

目 录 绿色农畜产品多样化经营模式设计

摘 要

本文结合蛛网模型和相关影响因素预测农产品成本、收入，并通过递阶分析原理和PFE综合效益评价模型，为农户设计合理的种植和养殖计划。实现以家庭为单位的小规模种植与养殖模式、振兴乡村绿色农畜产品发展。

针对问题一，通过农产品数据线性回归分析，结合经济学知识，考虑气候情况及土壤肥沃程度、湿度等影响，设计人力成本预测模型 $W: W = \sum_{r=0}^m r \cdot i \cdot x(\alpha, \beta, C) \cdot (2 - \theta_k)$ 。根据价格与供求关系和价格、产量与收入关系，设计产量预测模型 Q 、基于蛛网模型的价格预测模型 P_t ，得到收入预测模型 $S: S = \sum_{r=0}^m [r \cdot i \cdot a_0 \cdot (2 - \frac{1}{e^{\theta_k}}) \cdot \varepsilon] \cdot [(P_0 - \frac{a+c}{b+d}) \cdot (-\frac{d}{b}) + \frac{a+c}{b+d}]$ 。通过模型，对五种农产品未来5个月内的人力成本和收入分别进行预测（结果见表5.5 五种农产未来5个月内的人力成本预测和收入预测结果表）。

针对问题二，结合问题一预测模型和土地资源循环利用思想，考虑农产品生长周期、种类及土壤湿度要求等因素，建立了喜湿农产品筛选种植模型 L 和不喜湿农产品筛选种植模型 UL 。通过模型，在9种农产品中（详细见附录三表10.2不同时间段的9种农产种植情况及收入预测表），设计出种植面积50亩、预期1年的合理种植计划：在湿度较高的土壤中，3月至6月种植白菜2次，7月至10月种植黄瓜1次，11月至12月种植菠菜1次。

针对问题三，通过大系统递阶分析原理的思想，构建优化作物种植结构的灌溉双层优化模型。先以小规模个体农户为约束条件，通过动态规划迭代拟合出模型第一层水分产生函数 $Y_i: Y_i = \max(\frac{C_a}{C_m}) = \max \prod_{n=1}^N (\frac{ET_n}{ET_{mn}})^{\gamma_n}$ 进而推出模型第二层目标作物的节水优化种植面积 $F_s: F_s = \sum_{i=1}^m (P_i \cdot Y_i - E_i - P_{水} \cdot Q_i) \cdot S_i$ ，利用双层优化模型，为小规模个体农户设计合理的种植计划。并通过模型，验证该种植计划符合要求，同时使农场灌溉效益达到最佳值。

针对问题四，首先构建一个PFE(水稻渔业结合效益)综合效益评价模型，推算出常规稻田轮作模式 $PEF_1 = 199$ ，稻田养鱼模式 $PEF_2 = 443$ ，验证稻—鱼的综合种养模式的在小规模农户的优越性和正确性。其次通过综合评价分析法，以肥料元素保持效益EQ对比推算出农牧复合种养模式的低碳环保效益为最佳值。综合二者，设计了完整的稻—鱼—肉牛的综合种养计划。

针对问题五，我们结合问题三、四的模型分析，通过模糊数学的理念，先推演出一个农社的最佳合作家庭户数为5，使人力、智力资源利用率最大；设计了多家庭合作养殖计划方案，验证农社的经济效益可达最大值。

本文对农产品的种植成本和收入预测准确度达到 0.865 ± 0.09 ；在大规模种植、小规模种植，或者是农牧、农渔结合及农户合作养殖都有一定的参考意义。对于易出现极端气候的地区借鉴本文预测及设计农业计划需谨慎。

