

基于遗传算法的农作物的种植策略问题优化

俞 恒, 颜颖颖

浙江农林大学暨阳学院工程技术学院, 浙江 诸暨

收稿日期: 2025年5月17日; 录用日期: 2025年6月11日; 发布日期: 2025年6月18日

摘 要

随着乡村全面振兴的不断推进, 农村农业发展已成为国家发展的重要基石。优化种植结构、合理利用农田、降低生产成本、提高生产效益成为农村发展的重要举措之一。本文基于某乡村的耕地和农作物种类以及2023年的农作物亩产量、销售成本等数据, 结合实际和问题背景, 针对问题一, 基于遗传算法的混合线性模型, 利用农作物的生长规律和地块农作物的种植约束, 分别对滞销浪费和超出降价50%两种情况的农作物种植策略进行数学建模和优化。由Python结果可得, 在滞销浪费下, 可预测在2024~2030年总利润中粮食类产物占大部分, 且年平均总收益达32,159,289.9元; 在超出降价50%中, 蔬菜类在总利润中占主导, 年平均总收益约32,159,568.3元。

关键词

遗传算法, 混合线性模型, 种植优化

Optimization of Crop Planting Strategy Based on Genetic Algorithm

Heng Yu, Yingying Yan

School of Engineering and Technology, Jiyang College, Zhejiang A&F University, Zhuji Zhejiang

Received: May 17th, 2025; accepted: Jun. 11th, 2025; published: Jun. 18th, 2025

Abstract

With the continuous advancement of comprehensive rural revitalization, the development of agriculture in rural areas has become a crucial cornerstone of national progress. Optimizing the planting structure, making rational use of farmland, reducing production costs, and enhancing production efficiency have emerged as significant measures for rural development. This paper is based on the

arable land and crop types of a certain village, as well as the per-mu yield and sales costs of crops in 2023. Integrating practical considerations and the problem context, for Problem 1, a hybrid linear model based on a genetic algorithm is employed. Utilizing the growth patterns of crops and the planting constraints of the land, mathematical modeling and optimization are conducted for crop planting strategies under two scenarios: unsold waste and a 50% price reduction for overproduction. The Python results indicate that under the unsold waste scenario, grain crops are predicted to dominate the total profits from 2024 to 2030, with an average annual total revenue reaching 32,159,289.9 yuan. In the case of a 50% price reduction for overproduction, vegetable crops dominate the total profits, with an average annual total revenue of approximately 32,159,568.3 yuan.

Keywords

Genetic Algorithm, Hybrid Linear Model, Planting Optimization

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

乡村经济的可持续发展主要来源于农作物的生产效益, 因此, 因地制宜地制定合理的种植策略对乡村的发展有重要意义[1]。农作物的生长, 受气候条件、耕地面积及类型、种植设施、农作物生长规律、田间管理等多种不确定因素影响, 因此有效控制不确定因素, 须适当选择作物类型、合理规划土地使用, 以确保农业的稳定性与可持续性, 降低减产等种植风险十分有必要。

2. 问题的数据条件和预处理

根据乡村现有耕地和农作物的基本情况, 包括地块面积、地块类型、耕地类型及作物类型的相关信息以及 2023 年的农作物种植数据以及相应农作物的亩产量、种植成本、销售单价等相关数据。

考虑到数据较为分散, 为了更好地理解和分析数据, 在思考和解决问题前, 进行数据的整理和分析。根据地块和农作物以及 2023 年种植情况的相关数据, 本文主要借助 Python 等工具, 对数据合并整理以及可视化处理, 从而掌握数据的大致情况, 以便对问题的解决。

2.1. 量化处理

为了将土地类型和农作物符号化, 这里进行量化处理, 见表 1。

Table 1. Quantitative treatment
表 1. 量化处理

量化前	量化后
平旱地(A1, ..., A6)	1、2、3、4、5、6
梯田(B1, ..., B14)	7、8、9、.....、20
山坡地(C1, ..., C6)	21、22、23、24、25、26
水浇地(D1, ..., D8)	27、28、29、30、31、32、33、34
普通大棚(E1, ..., E16)	35、36、37、.....、50

