



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

供应链管理视角下对永辉超市生鲜品库存问题的分析与改进建议

姓 名：范程 洪苑超 康铂圣

学 号：2251140 2251435 2253784

课 程：供应链管理(15005401)

二〇二四年十二月

供应链管理视角下对永辉超市生鲜品库存问题的分析与改进建议

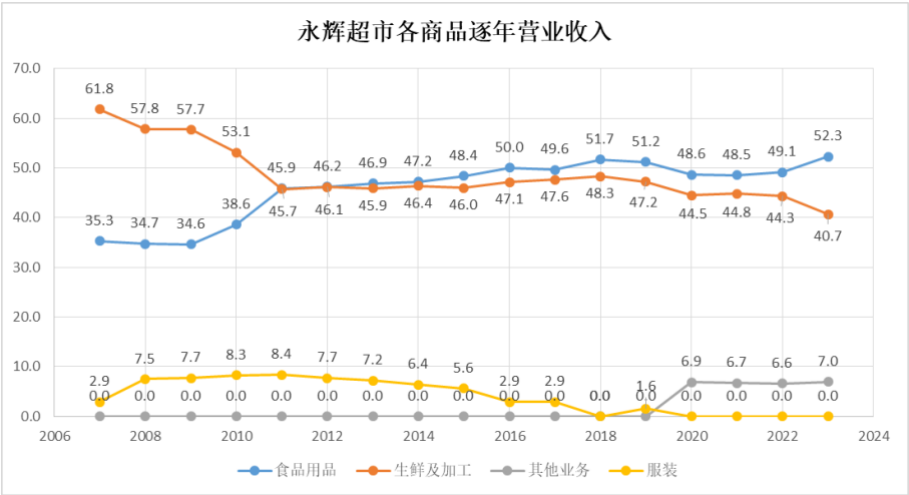
摘要

永辉超市作为曾经中国生鲜超市的龙头和“农改超”的典范，近年来面临诸多供应链管理挑战，出现了食品安全问题频发、超市市场形象一落千丈等难题，影响了消费者信任和股价表现。本文根据永辉超市等营业数据，通过对永辉超市的发展历程、供应链结构、供应链问题及其影响的分析，抓住生鲜品这一永辉超市的营业重点，根据相关人工智能算法给出一种可行的生鲜品解决方案，旨在为永辉超市乃至整个生鲜超市行业提供相关供应链管理的优化建议。

关键词：永辉超市，生鲜品，供应链管理，财务分析，LSTM-SARIMA

一、 发展背景

永辉超市 2001 年在福州建立，创立初期，面对沃尔玛、家乐福等超市巨头的市场竞争，永辉把握住了“农改超”政策推行的时机，以“生鲜农产品”为突破口开始发展。作为中国大陆首批将生鲜农产品引进现代超市的流通企业之一，永辉超市一直以高频、刚需的生鲜商品经营为鲜明特色，积累了较丰富的生鲜运营经验，同时采取差异化战略进行错位竞争，形成以生鲜为特色的市场品牌，建立起自己的生鲜差异化优势。并且，永辉超市从上市至 2023 年，其生鲜销售收入占比一直超过公司收入 40%，是整个超市零售行业的最高水平(见下图 1)。



(数据来源: [《轻盈话零售：从盈利 18 亿、巨亏 39 亿，再到扭亏，永辉经历了什么?》](#))

图 1: 永辉超市 2006-2023 各商品逐年营业收入变化图

在凭借生鲜特色建立起永辉独特的生鲜差异化优势的同时，永辉超市每年也在持续向全国范围扩展市场。^[1]自成立以来的前 18 年里，永辉超市在全国范围内不断扩建以建筑面积 5000-10000 平方米左右的大型超市，依靠高占比的生鲜商品吸引客流、高效的门店经营能力，使其可以一直保持着稳定的盈利能力，至 2021 年底超市门店数增加到峰值 1057 家。随着门店数量持续增加，公司收入及盈利也持续增长，每年持续新开超市门店，成为驱动公司营收及净利润持续快速增长的主要动力。

然而疫情发生以来，永辉面临了重大的打击和亏损，尤其是 2021 年至 2023 年，永辉超市的归母净利润分别为-39.44 亿元、-27.63 亿元和-13.29 亿元，总计亏损超 80 亿元。一方面，三年疫情使得消费者越来越习惯线上消费，社区团购、生鲜电商、仓储会员店等零售业态的快速发展使得超市行业充满激烈竞争，而永辉超市作为传统超市巨头，也不可避免受到市场竞争的巨大冲击。

另一方面，永辉在大踏步加大科技布局、加快数字化转型。近年来，永辉超市整人事、调结构、降库存，重点精选优质门店物业、淘汰关闭部分尾部门店，2022 年净关闭 24 家门店，23 年上半年净关闭 25 家门店，门店数量的减少，也导致公司收入的下降，同时，在从永辉科技到科技永辉的转变过程中，永辉仍要投入大量科研资金以完成数字化转型。^[2]

如下表 1 数据显示，2021 年前三季度，永辉超市在全国 7 个大区经营业务，其中 6 个大区的营业收入下滑，降幅从 0.35%到 12.04%不等。仅七区（豫、晋、冀）的营业收入出现 0.35%的小幅度增长。7 个大区的毛利率在 12.23%至 14.18%之间，本季度均出现不同幅度的下降，降幅在 2 到 4 个百分点之间。公司整体毛利率为 13.36%。

表 1: 2021 年前三季度永辉超市各大区超市业态主营收入与毛利率变动表

大区	业态	主营收入	主营收入 同比变动(%)	毛利率(%)	毛利率 同比变动(%)
一区(闽、赣)	超市	11,211,747,025.10	-0.59	13.64	-2.99
二区(京、津、黑、吉、辽)	超市	6,852,782,187.75	-3.79	13.36	-3.59
三区(江、浙、沪、皖)	超市	14,868,119,282.76	-0.035	13.16	-2.93
四区(渝、湘、鄂、黔、滇)	超市	13,533,231,159.24	-8.78	13.14	-4.09
五区(川、陕、甘、宁)	超市	9,939,205,289.62	-0.86	14.18	-2.94
六区(粤、桂)	超市	3,303,786,112.28	-12.04	13.52	-3.47
七区(豫、晋、冀)	超市	5,437,553,130.99	0.35	12.23	-2.29

(数据来源: [澎湃新闻·澎湃号·湃客:《永辉超市的中年危机》](#))

为了减少亏损，永辉采用了特殊的仓储店模型，主要通过压低毛利来吸引客流，以流量

取胜。并且，随着永辉的科研投入，数字化进展算是初见成效，不仅减少了无效的库存占用，还缩短了库存周转时间。永辉董事长张轩松曾表示：“数字化转型是永辉高质量发展的必经之路。”诚然，在连锁超市的黄金时代，永辉的迅速崛起曾引起行业侧目，但当下的数字化并不只是简单的“送菜到家”，还需在供应链其他的环节，比如生鲜品的库存管理方面找到问题并采用合理的管理方法，这些是本文探讨的重点。

二、永辉超市供应链结构

在采购端，如下图 2 所示，围绕“品质、品牌、源头”三大核心原则，永辉超市建立了“源头直采、区域直采、自有品牌”的三重模式，并成立了专门的买手公司，建立三层级采购体系，减低采购成本，减少流通环节的层层费用，减少长尾商品损耗。

