

商超蔬菜类商品的自动定价与补货策略优化模型研究

摘要

本文对商超相关商品销售数据进行分析，建立系列模型进行自动定价和补货决策。假设商超保鲜期不可售卖隔日存货的蔬菜类生鲜，根据各菜品历史销售和需求情况进行每日补货。

针对问题一，本文首先对数据进行预处理，合并附件 1、2，剔除附件 1 对应附件 2 中销售量为 0 的单品，用中位数填充缺失值，对销售量数据采取分段采集特征点，代表某单品该时段的销售量。对于各蔬菜品类以及各单品的销量分布，本文通过数理统计的方法计算各单品的销售总量，销售量与品类、单品数量的分布图以充分体现其分布规律，用折线图反映各品类、各单品销售量的变化趋势。对于各品类及单品销售量间的相关性，本文引入 **Pearson 相关系数** 分别对 6 个品类及销量前 15 名单品进行精准关联度分析，大部分变量间呈正相关。

针对问题二，对于各品类销量和售价的关系式，本文构建回归方程建立销量回归预测模型，对 6 个品类进行模型评价表明模型线性拟合度高。对于求解最大化商超收益的日补货量及定价策略，本文基于历史批发数据构建 **ARIMA 时间序列预测模型**，预测未来 7 天各品类批发价，基于销量的回归预测函数构建罚函数带入 ARIMA 时间序列分析，采用平均损耗量为参数，建立最大收益目标函数，以当日各品类销量为决策变量，得到未来 7 天定价、日补货量的最优目标规划，最大收益为 94495.92 元。

针对问题三，对于未来 1 天最大化商超收益的日补货量及定价规划，基于问题二的求解，本文取 2023 年 6 月 24-30 日销量排名靠前且相关性强的 30 个单品，利用历史批发价数据，建立 **ARIMA 时间序列模型**，预测未来 1 天各单品批发价，构建各单品销量关于售价的线性回归预测函数带入时间序列分析，新增约束每个单品陈列量不少于 2.5kg，建立收益最大化目标规划模型，得到 2023 年 7 月 1 日 30 个单品定价及销量，最大收益为 1565.65 元。

针对问题四，对于商超应额外采集的相关影响因素数据，本文引入季节性影响、消费者偏好、同行竞争 3 个因素，分析对批发价、售价的关系，建立综合各因素的商家收益关系式，对收益最大化目标规划模型进行优化与参数加持，同时提出对模型处理其他问题的展望。

关键词：**Pearson 相关性**；回归预测模型；**ARIMA 时间序列**；目标规划；销量预测

一、问题重述

1.1 问题背景

随着生鲜商超行业的迅速发展，蔬菜类商品成为了消费者日常生活中不可或缺的一部分。然而，蔬菜类商品保鲜期短暂、易受环境因素影响，对商超的库存管理和补货决策提出了严峻要求。商超采用“成本加成定价”法定价，通常在凌晨的 3:00-4:00 之间进行进货交易，在没有确切了解具体单品和进货价格的情况下，商超需要综合考虑销售数据、成本、库存等因素，以优化蔬菜类商品的管理和运营，提高经营效益，满足消费者的需求。建立数学模型和数据分析方法，为商超提供科学的决策支持，做出当日各蔬菜品类的补货决策。

1.2 问题重述

根据附件数据相关信息建立模型，解决以下四个问题：

针对问题一：分析各蔬菜品类以及各单品的销量分布，并分析其之间的相关性。

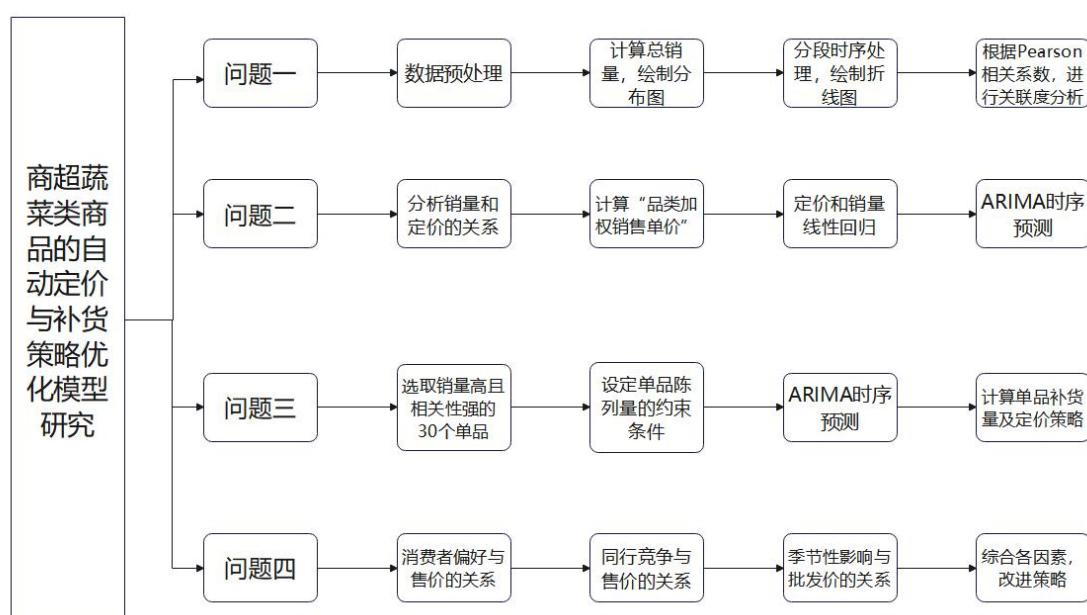
针对问题二：分析各蔬菜品类销售总量与成本加成定价的关系式，基于该关系，综合每日批发价和销售单价，预测使商超收益最大化的 2023 年 7 月 1 日-7 日的每日进货量和成本加成定价计划。

针对问题三：基于 2023 年 6 月 24-30 日蔬菜单品的销售流水，约束单品售卖总数在 27-33 之间，且每个单品订购量至少 2.5 千克，求取使商超收益最大化的 2023 年 7 月 1 日单品补货质量及其定价计划。

针对问题四：商超还应额外采集哪些相关影响因素数据，以优化补货量和定价策略，并对其帮助优化策略的作用作出解释。

二、问题分析

2.1 问题总分析



2.2 具体问题分析

2.2.1 问题一

针对问题一，第一小问要求分析蔬菜各品类和各单品销售量的分布规律，首先对数据进行预处理，剔除附件 1 对应附件 2 中销售量为 0 的单品，对附件 2 中退货数据采取剔除处理，对缺失值用中位数填充，通过数理统计的方法计算各单品的销售总量，销售量与品类、单品数量的分布图以充分体现其分布规律，对附件 2 销售量数据采取分段采点的处理方法，每 7 天取一点作为某单品该时段的销售量，用折线图反映各品类、各单品销售量的变化趋势，建立时序关系体现其分布规律。对于第二小问，题目要求分析各品类销售量间的相关性和各单品销售量间相关性，引入 Pearson 相关系数分别对 6 个品类、销售量最高的前 15 个单品进行关联度分析。

2.2.2 问题二

针对问题二，第一小问要求分析各品类销售总量与定价的关系，本文引入每个品类中各单品销量占比作为权重，基于附件 2 中销售单价加权得“品类加权销售单价”，并将其关于各品类销售总量建立线性回归分析，构建销量预测函数。第二小问要求收益最大化，预测未来 7 天各品类每日进货量及定价，本文引入 ARIMA 时间序列模型，以历史批发价预测未来 7 天各品类批发价，基于销量预测函数构建罚函数带入 ARIMA 时间序列分析，建立最大收益目标函数，以当日各品类销量为决策变量，得到 2023 年 7 月 1 日-7 日的定价和日补货量。

2.2.3 问题三

针对问题三，要求 2023 年 7 月 1 日商超最大收益及其各单品补货量和定价，基于 2023 年 6 月 24-30 日蔬菜单品的销售数据，取销量排名靠前且相关性强的 27-33 个单品，利用历史批发价数据，建立 ASIMA 时间序列模型，预测未来 1 天各单品批发价，基于问题二销量预测函数构建罚函数带入时间序列分析，新增约束条件为每个单品陈列量至少 2.5 千克，从而得到使商超收益最大化的 2023 年 7 月 1 日每个单品补货量及其定价计划。

2.2.4 问题四

针对问题四，要求列举能更好地改进商超补货和定价策略的相关影响因素数据，并解释它们对优化策略的作用。基于前三问预测和规划模型，仅对损耗率、销售单价、批发价因素作出讨论，现实生活中有诸多因素影响蔬菜的销量，模型具有局限性和不足。本文列举季节性影响、消费者偏好、同行竞争 3 个因素，初步构建季节因素对批发价、消费偏好对售价、同行竞争对售价的关系，建立综合各因素的商家收益关系式，使蔬菜商品的补货和定价决策更准确。

三、模型假设

1. 假设探究各单品间相关性时，仅考虑销售量最高的 15 个单品间的相关关系，忽略销量很小的单品间的影响。
2. 建立品类总销量和定价的回归分析模型时，剔除总销量小于 100kg，即总销量过小的数据集，以增加线性回归方程的拟合度。
3. 忽略前后几天每日销售单价的决策对当日销售单价决策的影响。
4. 建立预测未来 7 天销售情况模型时，仅将蔬菜种类最多的 4-10 月的商品销售流水作为历史数据，忽略蔬菜种类和销量较少的月份，以增加预测和决策的准确性。
5. 假设建立预测模型时的批发价数据分布具有一定的稳定性。

四、符号说明

符号	意义
h_i	第 i 个单品的销售单价
x_i	第 i 天品类的销售单价
f_i	第 i 个单品的销售量
n	该蔬菜品类的销售总量
w_i	第 i 天品类批发价
L	品类损耗率
W	未来一周商超收益
S	某品类销售量
z_i	为第 i 个蔬菜单品的批发价
m_i	第 i 个蔬菜单品的销售单价
l	第 i 个蔬菜单品的损耗率

五、模型的建立与求解

5.1 问题一模型的建立和求解

5.1.1 数据预处理

附件 1 给出 6 个蔬菜品类的信息，附件 2 给出 2020 年 7 月 1 日至 2023 年 6 月 30 日各单品销售明细，为探究各品类和单品分布规律和关联度，使用 `pd.Merge` 函数合并附件 1、2，附件 1 中部分蔬菜单品无销量，属于无效数据，故剔除 5 项缺失。

针对附件 2 中部分单品并非从 2020 年 7 月 1 日至 2023 年 6 月 30 日连续有销量，由于 4-10 月蔬菜单品最多，销量极值差异较大，且对于一个单品，一段时间内销量有规律地变化，可以代表此单品在整段完整时间的情况，因此本文可以通过已知数据填补附件 2 中的空缺。因此后文进行不同单品间的相关性分析时，对少量缺失值采用中位数进行填充。