续表

智慧大棚(F1, ..., F4)	51、52、53、54
粮食(黄豆、……、水稻)	1、2、3、……、16
蔬菜(豇豆、……、红萝卜)	17、18、19、……、37
食用菌(榆黄菇、……、羊肚菌)	38、39、40、41

2.2. 2023 年农作物的销售单价

受市场波动和气候、害虫灾害等因素的影响，根据 2023 年农作物的价格的波动范围，为了公平，本文取农作物价格的中值作为 2023 年各个农作物的销售价格如下图 1 所示。

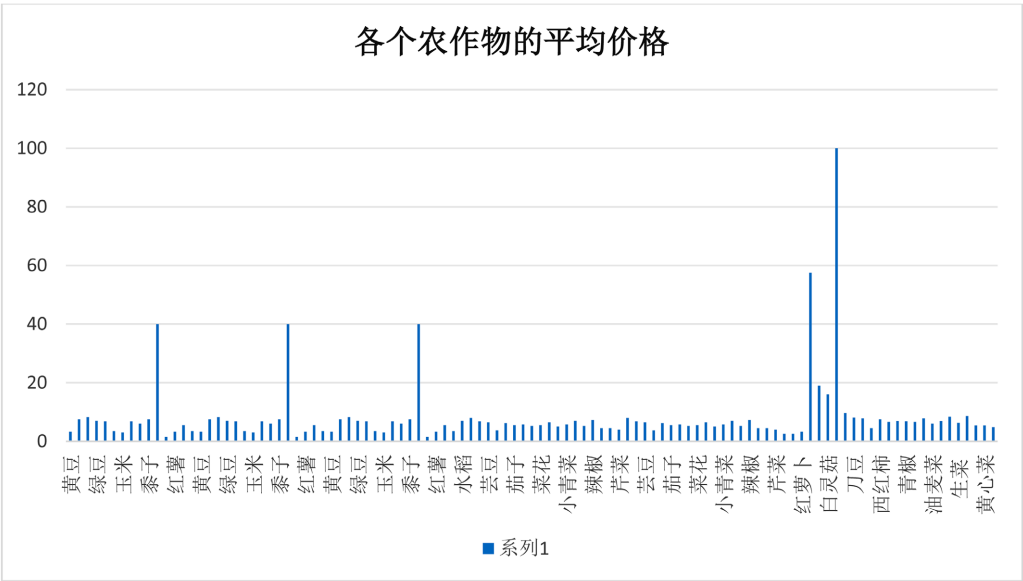


Figure 1. Unit price of agricultural crop sales in 2023
图 1. 2023 年农作物的销售单价

蔬菜的售价一定程度上反映当地的农产品的供应量和需求量。由图 1 可看出，食用菌类农作物售价远高于粮食类(除荞麦)、蔬菜，其他类农作物价格相差不大，均在 5 元左右。

2.3. 2023 年农作物的总盈利

2023 年的总收益可助于了解种植策略，预测和调整未来种植优化的种植决策，对模型对比比较有价值。各类农作物的 2023 年总收益情况如图 2 所示。

由图 2 可看出，全年小麦的总盈利最高，由数据可知，主要原因是虽然小麦售价较低，但可种在平旱、梯田、水浇三种地块上，且相比其他粮食类作物的种植面积最大，种植成本较低。其次是谷子和榆黄菇，占据较大的总收益比例，说明这三者主要是 2023 年较为受欢迎的农作物。

