锁超市库存需求影响因素会很多，如果把全部的因素找出来进行分析是不切实际也是没有意义的。同时，有的因素需要进行定性分析，有的则需要做出定量分析，在一定程度上增加了预测的难度和不准确性。所以对上述库存需求影响因素进行选择时，应考虑实际生产中可以明显影响库存需求且容易量化的因素。本文选择了准时交货率、交货提前期、销售金额、净毛利率、订货成本、客单价和外部温度变化指标。

本文也在平日工作的接触和交谈基础上，并对某一连锁超市相关人员就关于连锁超市库存需求影响因素进行了实地访谈（半结构化访谈提纲见附录三）。被访问者基本信息描述统计分析如下表 3.3.1 所示。从访谈结果可以看出，被访谈者一共有 27 人，女性所占比重较大，年龄多集中在 20-30 岁，超市部门职能定位清晰，岗位职责分工明确，其中管理人员 10 名和工作人员 17 名。

表 3.3.1 被访问者描述统计表

被访问者信息	基本信息		人数	百分比
性别	男		9	34.62%
	女		18	65.38%
年龄	20-30		13	48.15%
	31-35		6	22.22%
	36-40		8	29.63%
部门及所属 岗位	运营管理 部	总监	1	7.41%
		总经理	1	
	门店	店长	3	33.33%
		副店长	3	
		店助	3	
	人事行政 部	经理	1	3.7%
	财务管理 部	经理	1	3.7%
	生鲜采销部	经理	1	14.81%
		生鲜采购人员	3	
	杂货采销部	副经理	1	14.81%
		杂货采购人员	3	
	百货采销部	副经理	1	11.11%
		百货采购人员	2	
	综合支持部	副经理	1	11.11%
		信息管理人员	2	
工作汇报的对象	连锁超市总部		2	
	总监		1	
	总经理		9	
	生鲜经理		3	
	杂货副经理		3	
	百货副经理		2	
	综合支持部副经理		2	

在了解被访谈者的基本信息之后，本文也对后续的访谈问题内容进行了相关整理和分析，将 27 位被访谈者所回答关于连锁超市库存需求预测影响因素的问题内容进行了关键字的提取，得到两个方面的影响因素：一是连锁超市管理人员需关注每日报表中的库存管理 KPI，即净毛利率、高库存占比、天气、销售金额等指标。二是从工作人员（采购人员和信息管理人员）访谈中被多次提到的因素，如供应商配送方式、准时交货率、客单价。

在分析了连锁超市供应链库存预测现状和库存控制流程，本文从各学者研究成果和实地访谈调查基础上进行因素归纳和分析，各影响库存需求量的具体因素含义如下：

1. 供应商（配送中心）

供应商作为向连锁超市提供商品和相应服务的主体，具体表现形式有连锁超市配送中心和一些规模不等的供货商。供应商是连锁超市的重要合作伙伴，是连锁超市正常运营和进行营销活动的基本保障，供应水平低下会影响连锁超市的利润及促销活动的安排，甚至会削弱连锁超市与终端客户之间的合作关系。

（1）准时交货率：连锁超市门店下单后的一定时期内供应商准时交货次数占应交货总次数之比。

（2）交货提前期：从供应商的角度出发，指从接收到连锁超市订单到货品送达连锁超市门店接收站台的间隔时间，与销售量成反比。

（3）配送方式：向连锁超市配送货物的主体有物流配送中心和供应商，现用 1（供应商配送，多指本地配送），2（混合配送）表示。影响送货效率和产品质量，进而决定销售量。

2. 连锁超市门店

连锁超市门店所经营的产品品种多且杂，产品需求量较大，库存控制管理是他们关注的重点。

（1）净毛利率=（销售收入-销售成本-各项期间费用-税金）/ 销售收入*100%，也可以表示为毛利减去各项费用之差。

（2）订货成本：从零售商出发订货需求所产生的成本被称为订货成本，包含跟踪订单费用，通讯资讯费和交通费用等。

（3）销售金额=交易次数×客单价。指消费者在超市门店内进行购物在收银台支付的产品总金额。

（4）交易次数：消费者在收银台付款时由 POS 机打印的购物小票，通过对购物小票数量的统计能跟踪商品动态，也能了解购买各课组/部类/部门商品的消费人数。

3. 最终用户

最终用户是指在连锁超市门店进行购买相应商品或服务的参与者，一般指单个消费者。顾客购买行为的产生直接影响需求量的变动，为顾客创造舒适的购物环境和提高服务水平，能够促使库存量保持在一个较低的水平。

（1）天气：天气状况，如晴、阵雨、大风等会影响顾客来访数量，现用 1（晴）、2（阴/多云）和 3（雨）表示。天气越恶劣，顾客外出购物的次数就越少。

（2）客单价：客单价=课组/部类销售额÷交易次数。指平均每位顾客购买的金额。

二、确定网络各层参数

（一）网络层数确定

神经网络类型选定后接下来应探讨网络结构层数问题，输入和输出层有且仅有一层，故隐层层数的选取才是确定 BP 网络结构模型的关键。相关理论已证明一个具有三阶 BP 网络结构能以任意精确度逼近任何函数，因此运用 BP 网络方法构建预测模型能有效解决预测问题，特别适用于呈非线性相关关系的影响因素，构建预测模型的流程是先用该网络模拟函数，再去代替函数进行预测。故本文选定三阶 BP 结构模型来构建库存需求

预测模型。

（二）确定输入层

BP 网络输入层是外界库存数据信号的输入端口，神经单元数的确定由输入库存信号的维度决定，本文输入层的节点数具体指供应链末端连锁超市库存需求的影响因素。

由上述分析可得，输入层神经单元数为 9 个影响因素：准时交货率（ a_1 ）、交货提前期（ a_2 ）、配送方式（ a_3 ）、毛利率（ a_4 ）、订货成本（ a_5 ）、销售金额（ a_6 ）、交易次数（ a_7 ）、天气（ a_8 ）、客单价（ a_9 ）。

（三）确定输出层

输出层神经节点的个数是根据需求预测目标确定的，预测输出结果一般能够达到误差范围内的标准水平以实现网络的研究目的。本文的目的是对连锁超市库存需求（销售量）进行预测，因此将销售数量作为输出节点，节点数为 1 个。

（四）隐含层节点确定

隐层神经单元数的选取影响着 BP 网络需求预测的水平，是网络训练成败的关键。如若隐层神经单元数过少，易出错且无法对库存样本信息输入与输出，BP 网络解决现实复杂的问题难度就会增加；神经单元数过多，会增加网络训练和学习的时间及网络训练的负担，即 BP 网络因神经元数量过多具备较强的需求信息处理和分析的能力，在网络训练与学习过程中将样本数据含有的无意义信息进行记忆，导致网络对数据真正的模式难以区分辨别^[60]。可见，运用 BP 神经网络实现输入——输出非线性映射模式去进行需求预测时，隐层神经单元数的选取显得意义重大。而在实操中的网络设计，隐含层神经单元数的确定是由输入和输出层下的神经单元数共同决定，主要是对隐含层节点数的个数进行训练与学习，将对应的输出结果进行比对以确定合适值。一般只能给出一个大概范围如下公式（3-1）所示。

$$S = a + \sqrt{m + n} \quad (3-1)$$

式中：S 为隐含层节点单元数；m 为输入层节点单元数；n 为输出层节点单元数；a 为[1，10]之间的常数。

由于连锁超市库存销量需求预测 BP 网络模型的输入神经单元数为 9，输出神经单元数为 1，据（3-1）式子可将隐层神经单元数控制在 4~14。但隐层神经单元数的具体取值取决于 BP 网络整体适应学习能力水平，即输入新的库存信息样本数据是否能得到期望的预测值。确定节点数具体值的思路为：先选取 4 个神经单元作为隐层的节点，然后将新的库存信息样本数据输入到 BP 网络中对其训练与学习，最后详细记录和计算网络实际预测与目标值的误差大小。在原来选取节点数的基础上每增加一个节点数后，都进行以上相应步骤，直到所记录的绝对误差结果不再减小的趋势。本文根据（3-1）式子初步确定 BP 网络隐含层节点数为 8，而具体值的确定需根据实际构建 BP 网络预测模型的情况，在系统训练与学习的过程中再对其节点个数进行修正，以此来缩小网络需求预测模型的预测结果误差。

（五）其他参数的选择

BP 网络获取库存需求信息的过程实质是在对各层参数进行筛选，一般包括网络结构方面、神经元方面和学习算法方面等参数。这些参数的确定与 BP 网络获取库存需求信息过程同步完成，因每次输入新的库存需求样本数据而不同，且与输入的具体库存需求信息紧密联系，在一定程度上反映了库存预测网络内部各因素对需求的影响。