5.1.2 各蔬菜品类以及各单品的销量分布问题

将附件 1、2 合并，汇总每个蔬菜单品的销售情况及其所属的品类，使用数学统计方法和可视化方法分析：首先将按单品对销售量进行总结，并可视化单品数量与销量的分布图。

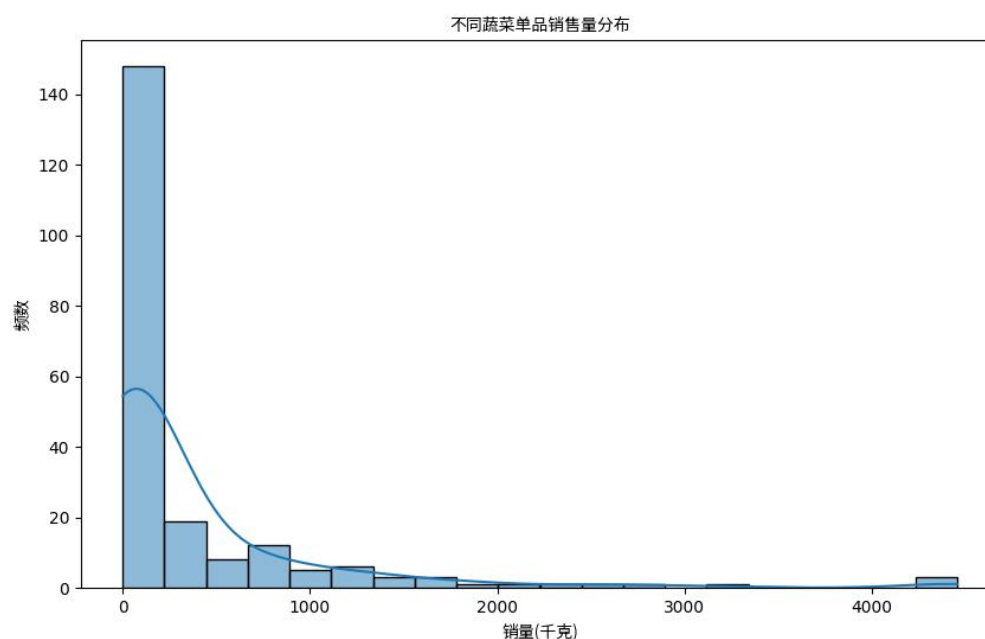


图 1 不同蔬菜单品销售量分布

得到，销量在 200 以内的单品最多，单品销量主要分布于 0-600 千克。

引入平均数、中位数、最小值、最大值、下四分位数、中位数、上四分位数对销售量进行统计描述。

表 1 单品销量统计描述

平均数	中位数	最小值	最大值	下四分位数	中位数	上四分位数
2484.681533	1124.68114	1340	4453.754	1711.297	2087.011	2942.144

其次计算每个品类的销量，并进行可视化展示。

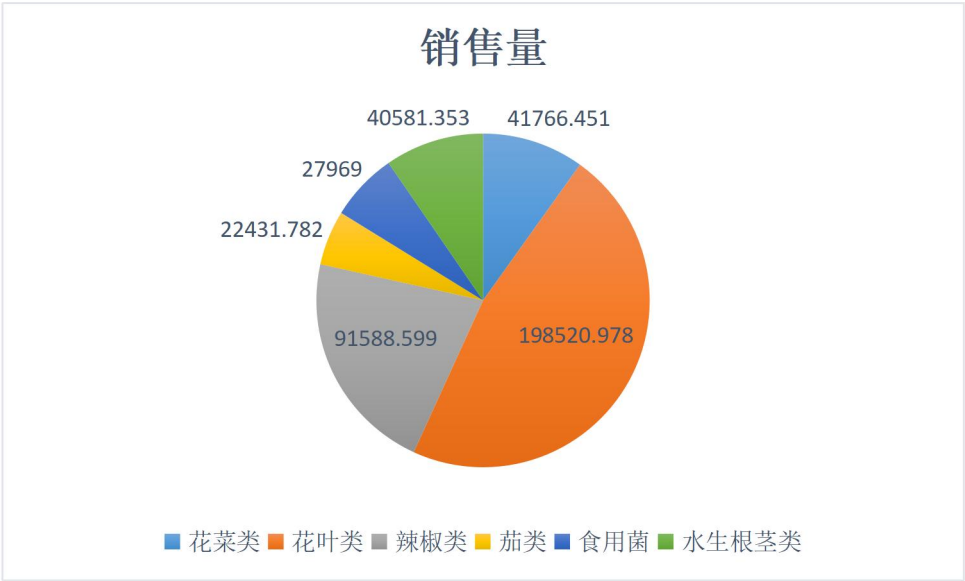


图 2 各品类销量分布

得到 2020 年 7 月 1 日至 2023 年 6 月 30 日销量最多的花叶类，其次是辣椒类，销量最少的是茄类，其次是食用菌类。

对各蔬菜单品的销量排序，在第 15 名单品后销量出现断层式降低，因此取销量前 15 名单品作为对销量占主要影响的蔬菜种类，并展示其销量分布频数。

表 2 销量前 15 名单品排序

单品名称	品类名称	总销量
芜湖青椒(1)	辣椒类	28164.331
西兰花	花菜类	27537.228
净藕(1)	水生根茎类	27149.44
大白菜	花叶类	19187.218
云南生菜	花叶类	15910.461
金针菇(盒)	食用菌	15596
云南生菜(份)	花叶类	14325
紫茄子(2)	茄类	13602.001
西峡香菇(1)	食用菌	11920.227

小米椒(份)	辣椒类	10833
云南油麦菜	花叶类	10305.364
泡泡椒(精品)	辣椒类	9703.125
娃娃菜	花叶类	8982
云南油麦菜(份)	花叶类	8848
青梗散花	花菜类	8393.786

销量最多的单品是辣椒类的芜湖青椒（1），为 28164.331kg。

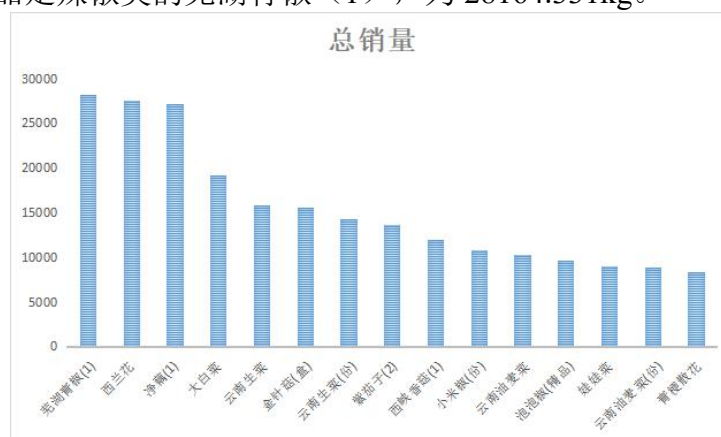


图3 销量前15名的单品销量分布

对附件2销售量数据采取分段采点的处理方法，每7天取一点作为某单品一周的销量代表，建立时序关系，用折线图反映各品类、各单品销售量的变化趋势。

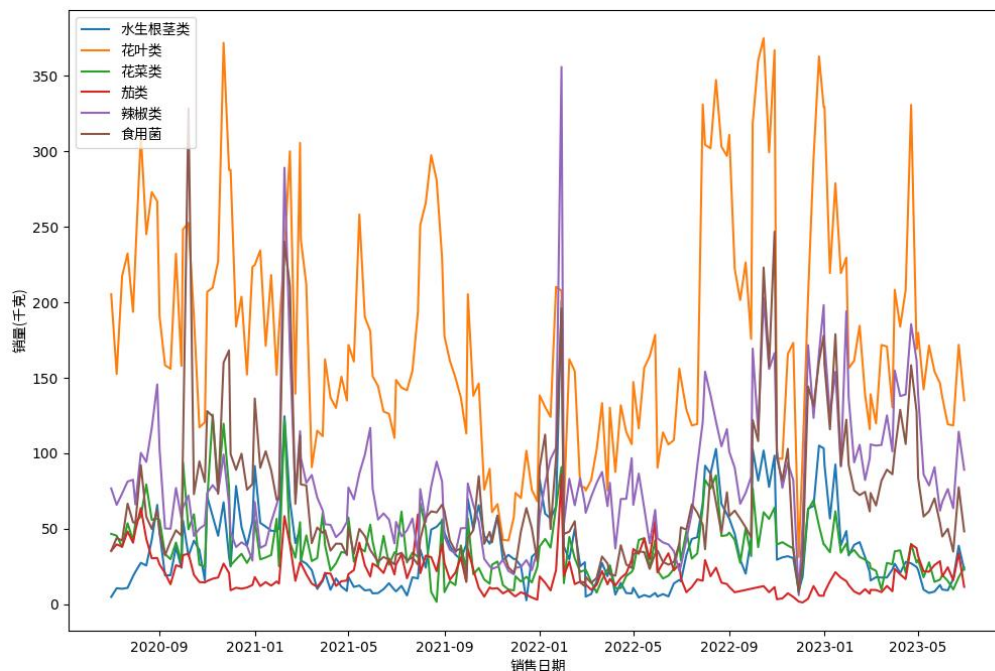


图4 各品类销量变化趋势

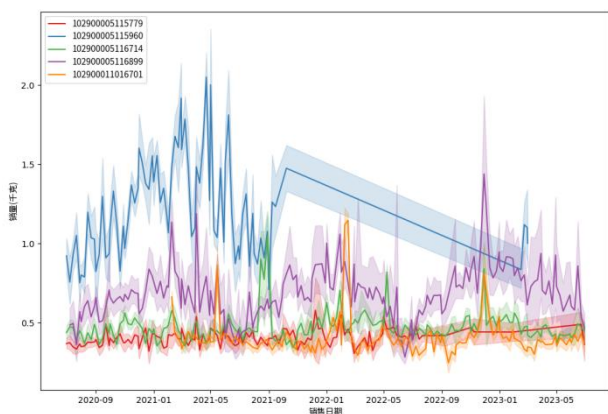


图 5 前 5 名单品销量变化趋势

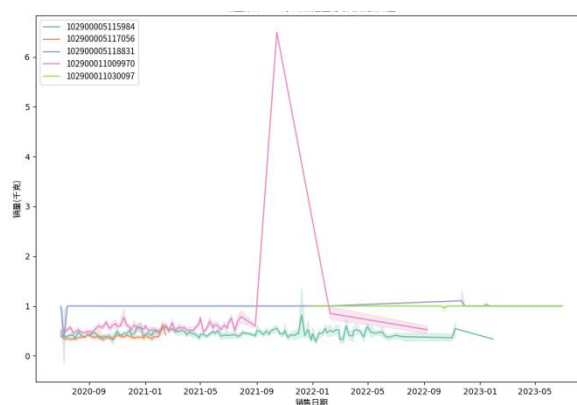


图 6 前 6-10 名单品销量变化趋势

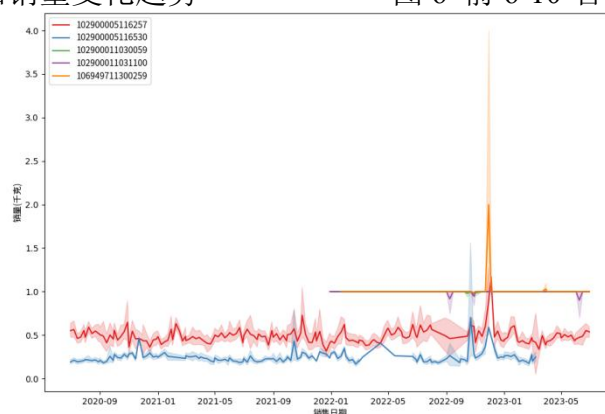


图 7 前 11-15 名单品销量变化趋势

各品类、各单品销量随时间呈周期性变化，一年为一个周期，各个品类的销量在一年中都具有显著的高峰和低谷，具有明显的季节性。其中花叶类的销量在每年的 5 月、9 月都达到高峰，可能与某些节日或季节性事件有关。

对于第二小问，题目要求分析各品类销售量间的相关性和各单品销售量间相关性，引入 Pearson 相关系数分别对 6 个品类、销售量最高的前 15 个单品进行关联度分析。对附件 2 销售量数据采取分段采点的处理方法，每 7 天取一点作为某单品该时段的销售量，用折线图反映各品类、各单品销售量的变化趋势，建立时序关系。

5.1.3 各品类及单品销售量间的相关性问题

(1) Pearson 相关性

在统计学中，相关系数分为三类，分别是 Pearson 相关系数、Kendall 秩相关系数和 Spearman 秩相关系数。由于本文收集到的数据都是连续型变量，故采用 Pearson 相关系数来研究其相关性。