关键词 蛛网模型；大系统递阶分析；双层优化模型；PFE评价模型；模糊数学

目录

第 1 章 问题重述	1
1.1 引言	1
1.2 问题的提出	1
第 2 章 问题分析	2
2.1 问题一的分析	2
2.2 问题二的分析	2
2.3 问题三的分析	2
2.4 问题四的分析	3
2.5 问题五的分析	3
第 3 章 模型假设	3
第 4 章 符号说明	5
第 5 章 模型的建立与求解	6
5.1 问题一的模型建立与求解	6
5.1.1 模型的建立	6
5.1.2 模型的求解	9
5.2 问题二模型的建立与求解	11
5.2.1 模型的建立	11
5.2.2 模型的求解	12
5.3 问题三模型的建立与求解	12
5.3.1 模型的建立	12
5.3.2 模型的求解	14
5.4 问题四模型的构建与求解	15
5.4.1 模型的建立	15
5.4.2 模型的求解	17
5.5 问题五的养殖计划方案	18
第 6 章 结果	20
6.1 问题一结果	20
6.2 问题二结果	20
6.3 问题三结果	21
6.4 问题四结果	21
6.5 问题五结果	22

第 7 章 模型检验与误差分析.....	23
7.1 问题一.....	23
7.2 问题二.....	24
7.3 问题三.....	24
7.4 问题四.....	24
第 8 章 模型的评价与推广.....	25
8.1 优点.....	25
8.2 缺点.....	26
8.3 模型的推广.....	26
第 9 章 参考文献.....	27
第 10 章 附录.....	28

第1章 问题重述

1.1 引言

今年是较为特殊的一年，在全球化疫情蔓延和国民生活水平稳步提高的背景下，我们预估人们对绿色农畜产品的需求量可能会迎来新的峰值点，为此我们展开了相关研究。之前绿色农畜产品的产源主要依赖于乡村传统大规模种植或养殖模式，但传统模式主要存在较大的风险、产品质量无保障及大规模居民就业问题难解决这三大弊端，在当代的市场需求下毫无竞争优势。国家为解决这种发展不充分不协调的问题、振兴乡村绿色农畜产品发展，提出了以家庭为单位或小规模的个性化种植与养殖模式，这种模式非常适合我国这一具有庞大人口规模及城镇化比率较高的国家。按照这种发展趋势，未来乡村牧区的经营模式将会逐步走向两个极端，一类是大规模的种植与养殖模式，而另一类是较小规模的精细化和绿色化的生产模式。

因此，为乡村的个体家庭农户提供合理的种植和养殖计划是当下迫切需要研究的问题。

1.2 问题的提出

- 问题一的提出：能不能通过网络平台搜集一些适合不同地区种植的农产品产量和价格与时间相关联的数据，然后对不同农产品预期的人力成本及收入展开相关分析讨论。

- 问题二的提出：在农民拥有充足的土地资源的情况下，能不能为他们提供一套合理的大规模农产品种植计划，让他们有稳定收入的同时，还能最大限度地循环利用土地资源。

- 问题三的提出：对于土地资源匮乏的农民，能不能为他们提供一套合理的小规模种植计划，这一计划能够兼顾农民基本收入的同时尽量减少水资源的过度使用。

- 问题四的提出：如果在农业基础之上同时考虑牧业与渔业相关经营，您能否提出更为合理的种植与养殖计划。

- 问题五的提出：一个家庭经营多种农畜产品往往消耗过多的人力成本，您能否提供一个几个家庭合作后的最优养殖计划。

第2章 问题分析

2.1 问题一的分析

通过官方的网络数据平台，我们团队搜寻和统计到了《2019年全国粮食播种面积、总产量及单位面积产量的情况》和《2013年部分省市蔬果播种面积及产量情况》，并绘制了相应的 excel 统计图表。通过线性规划和回归分析，验证了相关农产品的产量和价格与时间序列存在较强的相关性，并得出了农产品的产量与时间序列的函数关系及价格与时间序列的函数关系。通过蛛网模型^[1]与价格-时间序列函数关系结合分析，确立农产品的价格，构建了一个价格模型。查阅相关文献，我们团队认为人力成本主要与管理成本、种植面积、预测时间段内农产品的轮作次数有关，而管理成本主要涉及肥料、农药成本，灌溉成本及其他成本。考虑到气候及土壤肥沃程度对总体种植计划的影响，查阅相关文献，我们分别设立了一个气候预测影响因子和一个土壤肥沃程度影响因子。综上，我们团队分别构建了一个短期内的人力成本预测模型和收入预测模型。