初始权值与阈值都是随机的两组值，对其值的选取只需是 $[-1,1]$ 的一个随机数。因输入矩阵归一化处理结果的数值范围为 $(-1,1)$ ，故将正切曲线 Tansig 和线性 purnlin 函数分别作为隐层和输出层的转移函数。将 trainlm 作为 BP 网络训练函数，选取网络工具箱中自动默认的均方误差 MSE 作为性能函数。设网络模型学习次数 1000，学习效率 η 为 0.01，当网络模型绝对误差在 0.5%-1%之间就停止训练。

当网络进行训练与学习时（信息获取过程中），网络自学习的信息就表示为矩阵和阈值。当网络内部各参数确定后且输出绝对误差符合一定范围，则说明网络训练与学习已成熟，就可运用 BP 网络进行相关分析与需求预测等工作。连锁超市门店在经营一段时期会累积新的销售需求样本数据，可再次对该网络进行新的训练与学习，获取新的库存需求信息及各层参数以更进一步的提高网络的适应和预测能力。

三、设计网络结构

经上文论述分析，文章选取的是一个三层结构 BP 网络方法，构建需求预测模型的输入层节点数为 9 个，隐层节点数为 8 个，输出层是待测的库存销售量。具体构建连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型的拓扑结构，如下图 3.3.1 所示。

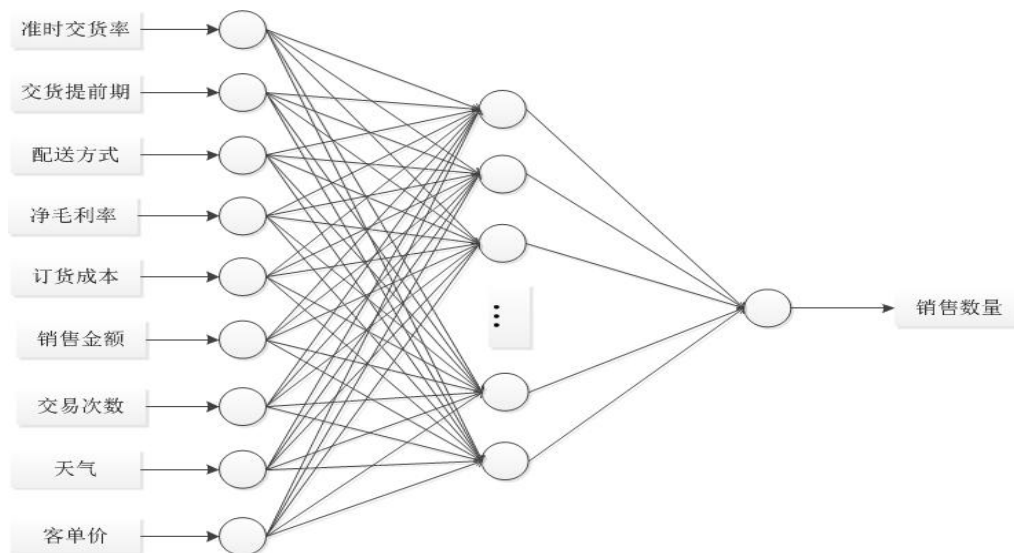


图 3.3.1 连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型

本章小结

本章先对连锁超市供应链库存预测现状和控制流程进行分析，然后对 BP 网络方法应用于连锁超市供应链库存预测的可行性进行研究，基于此从连锁超市供应商、连锁大卖场门店和最终消费者这三个主体方找出了库存需求预测影响因素，进一步分析和确定了三层 BP 网络结构各层节点个数及相关参数值的设定，最后构建出连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型。

第四章 实例仿真优化及应用研究

北京某知名企业是国内最早以连锁方式去经营超市的一家企业，如今在连锁零售行业取得了较高成就。企业集团运营内容包括零售贸易、电子商务、互联网或物联网科技等多个经营形态，旗下有美廉美、百安居、京北大世界等多个知名品牌，在华北、华东和西北等地区拥有各类商场 1000 多家。连续 18 年荣获“中国连锁经营 100 强”，排名逐年不断提升。本章以该集团旗下某品牌 A 连锁大卖场超市门店为例，对其库存需求量预测与库存控制策略进行研究。

第一节 A 连锁大卖场超市概况

一、公司基本情况

北京某知名集团企业因看好西部市场潜力与银川百货商业集团股份有限公司达成合作，于 2014 年在甘肃兰州市注资成立了 A 连锁超市有限公司。该连锁超市有限公司主要以大卖场为经营形态，产品业务涉及范围广。在甘肃兰州地区目前已开设了三家大卖场形式的连锁超市，未来计划在 2-3 年的时间在兰州其他地区及周边相继开设 8-9 家大卖场。陆续致力于开展便民超市、标准化菜市场、便民菜肉直销店及社区生活超市等多种店铺经营模式，以满足甘肃地区市民不断增长的消费需求。本文将列举案例的 a 大卖场超市门店作为 A 连锁超市有限公司的一个分支，是 2015 年春节前开设的第二家大卖场。

二、A 连锁大卖场超市门店库存管理现状

A 连锁超市物流配送中心是由银川百货商业集团股份有限公司自建的货物中转站，目前为甘肃兰州市地区三家大卖场超市门店配送相关商品，主要涵盖副食、日杂、针纺织品等。

（一）A 连锁大卖场超市门店订货模式

在订货模式上，A 连锁各大卖场门店库存订货都遵循统一分配管理的原则。首先各采购人员根据各家门店信息管理系统 R2 提供的销售数据和库存管理人员上报的订购量来确定订货的种类和数量，然后与供应商协商确定最优价格，最后统一向上级采购部门汇报商品的采购工作进度以保证门店经营的需要。采购部将订货信息分别回传给各大卖场门店和 A 连锁超市配送中心，并准许它们按照订货流程规定进行下单订货。各连锁大卖场门店与本地供应商通过 R2 信息管理系统来确认订货需求，各大卖场门店需严格按照排程发送订货需求以满足日常经营和促销活动档期的顺利开展，但有一部分订货需求

由采购部负责向 A 连锁超市配送中心下达，在收到各大卖场门店需求量后进行汇总，视自身持有库存量决定是否再向其上游企业下订单。

（二）A 连锁大卖场超市门店送货模式

A 连锁大卖场超市门店送货模式有着两种配送方式。直接配送，即由供应商送货上店或负责找车送到各超市门店，因超市门店订货频次高、产品多样和批量少，本地供应商会根据此特性采用汇总各超市门店订货信息的方法进行集中装车。A 连锁超市有限公司下所属三家大卖场门店虽然较为分散但多集中在一定区域，能在同一天内进行多家大卖场门店商品的配送。但对于异地直接配送的供应商，各大卖场门店的经营易出现缺货现象的风险。间接配送，即处在宁夏银川的 A 连锁超市配送中心负责供应重要商品，如果其库存满足采购部上报的货物总需求量，便可安排向各大卖场门店统一配送，否则，需等待上游供应商将订购的不足货品发给配送中心，入库后制成各门店的配送单以安排向各大卖场门店配送。间接配送的交货周期较直接配送长一些，经常受到一些不可抗力因素的影响。

从连锁大卖场超市门店的订货与送货模式中，可看出供应商与连锁大卖场超市门店之间的物流和信息流传递不同步。各大卖场门店的实际销售情况和库存存储量等库存信息对配送主体不透明，配送主体一直被动地接收库存订货请求，再加上大卖场门店库存管理人员经常会根据历史商品信息进行经验上的预测以上报订货量，易出现超市库存增大或缺货的现象。

第二节 库存预测 BP 网络模型仿真与优化

以 A 连锁超市有限公司下的 a 大卖场超市门店的实际经营情况为例，a 大卖场门店主营部类为生鲜、杂货和百货，其中生鲜商品类别为 20，杂货商品种类为 38 以及百货商品种类为 49。A 连锁超市有限公司高层一直在关注着 a 大卖场超市的库存管理状况，其中生鲜高库存占比、杂货高库存占比和百货高库存占比指标能说明 a 大卖场门店对各部类库存的控制水平。本文选取了 a 大卖场门店在 2018 年 5 月到 2018 年 8 月期间这三个部类的库存占比历史数据进行分析，得到如下图 4.2.1 所示。