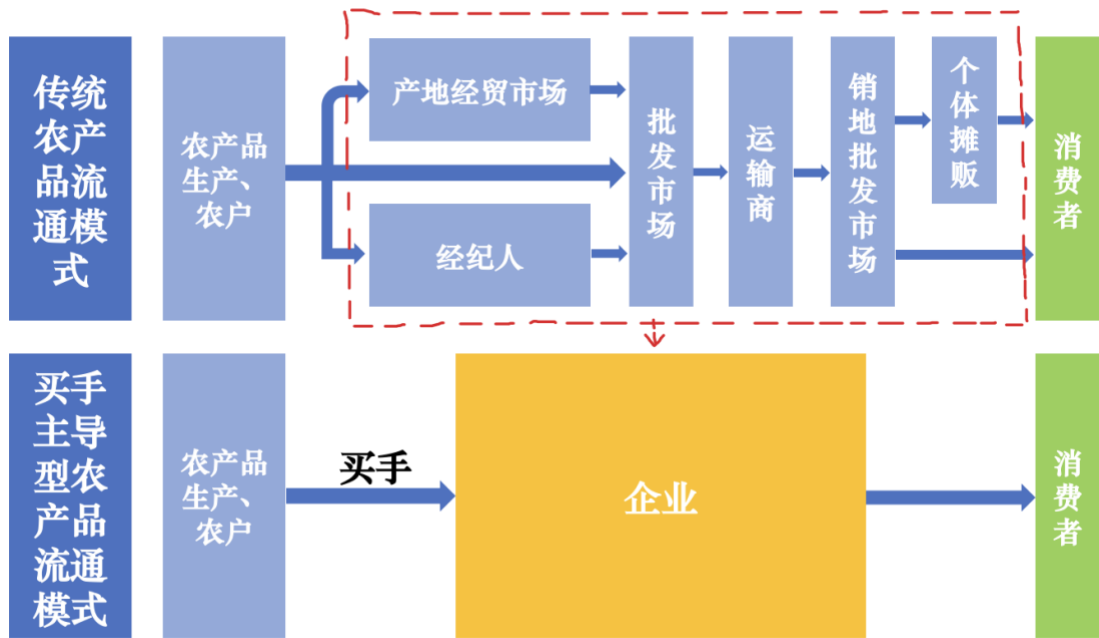


图 2: 永辉超市和传统农产品流通模式区别图

而在物流端，永辉超市通过产地直发、集成配送等举措，形成了“基地—物流中心—门店”的扁平化供应链体系，最大程度上缩短配送时间，保证货品新鲜程度。

而谈起永辉超市供应链优势，可以从下图 3 所示的结构体系中看出，永辉打造了一条独立自主可控的、以人才培养和资金投入为基础的优势体系，其核心优势在于：

（1）近 15 年、超过 50 亿元的资本投向全链条的供应体系，将极低标准化的生鲜体系升级为工业化链条；

（2）近 1500 人，80%的均为自己培养的生鲜人才体系保证永辉对生鲜产业具备敏锐的

洞察力和强大掌控力，实现生鲜的自采自营；

（3）依赖于和供应链上游的深度合作，其供应链上游直接面对农产品生产厂家，进行源头直采模式来降低采购成本和运输成本，同时也兼顾其他采购模式来维持稳定的供应链。

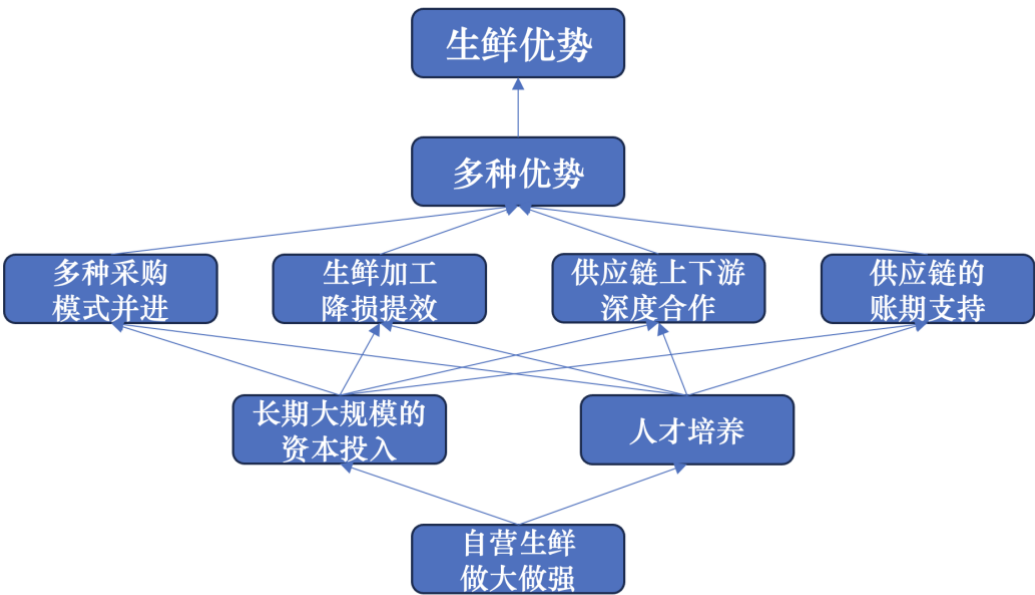


图 3: 永辉超市优势结构图

三、 永辉超市供应链问题

（一） 问题

我们已经知道，永辉超市是以生鲜类产品为主的大型连锁超市，由于商品的特殊性，保质期时间较短、对新鲜程度要求较高的生鲜农产品在产品的新鲜程度不高时，没有及时进行打折促销等活动，而是继续保存在仓库中造成商品积压，最终不得不丢弃，增加了商品的成本。另一方面，由于部分商品的进货量较大，销售部门没有考虑到实际的销售情况，且缺乏专业的采购制度，无法合理的预测市场的需求量，这就导致库存量大于需求量，导致仓储部门的商品产生堆积，增加了仓储成本，为企业带来不必要的支出^[3]。

而食品安全方面，永辉近年来的问题也不在少数。早在 2021 年 4 月，永辉超市被曝出第一季度有 15 次食品抽检不合格，其中草鲮、冰鱿鱼、正蟹等水产品抽检不合格次数达 8 次，抽检不合格项目涉及氧氟沙星、恩诺沙星、镉等。据介绍，氧氟沙星和恩诺沙星都是动物疾病专属用药，食用任意一种物质含量超标的食品，可能引起头晕、头痛、睡眠不良、胃肠道刺激等症状，而镉则是常见的重金属元素污染物之一。除此之外，还曝出永辉超市的五家供应商公司存在抽检不合格现象，其中来自福建多福蛋业有限公司的精选海鸭蛋氟苯尼考

不合格，而在 2016 年，该企业的精选土鸭蛋也被检测出相关问题，更巧的是，当时销售这种不达标鸭蛋的正是永辉超市的福州分店^[4]。从中我们可以看出的不仅仅是永辉企业食品安全检测方面有很大纰漏，还是该企业“吃一堑”但不“长一智”行为对顾客的不尊重。并且永辉被曝出食品安全不合格的次数仍不在少数，甚至与华润和大润发的次数加起来也相差无几，既有先例发生，永辉在食品安全检测以及供应商选择方面应当更加重视，对超市食品安全制度及流程进行全方位核查，加强上游供应链管理，对商品尤其是生鲜产品进行全面抽检，而这样一而再再而三地出现食品安全问题还不知整改，不仅会让广大顾客失去对永辉的信任和支持，影响企业在社会上的声誉和企业形象，还会导致其股市大跌、市场竞争力减弱等，很大程度上影响到了企业的盈利。