2.2 问题二的分析

农户利用充足的土地资源进行大规模种植，除了引进现代化农业机械代替人工，提高种植效率外，还需要合理的种植计划，包括种植时间与农产品种类合理匹配、土壤等环境与农产品种类的适应性，及气候对农产品生长的适宜性等。该计划还应最大限度的保证土地资源的循环利用，需要对土壤湿度、肥沃程度等的循环利用，比如这次种植水稻，下次可以种植喜湿的其他农产品，充分利用种水稻时留下的水分。

2.3 问题三的分析

由于本题研究的对象是土地资源较少的家庭个体农户，由模糊数学的理念分析可知在长时间的预估分析里，可认为农民的基本收入波动不会太大，基本是稳定不变的，为所研究问题的次要目标。同等条件下对比，如果能有效地减少水资源的过度使用，给农民带来的潜在收益是非常可观的。针对于小规模种植计划，我们团队主要从农业种植结构优化和灌溉制度优化这两个大方面分析给出高效利用水资源的方案。在农业种植结构优化方面，我们团队从徐万林的大系统递阶分析原理^[2]受到启发，构建了一个可以优化种植结构的灌溉双层优化模型；在灌溉制度优化方面，我们给出了一些重要的高效用水的灌溉技术方案。进而结合灌溉双层模型分析，给与个体农户一套合理的小规模种植方案。

2.4 问题四的分析

传统的乡村农场经营仅仅是粮食(南水稻, 北小麦)的轮作, 个体家庭农户收益非常低下而且容易破坏生态环境的稳定。在绿色环保, 低耗高效的发展理念下, 个体农户学会综合经营农业、牧业和渔业就显得尤为关键了。首先考虑农业与渔业的结合, 为简化模型和问题分析, 农业经营主要考虑水稻的种植, 渔业的经营主要考虑鱼类的养殖。基于稻—鱼的综合经营模式, 我们团队构建了一个 PFE(水稻渔业结合效益)综合效益评价模型, 通过该模型, 我们计算并对比了稻田养鱼的综合种养模式与常规稻田轮作模式的综合效益, 发现稻—鱼的综合经营模式的综合效益是非常理想和可观的。然后考虑农业与牧业的综合经营, 为简化模型和问题分析, 针对个体农户, 牧业主要考虑肉牛的养殖, 我们团队给出了一套个体农户肉牛农业复合养殖计划, 并从低碳角度构建了肥料元素效益保持模型评判了改养殖计划的经济效益和环保效益。综合上述分析, 给出了一套完整的稻—鱼—肉牛的综合种养计划。

2.5 问题五的分析

问题五属于方案建议题, 在问题四中, 我们团队为家庭个体农户提供了一套合理的、经济效益高的稻—鱼—肉牛的综合种养计划。改养殖和种植模式仅局限于小规模经营的个体农户, 若其想扩大农畜产品的种植和养殖规模, 那么相关的人力成本势必会增加。而且个体农户的专业知识参差不齐, 擅长的领域都不同。这使得个体农户抵御风险的能力非常有限, 而且很难将农场的农畜产量经营到最大化。为解决改困难, 我们团队提供了一套合理的、经济效益高的最优多家庭农户养殖计划方案。

第3章 模型假设

● 问题一的模型假设

1. 在全球化疫情蔓延和国民生活水平稳步提高大形势下, 假设用我们所构建的模型来预测未来 3 个月后的农产品的人力成本和总收入。
2. 假设我们所预估的农产品对象主要包括粮食、蔬菜、水果这三大块; 其中粮食主要以水稻、小麦为研究对象。
3. 假设个体家庭农户在种植农产品的过程中不会遇到极端恶劣的天气, 农产品产量随时间序列波动稳定; 农产品价格随时间序列波动稳定。