Pearson 相关系数, 是用于度量两个变量 X 和 Y 之间的相关性的方法, 衡量两个数据集是否在一条线上, 应用于衡量定距变量间的线性关系。广泛应用于关联度的评估与预测、销售相关性分析等领域, 随 Pearson 系数大小的波动变化, 两个因素间的线性相关程度存在强弱变化。

对于因素 $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 和 $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$, Pearson 相关系数的计算公式为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

在上式当中, \bar{x} 和 \bar{y} 为 n 个数据的均值, 相关系数 r 的取值范围为 $(-1, 1)$, 即 $|r| \leq 1$. $|r|$ 越趋近 1, 表明两变量 X 和 Y 之间的相关性越强。通常情况下通过以下取值范围判断变量的相关强度。

表 3 Pearson 相关系数与关联强度的关系

Pearson 相关系数	关联强度
0.8-1.0	极强相关
0.6-0.8	强相关
0.4-0.6	中等强度相关
0.2-0.4	弱相关
0.0-0.2	极弱相关或无相关性

分别对花菜类、花叶类、辣椒类、茄类、水生根茎类、食用菌类作为因素 X 和 Y , x_i 和 y_i 表示其对应销量。通过 Python 求取六个品类间的 Pearson 相关系数, 作出热力图。

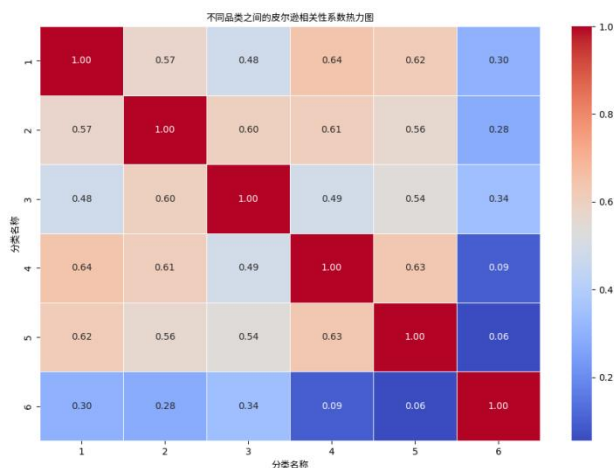


图 8 不同品类间的 Pearson 相关系数热力图

其中，1-辣椒类，2-花叶类，3-花菜类，4-食用菌类，5-水生根茎类，6-茄类。可见，辣椒类和食用菌类正相关性最强，食用菌类和水生根茎类之间存在较高的正相关性。这意味着当其中一方的销量增加时，另一方的销售量也可能增加，二者的销售模式可能为“搭配销售”。水生根茎类和茄类之间存在较低的相关性，意味着水生根茎类基本不受茄类销量的影响，例如，花叶类与其他大部分品类之间的相关性较低，这意味着它们的销售模式可能是独立的。

同时得到销量前 15 名的单品之间的相关系数热力图，如下图所示：

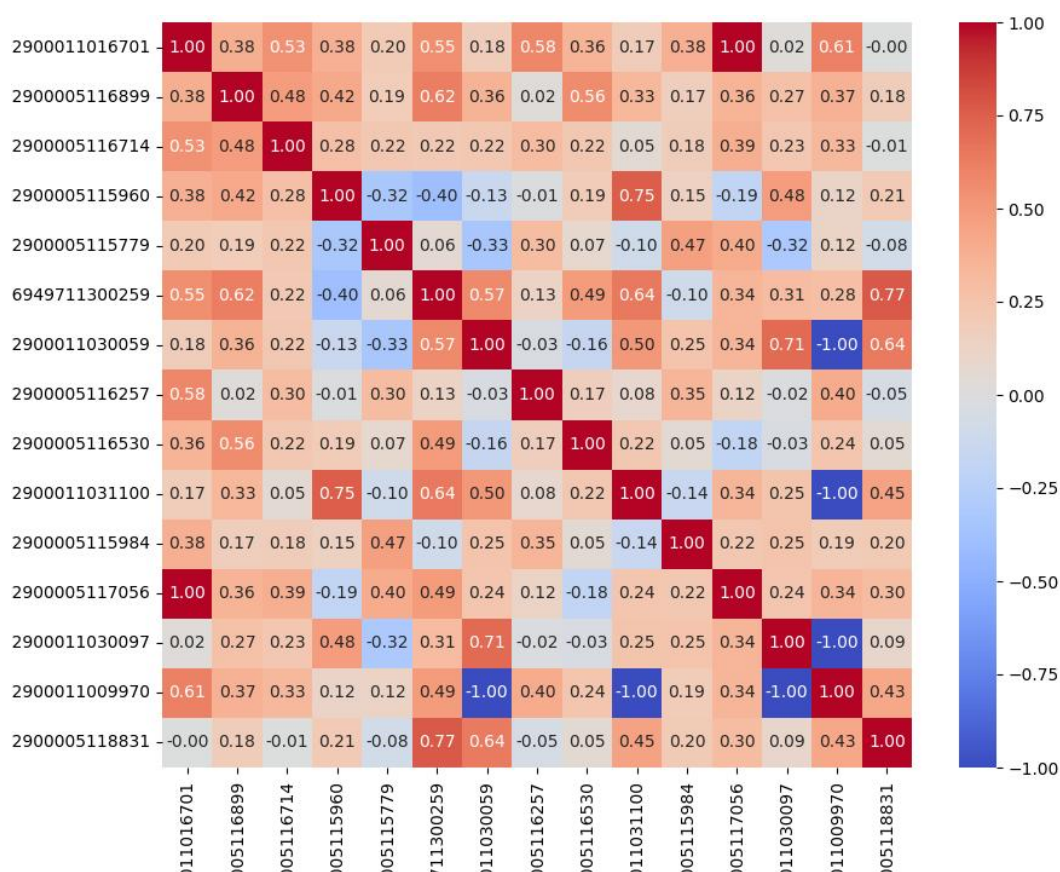


图 9 销量前 15 名的单品之间的相关系数热力图

可见，和 品类正相关性最强，“”和“”之间存在较高的正相关性。这意味着当“”的销量增加时，“”的销售量也可能增加，二者的销售模式可能为“搭配销售”。“”和“”之间存在较低的相关性，意味着“”基本不受“”销量的影响，例如，“花叶类”与其他大部分品类之间的相关性较低，这意味着它们的销售模式可能是独立的。

(2) Pearson 相关性显著性检验

采用 t 检验来验证 Pearson 相关系数是否显著不为 0。原假设 Pearson 相关系数设为 $r = 0$ ，备择假设设为： $r \neq 0$ 。则检验统计量的计算公式为：

$$t_r = \frac{r-0}{S_r}, \quad (2)$$

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}, \quad (3)$$

其中, n 为样本量, r 为 Pearson 相关系数, t_r 为 Pearson 相关系数的标准差的估计值, S_r 为 Pearson 相关系数显著性的检验统计量。当原假设成立且样本量比较大时, t_r 近似服从自由度为 $n-2$ 的 t 分布。

设 α 为显著性水平, 若 P 值 $\leq \alpha$, 则认为 $r \neq 0$, 即两因素的相关性有统计学研究意义; P 值 $> \alpha$, 则接受原假设, 即认为 $r = 0$, 两因素之间无显著相关性。经计算, 上述 P 值均小于 0.05, 表明各蔬菜单品及各品类的相关性具有统计学意义, 模型良好。

5.2 问题二模型的建立与求解

5.2.1 各蔬菜品类销售总量与成本加成定价的关系式

题目要求分析六种蔬菜品类对成本加成定价的回归关系, 合并附件 2 和附件 3, 用 Python 进行无量纲化处理, 对各品类销量、批发价格进行汇总, 通过问题一的求解, 得知各蔬菜品类的销量关于时间呈规则变化, 且销量最多的几种单品的销售量具有相关性, 蔬菜的供应品种在 4 月至 10 月较为丰富, 汇总每个品类种各个单品销售量, 得到每日各蔬菜品类的销售总量。

由于每个蔬菜品类中都包含众多单品, 不同单品销售单价和销售量差异较大, 直接对单品售价取平均值反应品类定价误差较大, 因此不可直接求取均值作为该品类定价, 而应采用各单品售价的加权平均值作为该品类定价。

设 h_i 为第 i 个单品的销售单价, x 为该品类的定价, 则计算公式为:

$$x = \frac{h_1 f_1 + h_2 f_2 + \dots + h_i f_i}{n}, 0 < i < 251 \quad (4)$$

其中 f_i 为第 i 个单品的销售量, n 为该蔬菜品类的销售总量。

利用 Python 进行运算, 得到花叶类、花菜类、辣椒类、茄类、食用菌类、水生根茎类的定价。因数据较多, 这里展示水生根茎类各单品销量和权重, 其他品类详见附录 1。

表 4 水生根茎类各单品销量和权重

单品编码	单品名称	分类名称	总销量	权重	单品单价
------	------	------	-----	----	------

102900005116899	净藕(1)	水生根茎类	27149.44	0.669012687	7.95
102900005118824	高瓜(1)	水生根茎类	1179.652	0.029068819	13.95
102900011001561	莲蓬(个)	水生根茎类	2095	0.051624696	2.14
102900011001691	菱角	水生根茎类	126.422	0.003115273	14.81
102900011007969	红莲藕带	水生根茎类	100.469	0.002475743	10.81
102900011009277	荸荠	水生根茎类	1671.424	0.041186995	6.18
102900011010891	野藕(1)	水生根茎类	448.86	0.011060745	10.02
102900011018132	野生粉藕	水生根茎类	50.815	0.001252176	15.33
102900011021842	洪湖莲藕(粉藕)	水生根茎类	6052	0.149132534	10.52
102900011023976	净藕(2)	水生根茎类	62.221	0.001533241	6.00
102900011032114	荸荠(份)	水生根茎类	10	0.000246419	6.90
102900011032732	高瓜(2)	水生根茎类	449.684	0.01108105	19.57
102900011034569	洪湖莲藕(脆藕)	水生根茎类	40	0.000985674	7.84
102900011035511	净藕(3)	水生根茎类	348.8	0.008595081	7.35
102900051000944	洪湖藕带	水生根茎类	745.554	0.018371837	29.60

建立回归预测分析模型：

线性回归通过一个或多个自变量与因变量之间进行建模，对输入的离散连续数值建立一个回归方程用来预测目标值，对该回归方程的求解即求解其回归相关系数。

对各品类销售量和各品类定价进行线性回归分析，设 $S(x)$ 为一个品类的销售量，对散点 (X_i, Y_i) 提取定价为自变量，销量为因变量，创建形如 $y=ax+b$ 的线性回归拟合线，公式如下：

$$\hat{Y} = a\hat{X} + b \quad (5)$$

$$b = \frac{\sum Y - a \sum X}{n} \quad (6)$$

$$a = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (7)$$

相关系数 r 的计算公式为：

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}} \quad (8)$$

得到各品类销量关于定价的回归方程如下：

表 5 各品类销量关于定价的回归方程

品类	销量与定价的回归方程
花菜类	$S(x)=17358.09307-1377.78361x$
花叶类	$S(x)=3037.18908-79.90852x$
辣椒类	$S(x)=4182.38307-164.33617x$
茄类	$S(x)=5063.73834-322.18657x$
食用菌类	$S(x)=1468.64988-16.4499x$
水生根茎类	$S(x)=4529.01635-162.19341x$