直接从数据角度来看，下表 2 是永辉超市过去十年(2014-2023)的相关财务指标分析表：

表 2:永辉超市 2014-2023 十年间相关财务指标表

指标 \ 年份	2014	2015	2016	2017	2018
库存(亿元)	36.99	42.5	53.79	55.82	81.19
流动资产(亿元)	82.5	119.3	205.7	203.4	239.5
流动负债(亿元)	88.93	79.29	100.5	123.1	199.5
流动比率(%)	1.487	1.505	2.047	1.652	1.201
速动比率(%)	0.991	0.969	1.151	1.198	0.794
存货减值准备	1140	1385	1210	1852	2266

指标 \ 年份	2019	2020	2021	2022	2023
库存(亿元)	123.3	108.8	107.9	104.7	82.69
流动资产(亿元)	310.7	331.8	287.1	245.4	190.4
流动负债(亿元)	314.9	348.9	340.9	290.7	247.3
流动比率(%)	0.987	0.951	0.842	0.844	0.77
速动比率(%)	0.595	0.639	0.526	0.484	0.435
存货减值准备	6866	6786	7732	7618	6982

(数据来源:[东方财富](#))

从表中数据，结合下图 4 可以看出，永辉超市在库存管理和资金流动性方面很危险。从库存来看，企业的存货金额在 2014 年至 2018 年间经历了快速增长，从 36.99 亿元增长到 81.19 亿元，说明在这一阶段永辉通过扩大商品储备来支撑市场扩张。然而，从 2019 年开始，库存出现波动下降，并在 2023 年降至 82.69 亿元。与库存金额变化相对应的是存货减值准备的显著增加。存货减值准备从 2014 年的 1140 万元 增长到 2023 年的 6982 万元，尤其在 2019 年之后增速加快，透露出永辉对于库存管理能力下降让货品积压产生损失，具体

可以从存货周转率下降、新鲜度不足导致存货减值风险的上升看出。这一现象反映出永辉在库存管理中面临存货积压与价值损耗的双重压力。如果未能及时调整库存结构，存货的变现能力将进一步恶化，无疑会直接影响盈利水平和现金流健康。

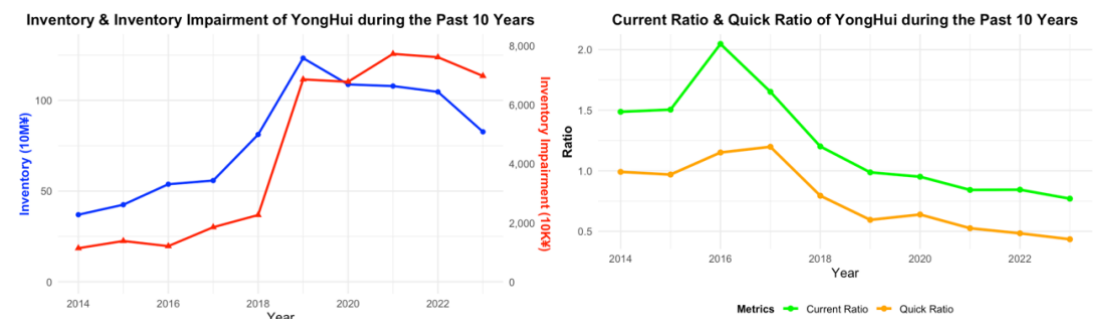


图 4：永辉超市 2014-2023 年库存与库存减值准备变化图(左)、流动比率与速动比率变化图(右)

此外，从图中的流动比率和速动比率来看，永辉超市的短期偿债能力逐渐减弱。流动比率从 2014 年的 1.487 上升到 2016 年的高点 2.047，随后持续下降，2023 年仅为 0.77。速动比率也呈现相似趋势，从 2014 年的 0.991 下降到 2023 年的 0.435，远低于 1 的警戒线。这反映出企业在流动资产中存货占比过高，现金流相对紧张，短期偿债能力被制约。尤其是在市场需求波动较大、存货变现困难的情况下，低速动比率进一步凸显了企业短期流动性风险。

综上，永辉超市当前面临的核心问题已经暴露无遗：库存问题。

（二）影响

库存问题又体现在永辉的主营业务——生鲜品方面。自 2018 年以来，永辉超市开始频繁出现在各地监管部门的食品安全“黑榜”上，这一趋势对其股价和市值造成了显著影响。东方财富 Choice 数据显示，永辉超市的股价在 2012 年 11 月至 2018 年 3 月期间涨幅超过 270%，然而从 2018 年 3 月至今，股价跌幅超过 40%。特别是在 2024 年 4 月 16 日，永辉超市的股价报收 6.38 元，跌破了三年来的最低点。这一股价的大幅下跌，直接反映了市场对永辉超市食品安全问题和内部管理能力的担忧。

永辉超市在回应“15 批次食品抽检不合格”事件时的轻描淡写，以及中国食品产业分析师朱丹蓬的观点，都直接反映出永辉超市在质量控制存在的漏洞。朱丹蓬强调，如果永辉超市不重视食品安全，不将其置于首位，那么其整体发展将受到限制。中央财经大学经济学院副教授郭家虎认为，以高品质生鲜立足的永辉超市，倘若不能坚守住食品安全底线，就算能靠资本扩张获得短暂风光，也不是长久之计，食品安全问题频发的背后折射出怎样的管理问题，应当引起企业的重视。

而谈起永辉超市多次出现的食品安全问题，除了质量问题外，还暴露了公司在内控体系

管理上的不足。福建永辉超市一门店工作人员曾因“脚踩冻货行走”的视频被曝光引发关注和热议，事发后，福建永辉超市有限公司发布致歉信，称已做出严肃处理，但是员工具体受到了什么处罚、受污染的商品是否真正销毁仍然是未知数。这种管理上的不足，特别影响消费者尤其是中老年消费者对永辉超市的信任，因为他们愿意选择线下购买商品就是为了能亲眼看见购买的商品，在食品安全上的不作为极大削弱了永辉超市的市场竞争力。要做到让网友买账，让消费者买账，永辉超市仍是任重道远。

随着新零售模式的兴起和资本的大量涌入，阿里、腾讯、京东等巨头的布局，以及万科、碧桂园等房企的参与，永辉超市面临的竞争压力日益增大。天风证券的研报也指出，受社区团购、到家等业态的冲击，超市行业整体压力较大，传统超市行业外部压力或在未来一段时间内进一步增大，行业可能存在较大变革可能。由此，永辉超市若不尽快改善其食品安全和内控问题，其市场地位和未来发展将面临更大的危机。

四、 解决方案构想

基于前面的论述，针对永辉超市生鲜品较多的特点，其库存管理的侧重点与其他的超市或者货物也有其特殊性，需要重点关注生鲜农产品的需求预测和新鲜程度方面，分别对应了供应链库存管理中的库存计划和库存的新鲜度管理。

（一）生鲜农产品需求预测

一般供应链的需求预测理论中定量的方法主要分为时间序列模型和回归分析模型，但本质上任何需求预测方法的目标都是预测需求的系统成分并对随机成分的期望值进行估计。^[5]在时间序列模型中，移动平均法和指数平滑法是主要的两种。带权值的移动平均法的预测值可以根据下面的公式给出：

$$F_{t+1} = \sum_{i=t-n+1}^t \omega_i X_i, \quad \sum_{i=t-n+1}^t \omega_i = 1$$

其中 F_{t+1} 是第 $t+1$ 期的预测值， X_i 是第 i 期的实际值， ω_i 是这一期的权重。一般来说越靠近预测期，影响越大，对应赋的权值一般也越大，当 $\omega_i = \frac{1}{t}$ 时，就是简单移动平均法。