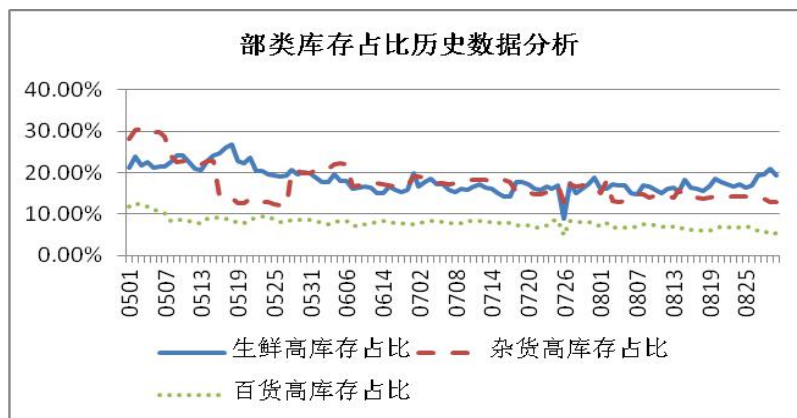


图 4.2.1 各部类高库存占比

由上图这段期间三个部类库存占比波动状况可知，百货高库存占比呈低水平趋势，

生鲜高库存占比相对于杂货高库存占比而言，整体上要高且波动趋势较为稳定，以上能表明生鲜部类在 a 大卖场超市门店的高库存问题较为突出，故本文将 a 大卖场门店的生鲜部类销量作为库存预测和控制研究对象。

本文针对 a 大卖场门店生鲜部类高库存问题收集了门店关于该方面历史销售数据的相关资料，并根据该门店的相关报表收集和整理出每天生鲜部类的交货准时率、交货提前期、配送方式、净毛利率、订货成本等几个因素的基本数据。从 5 月 31 日到 8 月 22 日共 70 组数据，本文将收集到的原始数据及进行归一化处理后的数据结果放在附录后，具体数据参见附录 1、附录 2。

一、库存预测 BP 网络模型的 Matlab 仿真

（一）随机样本的准备

样本数据的选取决定了其质量的优劣，也会进一步地影响 BP 网络预测模型预测结果，所以将样本数据分为学习样本、验证样本和测试样本。BP 网络最大优势是能学习并记忆输入与输出变量间模糊复杂的非线性关系，且影响生鲜部类库存需求变化规律都体现在样本数据中，所以如何选择样本量和分配比例极其重要。

基于各研究学者对 BP 网络样本数据量的选取与上文确定的预测时间段，本文的样本容量为 70 组（见附录 1）。样本数据的前 68 组，即 5 月 31 日到 8 月 20 日为每天生鲜部类各指标的原始数据，为保证输入的库存数据真实性和可靠性，本文运用 MATLAB 神经网络工具箱随机将这 68 组的 85% 作为学习样本库存数据，10% 和 5% 作为验证样本和测试样本库存数据，并将其依次输入到 BP 网络库存需求预测模型中，以验证模型准确性和可靠性。当模型训练成熟后，将会对 8 月 21 日和 22 日的生鲜部类销量进行预测，使其预测结果在所设定的误差范围内。

（二）Matlab 仿真测试 BP 网络库存预测模型

本次仿真的 BP 网络库存需求预测模型的输入向量是一个 9×60 的矩阵，有 8 个隐含层节点数，生鲜部类销售量作为输出预测结果。由于各训练样本单位和数量级差异较大，如若直接将训练样本进行训练与学习会使训练时间增长，也可能导致网络无法收敛得出预测结果，故在网络训练学习前归一化处理显得尤为重要^[61]。本文采用 Mapminmax 函数进行事前样本库存数据的归一化。

在 MATLAB 软件网络工具箱中对库存需求预测 BP 网络模型训练与学习，得到前 68 组历史库存数据的预测值与实际生鲜部类销售量的相对误差结果，如图 4.2.2 所示。A 大卖场门店的生鲜部类相对误差曲线在这 68 天期间里的波动大多稳定在 $(-0.5\% \ 0.5\%)$ 之间，其中最大相对误差结果不超过 1%，证明该预测 BP 网络模型对新样本库存数据有很强的适应能力。

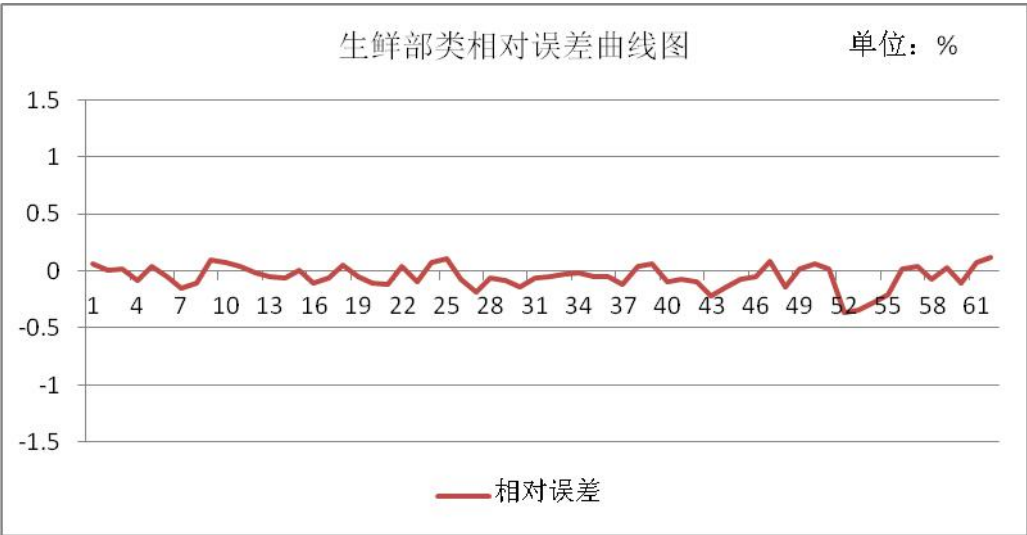


图 4.2.2 生鲜部类相对误差曲线图

现用训练好的 BP 网络库存需求预测模型对 2018 年 8 月 21 日、22 日生鲜部类销售量进行仿真预测。分别将 8 月 21 日和 22 日九个维度指标的归一化数据放入到训练成熟的 BP 网络库存需求预测模型中进行预测，可以得到这两天生鲜部类销售数据，最后对其进行反归一化，而这两天的实际销售量分别为 5071.74 千克和 5963.88 千克。预测结果如表 4.2.1 所示。

表 4.2.1 预测结果

日期	8 月 21 日	8 月 22 日
实际销量（千克）	5071.74	5963.88
预测销量（千克）	5599.85	5493.81
绝对误差	528.11	470.07
相对误差率（%）	10.41	7.88

由表 4.2.1 可以看出 8 月 21 日和 22 日两天生鲜部类的实际售量与 BP 网络预测值的误差远远超出了设定目标误差的 1%，表明该预测结果未能达到一定范围内的预期结果，需对超市供应链需求预测 BP 网络库存模型做出进一步的优化，以提高该模型预测的泛化能力。

二、库存需求预测 BP 网络模型的优化

对 BP 神经网络的训练学习从根本上来说是对非线性目标函数进行优化的过程，回顾大量非线性优化问题研究成果，不少方法都对 BP 网络适应能力和收敛时间进行相关优化。本文针对上文连锁超市库存需求预测模型预测的结果，对其做出以下相关的优化。

（一）BP 算法的改进及参数调整

BP 网络算法是为了更好更快的修正各层权值以达到最优预测结果。而 BP 网络标准算法在实际库存需求预测运用中，易出现收敛时间长和输出数值水平低的情况，且学习率在 BP 网络训练与学习的始终一直被作为常数，其取值也影响 BP 网络预测水平，取值过大易出现振荡，取值过小则会使预测结果的时间增长。在构建库存需求预测模型前确定学习率的取值是不太现实的，故本文选择改进的 BP 算法——动量 BP 方法对预测

模型进行训练与学习，优化其预测结果精度。因为动量算法在各种算法中不仅泛化能力强，而且在各层权值调试和修正阶段的基础上增加一个动量因子 a ($0 < a < 1$)，使权值在更新过程中具备惯性和抗震荡能力。从连锁超市实际库存管理状况来看，是符合市场需求不确定性所引起连锁超市库存需求量波动的常态。

因此本文选取动量 BP 梯度递减算法（训练函数为 `traingdx`）对 BP 网络进行优化。在第一次训练之前，是无法确定 a 和学习率 η 的大小，只能通过网络训练与学习后才能确定其对网络最合适的值。所以在本文中需经多次训练能将以上几个参数值确定下来，在日后对新样本数据的训练与学习就可直接使用。