导出六个品类的线性回归拟合图如下：

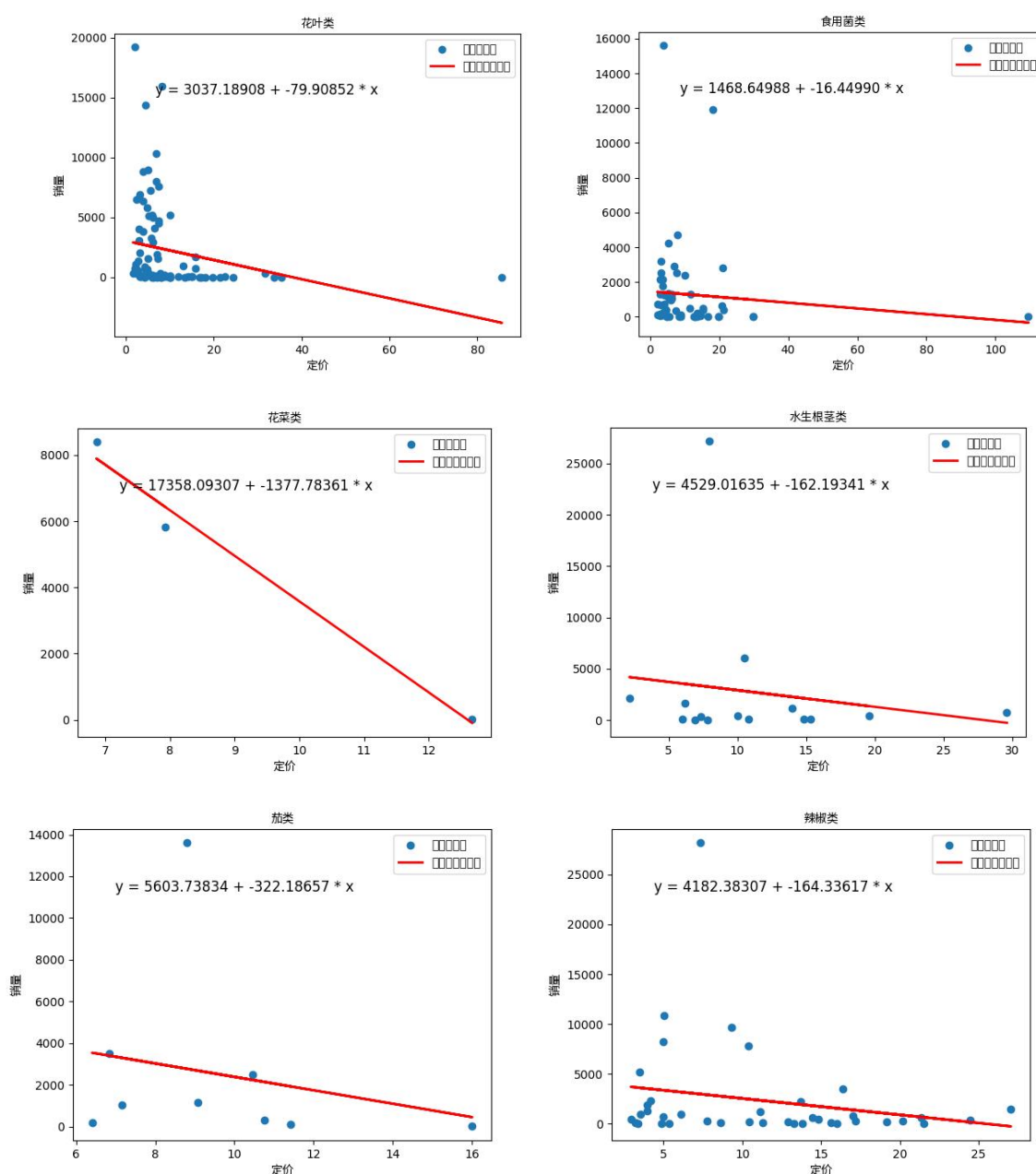


图 10 六个品类销量与定价回归拟合

为尽可能提高拟合度，其中花菜类剔除一个销量特别高的异常点；除花叶类外，其他蔬菜品类都剔除销量小于 100kg 的数值点。

经计算，各品类最小二乘法相关系数 r 的取值均在 0.9-1 之间，证明上述线性回归方程的拟合度较好，模型成立。

5.2.2 每日进货量和成本加成定价计划

(1) ARIMA 时间序列模型

第二小问要求收益最大化，预测未来 7 天各品类每日进货量及定价，本文引入 ARIMA 时间序列模型，以历史批发价预测未来 7 天各品类批发价，基于销量预测函数构建罚函数带入 ARIMA 时间序列分析，建立最大收益目标函数，以当日各品类销量为决策变量，得到 2023 年 7 月 1 日-7 日的定价和日补货量。

ARIMA 时间序列，自回归差分移动平均模型，是用于单变量时间序列数据预测分析的最广泛使用方法。该模型有 p, d, q 三个参数，表示经过 d 次差分后是平稳的 ARIMA(p, q) 过程。

首先对序列绘图，进行 ADF 检验，进行序列平稳化检验，确定 d 值；对于非平稳时间序列要先进行 d 阶差分，转化为平稳时间序列。

白噪声的过程是：

$$X_t = \omega_t, \omega_t(0, \sigma^2) \quad (9)$$

随机游走的过程是：

$$X_t = X_{t-1} + \omega_t, X_t(0, t\sigma^2) \quad (10)$$

随机游走的一阶差分为：

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1} = \omega_t, U_t N(0, \sigma^2) \quad (11)$$

对 X_t 回归，若 $p=1$ ，则该序列满足随机游走，即非平稳序列，可通过取差分的方法形成平稳序列。利用 SPSSPRO 对品类批发价序列进行 ADF 检验。

表 6 品类批发价的 ADF 检验

ADF 检验表							
变量	差分阶数	t	P	AIC	临界值		
					1%	5%	10%
批发价格(元/千克)	0	-1.591	0.988	-817.082	-3.46	-2.874	-2.574
	1	-14.907	0.000***	-809.366	-3.46	-2.875	-2.574
	2	-8.266	0.000***	-768.537	-3.461	-2.875	-2.574

注：***、**、* 分别代表 1%、5%、10% 的显著性水平

1、临界值检验

临界值 1%、5%、10% 不同程度拒绝原假设的统计值和假设检验值 t 进行比较， t 同时小于 1%、5%、10% 即说明非常好地拒绝该假设。

2、显著性检验

对品类批发价的检验结果显示，基于变量批发价格，在差分为 0 阶时，显著性 P 值为 0.988，水平上不要呈现显著性，不能拒绝原假设，该序列为不平稳的时间序列。在差分为 1 阶和 2 阶时，显著性 P 值均小于 0.05，水平上呈现显著性，拒绝原假设，该序

列为平稳的。经过二阶差分，与一阶差分相比，只是在显著性程度上扩大了，因此对于品类批发价，采用一阶差分比较合适。一般情况下，采用一阶、二阶差分就可以使序列变得平稳，因此差分阶数 $d=1$ 。

3、ACF 和 PACF

$$ACF(k) = \sum_{t=k+1}^n \frac{(Z_t - \bar{Z})(Z_{t-k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2} \quad (12)$$

$$PACF(k) = \frac{\text{cov}[(Z_t - \bar{Z}_t), (Z_{t-k} - \bar{Z}_{t-k})]}{\sqrt{\text{var}(Z_t - \bar{Z}_t)} \sqrt{\text{var}(Z_{t-k} - \bar{Z}_{t-k})}} \quad (13)$$

通过自相关系数图的最大滞后点来大致判断 q 值，以及偏自相关系数（PACF）图的最大滞后点来大致判断 p 值。



图 11 最终差分数据自相关图(ACF)

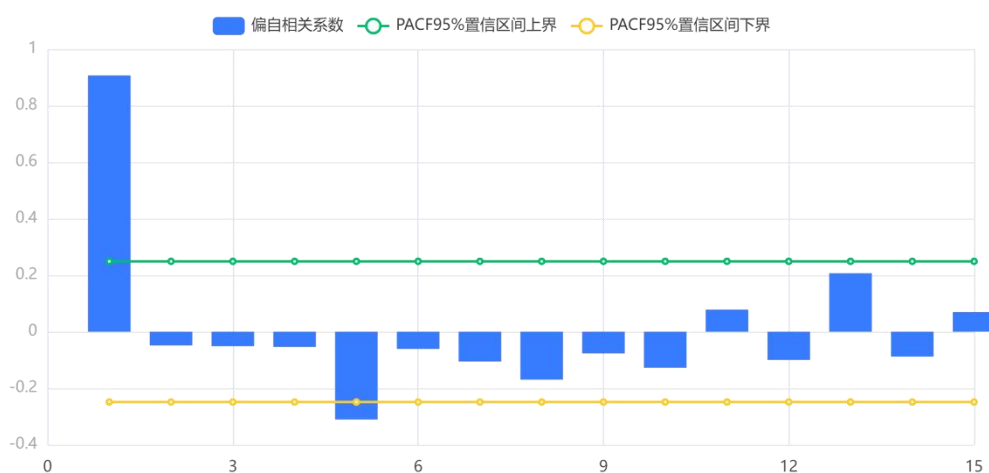


图 12 最终差分数据偏自相关图(PACF)

从上图可以看到：趋势序列 ACF 有 1 阶截尾，PACF 有 1 阶截尾。因此可以选 $p=1$ ， $q=1$ 。由上述步骤，我们已知 $d=1$ ， $p=1$ ， $q=1$ ，故拟合模型为 $ARIMA(1,1,1)$ 。

以各品类历史批发价代入，定义预测的时间步数为 7，循环处理每个分类，依照上

述处理确定 ARIMA 参数，建立 ARIMA 模型，加以训练，预测未来 7 天各品类批发价：

表 7 2023 年 7 月 1-7 日各品类批发价预测值

销售日期	花叶类	食用菌类	水生根茎类	茄类	辣椒类	花菜类
2023-07-01 00:00:00	3.49	6.37	12.69	5.26	4.93	8.39
2023-07-02 00:00:00	3.47	6.48	12.63	5.27	4.78	8.36
2023-07-03 00:00:00	3.47	6.48	12.62	5.27	4.78	8.36
2023-07-04 00:00:00	3.47	6.48	12.62	5.27	4.78	8.35
2023-07-05 00:00:00	3.47	6.48	12.62	5.27	4.78	8.35
2023-07-06 00:00:00	3.47	6.48	12.62	5.27	4.78	8.35
2023-07-07 00:00:00	3.47	6.48	12.62	5.27	4.78	8.35

各品类批发价的变化趋势如下，详见附录 2，此处仅展示花菜类。

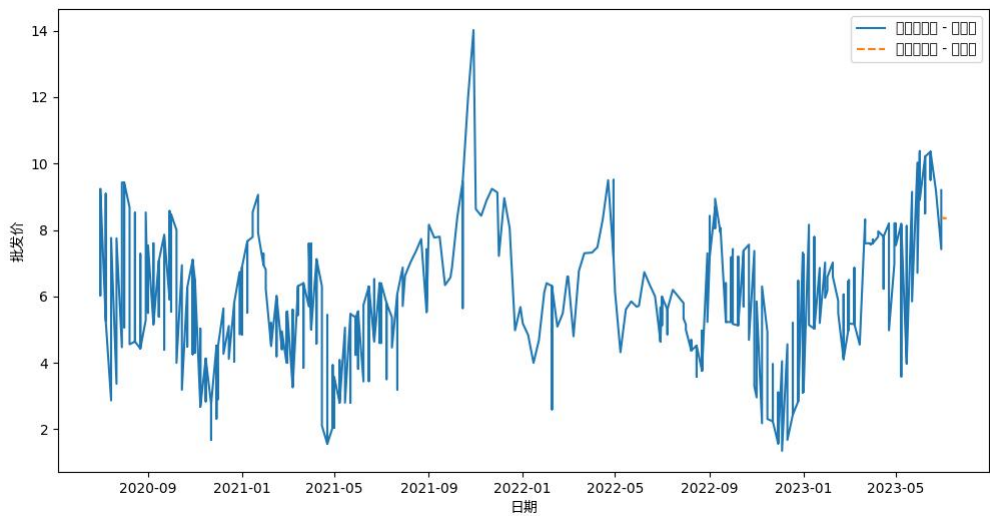


图 13 花菜类批发价历史规律

(2) 商超收益最大化目标规划

本文基于品类销量预测函数构建罚函数带入 ARIMA 时间序列分析，建立日补货量和定价规划模型，目的是确定各蔬菜品类的最优定价和销量，以获取最大收益。而日收益由蔬菜品类的销售单价、批发价、损耗率共同决定。