3. 问题的提出和分析

3.1. 问题一的提出

根据题目提供的信息，可将本文的问题进行以下简化，并建立数学模型进行学习和探究。

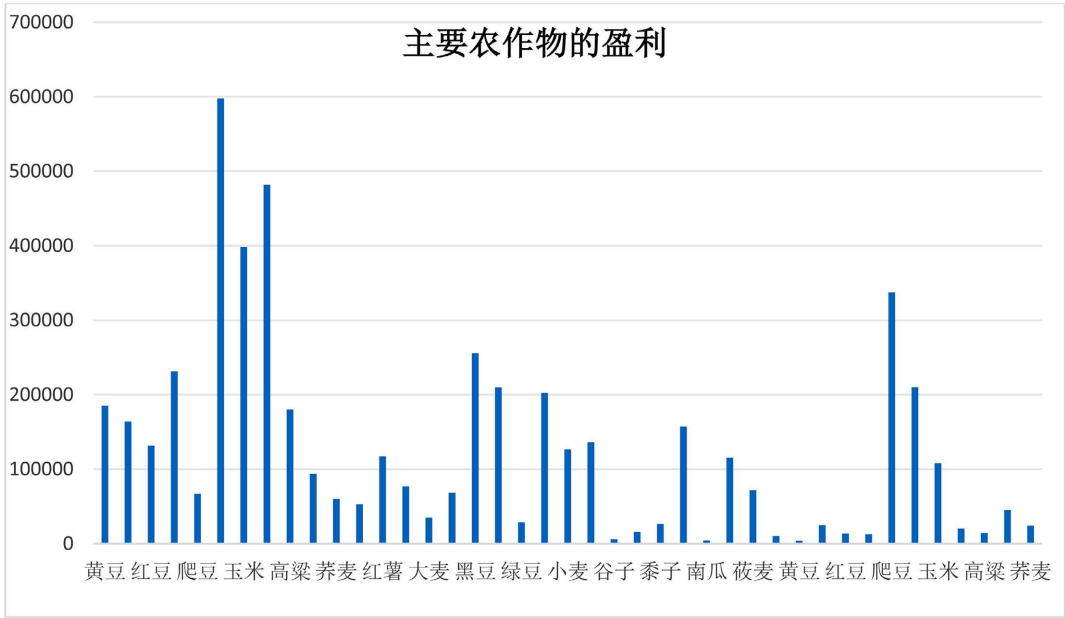


Figure 2. Aggregate revenue distribution by crop category (2023)
图 2. 主要农作物的 2023 年总收益情况

基于问题，假设农作物在 2024~2030 年的预期销售量、种植成本等数据与 2023 年保持稳定，分别针对超过部分滞销造成浪费和超过部分按 2023 年销售价格的 50%降价出售两种情况，建立未来 7 年农作物种植的最优方案。

3.2. 问题一的分析

问题一要求基于 2023 年的农作物销售量、种植成本、亩产量和销售价格与未来保持稳定，探寻农作物最优的种植策略，建立反映农作物最优化种植的数学模型。首先，对数据进行整合，计算 2023 年的农作物的销售量作为预期销售量并将各个农作物最小、最大值的中值作为销售单价，进行可视化分析，为模型的建立提供数据支撑。接着，基于对特定农作物的总产量与相应预期销售量的比较假设，分别针对浪费滞销和超过部分半价销售两种情况，建立相应的混合线性模型[2] [3]。

本文的总体分析流程图 3 如下：

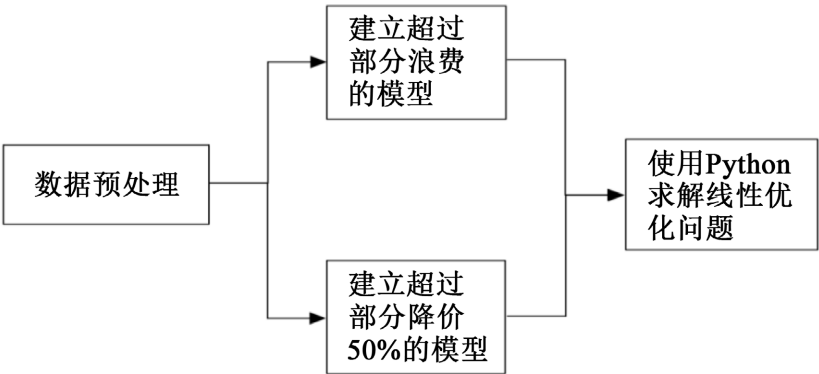


Figure 3. Structural analysis flowchart
图 3. 结构分析流程图

4. 模型假设和符号说明

为了构建合理化的数学模型，本文给出如下假设：

- 1) 假设问题中 2023 年各个农作物的产量即为该种作物的预期销售量；
- 2) 假设每一年的农作物最大销售量与 2023 年对应农作物的销售量保持一致；
- 3) 假设地块的种植面积最小为 0.1 亩的倍数；
- 4) 假设农作物全部在当季销售，不考虑农作物库存积压；
- 5) 假设不存在突发天气灾害、害虫灾害等突发因素。