对于训练次数、误差目标、层与层之间传递函数等选择仍采用上文网络参数，动量参数 a 在 MATLAB 软件中神经网络工具箱的默认值为 0.9，且能使网络具有很好的稳定性。学习率预先设定值仍采用 0.01，再根据 BP 网络训练与学习过程中的误差进行增/减量因子实现：当误差趋于预期目标呈现递减时，则说明修正方向正确，故将学习率与增量因子 K_{inc} 相乘，误差函数增加为迭代前的 1.04 时，则说明修正错误，故将学习率与减量因子 K_{dec} 相乘。

（二）优化后 BP 网络库存需求预测结果分析

经过 BP 算法中训练函数的调整和学习率值的相关预设，本文对 BP 动量算法库存需求预测模型的学习仍按上文数据样本量的比例，在 MATLAB 软件神经网络工具箱中进行训练并使 BP 预测模型成熟，最后来预测 8 月 21 日和 8 月 22 日的销量结果。预测模型优化后的结果如表 4.2.2 所示。

表 4.2.2 优化后的预测结果		
日期	8 月 21 日	8 月 22 日
实际销量（千克）	5071.74	5963.88
预测销量（千克）	5102.09	5916.06
绝对误差	30.35	47.82
相对误差率（%）	0.6	0.8

由表可知，21 日和 22 日两天生鲜部类的实际售量与 BP 网络预测值的误差达到了 0.5%~1%标准误差允许的范围。证明经过优化后的连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型，在一定程度上可以运用库存影响因素去预测生鲜部类每日销售量，能充分显示影响因素与库存需求量的因果关系。同时，优化后的预测在误差上较未优化前有所提高。

要想持续保持较高的 BP 网络库存需求预测模型泛化能力水平，当生鲜部类产生新的销售需求后，应不断累积新的学习样本数据，及时对目前 BP 预测模型重新进行训练和测试，更新和调试各层各项参数以期精确预测次日的售量，据此进行库存方面的控制和决策。

三、基于库存需求预测 BP 网络模型灵敏度分析

灵敏度分析主要是根据模型或系统的输出分析其中的参数，尤其是输入对输出的价值^[62]。利用敏感度能分析和计算测试样本预测结果的准确程度，对同一个训练好的预测

模型，改变测试样本中的一个变量，其他输入变量为某一固定值，检测 BP 网络是不是还能灵敏的感受到样本的变化。本文运用灵敏度分析法对 a 大卖场门店生鲜库存预测 BP 网络模型进行库存分析，根据灵敏度分析结果可对生鲜部类库存瓶颈环节进行重点关注，采取库存控制措施以改善库存成本过高状况。

(一) 检验数据的选取

本文 BP 网络共有 9 个影响因素取值作为输入变量，实际库存销售量的取值作为输出变量。灵敏度分析是指分别将这 9 个影响因素中的每个影响因素按照变动一个影响因素，而控制其余 8 个影响因素不变前提下，观察被改变影响因素的现预测与原预测输出值间的误差。

首先本文运用 MATLAB 软件中的 Rand 函数从这 68 组数据中随机选取一组（第 27 组数据）作为检验样本，原始数据及其变化见表 4.2.3。

表 4.2.3 检验样本及其变化

日期	准时交货率	交货提前期(天)	配送方式	净毛利率	订货成本	销售金额(千元)	交易次数	天气	客单价(元)	实际销售数量	BP 预测值
0707	1	2	1	0.0785	20.66	51.5	2175	3	23.68	6276.19	6263.013

(二) 灵敏度检验

灵敏度检验原理为：

$$\delta = \Delta y_i / y * 100\%$$
 (4-1)

式中δ 是灵敏度分析的系数，其与结果成正比；y 为 BP 神经网络预测值；Δyi为第 i 个库存需求影响因素的变动所引起预测结果与原预测输出值的绝对误差，依次选取验证样本各变量进行数据相关处理及对其进行影响因素灵敏度分析。结果分别见表 4.2.4 和表 4.2.5。

表 4.2.4 各变量的数据处理

	准时交货率	交货提前期(天)	配送方式	净毛利率	订货成本	销售金额(千元)	交易次数	天气	客单价(元)
变量 1	0.9	2	1	0.0785	20.66	51.51	2175	3	23.68
变量 2	1	1.8	1	0.0785	20.66	51.51	2175	3	23.68
变量 3	1	2	0.9	0.0785	20.66	51.51	2175	3	23.68
变量 4	1	2	1	0.0707	20.66	51.51	2175	3	23.68
变量 5	1	2	1	0.0785	18.59	51.51	2175	3	23.68
变量 6	1	2	1	0.0785	20.66	46.36	2175	3	23.68
变量 7	1	2	1	0.0785	20.66	51.51	1957.5	3	23.68
变量 8	1	2	1	0.0785	20.66	51.51	2175	2.7	23.68
变量 9	1	2	1	0.0785	20.66	51.51	2175	3	21.31

表 4.2.5 各变量灵敏度分析结果

被检验量	变化率 (%)	变化量	原输出(γ)	现输出值	变化($\Delta\gamma_i$)	δ (%)
准时交货率	-10	-0.1	6263.013	6026.284	-236.729	3.780
交货提前期	-10	-0.2	6263.013	6333.753	70.740	-1.130
配送方式	-10	-0.1	6263.013	6329.132	66.120	1.056
净毛利率	-10	-0.0079	6263.013	6185.923	-77.090	1.231
订货成本	-10	-2.0657	6263.013	6290.594	27.581	-0.440
销售金额	-10	-5.1507	6263.013	6305.423	42.411	-0.667
交易次数	-10	-217.5	6263.013	6052.139	-210.874	3.367
天气	-10	-0.3	6263.013	6502.207	239.194	-3.819
客单价	-10	-2.368	6263.013	6593.430	330.417	-5.276

表 4.2.4 记录的主要是影响库存需求 9 个因素中其中一个因素降低 10%，其余 8 个变量保持不变的情况。而表 4.2.5 则是在此基础上利用已经训练好的库存需求预测模型对这 9 个影响因素分别进行生鲜部类的灵敏度分析。准时交货率、交货提前期、配送方式、净毛利率、订货成本、销售金额、交易次数、天气和客单价所引起库存需求预测模型的输出变化范围依次为 3.78%，-1.13%，1.056%，1.231%，-0.44%，-0.667%，3.367%，-3.819%和-5.276%。灵敏度检验结果说明，在其余影响因素不变的前提下，对一个影响因素进行变动会引起网络预测结果不同程度的变化，且预测结果绝对误差越大则表明该因素对销售量需求影响越大，这对生鲜部类库存管理者进行库存控制管理具有一定的指导意义。生鲜管理部门可据此重点关注灵敏度较大的影响因素并制定相应的库存控制策略，而对灵敏度较小的影响因素应进行管控以防止向较大灵敏度方向发展。

（三）灵敏度结果应用效果分析

通过对影响库存需求预测各因素的灵敏度结果分析可以看出，准时交货率、交易次数、净毛利率和配送方式在这 9 个变量中变动较大，说明这三个因素对生鲜部类销售影响重大，是大卖场门店库存控制关注的重点。而其余变动较小的变量，也在一定程度上指导着生鲜部类库存管理者对生鲜库存的控制。因此，a 大卖场门店生鲜部类部门库存管理人员可以根据以上灵敏度分析结果做出如下库存控制策略：

连锁大卖场超市门店作为供应链的末端环节，是直接接触终端客户的节点企业，能否有效的满足顾客需求关键在于供应商准时交货率的水平。较高的准时交货率不仅能及时满足大卖场门店对顾客需求的承诺，而且能为生鲜部类这一特殊商品的质量提供较好的保障。通过收集 a 大卖场门店有关生鲜部类销售方面的文件资料和询问生鲜管理人员，发现 a 大卖场门店的准时交货率与商品品质成正比，其准时交货率高，则表明门店生鲜部类能在计划内接收低损耗和高品质的生鲜产品。生鲜部门订货人员对供应商准时交货率的要求严格，同时 a 大卖场门店早就对供应商配送在时间、包装、温度和湿度等方面制定了严格的奖惩规章制度，也对生鲜部门制定了收货流程的注意事项。

生鲜部门可根据生鲜部类下各课组生鲜商品的交易次数和净毛利率，制定出重点单品销售跟踪表。生鲜商品因具备易腐烂、时鲜性和不耐贮藏等生化特征，对生鲜库存管理部门提出了高标准。但因其高附加值性和高毛利，a 大卖场门店的生鲜部门通过分析