设收益为 W ， w_i 为第 i 天品类批发价， x_i 为第 i 天品类销售单价， L 为品类损耗率。以每天品类的销售单价为决策变量。

目标函数为：商超总收益最大化。

$$W = \max \sum_{i=1}^7 S(x_i) (x_i - \frac{100}{100-L} \omega_i) \tag{14}$$

约束条件为：品类的销售单价大于其批发价。

$$x_i > \omega_i, \forall i \in \{1,2,3,4,5,6,7\} \tag{15}$$

整合附件 2、4，根据每个品类中各种单品损耗率求均值，计算每个品类的平均损耗

率，即为品类损耗率 L 。

表 8 各品类平均损耗率

品类	平均损耗率
花菜类	10.674104
花叶类	12.775851
辣椒类	7.788212
茄类	6.403379
食用菌类	8.793813
水生根茎类	8.918663

利用 Python 采用启发式收敛图的方法求解上述模型，得到使每日收益最大的 6 个品类每天的售价和销量。

表 9 未来 7 天各品类日补货量、定价及收益

销售日期	品类名称	销售量	定价	收益
2023-07-01 00:00:00	辣椒类	98.45376255	24.8	2003.791795
2023-07-02 00:00:00	辣椒类	102.6547582	24.8	2093.517309
2023-07-03 00:00:00	辣椒类	104.5441505	24.7	2132.326262
2023-07-04 00:00:00	辣椒类	105.3939021	24.7	2139.134475
2023-07-05 00:00:00	辣椒类	105.7760768	24.7	2146.891420
2023-07-06 00:00:00	辣椒类	105.9479594	24.7	2150.380049
2023-07-07 00:00:00	辣椒类	106.0252634	24.7	2151.949055
2023-07-01 00:00:00	花叶类	148.3005586	36.3	4931.746875
2023-07-02 00:00:00	花叶类	156.4312295	36.1	5174.069290
2023-07-03 00:00:00	花叶类	161.435394	36.0	5323.552846
2023-07-04 00:00:00	花叶类	164.5152952	35.9	5408.669041
2023-07-05 00:00:00	花叶类	166.4108745	35.9	5470.988974
2023-07-06 00:00:00	花叶类	167.5775422	35.9	5509.344801
2023-07-07 00:00:00	花叶类	168.2955884	35.9	5532.951569
2023-07-01 00:00:00	水生根茎类	21.42361284	27.8	471.339763
2023-07-02 00:00:00	水生根茎类	20.82986247	27.8	456.140549
2023-07-03 00:00:00	水生根茎类	20.59814006	27.8	451.012348
2023-07-04 00:00:00	水生根茎类	20.50770596	27.8	449.03856
2023-07-05 00:00:00	水生根茎类	20.47241233	27.8	448.258042
2023-07-06 00:00:00	水生根茎类	20.45863832	27.8	447.956449
2023-07-07 00:00:00	水生根茎类	20.45326275	27.8	447.838747
2023-07-01 00:00:00	食用菌	60.31324401	85.6	4812.670039
2023-07-02 00:00:00	食用菌	64.87422727	85.2	5144.001813
2023-07-03 00:00:00	食用菌	66.60788385	85.0	5267.970854
2023-07-04 00:00:00	食用菌	67.26685692	85.1	5320.084084
2023-07-05 00:00:00	食用菌	67.51733646	85.0	5339.894204
2023-07-06 00:00:00	食用菌	67.61254521	84.9	5340.662933
2023-07-07 00:00:00	食用菌	67.64873462	84.9	5343.521507
2023-07-01 00:00:00	花菜类	23.67297342	12.5	118.561040
2023-07-02 00:00:00	花菜类	23.48685552	12.5	118.321333
2023-07-03 00:00:00	花菜类	23.43694407	12.5	118.098031
2023-07-04 00:00:00	花菜类	23.42355926	12.5	118.031731

2023-07-05 00:00:00	花菜类	23.41996984	12.5	118.013690
2023-07-06 00:00:00	花菜类	23.41900726	12.5	118.008842
2023-07-07 00:00:00	花菜类	23.41874912	12.5	118.007541
2023-07-01 00:00:00	茄类	19.46408131	17.3	240.979496
2023-07-02 00:00:00	茄类	20.36353924	17.3	251.881402
2023-07-03 00:00:00	茄类	20.46526392	17.3	253.137675
2023-07-04 00:00:00	茄类	20.47676852	17.3	253.279960
2023-07-05 00:00:00	茄类	20.47806964	17.3	253.296054
2023-07-06 00:00:00	茄类	20.47821679	17.3	253.297874
2023-07-07 00:00:00	茄类	20.47823343	17.3	253.298080

商超未来七天最大总收益为所有品类每天最大收益之和，为 94495.92 元。

5.3 问题三模型的建立与求解

5.3.1 数据处理和指标设计

基于附件 3 数据，筛选销售日期为 2023 年 6 月 24-30 日的数据，得到 49 个不同蔬菜单品，取销量前 30 名，且由问题一结论相关性强的几种蔬菜单品搭配，综合得到 30 个蔬菜单品，构建各单品 2023 年 7 月 1 日销量和售价的最优规划模型。

基于问题二销量预测函数构建罚函数带入时间序列分析，新增约束条件为每个单品陈列量至少 2.5kg，即销量至少 2.5kg，从而得到使商超收益最大化的 2023 年 7 月 1 日每个单品补货量及其定价计划。

5.3.2 模型思路与分析

(1) 建立回归预测分析模型

分别构建 30 个单品销量关于售价的预测模型，得到销量关于售价的回归预测方程，对该回归方程的求解即求解其回归相关系数。

对各单品销售量和对应销售单价进行线性回归分析，设 m 为单品的销售单价， $H(m)$ 为一个单品的销售量，对散点 (X_i, Y_i) 提取定价为自变量，销量为因变量，创建形如 $y=cx+d$ 的线性回归拟合线，公式如下：

$$\begin{aligned}
 \hat{Y} &= c\hat{X} + d \\
 d &= \frac{\sum Y - c\sum X}{n} \\
 c &= \frac{n\sum XY - \sum X\sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}
 \end{aligned} \tag{16}$$

相关系数 r 的计算公式为：

$$r = \frac{\sum (X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum (X-\bar{X})^2 \sum (Y-\bar{Y})^2}} \quad (17)$$

得到各单品销量关于销售单价的回归方程如下：

表 10 各单品销量与定价的回归方程

单品名称	销量与定价回归方程
小皱皮（份）	$y = -1.66698x + 18.78257$
云南生菜（份）	$y = -1.95473x + 45.63558$
小米椒（份）	$y = -3.20813x + 43.30991$
云南油麦菜（份）	$y = -2.43847x + 31.08881$
金针菇（盒）	$y = 3.47265x + 24.30996$
芜湖青椒（1）	$y = -0.71975x + 30.12158$
竹叶菜	$y = -0.82385x + 17.01913$
西兰花	$y = -0.35017x + 20.62704$
菠菜（份）	$y = -2.50737x + 28.98916$
螺丝椒（份）	$y = -1.87950x + 36.87896$
娃娃菜	$y = -3.83940x + 35.63738$
紫茄子（2）	$y = -1.13439x + 24.46785$
双孢菇（盒）	$y = -0.80116x + 19.65100$
苋菜	$y = -0.57752x + 10.93667$
海鲜菇（包）	$y = 0.82930x + 11.84572$
姜蒜小米椒组合装（小份）	$y = 0.38607x + 3.85089$
长线茄	$y = 0.26879x + 3.32139$
螺丝椒	$y = -0.50395x + 14.01918$
奶白菜	$y = -0.19050x + 9.88125$
净藕（1）	$y = -0.06923x + 14.40449$
木耳菜	$y = -0.20875x + 5.93463$
小青菜（1）	$y = -0.80996x + 12.00268$
西峡花菇（1）	$y = -2.04758x + 53.20930$
红薯尖	$y = -0.74305x + 12.18628$
虫草花（份）	$y = 0.93611x - 0.41323$
洪湖藕带	$y = -0.31568x + 12.13006$
上海青	$y = -0.40858x + 8.85722$
枝江青梗散花	$y = -1.11616x + 22.38395$
高瓜（1）	$y = -0.26777x + 6.62418$
青茄子（1）	$y = 0.03789x + 2.30844$

各单品批发价的变化趋势如下，详见附录 3，此处仅展示红薯尖。

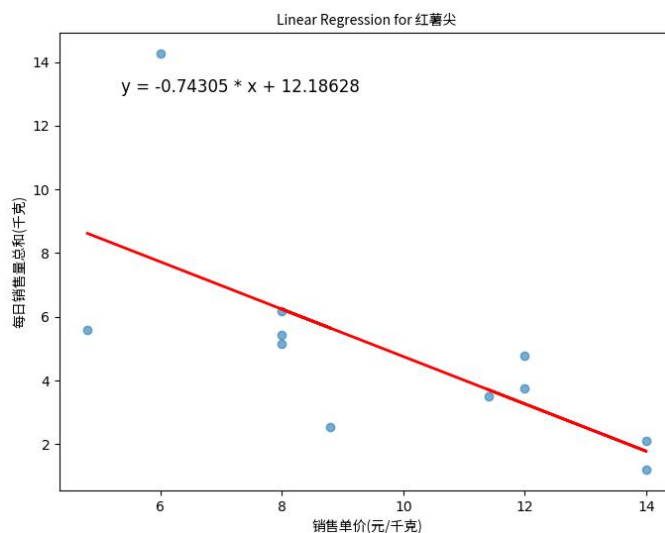


图 14 红薯尖销量与售价的变化趋势

该回归方程的相关系数 $r^2=0.95$ ，表明拟合程度较优秀，除了辣椒类 $0.77 < r^2 < 0.93$ ，其他种类单品拟合程度最低的 r^2 也超过 0.93。

(2) ARIMA 时间序列模型

基于和问题二第二小问相同的算法，基于选中的 30 个蔬菜单品的历史批发价数据构建 ARIMA 时间序列模型，加以训练，预测未来一天各单品的批发价。首先对导入的蔬菜单品历史批发数据序列绘图，进行 ADF 检验，确认 d 值，再通过 ACF 与 PACF 检验确认 q 值和 p 值，确定 ARIMA 拟合模型的三个参数。以各单品的历史批发价代入，定义预测的时间步数为 1，循环处理每个分类，依照上述处理确定 ARIMA 参数，建立 ARIMA 模型，加以训练，预测 2023 年 7 月 1 日各单品的批发价。

表 11 2023 年 7 月 1 日 30 个蔬菜单品批发价

单品名称	批发价	单品名称	批发价
云南生菜(份)	3.49	小青菜(1)	2.70
小米椒(份)	2.11	西峡花菇(1)	15.60
云南油麦菜(份)	2.84	红薯尖	2.60
芜湖青椒(1)	3.63	洪湖藕带	18.00
竹叶菜	2.15	上海青	4.09
西兰花	7.59	枝江青梗散花	8.39
小皱皮(份)	2.10	金针菇(盒)	1.45
螺丝椒(份)	4.29	海鲜菇(包)	1.95
紫茄子(2)	3.43	菠菜(份)	4.07
娃娃菜	4.40	净藕(1)	10.38
双孢菇(盒)	3.41	小青菜(1)	2.70
茼蒿	2.21	长线茄	7.00
姜蒜小米椒组合装(小份)	2.33	高瓜(1)	11.67
螺丝椒	8.97	青茄子(1)	3.98