而时间序列模型的另一种预测方法就是指数平滑法：

$$S_t^{(i)} = \alpha S_t^{(i-1)} + (1 - \alpha) S_{t-1}^{(i)}$$

其中 $S_t^{(0)} = X_t$ ，而 $S_t^{(i)}$ 就是 i 次平滑后的值。

时间序列模型能够对历史数据进行较好的应用，反应需求水平和需求趋势。相比之下，

多元线性回归预测模型则是期望找到与现有样本偏差最小的函数，考虑多种因素的影响。设主要因素为 x_1, \dots, x_m ，抽取样本 $(y_i, x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi})(i = 1, \dots, m)$ ，则其多元线性回归函数：

$$Y_i = b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_mx_{mi}, i = 1, 2, \dots, n.$$

另依设 $I = \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - \sum_{k=1}^n b_k x_{ki})^2$ ，可令 $\frac{\partial Q}{\partial b_i} = 0$ 求解参数。

以上两种方法都是传统的供应链需求预测方法，其在使用时候较为便捷，但考虑到的要素也较少，不适用于生鲜农产品这一特殊的商品。

因而针对永辉超市主营的生鲜农产品及其加工品这类产品时，我们需要考虑农产品本身有着极大的消耗需求，同时本身具有易损耗、易变质等特点，其库存控制是需在短时期内立即做出决策判断的，因此及时准确的预测库存需求变得越发困难。

根据永辉超市官方网站的财务报表，我们获取到了 2010.6-2024.6 永辉超市每半年的生鲜农产品及其加工品的营业额数据，共 29 组营业额数据。同时也在财务报告中找到了每半年的门店变化情况（仅统计永辉超市，不统计永辉 mini 等门店），如下图 5 所示：

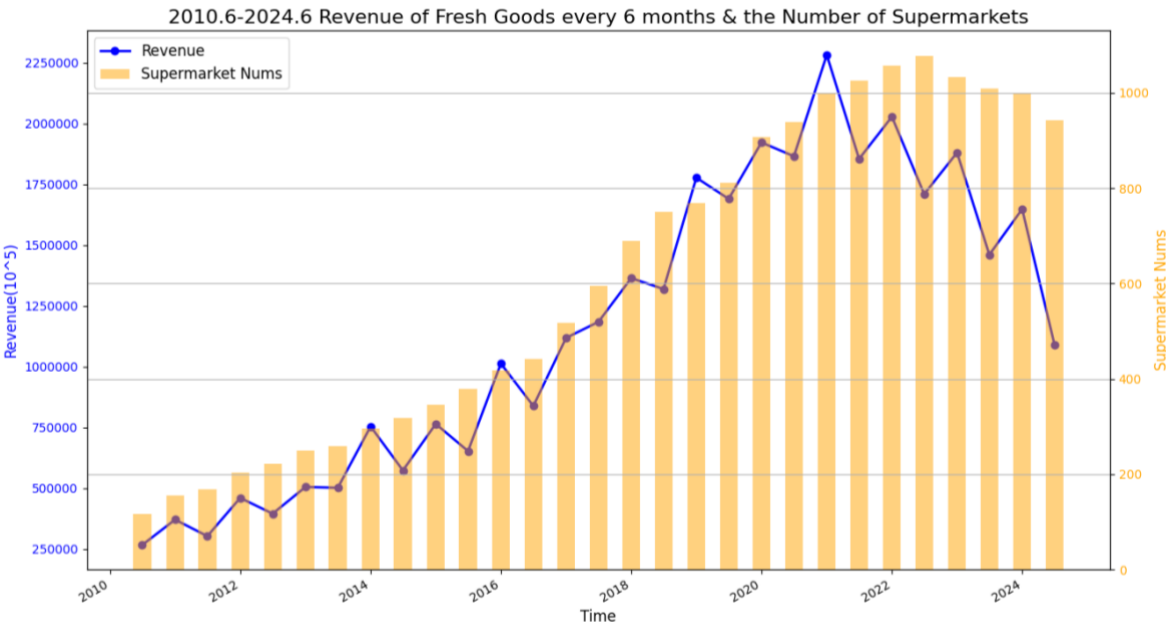


图 5: 永辉超市 2010.6-2024.6 生鲜农产品营业额变化图及超市数量变化图

具体数据由下表 3 给出：

表 3: 永辉超市 2010.6-2024.6 生鲜农产品营业额变化图及超市数量统计表

时间	营业额(万元)	门店数量	时间	营业额(万元)	门店数量
2010/6/30	265862.75	116	2017/12/31	1363863.29	690
2010/12/31	369954.02	156	2018/6/30	1319058.95	751
2011/6/30	302199.56	169	2018/12/31	1777273.82	768

2011/12/31	459344.65	204	2019/6/30	1690084.85	811
2012/6/30	394639.30	221	2019/12/31	1922135.60	907
2012/12/31	504500.01	249	2020/6/30	1865537.99	938
2013/6/30	501060.83	259	2020/12/31	2282542.32	998
2013/12/31	753501.32	295	2021/6/30	1854657.76	1026
2014/6/30	572523.42	318	2021/12/31	2027917.48	1057
2014/12/31	763881.53	346	2022/6/30	1709692.73	1077
2015/6/30	652179.47	379	2022/12/31	1880353.65	1033
2015/12/31	1012347.91	418	2023/6/30	1460317.19	1008
2016/6/30	837961.87	442	2023/12/31	1647887.65	1000
2016/12/31	1118178.41	517	2024/6/30	1087750.88	943
2017/6/30	1183877.53	595	2024/12/31	(暂 未 发 布)	

(数据来源: <https://www.yonghui.com.cn>)

通过以上变化,不难发现永辉超市的生鲜品营业额呈现先波动上升,再波动下降的趋势,其拐点出现在 2021-2022 年附近。而超市数量的增长表现出先慢后快、在疫情时期再变慢,近两年出现“关店潮”的情况。

而值得一提的是,几乎所有的营业额数据都呈现出下半年生鲜品营业额高于相邻的上半年的特征,这说明生鲜品的销售有明显的“半季节性”。由于在官网的季度财务报告中并未公布每一季度的销售情况,所以难以体现出完整的季节性,但从半年的数据已经可以感受到这种趋势。

为了降低预测的难度和过程,我们作出以下简化:用生鲜品的营业额近似代表对生鲜品的消费需求,这样一来对永辉超市生鲜品需求的变化就可以从营业额数据的变化反映出来。实际上这样也是合理的,从永辉超市的发展历程和近期动向来看,营业额确实可以反映市场对其的需求。

在这里的库存需求预测中,显然先前的时间序列模型和线性回归的方法是行不通的。因此在考虑季节变化和其他因素的影响下的需求预测中,不少学者提出了将一些机器学习的方法引入这一领域。比如 Paul 等^[6]将灰色预测模型运用到建筑行业的人力预测中;而 Zhang^[7]等将 BP 神经网络应用于交通流预测,为短时的交通流预测提供参考等等。但近年来越来越多的学者关注组合模型的应用,在这之中, SARIMA – LSTM模型结合了季节性差分自回归移动平均模型(SARIMA)的周期趋势信息学习能力和长短期记忆网络(LSTM)在时间序列上的非线性学习能力,成为了在不少季节性预测工作中的较优选择。^[8]