较高的交易次数和净毛利率，运用分级、包装和早晚市等措施来提高总价值，对每种商品库存进行细分库存管理并制定重点单品的促销活动，极大地提高了门店的营业收入。

连锁超市门店在生鲜部类库存控制上应发挥主导地位，针对订货成本、销售金额和天气等方面采取有效的库存控制策略。库存的调整（门店间调拨或促销活动），并灵活采取供应商配送方式能及时进行库存补给，提高了 a 超市门店对内部库存需求控制水平；通过门店订货信息系统来监控订货成本和数量，不仅能实现供应商订货信息的共享，而且还能实时了解生鲜部类实际库存需要；超市门店开展定时段的促销活动和提供人性化的服务能弥补天气原因所造成的销售损失。这些措施不仅提高了 a 大卖场门店生鲜部类库存管理水平，而且有助于供应链末端库存需求预测结果精度的进一步提升，进而降低整条连锁超市供应链库存水平。

灵敏度分析结果应用到 a 大卖场门店的效果可知，利用灵敏度分析法去评估库存预测 BP 模型各变量的价值，可以有效的反映大卖场超市门店库存需求变动的成效，对库存控制采取的策略也是较为可信和显著。

本章小结

本章基于构建的连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型进行案例仿真优化及应用研究。先确定 a 大卖场门店生鲜部类库存作为需求预测研究对象，运用 MATLAB 软件中神经网络工具箱证明了库存需求预测 BP 网络模型能有效的应用并解决连锁大卖场门店库存需求预测问题，即在可接受的误差范围内能对连锁大卖场门店库存需求进行精确预测，a 大卖场门店生鲜部类库存管理人员能根据因素灵敏度分析影响大小有针对性地实施库存控制策略。为连锁大卖场超市的库存控制提供了切实指导，提高了库存管理水平和需求预测精度，达到了研究的目的。

第五章 结论与展望

面对连锁超市规模扩大和消费者需求激增等不确定的市场环境，连锁超市库存需求预测越来越突显出其重要性，特别是对连锁超市供应链末端库存需求的准确预测能减少库存积压成本，提高连锁超市门店应对顾客需求变化的能力，消除连锁超市供应链上的牛鞭效应现象以降低整体库存成本。同时，原有传统需求预测方法已无法准确预测连锁超市的库存需求，选取实用可行的 BP 网络方法预测库存需求意义深远。

作为供应链管理和库存需求预测与控制的交叉研究，文章基于国内外学者相关理论的研究，确立了连锁超市供应链末端研究视角。阐述了有关库存管理和人工神经网络的相关基础理论，将 BP 神经网络预测技术与连锁超市的库存预测现状和控制流程相结合，构建了连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型，并运用 MATLAB 软件的神经网络工具对其仿真优化及影响因素灵敏度分析，得到以下几个方面的结论：

(1) 证实了 BP 网络方法在库存需求预测领域的可行性和实用性。基于 BP 神经网络基本学习算法和结构特点以及对连锁超市供应链库存预测现况和控制流程进行分析，证实了 BP 网络在解决库存需求预测问题的有效性。

(2) 证实了库存需求预测 BP 网络模型在误差范围内能精确的对连锁大卖场门店库存需求进行预测。从市场参与者主体和实际访谈调查分析了连锁超市库存需求影响因素，以 a 大卖场门店生鲜部类的库存为预测对象，对连锁超市供应链库存需求预测 BP 网络模型进行案例仿真与优化。

(3) 证实了根据影响因素灵敏度测试结果制定的库存控制策略具有最优库存控制效果。a 大卖场门店生鲜部类库存管理人员根据本文库存需求影响因素灵敏度的大小从准时交货率、交易次数、净毛利率这主要的三个方面制定了库存控制策略取得了很好成效。

限于笔者对供应链库存控制和需求预测方法的学术水平和研究时间，本文的研究只是对库存需求预测与控制进行了初步探索，在日后研究中将不断完善文章存在的不足。表现以下几个方面：

(1) 研究对象范围受限。由于时间和其他经济条件的限制，本文仅对 A 连锁超市有限公司下 a 大卖场门店的生鲜部类进行库存需求预测，不能反映整个连锁超市各商品库存需求，并以此制定针对性库存控制策略。今后条件允许下会收集更为详实的各部门各类产品相关销售数据来进行库存需求预测。

(2) 库存需求影响因素选取受限。连锁超市供应链是个多方参与协调库存的动态系统，其需求波动受多方面因素影响。而本文仅从连锁超市库存控制流程的三个主体角

度去选择一些关键且易量化的因素来构建预测 BP 网络模型。日后应多结合定性方法去选取影响连锁超市库存需求预测的因素以构建模型。

(3) BP 网络方法受限。人工神经网络是一门复杂的理论学科，对于 BP 网络方法中隐含层节点数的确定，学习算法、训练函数和转移函数的选取无明确理论和方法指导，只能基于前人累积研究成果去实验性地解决，缺乏理论指导和说服力，日后希望能在这方面深入研究与实际应用。

参考文献

- [1] Lee HL,Billington C. Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities[J]. Sloan Management Review, 1992, 33(3): 65-73.
- [2] Cachon GP,Zipkin PH. Competitive and Cooperative Inventory Policies in a Two-stage Supply Chain[J]. Management Science, 1999, 45(7): 936-953.
- [3] Song DP,Dong JX,Xu J. Integrated Inventory Management and Supplier Base Reduction in a Supply Chain with Multiple Uncertainties[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 232(3): 522-536.
- [4] Guritno AD,Fujianti R,Kusumasari D. Assessment of the Supply Chain Factors and Classification of Inventory Management in Suppliers' Level of Fresh Vegetables [J]. Agriculture & Agricultural Science Procedia, 2015, 3: 51-55.
- [5] Dai J,Peng S,Li S. Mitigation of Bullwhip Effect in Supply Chain Inventory Management Model [J]. Procedia Engineering, 2017, 174(Complete): 1229-1234.
- [6] Singh D,Verma A. Inventory Management in Supply Chain[J]. Materials Today: Proceedings, 2018, 5(2): 3867-3872.
- [7] Tsang S,Jim CY. A Stochastic Model to Optimize Forecast and Fulfillment of Green Roof Demand [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2013, 12(1): 53-60.
- [8] Van wingerden E,Basten RJI,Dekker R, et al. More Grip on Inventory Control Through Improved Forecasting: a Comparative Study at Three Companies [J]. International Journal of Production Economics, 2014, 157: 220-237.
- [9] Lewis C. Demand Forecasting and Inventory Control[M]. 2012.
- [10] Mouaky M,Berrado A,Benabbou L. A Kanban Based System for Multi-echelon Inventory Management: the Case of Pharmaceutical Supply Chain[C]//International Conference on Logistics Operations Management, IEEE, 2016.
- [11] Ding M,Si XS,Zhang Q, et al. An Adaptive Spare Parts Demand Forecasting Method Based on Degradation Modeling[C]//Chinese Automation Congress, 2017.
- [12] Prak D,Teunter R. A General Method for Addressing Forecasting Uncertainty in Inventory Models[J]. International Journal of Forecasting, 2019:S0169207017301358.
- [13] Kourentzes N. Intermittent Demand Forecasts with Neural Networks[J]. International Journal of Production Economics, 2013, 143(1): 198-206.
- [14] Yong C,Tian L,Zhao H. The Application of Bp Neural Net Real-time Data Forecasting Model Used in Home Environment[C]// 2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, IEEE , 2015.