奶白菜	2.56	虫草花(份)	2.59
-----	------	--------	------

(3) 商超收益最大化目标规划

本文基于个单品销量预测函数构建罚函数带入 ARIMA 时间序列分析，建立单品补货量和定价规划模型，目的是确定 30 个蔬菜单品的最优销售单价和销量，以获取最大当日收益。而当日收益由蔬菜单品的销售单价、批发价、损耗率共同决定。

设收益为 G ， z_i 为第 i 个蔬菜单品的批发价， m_i 为第 i 个蔬菜单品的销售单价， l 为第 i 个蔬菜单品的损耗率。

以每个单品的销售单价为决策变量。

目标函数为：商超当日总收益最大化，即：

$$G = \max \sum_{i=1}^{30} H(m_i) (m_i - \frac{100}{100-l_i} z_i) \tag{18}$$

约束条件为：每个蔬菜单品的销售单价都大于其批发价，且每个蔬菜单品当日的销量不小于 2.5kg 的陈列量，即：

$$\begin{cases} m_i > z_i, \forall i \in \{1,2,3,4,5,6,7\} \\ H(m_i) \geq 2.5, \forall i \in \{1,2,\dots,30\} \end{cases} \tag{19}$$

使用 Python 求解目标函数，得到未来一天各单品日补货量、定价及最大日总收益。

表 14 2023 年 7 月 1 日各单品日补货量、定价及收益

单品名称	销量	销售单价	损耗率	收益	补货量
云南生菜(份)	32.22650797	6.8	9.43	117.2757107	35.58187918
小米椒(份)	26.70668021	5.1	9.43	85.16688211	29.48733599
云南油麦菜(份)	23.92055825	2.9	9.43	7.841446042	26.41112758
芜湖青椒(1)	13.31996879	23.3	5.7	264.7598208	14.12509946
竹叶菜	14.07417973	3.57	13.62	24.10667727	16.29333148
西兰花	16.42920615	11.9	9.26	82.35688316	18.10580356
小皱皮(份)	7.727570827	6.6	9.43	36.30435957	8.53215284
螺丝椒(份)	11.01638548	13.7	9.43	108.1208331	12.16339349
紫茄子(2)	12.83070692	10.2	6.07	89.53525187	13.65986045
娃娃菜	8.849438903	6.9	2.48	23.08924803	9.074486159
双孢菇(盒)	10.29817321	11.6	0.2	84.41227215	10.31881083
苋菜	7.737021785	5.5	18.52	28.62150279	9.495608475
姜蒜小米椒组合装(小份)	7.467589616	9.3	9.43	53.68987094	8.245102811
螺丝椒	8.04610686	11.8	10.18	30.11775271	8.958034803
奶白菜	6.92644468	15.3	15.68	91.02323553	8.214474241
小青菜(1)	4.906008896	8.7	10.33	30.80438831	5.471181996
西峡花菇(1)	9.393404315	21.4	10.8	70.30775262	10.53072233
红薯尖	4.533889313	10.2	8.42	35.45011783	4.950741771
洪湖藕带	4.647417435	23.6	24.05	46.14420772	6.119048631

上海青	5.637364553	7.8	14.43	24.24172177	6.588015138
枝江青梗散花	10.022405	11	9.43	34.08797338	11.06592139
金针菇(盒)	12.97391436	4.53	0.45	41.73364442	13.03256089
海鲜菇(包)	9.710614421	5.3	0	34.31619464	9.710614421
菠菜(份)	10.30503795	7.25	9.43	36.72510454	11.37798161
净藕(1)	6.386230821	15.23	5.54	34.64563429	6.760777918
小青菜(1)	4.906008896	5.3	10.33	14.12395807	5.471181996
长线茄	7.33642737	8.6	6.9	15.28177821	7.880158292
高瓜(1)	3.238117705	9.8	29.25	4.997953725	4.576844813
青茄子(1)	3.56421235	6.5	5.01	3.752200045	3.752197442
虫草花(份)	2.447337933	7.5	9.43	12.61900489	2.702150748

商超 2023 年 7 月 1 日最大总收益为 30 个单品日最大收益之和，为 1565.65 元。

5.4 问题四模型的建立与求解

(1) 季节性影响

对于商超来说，了解蔬菜产量、品质和价格在不同季节的周期性变化是非常重要的，因为季节性因素会通过影响蔬菜产量和消费者需求，从而影响商超的进货计划和定价策略。商超可以通过分析季节性数据预测蔬菜在特定季节的供货量，分别统计供应充足和短缺的菜品。可以设定季节影响系数 Q ，则考虑季节影响的蔬菜单品批发价 z_Q 的公式可设为：

$$z_Q = z(1 + Q) \quad (20)$$

其中， Q 大于 0 时表示季节因素对菜品批发价呈正影响，导致蔬菜供应量减少、批发价升高，从而减少商超收益； Q 小于 0 时表示季节因素对菜品批发价呈负影响，导致蔬菜供应量充足、批发价降低，从而增大商超收益。

(2) 消费者偏好

此外，商超还需要了解消费者对不同蔬菜的偏好以及他们是否更倾向于购买有机或非转基因产品，消费群体的偏好对菜品销售量产生直接影响。为了满足市场需求和制定营销策略，商超可以收集消费者偏好调查数据。通过这些调查，商超可以得到一个偏好系数 F ，反映消费者对某蔬菜单品的偏爱程度，因此可以设定考虑消费者偏好的蔬菜单品销售单价 m_F 的公式为：

$$m_F = m(1 + F) \quad (21)$$

其中， F 大于 0 时表示消费偏好因素对菜品销售单价呈正影响，增大销售量，从而提高商超收益； F 小于 0 时表示消费偏好因素对菜品销售单价呈负影响，导致销量降低，

从而降低商超收益。

(3) 同行竞争

确定定价策略时，商超需要了解竞争对手的定价策略和促销活动。商超可以通过定期监测竞争对手的行动来保持产品竞争力，并确保菜品售价和促销活动在消费市场上具有竞争力，从而提高市场份额和竞争力。

竞争对手的定价可能对商家销售量产生间接影响。设定竞争系数 E ，表示竞争对手同一蔬菜单品销售单价相对本商家的比率，因此可以设定考虑消费者偏好的蔬菜单品售价 m_E 的公式为：

$$E = \frac{m_{\text{对手}}}{m_E} \quad (22)$$

当 E 大于 1 时，意味着我们的价格低于竞争对手，可能导致销售量增加。

在评估收益时，我们需要考虑竞争因素对销售单价的影响。综合这些数据，设商超收益为 W_{QFE} ，则商超的优化收益公式可以重新定义为：

$$\max W_{QFE} = m_F m_{\text{对手}} \frac{100-L}{100} (x - z_Q) \quad (23)$$

通过整合这些数据，我们可以更准确地估计销售量和收益，为商超提供更合理和有利的补货和定价策略建议。

六、模型的分析与检验

由于问题二基于品类销量关于定价的回归预测函数构建罚函数带入 ARIMA 时间序列分析，品类损耗率采用历史平均损耗量为参数，以一个蔬菜品类中所有单品损耗率的平均值代表整个品类的损耗率，不够精确，可能对模型输出结果造成干扰。因此需要对每个蔬菜品类未来 7 天总收益关于平均损耗率进行灵敏度分析。以损耗率为自变量，商超收益为因变量，迭代步阶设为 0.01，迭代 1500 次，得到以下示图：