- 问题二的模型假设

1. 假设种植面积为 50 亩。
2. 假设气候情况对农产品生长较为适宜，不出现极端天气。
3. 假设同种农产品轮番种植的管理策略（施肥、灌溉等）一致，忽略轮番种植对土壤的破坏。
4. 假设种植计划时间的一年是从 3 月份到 12 月份。

- 问题三的模型假设

1. 假设作物在不同生长阶段可以对水的需求配量基本保持一致，不过多考虑不同时间序列对作物灌溉用量的影响。
2. 假设在家庭个体小规模种植区内，不考虑极端天气的影响，不考虑农作物售卖价格的骤变，根据模糊数学的理念，认为小规模区域内经济收入稳定，突出节约用水为农户的最大收入效益。
3. 假设灌溉双层优化模型内不同农作物在不同的种植区都能得到充分灌溉。使模型适合动态规划模型分析的方法、适合非线性模型优化的方法，让模型容易通过 MATLAB 编程实现。

- 问题四的模型假设

1. 假设研究的对象为小规模的家庭个体农户，农业主要考虑粮食的种植，以水稻的种植为例。渔业主要考虑鱼类的养殖，牧业主要考虑收益较高且稳定的肉牛养殖。
2. 假设在一定时间序列条件下，可以认为个体家庭农户收益是稳定的，主要收入效益体现在农户对农业、渔业和牧业的综合管理经营上。不考虑极端天气和市场波动等次要因素的影响。

第4章 符号说明

符号	符号说明
n_0	上一阶段相应农产品的种植面积
x^*	上阶段相应管理策略的毛利率
i	预测时间段内的种植面积
θ_k	气候预测影响因子
ε	土壤肥度及湿度等影响因子
W	人力成本
x	种植一亩管理成本
α	每亩所需肥料、农药成本
β	每亩灌溉成本
C	每亩其它成本
Q	农作物产量
a_0	农作物每亩的平均产量
P_t	价格预测
S	收入预测
S_t	供给
$S_{i,j}$	每次种植农产品的收入预测
k	土壤环境
Q_i	初始灌溉额度
F_s	优化种植面积
γ_n	生育阶段 n 的作物敏感指数
ET_{mn}	充分灌溉条件下蒸发蒸腾量
E_i	单位面积作物的人力成本
ROI	投资盈利能力的静态指标
EQ	土壤中肥料元素保持效益

第5章 模型的建立与求解

5.1 问题一的模型建立与求解

5.1.1 模型的建立

针对问题一，需要分析网络平台上农产品的产量及价格相关时间序列数据，对不同的农产品种植的预期成本和预期收入进行求解。

首先，我们团队在网络平台上搜索了2019年我国粮食、蔬果等种植情况及产量数据^{[3]-[4]}。并通过线性规划和回归分析处理，绘制相应的图像（详见附录一图 10.1）。

然后，分析绘制的图像、表格，以及相关的经济学知识、农业知识，我们团队分别构建了人力成本预测模型、农产品产量预测模型及基于蛛网模型^[1]的农产品价格预测模型，以预测求解不同农产品的成本和收入。

最后，我们随机抽取从网络平台的搜索的不同地区不同农产品以前的相关数据，代入模型预测未来时间段内相应的预测成本和预测收入。

众所周知，农户在未来的种植面积与上一次收成的经济效益紧密相关。当上一次收益较好，即价格高时，农户将会扩大种植面积；否则，缩小种植面积。当然，最大的种植面积不会超过农户拥有的耕地面积。所以我们团队发现：