符号	说明
i	农作物的类别, $i = 1, 2, \dots, 41$
j	土地的编号; $j = 1, \dots, 54$
t	季度; $t = 1, 2$
k	年份; $k = 2024, \dots, 2030$
$X_{i,j}$	第 i 种农作物在第 j 块地的种植面积
N_i	第 i 种农作物的亩产量
S	2023 年农作物的销量
P_i	第 i 种农作物的销售单价
M_i	第 i 种农作物的单位种植成本

5. 问题一的模型建立与求解

5.1. 超过部分造成浪费的模型建立与求解

(1) 约束条件的确定

由于问题背景和问题限制要求较多，故约束条件如下所示：

- 每年平旱地、梯田、山坡地只适合种植一季粮食：

$$\sum_{i,j} Z_{i,j,1} = 1, \sum_{i,j} Z_{i,j,2} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, 16; j = 1, 2, 3, \dots, 26; \tag{1}$$

- 每年水浇地可种植一季水稻或两季蔬菜：

$$\sum_{i,j} Z_{i,j,1} + \sum_{i,j} Z_{i,j,2} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, 37; j = 27, 28, \dots, 34, \tag{2}$$

$$\sum_{i,j} Z_{i,j,2} \leq 1, \tag{3}$$

- 每年普通大棚适合种植一季蔬菜和一季食用菌：

$$\sum_{i,j} Z_{i,j,1} + \sum_{i,j} Z_{i,j,2} = 2, \quad i = 17, 18, \dots, 37; j = 51, 52, 53, 54, \tag{4}$$

- 某地块农作物的种植面积小于该地块的总面积：

$$\sum_{i,j} X_{i,j} \leq A_j \tag{5}$$

- 地块面积非负:

$$X_{i,j} > 0 \quad (6)$$

(2) 目标函数的确定

由实际含义可得, 利润 = 销售总价 - 成本总价, 对问题一可进行假设, 若总产量小于预期销售量, 利润 = 总产量 × 销售单价 - 种植成本; 相反, 总产量不小于预期销售量, 利润 = 预期销售量 × 销售单价 - 种植成本。最优的种植策略可视为利润的最大化, 故模型可表示成:

$$\max (\min (\text{总面积} \times \text{亩产量}, \text{预期销售量}) \times \text{销售单价} - \text{种植成本}).$$

假设同一类型地种植同一种农作物, 且不同地块类型适合不同的农作物, 因此我们用 0~1 规划对不同土地和农作物的选择进行约束:

$$Z_{i,j,t} = \begin{cases} 1, & \text{第 } i \text{ 种农作物第 } t \text{ 季种在第 } j \text{ 块地} \\ 0, & \text{第 } i \text{ 种农作物第 } t \text{ 季不种在第 } j \text{ 块地} \end{cases}$$

故目标函数为:

$$\max \sum_i \sum_j [Z_{i,j,t} \min(X_{i,j} N_i, S_i) P_i - M_i X_{i,j} Z_{i,j,t}] \quad (7)$$

(3) 模型的建立

因此, 根据以上约束条件与目标函数分析, 可建立农作物种植优化模型为:

$$\begin{aligned} & \max \sum_i \sum_j [Z_{i,j,t} \min(X_{i,j} N_i, S_i) P_i - M_i X_{i,j} Z_{i,j,t}] \\ & \text{st} \begin{cases} \sum_{i,j} Z_{i,j,1} = 1, \sum_{i,j} Z_{i,j,2} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, 16; j = 1, 2, 3, \dots, 26; \\ \sum_{i,j} Z_{i,j,1} + \sum_{i,j} Z_{i,j,2} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, 37; j = 27, 28, \dots, 34, \\ \sum_{i,j} Z_{i,j,2} \leq 1, \\ \sum_{i,j} Z_{i,j,1} + \sum_{i,j} Z_{i,j,2} = 2, \quad i = 17, 18, \dots, 41; j = 35, 36, \dots, 50, \\ \sum_{i,j} X_{i,j} \leq A_j, \\ X_{i,j} > 0; \\ \sum_{i,j} Z_{i,j,1} + \sum_{i,j} Z_{i,j,2} = 2, \quad i = 17, 18, \dots, 37; j = 51, 52, 53, 54. \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