- [15] Zhang Z,Zhao J,Xiang LU, et al. Application of Bp Neural Network Based on Genetic Algorithm in Power Load Forecasting[J]. Computer Engineering, 2017.
- [16] Rosienkiewicz M,Chlebus E,Detyna J. A Hybrid Spares Demand Forecasting Method Dedicated to Mining Industry[J]. Applied Mathematical Modelling, 2017:S0307904X17302998.
- [17] 黄培清, 揭晖. 供应链库存管理的几项措施[J]. 工业工程与管理, 1998, (05): 14-17.
- [18] 徐森林, 谢武. 供应链库存管理研究[J]. 物流科技, 2012, 35(6): 91-93.
- [19] 杨功平, 胡玉凤. 关于需求不确定性的供应链库存控制调查研究[J]. 企业研究, 2012(12): 22-24.
- [20] 程敏. 供应链库存控制问题的研究与应用[D]. 兰州交通大学, 2014.
- [21] 辛玉姣, 张亚帆. 供应链库存管理研究综述[J]. 河北企业, 2016(04): 14-15.
- [22] 黄滚. 柔性供应链库存优化分析及对策[J]. 中国商论, 2017(30): 4-5.
- [23] 姜宁. 供应链需求预测和库存控制研究[D]. 上海交通大学, 2012.
- [24] 赵军, 王晓. 基于数据挖掘的第三方物流中心库存需求预测模型[J]. 物流技术, 2014, 33(3): 148-150, 170.
- [25] 雷兆明, 郭子超, 廖文喆等. 基于 GA-BP 算法的钢结构企业安全库存的预测[J]. 自动化与仪表, 2015, 30(8): 5-8.
- [26] 朱腾蛟. 企业库存规模预测与可视化系统研究[D]. 西安工程大学, 2016.
- [27] 刘新良. 基于备件寿命大数据分析的汽车主机厂备件库存预测方法[J]. 装备制造技术, 2017(03): 160-162.
- [28] 王济干, 薛婷婷, 樊传浩. 基于需求预测的库存决策研究综述与展望[J]. 管理现代化, 2018, 38(1): 118-122.
- [29] 程凤姣, 孙若莹. 基于需求特性的组合式库存需求预测方法[J]. 北京信息科技大学学报(自然科学版), 2018, 33(3): 61-65.
- [30] 文传源. 人工神经网络及其应用[J]. 计算机仿真, 1997(2): 10-12.
- [31] 马健, 盛魁. 基于遗传 BP 神经网络组合模型的中药销售预测研究[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2013, 29(4): 15-20.
- [32] 高豪杰. 基于 BP 神经网络的阀门制造企业库存需求预测应用研究[D]. 北京交通大学, 2015.
- [33] 周化, 丁度业, 黎毅麟, 等. 基于 BP 神经网络模型的库存需求预测应用研究[J]. 信息技术, 2016 (11): 38-41.
- [34] 翁莹晶, 冯慧斌. 基于 BP 神经网络的网店销售预测模型研究[J]. 闽江学院学报, 2016, 37(5): 28-34.
- [35] 潘国庆, 程昱琿, 贺琦, 郑凯. 基于 BP 神经网络的中小城市停车需求预测[J]. 公路与汽运, 2018, No. 187(4): 29-33, 40.
- [36] 杨光. 连锁超市库存管理系统仿真应用研究[D]. 重庆交通大学, 2012.
- [37] 韩妤. 沈阳 JLF 食品类商品库存控制策略研究[D]. 东北大学, 2014.
- [38] 苏涵萌. 连锁超市库存控制研究[J]. 现代营销(经营版), 2018, (09): 156.

- [39] 钟绍琴. 基于系统动力学的连锁超市配送效率优化研究[J]. 无锡商业职业技术学院学报, 2018, 18(3): 37-41.
- [40] 龚国华, 李旭. 生产与运营管理:制造业与服务业[M]. 复旦大学出版社, 2010.
- [41] 周永务. 库存控制理论与方法[M]. 科学出版社, 2009.
- [42] 霍佳震. 物流与供应链管理. 第2版[M]. 高等教育出版社, 2012.
- [43] 刘宝红. 供应链管理:高成本、高库存、重资产的解决方案[M]. 机械工业出版社, 2016. [44] 蔡晰华. 供应链的三大新思维[J]. 企业管理, 2018, (11): 36-37.
- [45] 傅莉萍. 供应链管理[M]. 清华大学出版社, 2016.
- [46] 姜登武. 连锁超市经营管理[M]. 科学出版社, 2005.
- [47] 王卓恺. 基于BP神经网络的商业银行零售客户信用评价研究[D]. 湖南大学, 2015.
- [48] 丁红卫, 王文果, 万良, 等. 基于BP神经网络的电网物资需求预测研究[J]. 计算机技术与发展, 2019, (06): 1-7.
- [49] 孔繁烨, 耿也. 基于BP神经网络的商品库存控制模型[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2013, 32(06): 817-821.
- [50] 焦微家, 金燕. 超市库存管理的控制及优化——以连云港农工商连锁超市为例[J]. 萍乡高等专科学校学报, 2014, 31(2): 23-26.
- [51] 李丹. 连锁超市库存管理问题及对策探析[J]. 商场现代化, 2017, (06): 32-33.
- [52] 史晓兰. 库存管理中安全库存的预测与优化[J]. 现代经济信息, 2014, (19): 115.
- [53] 盛魁. RBF神经网络在药品销售预测中的应用[J]. 长江大学学报(自科版), 2013, 10(19): 65-67, 89, 161.
- [54] 马法尧. 基于BP神经网络模型与ARMA模型的库存预测比较[J]. 统计与决策, 2014, (19): 34-37.
- [55] 罗戎蕾, 刘绍华, 苏晨. 基于遗传算法的BP神经网络服装销售预测方法[J]. 北京邮电大学学报, 2014, 37(4): 39-43.
- [56] 付光鑫. 基于3PL的JMI物料库存管理以及安全库存预测研究[D]. 西南交通大学, 2015.
- [57] 张策. 供应链库存控制问题的研究与应用[J]. 科技风, 2017, (06): 296.
- [58] 陆伟. 连锁超市库存管理问题及改进对策[J]. 现代营销(下旬刊), 2017, (12): 46.
- [59] 欧阳慧. 大型零售连锁超市配送中心库存与配送协同优化研究[D]. 北京交通大学, 2018.
- [60] 雷华欢, 刘丽兰, 赵改平, 等. 基于BP神经网络的销售预测分析系统[J]. 现代制造工程, 2012, (02): 32-36.
- [61] 刘宥宏. 神经网络在连锁企业销售预测系统中的应用研究[D]. 重庆理工大学, 2017.
- [62] 武建辉, 王国立, 于立群, 等. BP神经网络的敏感度分析及应用[C]//晋冀鲁豫流行病学学术会议暨流行病学郑州论坛 2010 流行病学郑州论坛论文集. 2010: 160-165

附 录

附录一：原始数据表

日期	准时交 货率	交货提 前期 (天)	配 送 方 式	净毛利 率	订货成 本(千 元)	销售金 额(千 元)	交易 次数	天 气	客单价 (元)	销售数量 (千克)
0531	97.26%	2	1	7.01%	11.53	119.03	2246	2	53	7970.34
0601	98.51%	2	1	9.43%	18.51	41.87	1962	2	21.34	5293.94
0602	95.45%	2	1	9.48%	11.86	47.88	2212	2	21.65	6045.89
0603	100.00%	2	1	9.99%	8.17	55.76	2461	2	22.66	6480.98
0604	97.75%	2	1	10.04%	19.75	39.29	1857	1	21.16	5258.40
0605	97.47%	2	1	8.36%	9.94	37.65	1868	2	20.16	4742.37
0606	95.45%	2	1	8.43%	21.88	38.33	1748	2	21.93	4277.23
0607	96.10%	2	1	8.66%	13.72	35.70	1722	2	20.73	4205.69
0608	97.62%	2	1	8.56%	27.18	54.34	2484	2	23.05	7821.21
0609	94.29%	2	1	9.79%	13.06	57.06	2322	1	23.32	7454.22
0610	93.55%	2	1	8.66%	14.98	52.33	2298	1	22.77	7123.98
0611	90.24%	2	1	8.71%	21.25	38.45	1905	1	20.18	5337.76
0612	98.57%	4	1	8.76%	7.58	35.64	1866	2	19.1	4752.74
0613	95.31%	4	1	8.79%	8.30	33.71	1771	1	19.04	4533.11
0614	97.59%	2	1	8.79%	43.96	47.46	1880	2	25.24	5880.18
0615	98.57%	3	1	8.97%	20.83	54.29	2119	3	25.62	6043.45
0616	96.05%	2	1	9.08%	16.84	56.39	2205	3	25.57	6151.09
0617	95.31%	2	1	9.13%	6.51	62.27	2301	2	27.06	6690.04
0618	97.47%	2	1	9.19%	10.29	53.30	2218	2	24.03	5817.47
0619	98.63%	2	1	8.45%	8.40	30.10	1428	2	21.08	3594.90
0701	98.33%	2	1	7.86%	10.55	42.43	1866	3	22.74	5166.68
0702	97.40%	2	1	10.35%	13.46	37.06	2019	2	18.35	4983.14
0703	96.25%	2	1	10.45%	18.98	36.29	1847	2	19.65	4145.93
0704	94.94%	2	1	8.99%	14.55	43.88	2098	2	20.91	6173.27
0705	97.33%	2	1	8.22%	31.05	37.29	1731	2	21.54	5486.35
0706	100.00%	2	1	7.89%	9.92	36.78	1830	2	20.1	5084.05
0707	100.00%	2	1	7.85%	20.66	51.51	2175	3	23.68	6276.19
0708	93.65%	2	1	8.08%	7.19	51.60	2223	2	23.21	5783.59
0709	98.78%	2	1	8.24%	12.80	32.04	1633	2	19.62	4008.38
0710	98.72%	2	1	6.94%	26.19	33.16	1722	2	19.25	3811.07
0711	98.48%	2	1	7.09%	13.55	31.10	1714	2	18.15	3953.54
0712	97.53%	2	1	7.16%	13.47	32.47	1694	1	19.17	4077.88
0713	96.97%	3	1	7.27%	6.73	33.30	1668	1	19.96	4053.20