预测时间段内的种植面积 i ：

若 n_0 小于农户拥有的耕地面积，则：

$$i = n_0 \cdot (1 + x^*) \quad (5.1)$$

n_0 为上一时间段该农产品的种植面积， x^* ：上阶段相应管理策略的毛利率。

若 n_0 为该农户拥有的耕地面积，即：

$$i = n_0 \quad (5.2)$$

人力成本主要与管理成本、种植面积、预测时间段内农产品的轮作次数有关，而管理成本主要涉及肥料、农药成本，灌溉成本及其他成本。考虑到气候及土壤肥沃程度、湿度等对总体种植计划的影响，查阅相关文献，我们分别设立了一个气候预测影响因子和一个土壤肥沃程度、湿度等影响因子，并对气候预测影响因子 θ_k 及土壤肥沃程度、湿度等影响因子 ε 进行相应的分级并赋予合理的影响比例（如下表 5.1 及表 5.2）。

表 5.1 农作物对气候情况的适宜程度表

农作物对气候情况的适宜程度	θ_k 取值
好	0.80 至 1.00
一般	0.65 至 0.80
较差	0.45 至 0.65
差	0.30 至 0.45
非常差	0.00 至 0.30

表 5.2 农作物对土地肥沃程度、湿度等情况的适宜程度表

农作物对土地肥沃程度、湿度等情况的适宜程度	ε 取值
好	0.85 至 1.00
一般	0.60 至 0.85
较差	0.45 至 0.60
差	0.20 至 0.45
非常差	0.00 至 0.20

根据上述人力成本涉及的内容和相关的影响因素，我们构建了人力成本预测模型 W ：

$$W = \sum_{r=0}^m r \cdot i \cdot x(\alpha, \beta, C) \cdot (2 - \theta_k) \quad r, m \text{ 为正整数} \quad (5.3)$$

$$x = \alpha + \beta + C \quad (5.4)$$

$$W = \sum_{r=0}^m r \cdot i \cdot (\alpha + \beta + C) \cdot (2 - \theta_k) \quad r, m \text{ 为正整数} \quad (5.5)$$

W ：人力成本， x 种植 1 亩管理成本， r 表示在预测时间段内种植次数， i 表示种植面积，单位：亩， α 每亩所需肥料、农药等平均成本， β 表示每亩灌溉成本， C 表示每亩其他成本， θ_k 表示气候情况预测。从以上模型可以看出我们团队将预测时间段内每次种植的面积、管理成本、气候情况及土壤肥沃、湿度等设定与在预测时间段内第一次种植一致。

由于种植面积、预测时间段内农产品的轮作次数、气候及土壤肥沃程度、湿度等在预测时间段内影响农作物的产量。因此，我们获得预测时间段内的产量预测模型 Q ：

$$Q = \sum_{r=0}^m r \cdot i \cdot a_0 \cdot (2 - \frac{1}{e^{\theta_k}}) \cdot \varepsilon \quad r, m \text{ 为正整数} \quad (5.6)$$

Q : 农作物产量, r 表示在预测时间段内种植次数, i 表示种植面积, 单位: 亩。 a_0 : 农作物每亩的平均产量, θ_k 表示气候情况预测。 ε 表示土地肥沃程度、湿度等情况预测。

农产品的价格在每次的收成阶段都是变化的, 但根据市场经济的相关知识, 可以找到价格与需求、供给的关系。结合蛛网模型, 假设农产品初始价格为 P_0 , 我们构建出价格预测模型 P_t :

需求量:

$$D_t = a - b \cdot P_t \quad (5.7)$$

供给函数:

$$S_t = c + d \cdot P_{t-1} \quad (5.8)$$

得到波动期 t 内的价格:

$$P_t = (P_0 - \frac{a+c}{b+d}) \cdot (-\frac{d}{b})^t + \frac{a+c}{b+d} \quad (5.9)$$

a 为常数, 表示本时间段内价格为 0 时的需求量。 b 表示农产品需求价格弹性。 c 为常数, 表示上一时间段价格为 0 的供给量。 d 表示上一时间段农产品的供给价格弹性。结合本文内容, 我们不考虑价格存储, 在每个时间段内, 农产品市场价格调到全部产量被消费者吸收。此时, $S_t = D_t$, 农产品产量即为需求量。