(3) 模型的求解

这个问题本质上是一类优化问题, 利用 Python 求解该问题。由于数据较多, 这里不作展示。

以 2023 年各农作物的销售情况为基础做出未来 7 年的折线预测图, 每年农作物盈利预测结果如下:

由图 4 可知, 虽然食用菌的盈利较低, 但其盈利相对稳定, 主要因为食用菌生存环境的限制; 粮食作物和蔬菜类盈利变化较明显, 且占总盈利的主要占比。由此可预测, 2024~2030 年农作物的种植中, 主要依靠粮食和蔬菜类作物获取收益。同样, 本文占比较重的粮食类蔬菜类数据统计, 可得这两类别中某些重要农作物的盈利比图如图 5 所示。

由此可知, 粮食作物中红薯、南瓜、玉米的种植面积位居前三, 其他作物种植面积小, 可忽略不计。由图 5 可看出粮食类中盈利大小分别为红薯、南瓜、玉米, 主要原因是南瓜的产量多, 种植面积大; 由图 6 可看出 2026 年蔬菜作物中较为丰富, 其中黄瓜的盈利最多, 主要原因是黄瓜属于高产类农作物, 其他蔬菜相比黄瓜数据较小, 故图像阴影重合。

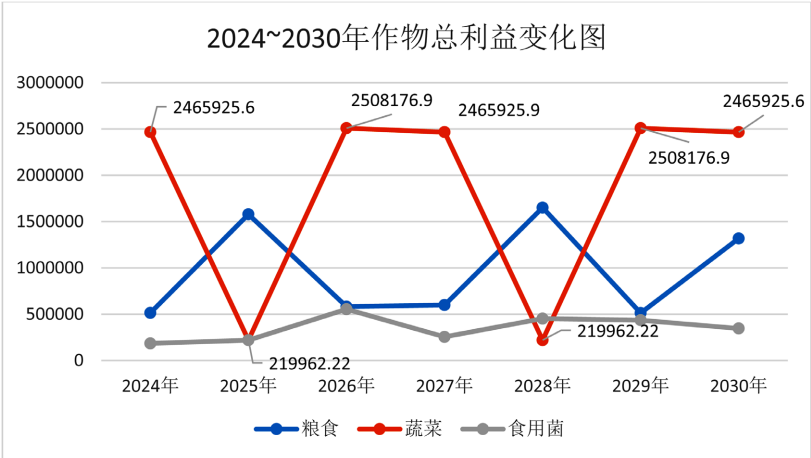


Figure 4. Temporal variation in total crop profitability (2024~2030)
图 4. 2024~2030 年作物总盈利变化图