在建模方面,分为SARIMA和LSTM两个方面。SARIMA是基于季节的差分移动平均模型,

因此考虑ARIMA的特征，其表达式如下：

$$X_t = \lambda_1 X_{t-1} + \dots + \lambda_p X_{t-p} + \mu_t + \phi_1 \mu_{t-1} + \dots + \phi_p \mu_{t-p} = \mu_t + \sum_{k=1}^p (\lambda_k X_{t-k} + \phi_k \mu_{t-k})$$

其中 X_t 是平稳变量， λ_k 是自回归项系数， μ_k 是残差， ϕ_k 是移动平均项系数。

ARIMA模型经常表达为ARIMA(p, d, q)，其中 p 表示自回归项数， d 表示让时间序列平稳差分的次数， q 表示移动平均项数。在考虑季节时候，就要考虑对应系数的季节性因子和时间跨度 S ，记为SARIMA = ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q, S)。

而LSTM部分的建模则要根据其核心：LSTM记忆单元、状态更新单元和三个门来进行。其结构如下图 6 所示：

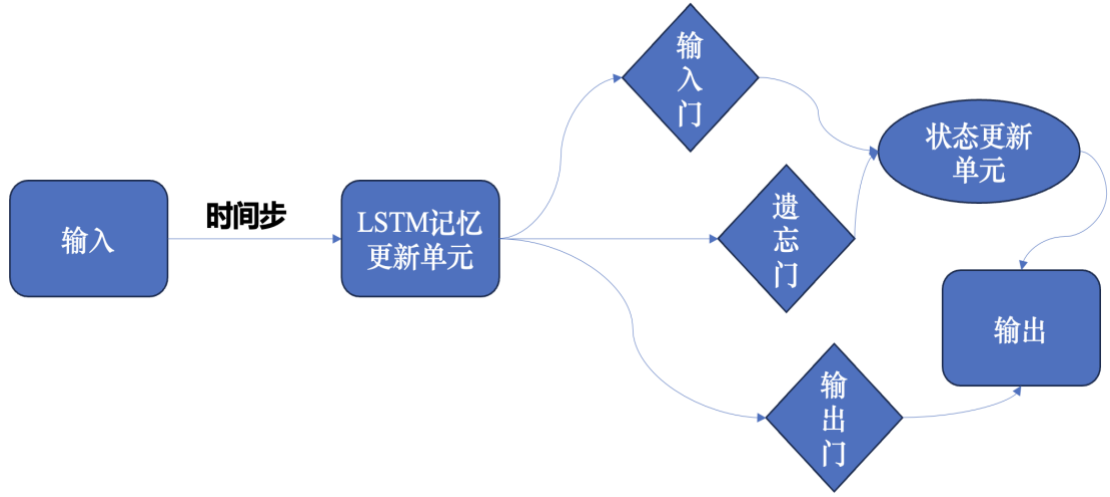


图 6: LSTM结构流程图

简单来说，LSTM是一种循环的神经网络，能够学习到长期依赖关系，在每一次更新后舍弃无关信息、保留相关信息，以更好地进行预测。其信息的流动通过三个门来进行。当然在此之前，输入经过LSTM记忆单元，这是整个网络的核心，负责在整个序列处理过程中保持和更新长期依赖信息，其状态通过时间步(Time Step)传递，仅通过线性方式更新。

对于输入门来说，包含两部分，sigmoid层决定哪些值将要更新，而tanh层创建一个新的候选值向量，该向量将被加入到状态中。其计算公式：

$$\begin{cases} i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \\ \tilde{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \end{cases}$$

其中 i_t 是输出， \tilde{C}_t 是候选的状态， W_i, W_c 是相关权重， b_i, b_c 是常数项， σ 是sigmoid激活函数，一般为 $S(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ 。

类似地，输出门负责决定记忆单元的哪一部分将被输出到隐藏状态，其公式如下：

$$\begin{cases} o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \\ h_t = o_t * \tanh(C_t) \end{cases}$$

其中 o_t 是sigmoid函数的输出， C_t 是更新后记忆单元的状态， h_t 是输出。

而遗忘门决定了在每次迭代中哪些信息要保留。其计算公式为：

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f)$$

其中 σ 是逻辑激活函数， $[h_{t-1}, x_t]$ 是前一时间步的隐藏状态和当前时间步的一阶差分。

将上面的SARIMA和LSTM相结合，其算法如下表 2 所示：

表 4: SARIMA – LSTM算法

算法 1: SARIMA-LSTM Algorithm

Input: 历史销售额 \mathbf{X} ，训练集长度 N_{train} ，SARIMA参数 $[p, d, q, P, D, Q, S]$ ，LSTM时间步 T ，训练轮数 E ，批量大小 B

Output: 预测值 Y_{pred} ，评价指标：MSE, MAE, MAPE

begin

Step1: 加载数据

读取销售额数据 \mathbf{X} ，分为训练集 $X_{\text{train}} = X[:N_{\text{train}}]$ 和测试集 $X_{\text{test}} = X[N_{\text{train}}:]$

Step2: SARIMA训练

定义模型：SARIMA_model = ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q, S) ;

训练：SARIMA_model.fit(X_{train})

预测测试集： $Y_{\text{SARIMA}} = \text{SARIMA_model.forecast}(X_{\text{test}})$

计算残差： $R = X_{\text{test}} - Y_{\text{SARIMA}}$

Step3: LSTM训练

将SARIMA的残差 R 和外生变量 Z 整合为多维输入 X_{LSTM}

将 X_{LSTM} 分为 $X_{\text{LSTM}_{\text{train}}}$, $X_{\text{LSTM}_{\text{test}}}$ ，设置时间步长 timesteps

构建 LSTM 的 Input Gate, Output Gate, Forget Gate

训练：LSTM_model.train($X_{\text{LSTM}_{\text{train}}}$)

测试： $Y_{\text{LSTM}} = \text{LSTM_model.forecast}(X_{\text{LSTM}_{\text{test}}})$

残差： $R_{\text{LSTM}_{\text{pred}}} = \text{LSTM_model.forecast}(R[-T:])$

Step4: 组合预测

$Y_{\text{pred}} = Y_{\text{SARIMA}} + R_{\text{LSTM}_{\text{pred}}}$

end

利用 Python 实现上述算法，将时间步(Timesteps)设为1，SARIMA的七个参数分别设置为 [1,1,1,1,1,1,2]，最大迭代次数为50，运行程序后得到如下结果：

```
Machine precision = 2.220D-16
N =          5      M =          10

At X0          0 variables are exactly at the bounds

At iterate    0      f=  1.17980D+01      |proj g|=  1.43847D-01
At iterate    5      f=  1.16754D+01      |proj g|=  3.64320D-02
At iterate   10      f=  1.16571D+01      |proj g|=  1.96900D-02
At iterate   15      f=  1.16566D+01      |proj g|=  1.35910D-03
At iterate   20      f=  1.16560D+01      |proj g|=  5.20910D-03
At iterate   25      f=  1.16557D+01      |proj g|=  1.36039D-05

N      Tit      Tnf  Tnint  Skip  Nact      Projg      F
  5      27      37      1      0      0      2.023D-06      1.166D+01
F =  11.655672718285437

CONVERGENCE: NORM_OF_PROJECTED_GRADIENT_<=_PGTOL
1/1 [=====] - 0s 183ms/step
```

图 7: LSTM – SARIMA模型程序运行结果

这表明在通过 27 次迭代、计算目标函数 37 次后，最终收敛于一个非常小的投影梯度，其值为 $Projg = 2.023 \times 10^{-6}$ ，低于设定的 10^{-5} ，SARIMA的负对数似然函数的值为 11.6556，说明能够较好地拟合数据，也就是说模型成功地捕捉到了生鲜需求数据的季节性和半年周期性。