0714	97.53%	2	1	7.41%	24.77	44.54	1751	2	25.44	5393.14
0715	93.44%	2	1	7.58%	5.99	53.07	2202	2	24.1	6112.70
0716	98.63%	2	1	7.73%	10.02	31.66	1600	1	19.79	3960.84
0717	96.47%	2	1	7.84%	17.77	35.06	1626	1	21.56	4073.45
0718	100.00%	2	1	7.91%	12.13	39.70	1876	1	21.16	5992.81
0719	97.30%	2	1	8.03%	7.90	36.05	1787	2	20.18	5043.69
0720	98.59%	2	1	8.23%	16.49	52.31	2103	3	24.88	6162.62
0721	98.77%	2	2	8.31%	24.00	49.16	2122	2	23.17	5653.22
0722	98.67%	2	1	8.39%	8.70	42.97	2059	2	20.87	4984.66
0723	100.00%	2	2	8.44%	15.30	42.15	1920	3	21.95	4648.58
0724	98.46%	2	1	8.05%	6.27	27.87	1500	1	18.58	3468.21
0725	93.67%	2	2	8.07%	13.10	30.67	1632	1	18.79	3858.21
0726	97.44%	2	2	8.07%	20.76	37.52	1785	2	21.02	4499.71
0730	99.21%	2	1	8.15%	7.14	30.64	1600	1	19.15	4593.17
0731	100.00%	2	2	8.02%	19.01	46.64	1746	2	26.71	5176.33
0801	98.31%	2	1	7.65%	17.58	35.62	1762	2	20.21	4880.32
0802	98.48%	2	1	7.70%	9.81	35.46	1694	2	20.93	4867.41
0803	98.59%	2	1	7.48%	18.16	46.31	2055	2	22.53	6241.44
0804	100.00%	2	2	7.74%	23.02	35.91	1682	1	21.35	4178.11
0805	100.00%	2	1	8.05%	6.04	33.70	1595	1	21.13	3657.65
0806	100.00%	5	1	8.57%	5.81	30.45	1466	2	20.77	3368.10
0807	90.74%	2	1	7.48%	8.77	30.26	1615	3	18.74	3754.78
0808	100.00%	3	2	7.43%	27.85	30.12	1602	3	18.8	4283.72
0809	98.63%	2	1	7.38%	7.27	31.70	1697	2	18.68	4426.63
0810	92.20%	2	1	7.57%	5.59	30.88	1587	2	19.46	3808.11
0811	95.65%	2	2	7.72%	11.78	37.71	1825	2	20.66	4779.41
0812	97.26%	2	1	7.84%	7.04	41.05	1911	3	21.48	5220.56
0813	94.74%	0	2	7.93%	18.90	33.44	1772	2	18.87	4732.05
0814	97.50%	2	2	8.04%	10.56	31.81	1678	2	18.96	4374.14
0815	92.75%	3	1	7.87%	21.57	40.95	1964	2	20.85	5426.13
0816	100.00%	2	1	8.00%	13.96	55.67	2138	3	26.04	7519.04
0817	100.00%	2	2	7.79%	26.19	54.09	1888	3	26.25	6689.35
0818	92.59%	2	2	7.61%	26.20	46.96	2127	2	22.08	6909.37
0819	98.28%	2	1	7.95%	8.79	43.68	2152	2	20.30	6153.38
0820	97.01%	2	1	7.97%	5.80	33.69	1709	3	19.71	4384.67
0821	97.44%	2	1	7.74%	6.83	41.56	2070	1	20.08	
0822	92.31%	2	2	7.73%	26.13	40.11	2115	1	18.97	

附录二：标准化数据表

日期	准时交货率	交货提前期(天)	配送方式	净毛利率	订货成本(千元)	销售金额(千元)	交易次数	天气	客单价(元)	销售数量(千克)
0531	0.9446	-0.2000	-1	-0.9601	-0.6904	1.0000	0.5492	0	1.0000	1
0601	0.9699	-0.2000	-1	0.4188	-0.3266	-0.6928	0.0114	0	-0.8169	-0.16309
0602	0.9081	-0.2000	-1	0.4473	-0.6732	-0.5610	0.4848	0	-0.7991	0.16369
0603	-1.0000	-0.2000	-1	0.7379	-0.8655	-0.3881	0.9564	0	-0.7412	0.352767
0604	0.9545	-0.2000	-1	0.7664	-0.2619	-0.7495	-0.1875	-1	-0.8273	-0.17853
0605	0.9489	-0.2000	-1	-0.1909	-0.7733	-0.7854	-0.1667	0	-0.8846	-0.40278
0606	0.9081	-0.2000	-1	-0.1510	-0.1509	-0.7705	-0.3939	0	-0.7831	-0.60492
0607	0.9212	-0.2000	-1	-0.0199	-0.5762	-0.8282	-0.4432	0	-0.8519	-0.63601
0608	0.9519	-0.2000	-1	-0.0769	0.1254	-0.4193	1.0000	0	-0.7188	0.935192
0609	0.8846	-0.2000	-1	0.6239	-0.6106	-0.3596	0.6932	-1	-0.7033	0.775709
0610	0.8697	-0.2000	-1	-0.0199	-0.5106	-0.4634	0.6477	-1	-0.7349	0.632196
0611	0.8028	-0.2000	-1	0.0085	-0.1837	-0.7679	-0.0966	-1	-0.8835	-0.14404
0612	0.9711	0.6000	-1	0.0370	-0.8963	-0.8295	-0.1705	0	-0.9455	-0.39828
0613	0.9053	0.6000	-1	0.0541	-0.8587	-0.8719	-0.3504	-1	-0.9489	-0.49372
0614	0.9513	-0.2000	-1	0.0541	1.0000	-0.5702	-0.1439	0	-0.5931	0.091677
0615	0.9711	0.2000	-1	0.1567	-0.2056	-0.4204	0.3087	1	-0.5713	0.16263
0616	0.9202	-0.2000	-1	0.2194	-0.4136	-0.3743	0.4716	1	-0.5742	0.209407
0617	0.9053	-0.2000	-1	0.2479	-0.9520	-0.2453	0.6534	0	-0.4887	0.443619
0618	0.9489	-0.2000	-1	0.2821	-0.7550	-0.4421	0.4962	0	-0.6626	0.064425
0619	0.9723	-0.2000	-1	-0.1396	-0.8535	-0.9511	-1.0000	0	-0.8319	-0.90144
0701	0.9663	-0.2000	-1	-0.4758	-0.7415	-0.6806	-0.1705	1	-0.7366	-0.21839
0702	0.9475	-0.2000	-1	0.9430	-0.5898	-0.7984	0.1193	0	-0.9885	-0.29815
0703	0.9242	-0.2000	-1	1.0000	-0.3021	-0.8153	-0.2064	0	-0.9139	-0.66198
0704	0.8978	-0.2000	-1	0.1681	-0.5330	-0.6487	0.2689	0	-0.8416	0.219046
0705	0.9461	-0.2000	-1	-0.2707	0.3271	-0.7933	-0.4261	0	-0.8055	-0.07947
0706	1.0000	-0.2000	-1	-0.4587	-0.7743	-0.8045	-0.2386	0	-0.8881	-0.2543
0707	1.0000	-0.2000	-1	-0.4815	-0.2145	-0.4814	0.4148	1	-0.6826	0.263772
0708	0.8717	-0.2000	-1	-0.3504	-0.9166	-0.4794	0.5057	0	-0.7096	0.049702
0709	0.9754	-0.2000	-1	-0.2593	-0.6242	-0.9085	-0.6117	0	-0.9156	-0.72175
0710	0.9741	-0.2000	-1	-1.0000	0.0738	-0.8839	-0.4432	0	-0.9369	-0.8075
0711	0.9693	-0.2000	-1	-0.9145	-0.5851	-0.9291	-0.4583	0	-1.0000	-0.74558
0712	0.9501	-0.2000	-1	-0.8746	-0.5893	-0.8991	-0.4962	-1	-0.9415	-0.69155
0713	0.9388	0.2000	-1	-0.8120	-0.9406	-0.8809	-0.5455	-1	-0.8961	-0.70228
0714	0.9501	-0.2000	-1	-0.7322	-0.0003	-0.6343	-0.3883	0	-0.5816	-0.11998
0715	0.8675	-0.2000	-1	-0.6353	-0.9792	-0.4471	0.4659	0	-0.6585	0.192724
0716	0.9723	-0.2000	-1	-0.5499	-0.7691	-0.9168	-0.6742	-1	-0.9059	-0.74241
0717	0.9287	-0.2000	-1	-0.4872	-0.3651	-0.8423	-0.6250	-1	-0.8043	-0.69348