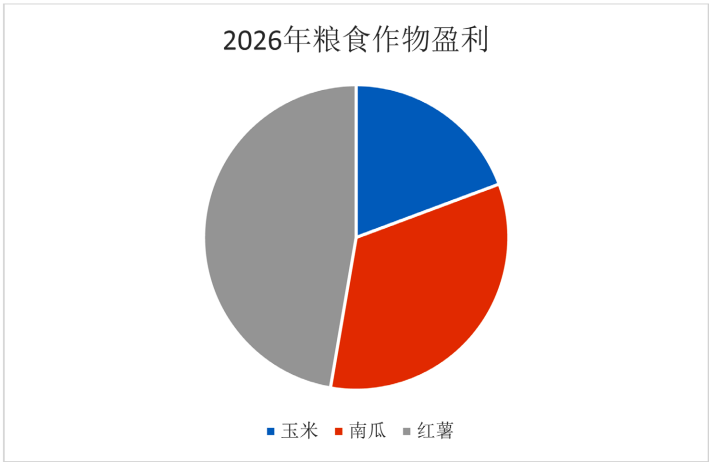


Figure 5. Profit chart of grain crops (2026)
图 5. 2026 年粮食类作物盈利图

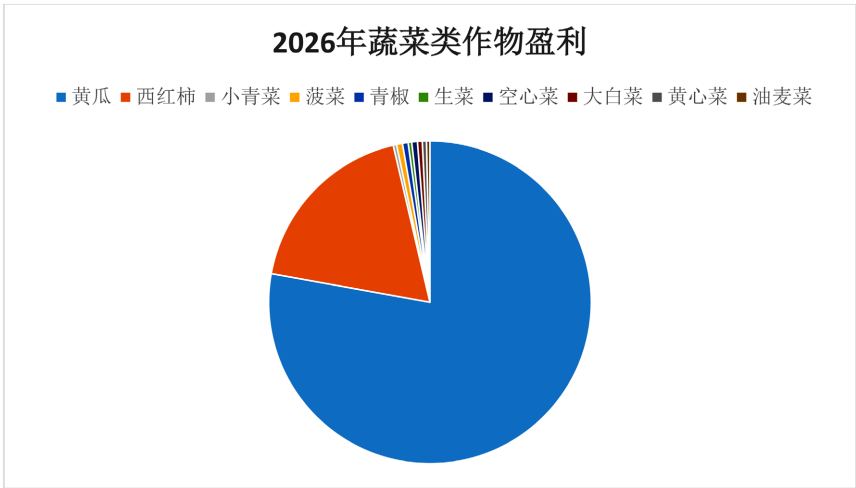


Figure 6. Profit chart of vegetable crops (2026)
图 6. 2026 年蔬菜类作物盈利图

5.2. 超过部分降价 50% 的模型建立与求解

(1) 约束条件的确定

这里与滞销浪费情况的约束条件相同, 这里不作重复说明。

(2) 目标函数的确定

类比上述情况, 进行假设, 若总产量小于预期销售量, 利润 = 总产量 × 销售单价 - 种植成本。相反, 总产量不大于预期销售量, 利润 = 预期销售量 × 销售单价 + (总产量 - 预期产量) × 销售单价 × 50% - 种植成本, 故模型可表示成:

$$\max [\min (\text{总面积} \times \text{亩产量}, \text{预期销售量}) \times \text{销售单价} + \max (\text{总产量} - \text{预期产量}, 0) \times \text{销售单价} + 50\% - \text{种植成本}]$$

因此, 超过部分降价 50% 的目标函数可表示成:

$$\max \sum_i \sum_j \left[Z_{i,j,t} \min (X_{i,j} N_i, S_i) P_i + \max (X_{i,j} N_i - S_i, 0) \frac{P_i}{2} - M_i X_{i,j} Z_{i,j,t} \right] \quad (9)$$

(3) 模型的求解

这个问题是混合线性模型的优化问题, 利用 python 求解。根据优化模型求解得 2024~2030 年粮食类、蔬菜类农作物和总盈利情况进行统计, 可构造如下未来 7 年总盈利折线变化图和 2026 年粮食类以及蔬菜类主要农作物利润的占比扇形图:

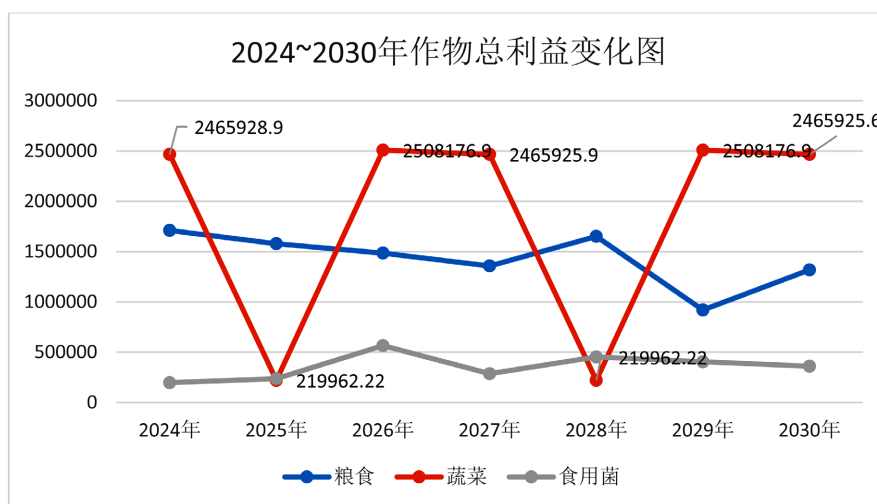


Figure 7. The line chart of total profit changes (2024~2030)