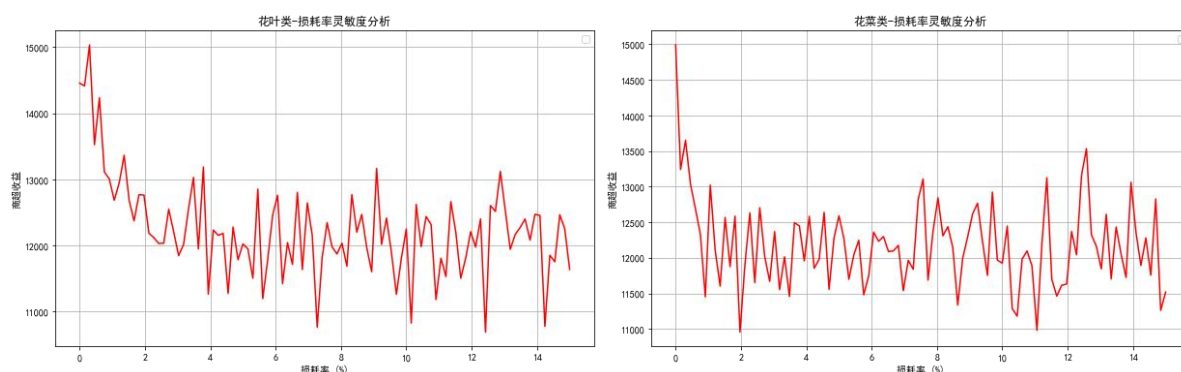


图 15 花叶类的收益灵敏度

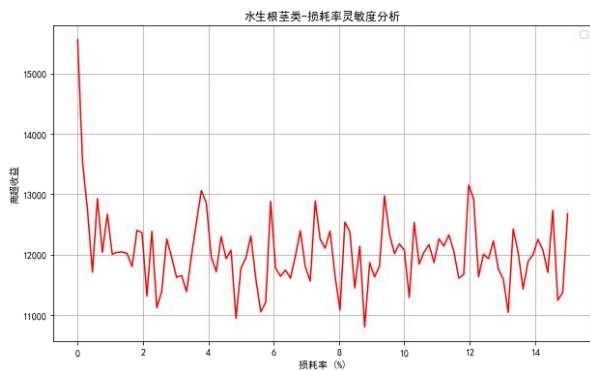


图 17 水生根茎类的收益灵敏度

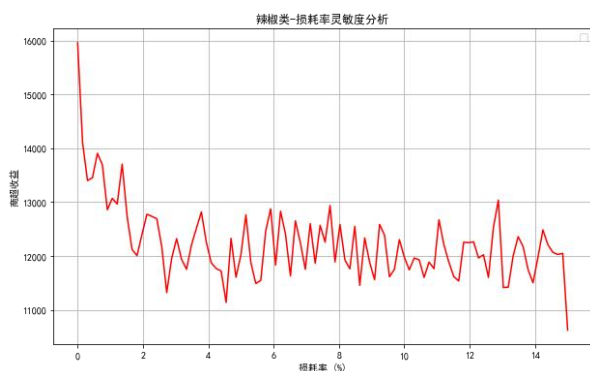


图 19 辣椒类的收益灵敏度

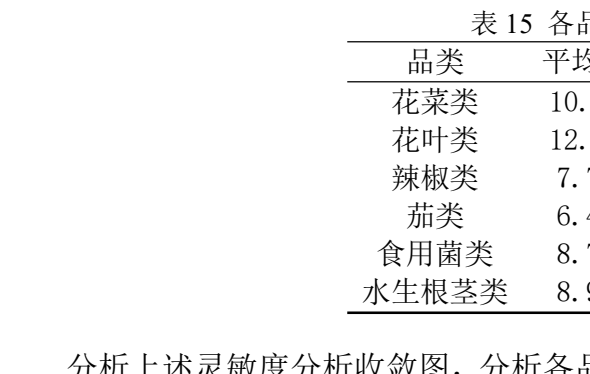


图 16 花菜类的收益灵敏度

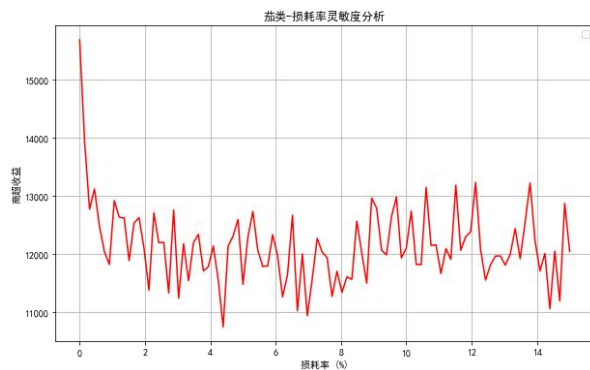


图 18 茄类的收益灵敏度

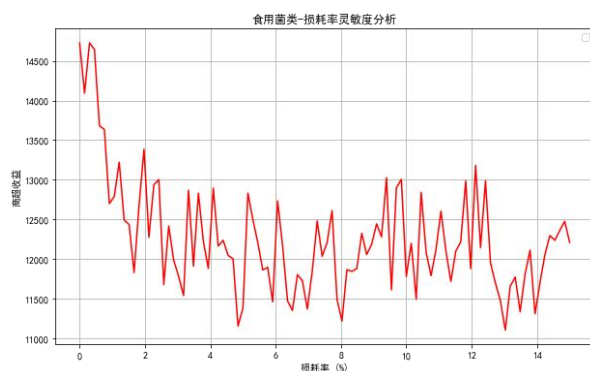


图 20 食用菌类的收益灵敏度

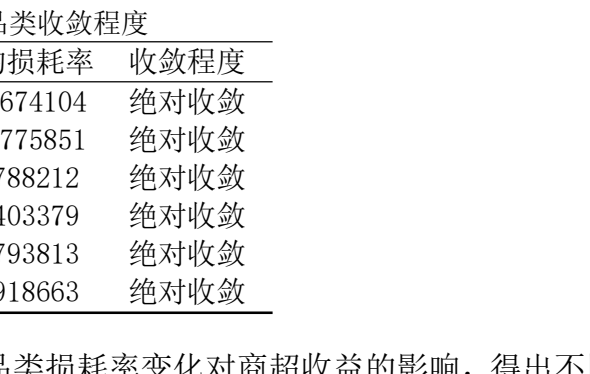


表 15 各品类收敛程度

品类	平均损耗率	收敛程度
花菜类	10.674104	绝对收敛
花叶类	12.775851	绝对收敛
辣椒类	7.788212	绝对收敛
茄类	6.403379	绝对收敛
食用菌类	8.793813	绝对收敛
水生根茎类	8.918663	绝对收敛

分析上述灵敏度分析收敛图，分析各品类损耗率变化对商超收益的影响，得出不同蔬菜品类损耗率改变，对应商超收益趋于平稳，证明该模型对于品类损耗率变化具有良好稳定性，模型灵敏度比较稳健。说明商超收益对品类损耗率的小幅度变化不敏感，不会因此剧烈变动，模型良好，采用历史平均损耗量为参数具有合理性。

七、模型评价、改进与推广

7.1 模型的优点

1. Pearson 相关系数通过计算协方差和标准差来得到相关系数，计算过程简单明了，

直观地表示两个变量之间的关系强度和方向。

2. ARIMA 模型可以处理多变量时间序列，考虑多个相关变量之间的关系，参数具有清晰的统计意义，可以直观地解释每个参数对时间序列的影响。
3. 线性回归模型可以通过系数的正负来解释自变量对因变量的影响程度，提供了直观的解释结果，并且利于理解。

7.2 模型的缺点

1. Pearson 相关系数对异常值（极端值）比较敏感，异常值可以对相关系数产生较大的影响，导致误判两个变量之间的实际关系。
2. 线性回归模型对于大量的异常值或噪声数据较为敏感，这些非典型数据可能会对模型的拟合结果产生较大干扰。

7.3 模型的改进与推广

1、改进之处主要包括以下几点：

融合深度学习技术：现有模型在处理非线性和高维数据关系时可能受到限制。深度学习，特别是神经网络的复杂结构，可能为模型提供更强大的数据表示和处理能力，增强对复杂数据模式的识别和挖掘。

2、模型推广主要可以从以下几点考虑：

时间序列分析的应用：销量和定价往往受时间趋势和季节性的显著影响。未来模型应深入探索时间序列方法，如 ARIMA 或 LSTM，以捕获这些隐含的时间依赖性，进而提高预测的准确性。

竞争力分析：任何商业环境中，竞争对手的行为都是不容忽视的变量。为了使模型更为完善，应考虑集成外部竞争环境数据，以更全面地刻画市场的动态变化。

动态调整与自适应：市场环境的变化迅速且不可预测，模型应具备实时调整和自我适应的能力，根据最新的数据动态更新预测和策略，确保长期的最优性。

消费者行为分析：考虑融合用户行为和偏好数据，以更精确地预测潜在的销售和收益。这可能需要对大量的消费者行为数据进行深度挖掘，从而更好地理解消费者决策过程。

总结而言，商超收益最优化模型在未来的研发中面临众多机遇与挑战。借助新技术和方法，持续完善和扩展模型将是确保其长期有效性和竞争力的关键。

八、参考文献

- [1] 唐海淞. 基于神经网络的电力负荷预测研究[D]. 兰州交通大学, 2021. DOI:10.27205/d.cnki.gltcc.2021.001397.
- [2] 李亚丽. 考虑保鲜技术投资的联合补货与定价协同决策[D]. 重庆交通大学, 2023. DOI:10.27671/d.cnki.gcjtc.2022.000163.
- [3] 谢昌辉. 基于时间序列分解的组合模型预测方法研究[D]. 西安电子科技大学, 2020. DOI:10.27389/d.cnki.gxadu.2020.000601.
- [4] 袁思宇. 基于时间序列的在线问答社区 UGC 发布数量预测研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2020. DOI:10.27061/d.cnki.ghgdu.2020.003651.
- [5] 刘明光. 基于独立成分分析的故障诊断方法研究[D]. 武汉理工大学, 2019. DOI:10.27381/d.cnki.gwlgd.2019.000332.

九、附录

附录 1

介绍：各蔬菜品类中各单品的销量与权重计算结果

花菜类各单品销量与权重

单品编码	单品名称	分类名称	总销量	权重	单品单价
102900011000632	紫白菜(1)	花菜类	13.251	0.000317269	12.67
102900011009970	青梗散花	花菜类	8393.786	0.200972537	6.87
102900011034026	枝江青梗散花	花菜类	5821.571	0.139385957	7.93

食用菌类各单品销量与权重

单品编码	单品名称	分类名称	总销量	权重	单品单价
102900005115250	西峡花菇(1)	食用菌	2810.716	0.036955856	21.18
102900005116530	西峡香菇(1)	食用菌	11920.227	0.156729529	18.19
102900005116547	金针菇(1)	食用菌	4697.47	0.061763275	7.86
102900005116837	平菇	食用菌	2542.959	0.033435334	7.80
102900005116912	姬菇(1)	食用菌	375.222	0.004933494	15.23
102900005117353	白玉菇(1)	食用菌	22	0.00028926	4.90
102900005119098	双孢菇	食用菌	627.718	0.008253362	20.79
102900005119104	蟹味菇(1)	食用菌	102	0.001341116	3.50
102900005119944	海鲜菇(1)	食用菌	502.165	0.006602566	15.35
102900005125815	杏鲍菇(1)	食用菌	2404.977	0.031621119	10.06
102900011001806	姬菇(包)	食用菌	1071	0.014081722	6.21
102900011001813	金针菇(袋)(1)	食用菌	2149	0.028255482	2.86
102900011007044	银耳(朵)	食用菌	287	0.003773533	4.33
102900011009246	鲜木耳(1)	食用菌	212.171	0.002789667	13.72
102900011011546	海鲜菇(袋)(1)	食用菌	1266	0.016645621	4.20
102900011011669	秀珍菇	食用菌	14.708	0.000193384	13.78
102900011012482	茶树菇(袋)	食用菌	90	0.001183338	8.80
102900011012871	黑皮鸡枞菌	食用菌	5.795	7.61938E-05	109.52
102900011012994	杏鲍菇(袋)	食用菌	1343	0.017658033	5.26
102900011013274	白玉菇(袋)	食用菌	2927	0.038484781	7.04
102900011018095	虫草花(袋)	食用菌	978	0.01285894	6.12
102900011021699	牛排菇	食用菌	6.602	8.68044E-05	29.80
102900011026793	杏鲍菇(250克)	食用菌	10	0.000131482	4.90
102900011030561	赤松茸(盒)	食用菌	5	6.5741E-05	16.80
102900011030608	牛排菇(盒)	食用菌	34	0.000447039	8.40
102900011030615	猪肚菇(盒)	食用菌	7	9.20374E-05	12.80
102900011030622	黑牛肝菌(盒)	食用菌	4	5.25928E-05	19.80
102900011030912	海鲜菇(份)	食用菌	1301	0.017105808	6.19
102900011030929	鲜木耳(份)	食用菌	741	0.009742816	2.14
102900011031599	杏鲍菇(份)	食用菌	102	0.001341116	3.07
102900011031841	双孢菇(份)	食用菌	10	0.000131482	8.90

102900011031926	虫草花(份)	食用菌	1109	0.014581354	5.25
102900011031995	姬菇(份)	食用菌	682	0.008967072	3.10
102900011032619	西峡香菇(2)	食用菌	413.841	0.005441264	21.31
102900011032626	鲜木耳(2)	食用菌	28.535	0.000375184	13.03
102900011032633	海鲜菇(2)	食用菌	51.895	0.000682326	14.74
102900011032640	姬菇(2)	食用菌	16.953	0.000222901	13.14
102900011033937	金针菇(2)	食用菌	473.315	0.00622324	11.56
102900011033944	杏鲍菇(2)	食用菌	1304.552	0.017152511	11.66
102900011033968	西峡花菇(2)	食用菌	9.24	0.000121489	19.80
102900011034330	双孢菇(盒)	食用菌	4229	0.055603738	5.32
102900011035740	蟹味菇与白玉菇双拼(盒)	食用菌	371	0.004877982	7.51
102900011035788	西峡香菇(份)	食用菌	379	0.004983168	4.59
102900011036068	菌蔬四宝(份)	食用菌	13	0.000170927	5.50
102900051009336	虫草花	食用菌	39.977	0.000525626	29.80
106930274220092	蟹味菇(袋)	食用菌	399	0.005246132	4.71
106930274620090	海鲜菇(袋)(2)	食用菌	708	0.009308926	4.13
106931885000035	绣球菌	食用菌	7	9.20374E-05	12.90
106949711300068	金针菇(袋)(3)	食用菌	2549	0.033514762	3.32
106949711300167	金针菇(袋)(2)	食用菌	3175	0.041745535	3.11
106949711300259	金针菇(盒)	食用菌	15596	0.205059327	3.82
106956146480197	白玉菇(2)	食用菌	251	0.003300198	3.97
106956146480203	蟹味菇(2)	食用菌	95	0.001249079	3.79
106957634300010	白玉菇(盒)	食用菌	168	0.002208898	2.90
106957634300058	蟹味菇(盒)	食用菌	81	0.001065004	2.90
106958851400125	海鲜菇(袋)(4)	食用菌	2149	0.028255482	3.69
106971533450003	海鲜菇(包)	食用菌	1303	0.017132105	3.05
106971533455008	海鲜菇(袋)(3)	食用菌	1775	0.023338055	3.63
106973990980123	和丰阳光海鲜菇(包)	食用菌	109	0.001433154	2.31