之后利用组合模型计算出预测值后，得到 2022-6~2024-6 的预测数据为：

$Y_{pred} = [1626247.06716, 1248563.97947, 1537480.47186, 1163069.95770](\text{万元})$

作出真实值和预测值的图像进行分析，如下图 8 所示：

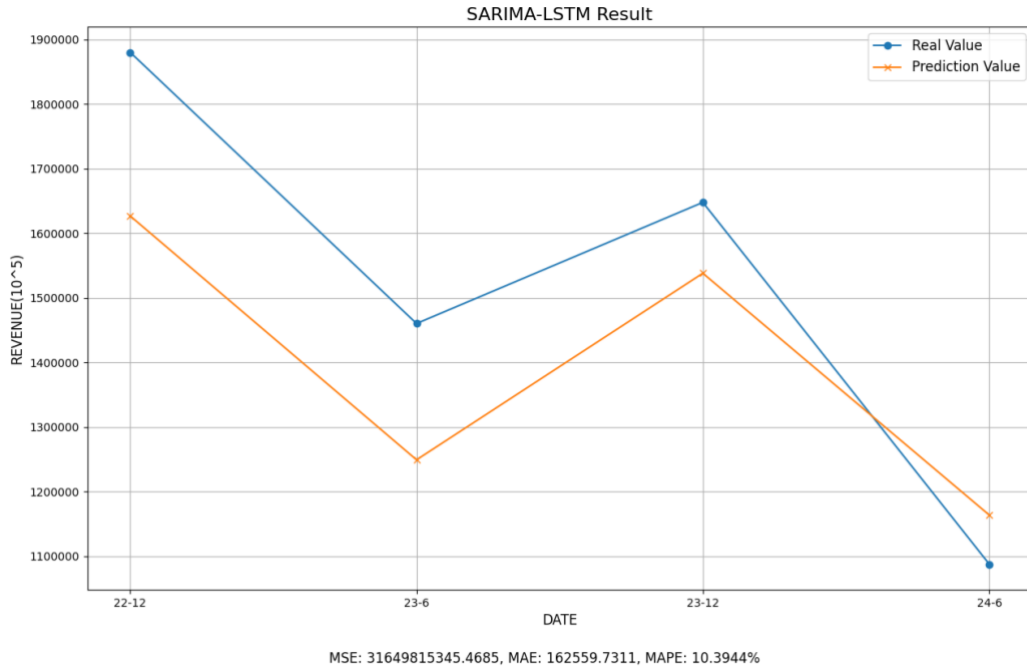


图 8: SARIMA – LSTM模型预测结果与实际值对比

从结果可以看出可以看出预测结果基本反映了永辉超市生鲜需求从 2022 年下半年至 2024 年上班年的变化趋势，总体呈现下降趋势，但仍然满足下半年需求大于上半年的特点。

计算模型的均方误差 MSE 、平均绝对误差 MAE 、平均绝对百分比误差 $MAPE$ ：

$$MSE = \frac{(y_{pred} - y_i)^2}{n}, MAE = \left| \frac{y_{pred}}{n} \right|, MAPE = \frac{\left| \frac{y_{pred} - y_i}{y_i} \right|}{n}, i = 1, 2, 3, 4$$

三项评价指标的数值如上图 7 的底部所示。

抛开量纲是元而非万元带来的数量级方面的影响，只关注已经被归一化的 $MAPE$ ，会发现预测结果的偏差在趋势已定的情况下大概超过 10%，总体来说在可接受的区间里，结果较为准确。但是对于永辉超市来说这样的预测误差已经会造成较大的需求偏差，是不可接受的。但究其原因，此处只有少量粗略的数据作为训练和测试，且考虑的因素不多。生鲜品的需求预测必然是短期的，其一期的时间跨度不会有本算例中的半年那么长，若把生鲜品的种类继续细分，得到更细致的销售额数据，结合近几年永辉超市自身的门店数量变化情况 etc 数据来共同标定此模型的参数，预测效果预期将变好，这也为永辉超市的生鲜品需求预测提供了一定方向参考。

（二）新鲜度管理

在进行了需求预测之后，生鲜品上架之后的新鲜度管理也极为重要。不新鲜的生鲜品上架后一旦被正常售出将产生严重后果，加上公司的公关除了差错，容易像上文提到的情况那样，让超市陷入不必要的民事法律纠纷之中。

因此在库存管理中，一个重要的方面就是生鲜品保质期的动态关注。据观察，超市经营生鲜农产品时主要采用两种存放方式：将产品存放在货架上，供顾客任意挑选；或暂存于库房以及货架以外的其他场所，随时准备补充货架。^[9]

生鲜农产品保质期短的特点对需求的影响，主要表现为产品新鲜度随时间下降，进而影响顾客需求的特性。当销售价格不变时，产品品质下降会伴随顾客满意度的下降，导致需求下降，难以卖出。具体过程可以近似如下图所示的图 9 所示：

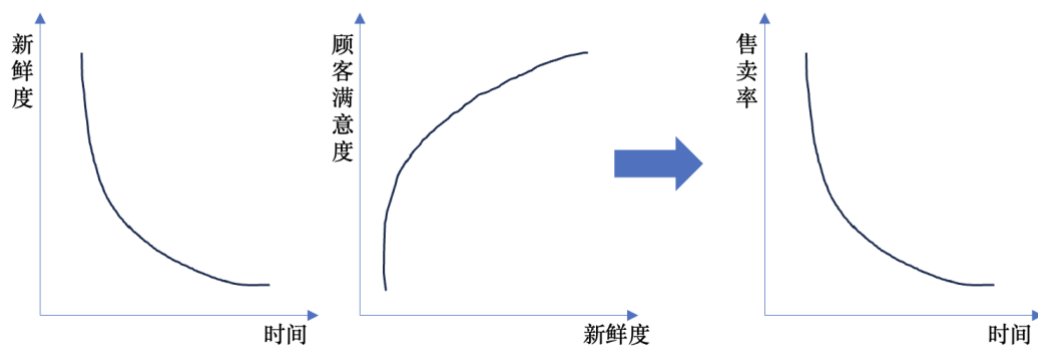


图 9: 新鲜度、顾客满意度和出售率随时间变化的关系

因此，我们认为永辉超市可以通过相对自身而言的“开源”和“节流”两个方面来应对生鲜品库存存在保险方面的要求，实现降本增效的愿景。

从“开源”的方面来看，这里的“开源”指的是增加销售额，简单来说也就是促销。当然需要指出的是，必须在生鲜品可供销售之前将其售出。就现在来看，永辉超市每晚九点之后都会对今天没有卖光的蔬菜水果以及熟食面店等进行多轮次的打折抛售，来清空当日的库存。但就是在这样的情况下被曝出了食品安全不达标的问题。因此永辉应该在后续的工作中针对生鲜的新鲜度建立一套合理的监测和评估体系，对每一 SKU 的生鲜品进行温度、湿度的监测和表面状况的观测，同时每间隔一定时间派专人对其新鲜度进行抽样检验。

对于检验模型的建立，一个可行的思路是以温度 T 、湿度 H 等环境参数、生鲜品的物理状态如表面状况、水分损耗率等，以及上架时刻等为输入特征，通过主成分分析提取关键变量，并结合历史数据分析特征与新鲜度的关联性，构建新鲜度评分公式，通过加权平均法来