0718	1.0000	-0.2000	-1	-0.4473	-0.6591	-0.7405	-0.1515	-1	-0.8273	0.140623
0719	0.9455	-0.2000	-1	-0.3789	-0.8796	-0.8205	-0.3201	0	-0.8835	-0.27184
0720	0.9715	-0.2000	-1	-0.2650	-0.4318	-0.4638	0.2784	1	-0.6138	0.214417
0721	0.9752	-0.2000	1	-0.2194	-0.0404	-0.5329	0.3144	0	-0.7119	-0.00695
0722	0.9731	-0.2000	-1	-0.1738	-0.8379	-0.6687	0.1951	0	-0.8439	-0.29749
0723	1.0000	-0.2000	1	-0.1453	-0.4939	-0.6867	-0.0682	1	-0.7819	-0.44354
0724	0.9689	-0.2000	-1	-0.3675	-0.9646	-1.0000	-0.8636	-1	-0.9753	-0.9565
0725	0.8721	-0.2000	1	-0.3561	-0.6085	-0.9386	-0.6136	-1	-0.9633	-0.78701
0726	0.9483	-0.2000	1	-0.3561	-0.2093	-0.7883	-0.3239	0	-0.8353	-0.50824
0730	0.9840	-0.2000	-1	-0.3105	-0.9192	-0.9392	-0.6742	-1	-0.9426	-0.46762
0731	1.0000	-0.2000	1	-0.3846	-0.3005	-0.5882	-0.3977	0	-0.5088	-0.2142
0801	0.9659	-0.2000	-1	-0.5954	-0.3750	-0.8300	-0.3674	0	-0.8818	-0.34283
0802	0.9693	-0.2000	-1	-0.5670	-0.7800	-0.8335	-0.4962	0	-0.8405	-0.34844
0803	0.9715	-0.2000	-1	-0.6923	-0.3448	-0.5954	0.1875	0	-0.7486	0.24867
0804	1.0000	-0.2000	1	-0.5442	-0.0915	-0.8236	-0.5189	-1	-0.8164	-0.64799
0805	1.0000	-0.2000	-1	-0.3675	-0.9765	-0.8721	-0.6837	-1	-0.8290	-0.87417
0806	1.0000	1.0000	-1	-0.0712	-0.9885	-0.9434	-0.9280	0	-0.8496	-1
0807	0.8129	-0.2000	-1	-0.6923	-0.8342	-0.9476	-0.6458	1	-0.9661	-0.83196
0808	1.0000	0.2000	1	-0.7208	0.1603	-0.9506	-0.6705	1	-0.9627	-0.6021
0809	0.9723	-0.2000	-1	-0.7493	-0.9124	-0.9160	-0.4905	0	-0.9696	-0.53999
0810	0.8424	-0.2000	-1	-0.6410	-1.0000	-0.9340	-0.6989	0	-0.9248	-0.80878
0811	0.9121	-0.2000	1	-0.5556	-0.6774	-0.7841	-0.2481	0	-0.8560	-0.38669
0812	0.9446	-0.2000	-1	-0.4872	-0.9244	-0.7108	-0.0852	1	-0.8089	-0.19497
0813	0.8937	-1.0000	1	-0.4359	-0.3062	-0.8778	-0.3485	0	-0.9587	-0.40727
0814	0.9495	-0.2000	1	-0.3732	-0.7409	-0.9136	-0.5265	0	-0.9535	-0.5628
0815	0.8535	0.2000	-1	-0.4701	-0.1671	-0.7130	0.0152	0	-0.8451	-0.10564
0816	1.0000	-0.2000	-1	-0.3960	-0.5637	-0.3901	0.3447	1	-0.5472	0.803878
0817	1.0000	-0.2000	1	-0.5157	0.0738	-0.4247	-0.1288	1	-0.5352	0.443319
0818	0.8503	-0.2000	1	-0.6182	0.0743	-0.5812	0.3239	0	-0.7745	0.538933
0819	0.9653	-0.2000	-1	-0.4245	-0.8332	-0.6531	0.3712	0	-0.8766	0.210402
0820	0.9396	-0.2000	-1	-0.4131	-0.9891	-0.8723	-0.4678	1	-0.9105	-0.55823
0821	0.9483	-0.2000	-1	-0.5442	-0.9354	-0.6996	0.2159	-1	-0.8892	
0822	0.8446	-0.2000	1	-0.5499	0.0706	-0.7315	0.3011	-1	-0.9529	

附录三：半结构化访谈提纲

您好，感谢您在百忙中接受我的访谈！我是甘肃政法学院经济管理学院企业管理专业的毕业班学生，正在做一篇关于连锁超市库存需求预测的毕业论文，有一些相关的问题需要做一下点差，请您根据实际工作情况谈一下您对影响超市库存需求因素的感知情况。

第一部分：被访谈者背景信息

Q1.您的性别：☐男 ☐女

Q2.您的年龄是：_____岁

Q3.您是_____部门，_____岗位？

Q4.与您同在一个岗位的同事有哪些？_____人？

Q5.您的工作向_____汇报并指导你的工作？

第二部分：访谈内容

您工作的岗位职责是什么？请您回忆有哪些因素会影响超市门店库存需求？除了公司强调的绩效指标外，您个人认为还有哪些其他因素值得我们去关注？请您进行详细描述（可以结合个人经历或从职位角度出发）。

致 谢

本论文是在导师梁琳娜老师的悉心指导下完成的，在论文的写作过程中，梁老师给予了我很多的意见和帮助，感激之情溢于言表。在师从梁老师的三年时间里，梁老师不仅教给我严谨和踏实的做学问的态度，还学到了很多做人做事的道理，她的一言一行都深深影响着我，让我从中受益匪浅。梁老师在学习上对我要求严格、一丝不苟，在生活中对我更是关爱有加，常常让我们感觉到家庭般的温暖和亲情般的熟悉。在此，我想对老师衷心的说一句：梁老师，谢谢您！感谢您三年来对我无私的付出与奉献。

时光飞逝，在三年的学习时间里，有很多老师对我的学习进行了不厌其烦的教导，感谢每一位为我们教授过专业知识的老师，特别是李玉山老师，是你们毫无保留的指导才能让我们在专业知识上有所丰富和拓展，为论文的撰写打下良好的基础，感谢每一位经济管理学院的老师。在此我要感谢我的同门师弟及师妹们，在写论文的过程中，同样给予了我最大的支持和帮助。同时，我要感谢同班尹宽、刘祥玉、刘娇娇等同学及隔壁公安技术学院的吕金峰、逯新秦和陈瑞君等小伙伴们们的支持，每一个朝夕相处的日子都令我难以忘怀，谢谢你们！

特别感谢我的父母和女朋友，是你们从不计回报的默默付出，才能使我专心读书、专心做我想做的事、能够顺利毕业，二十多年来的无私奉献令我无以为报，我想我能做的就只有继续努力学习、工作和生活，为社会做出贡献。

最后要感谢我的母校（甘肃政法大学），从研究生的3年时间里，我对这个学校和周围环境有了深厚的感情，学校里我所认识的每一位老师和每一个我熟悉的地方，都将成为我记忆深处的一个烙印。感谢母校对我的培养和对每一位学生的栽培！

在学期间公开发表论文及著作情况

文章名称	发表刊物（出版社）	刊发时间	刊物级别	第几作者
基于平衡视角的虚拟企业合作伙伴关系维护	《生产力研究》	2017.08	省级期刊	2
基于“智猪博弈”中小企业自主创新激励机制分析	《中国新技术新产品》	2018.08	省级期刊	2
组织变革阻力分析：组织强文化	《商情》	2018.08	省级期刊	1