茄类各单品销量与权重

单品编码	单品名称	分类名称	总销量	权重	单品单价
102900005116257	紫茄子(2)	茄类	13602.001	0.606371843	8.80
102900005116509	青茄子(1)	茄类	3516.763	0.156775908	6.85
102900011000335	紫圆茄	茄类	7.658	0.000341391	16.00
102900011009444	大龙茄子	茄类	1167.218	0.052034118	9.07
102900011016909	花茄子	茄类	101.379	0.004519436	11.42
102900011022764	长线茄	茄类	2496.413	0.111289108	10.46
102900011033975	青茄子(2)	茄类	190.522	0.008493396	6.41
102900011033982	紫茄子(1)	茄类	297.158	0.013247187	10.76
102900011033999	圆茄子(1)	茄类	4.981	0.000222051	#N/A
102900051000463	圆茄子(2)	茄类	1047.689	0.046705563	7.15

其中，圆茄子（1）无销量，商品单价不计。

辣椒类各单品销量

单品编码	单品名称	分类名称	总销量	单品单价
102900005116219	红尖椒	辣椒类	438.593	14.81
102900005116226	青尖椒	辣椒类	1186.531	11.15
102900005116233	红椒(1)	辣椒类	3457.875	16.40
102900005116943	红杭椒	辣椒类	658.56	21.33
102900005117056	泡泡椒(精品)	辣椒类	9703.125	9.30
102900005117209	七彩椒(1)	辣椒类	263.192	20.18
102900005119968	青杭椒(2)	辣椒类	128.5	8.63
102900005123880	灯笼椒(1)	辣椒类	212.043	12.89
102900005125808	小米椒	辣椒类	1447.353	27.05
102900011000328	螺丝椒	辣椒类	7792.181	10.36
102900011000861	红线椒	辣椒类	27.713	13.26
102900011001219	红灯笼椒(1)	辣椒类	278.612	17.20
102900011016701	芜湖青椒(1)	辣椒类	28164.331	7.34
102900011022030	组合椒系列	辣椒类	641	14.45
102900011027479	小皱皮	辣椒类	163.64	10.45
102900011028407	余干椒	辣椒类	33.907	13.80
102900011029176	辣妹子	辣椒类	119.645	11.31
102900011029299	紫螺丝椒	辣椒类	6.843	16.00
102900011029305	水果辣椒	辣椒类	28.571	21.49
102900011031100	小米椒(份)	辣椒类	10833	5.06
102900011031582	青尖椒(份)	辣椒类	932	3.53
102900011031735	七彩椒(份)	辣椒类	18	4.90
102900011031759	红灯笼椒(份)	辣椒类	13	3.40
102900011032022	小皱皮(份)	辣椒类	5175	3.49
102900011032206	青杭椒(份)	辣椒类	457	2.93
102900011032213	红杭椒(份)	辣椒类	707	5.00
102900011032220	水果辣椒(份)	辣椒类	283	7.75
102900011032237	青线椒(份)	辣椒类	2307	4.20
102900011032244	红尖椒(份)	辣椒类	953	6.13
102900011032251	螺丝椒(份)	辣椒类	8235	5.00
102900011032343	七彩椒(2)	辣椒类	370.033	24.45
102900011032350	灯笼椒(2)	辣椒类	76.596	15.65
102900011032367	红灯笼椒(2)	辣椒类	214.81	19.14
102900011032848	姜蒜小米椒组合装(小份)	辣椒类	1868	3.96
102900011034262	红椒(份)	辣椒类	93	3.22
102900011034439	青红杭椒组合装(份)	辣椒类	1257	3.98
102900011035078	红椒(2)	辣椒类	769.208	17.03
102900011036242	青红尖椒组合装(份)	辣椒类	45	5.36
102900051004294	青线椒	辣椒类	2219.781	13.70

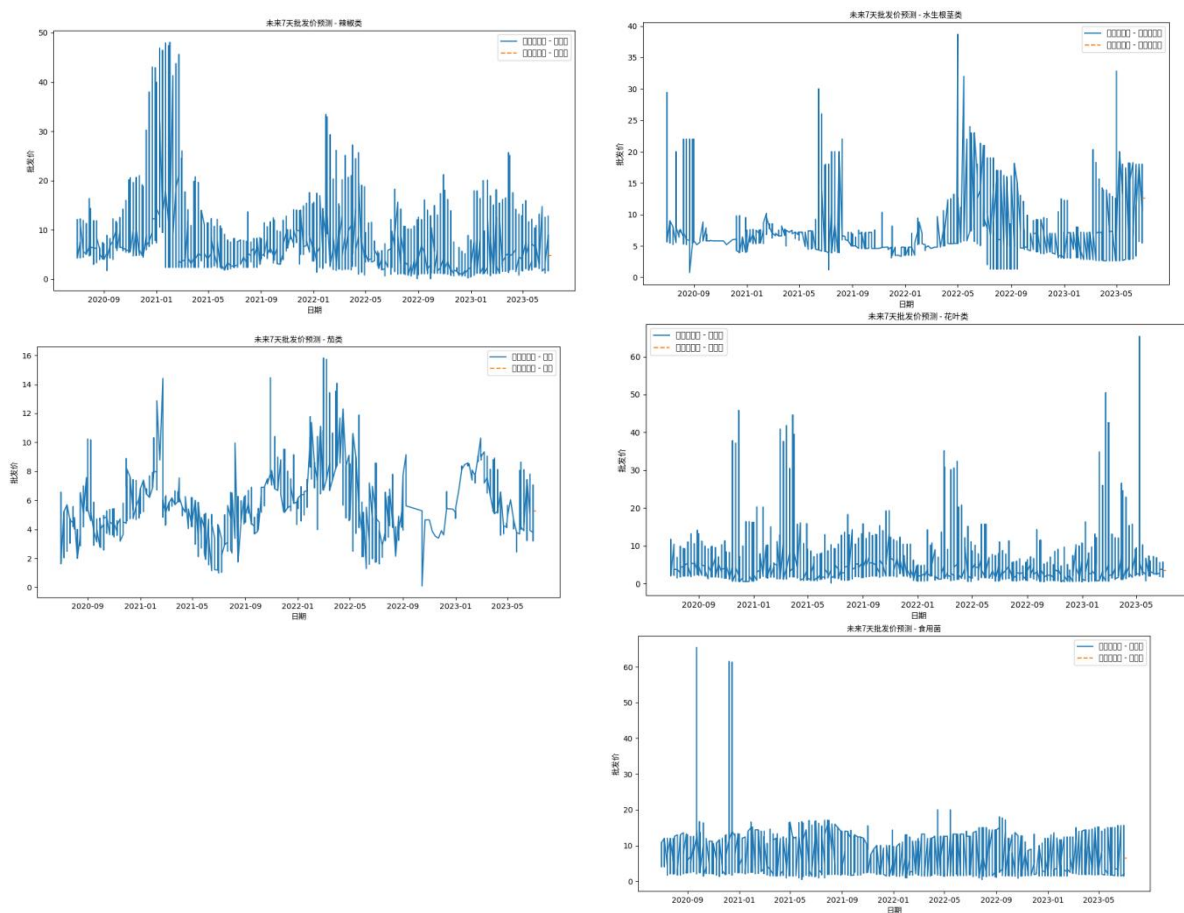
花叶类各单品销售量与权重

单品编码	单品名称	分类名称	总销量	权重	单品单价
102900005115168	牛首生菜	花叶类	899.837	0.004532705	4.23
102900005115199	四川红香椿	花叶类	333.223	0.001678528	31.71
102900005115625	本地小毛白菜	花叶类	121.02	0.000609608	4.90
102900005115748	白菜苔	花叶类	718.676	0.003620151	4.38
102900005115762	苋菜	花叶类	5100.061	0.025690288	5.20
102900005115779	云南生菜	花叶类	15910.461	0.080144986	8.26
102900005115786	竹叶菜	花叶类	7240.764	0.036473546	5.60
102900005115793	小白菜	花叶类	1707.303	0.008600114	15.91
102900005115823	上海青	花叶类	7606.756	0.038317139	7.44
102900005115854	萝卜叶	花叶类	415.325	0.002092096	5.10
102900005115861	牛首油菜	花叶类	3836.566	0.019325746	3.96
102900005115878	茼蒿	花叶类	4110.162	0.020703918	6.62
102900005115885	蔡甸藜蒿	花叶类	939.575	0.004732875	13.11
102900005115908	菜心	花叶类	4496.717	0.022651092	7.37
102900005115946	木耳菜	花叶类	1566.64	0.007891559	7.32
102900005115960	大白菜	花叶类	19187.218	0.096650834	2.08
102900005115984	云南油麦菜	花叶类	10305.364	0.051910705	6.82
102900005116790	黄心菜(1)	花叶类	2911.299	0.014664944	6.18
102900005116806	黑油菜	花叶类	101.125	0.000509392	4.03
102900005118572	本地上海青	花叶类	596.697	0.003005713	2.55
102900005118817	菠菜	花叶类	5216.461	0.026276624	10.08
102900005118831	娃娃菜	花叶类	8982	0.045244589	5.02
102900005119975	红薯尖	花叶类	5159.433	0.025989359	6.04
102900005122654	枝江红菜苔	花叶类	4962.454	0.024997127	6.11
102900011000571	随州泡泡青	花叶类	675.221	0.003401258	4.77
102900011006689	东门口小白菜	花叶类	1543.478	0.007774886	5.10
102900011006948	外地茼蒿	花叶类	732.615	0.003690366	15.82
102900011008164	奶白菜	花叶类	5816.308	0.029298203	4.90
102900011008522	甜白菜	花叶类	4685.261	0.023600836	7.53
102900011022849	本地黄心油菜	花叶类	1375.122	0.006926835	2.83
102900011023464	小青菜(1)	花叶类	3267.993	0.016461701	5.78
102900011030042	枝江红菜苔(份)	花叶类	313	0.00157666	2.18
102900011030059	云南生菜(份)	花叶类	14325	0.072158621	4.41
102900011030097	云南油麦菜(份)	花叶类	8848	0.044569597	3.94
102900011030103	茼蒿(份)	花叶类	587	0.002956866	2.38
102900011030110	菠菜(份)	花叶类	6342	0.031946246	4.00
102900011030134	菜心(份)	花叶类	2053	0.010341476	3.13
102900011030141	上海青(份)	花叶类	3070	0.015464361	2.99
102900011030158	小青菜(2)	花叶类	296	0.001491026	1.60
102900011030905	鱼腥草(份)	花叶类	470	0.002367508	4.67
102900011032787	竹叶菜(份)	花叶类	1076	0.005420082	2.21
102900011033234	红薯尖(份)	花叶类	727	0.003662081	2.04

102900011033906	保康高山大白菜	花叶类	6484.736	0.032665243	2.48
102900011033920	黄心菜(2)	花叶类	1882.768	0.009483975	7.12
102900011034200	茼菜(份)	花叶类	426	0.002145869	2.77
102900011034217	小白菜(份)	花叶类	341	0.001717703	7.89
102900011034224	小青菜(份)	花叶类	4057	0.020436127	3.04
102900011034231	奶白菜(份)	花叶类	6931	0.034913187	3.13
102900011034354	鲜粽叶(袋)(1)	花叶类	200	0.00100745	5.90
102900011035481	外地茼蒿(份)	花叶类	127	0.000639731	7.79
102900011035764	龙牙菜	花叶类	186.831	0.000941115	8.72
102900011035771	黄白菜(1)	花叶类	155.496	0.000783272	7.54
102900051010455	黄白菜(2)	花叶类	7987.99	0.040237511	6.86
106972776821582	鲜粽叶(袋)(3)	花叶类	128	0.000644768	6.80

附录 2

介绍：未来各蔬菜品类批发价变化趋势



附录 3

介绍：各单品批发价的变化趋势