算出新鲜度总分值。模型部署后，可实现实时监控与动态评估，并通过可视化系统输出新鲜度评分，辅助决策支持。工作人员只需要在系统触发新鲜度阈值提示之后将产品下架或者在新鲜度不足时及时进行促销即可。这样一来，永辉就可以对生鲜品的精准化管理，减少生鲜品的损耗并极大地保障食品安全。

另一方面，从“节流”的角度来说，主要还是回归到上文分析的需求预测方面。永辉超市在大众的形象中始终都是“农改超”的典型，因此在自身生鲜农产品的源头直采方面毫无疑问是没有中间商参与的，这样已经缩减了采购成本。因此下一步的“节流”应该放在以天或者周为单位的需求预测方面，根据历史销售额数据进行动态预测，考虑比本文中的模型涉及的更全面的因素来让预测值更加精准。

在对于货架生鲜品的补货方面，永辉可以通过联合补货环节与配送环节的深度优化来实现，如下图 10 所示^[10]。首先，在联合补货环节，永辉可以通过整合采购和补货计划，与农户或者生鲜市场签订集中采购模式，减少小批量、多频次的补货方式，这样不仅能有效降低采购成本，还可以通过规模化效应获取数量折扣。同时，通过区域性的联合补货机制提升中心仓库的库存共享能力，及时调配资源，避免单个前置仓库存积压。此外，在联合补货过程中，优化冷链运输管理，全面动态监控温度和湿度，以减少生鲜品在补货过程中的损耗。

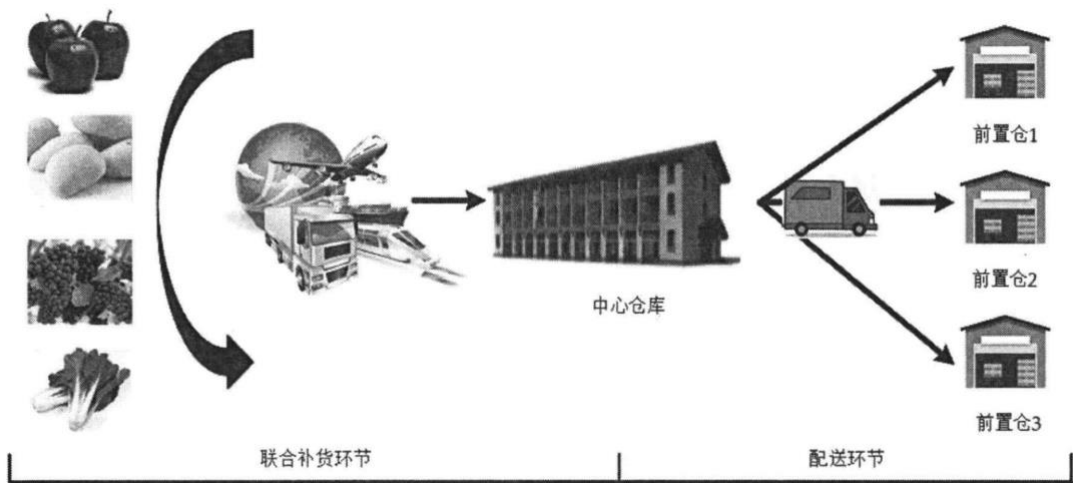


图 10: 生鲜品在前置仓模式下联合补货与配送协同示意图

在配送环节，必须结合需求预测来制定动态补货计划，减少生鲜品在仓储中的存货量和滞留时间。同时，采用 VRP 算法来优化配送路线，根据实时的销售数据调整配送频率和路径，以缩短运输周期，保证生鲜品的新鲜度。这样一来，既降低了库存成本，又避免因配送不及时造成的缺货或滞销而导致的浪费问题。

五、 同行对比

（一）生鲜超市之间的对比

在当前竞争激烈的零售行业中，超市如华润万家、沃尔玛、华联超市等，以及永辉超市，都面临着食品安全和经营效率等诸多挑战。以华润万家为例，截至 2023 年底，其门店数量净减少至 2691 家，员工数量也有所减少，营业收入同比下降。这表明即使在大规模连锁超市中，单一问题的出现也可能导致较大的经营损失和市场份额下降。

相比之下，胖东来超市作为许昌地区的本地超市，在其创始人的带领下，通过二十多年的不断发展，已经成为了地方经济的重要组成部分。胖东来超市不仅仅是一家普通的零售店铺，它通过强调顾客体验和产品质量，成功塑造了自己的品牌形象。从停车场的设施改善、员工的服务态度到产品的细致标注，胖东来超市在各个方面展现出对细节的高度关注和顾客至上的理念。而在超市内部，胖东来超市通过多样化的购物车设计和精确标注的生鲜食品信息，以顾客体验至上，特别是对于生鲜品质量方面的问题坚持无理由退换货。这种细致入微的管理和服务态度，使得胖东来超市在许昌地区建立起了良好的口碑和品牌忠诚度。尽管规模相对较小，但胖东来超市凭借其服务和品质，成功打造了自己在地方经济中的重要地位，并持续实现显著的营业收入增长，从2016年的16.98亿至今已经翻了几乎10番(见下图11)。

从永辉等的窘境和胖东来的蒸蒸日上可以看出，胖东来超市通过对顾客需求的精准理解和服务质量提升的全方位考量，成功建立了自身的竞争优势和市场地位。这种以顾客为中心的经营策略，不仅提升了超市的销售和声誉，也为地方经济的发展做出了积极贡献。

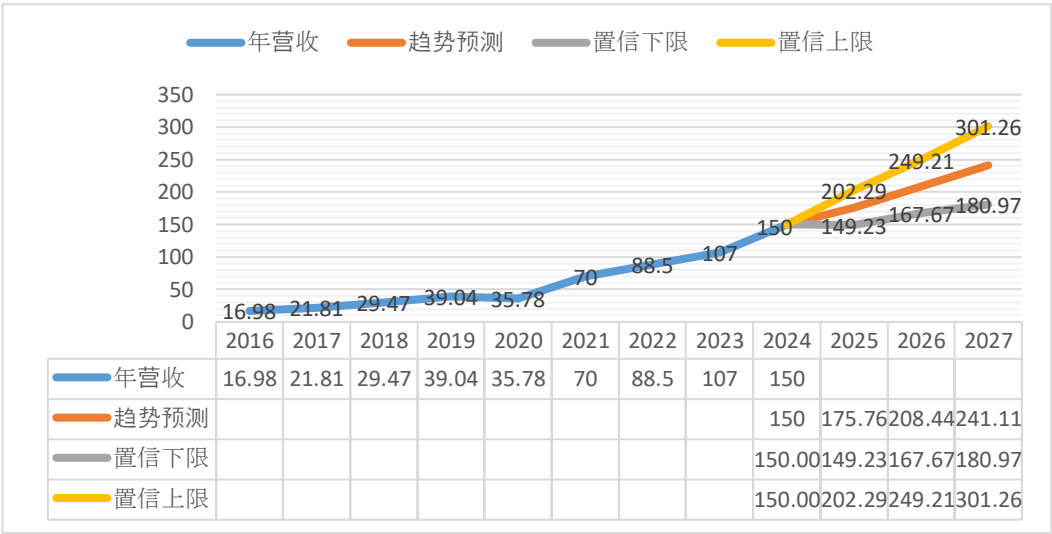


图 11: 胖东来超市的年营收额(含预测)