图 7. 2024~2030 年总盈利折线变化图

由图 7 可知, 未来七年蔬菜类作物盈利最多, 粮食类次之, 食用菌盈利最少但比较稳定。由此可推断未来农作物的种植主要依赖蔬菜和粮食类作物, 同时, 可看出 2026 年和 2029 年总利润最高, 由于粮食和蔬菜类所占利润比较重, 这里以 2026 年为例, 展示这两类中重要农作物品种利润占比。

粮食类中种植玉米, 南瓜, 红薯较多且比重较大, 其他粮食作物种植面积较少可忽略不计。由上图 8 左, 红薯和南瓜占总利润的重要部分, 同样蔬菜类中, 黄瓜属于高产类农作物, 种植面积大, 因此黄瓜的利润最高。由图 8 右, 黄瓜利润在蔬菜类中占主导地位, 相比较下, 其他蔬菜的利润较低, 因此图像阴影重合。

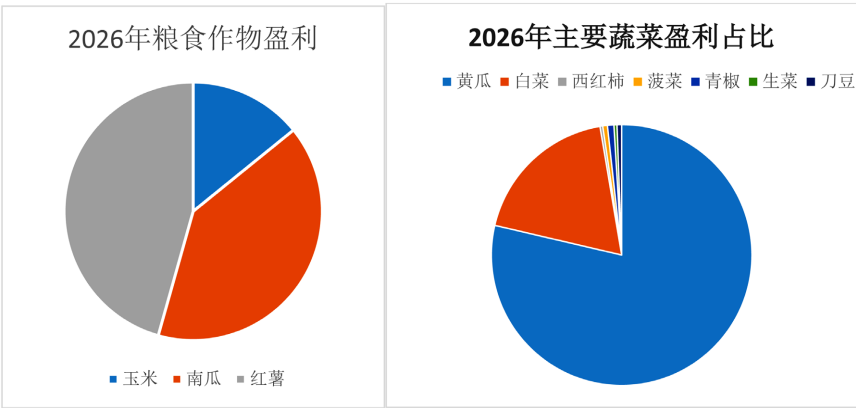


Figure 8. Chart of the total profit proportion of grain and vegetable categories (2026)
图 8. 2026 年粮食类和蔬菜类总利润占比图

6. 模型评价与推广

优点:

- 1) 本文较为真实考虑农作物的种植策略, 依据成本、销售量、销售价格的同时, 包括不同地块对农作物的要求, 考虑较为全面。
- 2) 本文建立较为简单的混合线性模型, 模型简单且通俗易懂, 符合实际情况。

缺点:

该模型原规定农作物种植的分散程度较为理想化状态, 运行数据结果中显示, 很多地块上种植四种甚至以上农作物, 例如普通大棚总面积 0.6 亩, 但种植 6 种农作物。这种种植方法与实际不太相符, 根据文献[4], 一般的地块种植包含 2~3 种农作物。因为同一耕地上的不同作物之间存在生态位重叠, 可能存在生存资源竞争, 从而导致各作物的实际亩产量与模型预测发生偏差, 各作物的种植成本也会随之发生波动, 因此本模型给出的最优方案所产生的理想效益与实际效益之间会发生偏差。并且在迭代的过程中, 每一次数据迭代产生的误差会积累到最终结果, 最终导致结果误差略大。

推广:

本文主要应用混合线性模型, 从横向看, 由多个变量的确定性转为不确定性, 变量间的无关性到相关性, 可用于市场中销售量、销售成本、进价和补货等场景的决策。

参考文献

[1] 王珏. 农业地貌中的植物多样性对生态旅游的促进作用[J]. 分子植物育种, 2025, 23(3): 979-986.
[2] 张玺, 廖胜利, 方舟, 等. 耦合复杂生态约束的梯级水电短期优化调度标准混合整数线性规划模型[J]. 电网技术, 2025, 49(5): 2004-2013.
[3] 杨志浩. 广义线性混合模型的分布式计算及其实证应用[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西财经大学, 2021.
[4] 张少斌, 梁开明, 郭靖, 等. 基于生态位角度的农作物间套作增产机制研究进展[J]. 福建农业学报, 2016, 31(9): 1005-1010.