（二）永辉目前的做法

为了应对近年来营收下滑和亏损的困境，除了进行数字化转型，永辉还开始与名创优品和胖东来两家公司进行合作，希望借此来度过难关。但是需要注意的是，这里的合作并不是我们在课程中所探讨的“战略联盟”。比起协作和信息共享的合作，名创和胖东来对于永辉而言更像是对整个经营模式的改造，超越了供应链方面。

名创优品以 63 亿元收购永辉超市 29.4%的股权，成为其第一大股东，这一变化不仅为永辉超市带来了急需的资金支持，还改变了其原有的股权结构和治理结构，进而对公司的战略决策和经营方向产生影响。名创优品与永辉超市在业务上具有一定的协同性，名创优品以生活好物集合店著称，而永辉超市则主要经营大型综合超市、超级市场及社区超市，双方有望通过共享资源、优化成本结构以及联合开发更优质的自主品牌产品等方式提高彼此的差异化竞争能力。并且，名创优品在数字化转型方面取得了显著成果，其线上销售渠道和数字化管理能力在行业内具有领先地位，而永辉目前正处于数字化转型期，双方的合作有望帮助永辉加速自身的数字化转型进程，提升运营效率和服务质量。

比起名创的资金支持和品牌建设，胖东来的“改造”则重点针对生鲜品的库存和销售，更加有的放矢。在胖东来的帮助下，永辉超市对商品结构进行了调整，基于市场需求，减少了销售不佳产品的库存积压，新增了符合市场需求的高性价比商品。同时，永辉超市还提升了服务质量，通过优化员工待遇、提升员工工作积极性等方式优化了顾客的购物感受，此外，胖东来还对永辉超市的空间布局进行了重新设计，取消了强制动线，实现了区域自由互通，让顾客在购物时能够获得更流畅的体验，提高了顾客的购物满意度，这将有助于永辉重拾口碑，再次获得广大顾客的信任和认可。

除了寻求与其他公司的合作，永辉也在为应对困难积极改变。按照永辉给出的信息，2021 年前三季度，永辉科技投入超 4 亿。据永辉透露，其用途主要为运用科技手段对源头直采、预测订货、计算商品生命周期等供应链模块进行数字化重组。从这一份财报来看，永辉的数字化投入也收获了一些正向反馈，数字化进展算是初见成效。一是无效库存占用的下降。据财报显示，永辉通过优化商品结构，减少无效的库存占用，将库存总金额从 2021 年年初的 108.82 亿元降至三季度末的 77.13 亿元，降幅达 29.12%，这一定程度上体现了永辉数字化能力的提高。二是库存周转时间的缩短。据永辉透露，通过运营数字化能力，福州等地永辉标杆店的店仓周转时间已下降 30%，货物库存时间也降低至 16 天左右，而行业内其他同类型商超货物库存时间普遍为 20-24 天。可以看出，永辉在数字化、供应链以及转型改革等方面有相当大的决心和投入，其成果有待考验，但目前来看成效尚可。

六、 总结与展望

结合前几部分的分析，我们不难总结出，永辉超市面临的主要问题集中在库存管理效率不足和食品安全风险频发，库存质量和变现能力连年下降。此外，食品安全问题的频发，不仅削弱了消费者对品牌的信任，也直接影响了永辉在市场中的竞争力。相比之下，胖东来超市等同行通过细致入微的服务和严格的内部管理，成功赢得了消费者的高度认可，并建立了牢固的市场地位。这种对细节的把控和消费者需求的精准响应，是永辉超市当前亟需学习和改进的方向。但是长远来看，永辉的长期发展还需依靠自身发力来进行提升。

针对永辉的现状，我们认为，其首先需要优化库存管理，特别是在生鲜品的需求预测和动态库存监控上采取更科学的方法，可以基于本文中提到的SARIMA – LSTM等机器学习预测模型，在结合PCA的前提下，利用更精细的历史销售数据和其他影响因子，提升库存需求预测的精准性，减少商品积压和损耗。此外，应加强数字化库存管理系统的建设，实时监测商品的新鲜度和库存状况，通过科学的数据支持实现库存的高效运作。在食品安全方面，需要构建一套完善的全流程检测和监控体系，以提升商品质量。

同时，永辉还需要注重顾客体验的重塑，从门店布局到购物流程进行全方位优化，借鉴胖东来超市的模式，根据实际情况接受胖东来的模式对自身的改组。需要更强化对服务细节的关注，打造更贴近消费者需求的购物环境，推出符合本地市场特点的特色产品与促销策略，进一步提升品牌吸引力。在这一过程中，永辉应继续深化数字化转型，加强供应链的智能化管理，通过优化物流配送和库存共享机制，缩短生鲜品的配送周期，确保商品的新鲜度和周转效率。

然而，改革的实施也会面临诸多挑战，包括但不限于：短期内永辉资金投入压力和内部执行力不足的窘境。对于目前的永辉而言可以暂时改变自身在供应链金融模式下的角色，^[1]似乎得采取依靠胖东来或者名创来进行信贷的措施，缓解资金问题。另一方面，改革的落地效果可能因员工培训不足或执行力薄弱而受到影响。对此，永辉需要通过与胖东来们的深度协同争取更多资源支持，同时加大员工培训和考核力度，确保各项措施切实有效地贯彻实施。

只有在应对外部竞争压力的同时，积极提升内部管理能力，将内因和外因相结合并抓住内因这个矛盾的主要方面，永辉超市才能真正实现从传统超市到现代零售业的转型，恢复其在行业中的竞争优势，再现往日的光芒。

团队分工:

范程(2251140): 搜集文献; 撰写第四、六部分; 算法实现; 修改报告。

洪苑超(2251435): 搜集数据; 撰写第一、三、五部分; 绘制部分图表。

康铂圣(2253784): 搜集数据; 撰写第二、三、五部分; 绘制部分图表。

选题和行文、问题求解思路由小组多次讨论和抉择后得出。

参考文献

- [1] 陈惠.新型生鲜零售企业行为与绩效关系—以盒马鲜生与超级物种为例[J].企业管理,2022(9):55-59
- [2] 孙梦圆.新零售下实体企业如何挥剑破局—以永辉超市为例[J].中国商论,2023(12):12-15
- [3] 郭亚红,符曦文,李梦博.永辉超市存货管理存在的问题及对策研究[D].西安:西安欧亚学院.2021.
- [4] 张凯旌.永辉超市屡现食品安全问题:半年内三次道歉,生鲜优势被蚕食[J].江苏:雷达财经.2021.
- [5] Sunil Chopra.Supply Chain Management(7th Edition)[M]. PEARSON EDUCATION LTD.2024
- [6] Paul H. Forecasting Construction Manpower Demand by Gray Model[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2010,136(12):1299-1305.
- [7] Zhang Q ,Liu S .Urban traffic flow prediction model based on BP artificial neural network in Beijing area[J].Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography,2018,21(4):849-858.
- [8] 唐诗诗,李宇轩,唐圣晟,等. 基于 SARIMA-LSTM 模型的肾综合征出血热发病率预测研究[J]. 医学信息学杂志,2024,45(8):71-77. DOI:10.3969/j.issn.1673-6036.2024.08.012.
- [9] 魏金石. 超市生鲜农产品库存控制研究[D]. 北京:北京交通大学,2012. DOI:10.7666/d.Y2222649.
- [10] 乐艺. 生鲜多产品联合补货与配送协同模型与算法研究[D]. 湖北:武汉科技大学,2022.
- [11] 宗李青. 基于修正 KMV 模型的零售业供应链金融信用风险研究--以永辉超市为例[D]. 江苏:苏州大学,2022.