需求价格弹性=需求量变化的百分比/价格变化的百分比:

$$b = \frac{\frac{\Delta Q_{\text{需求}}}{Q_{\text{需求}}}}{\frac{\Delta P_{\text{需求}}}{P_{\text{需求}}}} \quad (5.10)$$

供给价格弹性=供给量变化的百分比/价格变化的百分比:

$$d = \frac{\frac{\Delta Q_{\text{供给}}}{Q_{\text{供给}}}}{\frac{\Delta P_{\text{供给}}}{P_{\text{供给}}}} \quad (5.11)$$

代入得到价格模型:

$$P_t = (P_0 - \frac{a+c}{b+d}) \cdot (-\frac{d}{b})^t + \frac{a+c}{b+d} \quad (5.12)$$

$$b = \frac{\frac{\Delta Q_{\text{需求}}}{Q_{\text{需求}}}}{\frac{\Delta P_{\text{需求}}}{P_{\text{需求}}}} \quad (5.13)$$

$$d = \frac{\Delta Q_{\text{供给}}}{Q_{\text{供给}}} / \frac{\Delta P_{\text{供给}}}{P_{\text{供给}}} \quad (5.14)$$

a , c 为常数。蛛网模型分为三种:

收敛型蛛网模型: 商品供给价格弹性小于商品需求价格弹性

$$d < b$$

发散型蛛网模型: 商品供给价格弹性大于商品需求价格弹性

$$d > b$$

稳定型蛛网模型: 商品供给价格弹性大于商品需求价格弹性^[5]

$$d = b$$

使用本文构建的基于蛛网模型的农产品价格预测模型需提前确定该农产品是属于哪种蛛网模型。

由上述的预测时间段内的农产品产量预测模型 Q 、价格预测模型 P_t 及相应的经济学内容我们可以得到收入预测总模型 S :

$$S = Q \cdot P_t \quad (5.15)$$

$$S = \sum_{r=0}^m (r \cdot i \cdot a_0 \cdot (2 - \frac{1}{e^{\theta_k}}) \cdot \varepsilon) \cdot [(P_0 - \frac{a+c}{b+d}) \cdot (-\frac{d}{b})^r + \frac{a+c}{b+d}] \quad r, m \text{ 为正整数} \quad (5.16)$$

r 表示在预测时间段内种植次数, i 表示种植面积, 单位: 亩。 a_0 : 农作物每亩的平均产量, θ_k 表示气候情况预测。 ε 表示土地肥沃程度、湿度等情况预测。 a 为常数, 表示本时间段内价格为0时的需求量。 b 表示农产品需求价格弹性。 c 为常数, 表示上一时间段价格为0的供给量。 d 表示上一时间段农产品的供给价格弹性。

5.1.2 模型的求解

根据上述建立的模型, 我们对稻米、小麦、黄瓜、苹果、梨未来5个月内的人力成本和收入进行预测。查阅资料, 在5个月内以上农产品均不足以多次种植, 所以5个月内的种植总次数 $m = 1$, 我们假定上一次收成的种植面积为 $n_0 = 400$ 亩, 拥有耕地500亩。根据查找上一次收成的数据^{[3],[4],[6]}, 进行整理后(详见附录二表10.1), 对未来5个月内的气候 θ_k 及土壤肥沃程度、湿度 ε 进行假设(如下表5.3):

表 5.3 影响因素情况表

	稻米	小麦	黄瓜	苹果	梨
气候 θ_k	0.87	0.79	0.91	0.64	0.82
土壤肥 沃程度、湿 度 ε	0.75	0.81	0.88	0.71	0.69

对未来 5 个月内 i 亩种植面积的价格为 0 时的需求量 a 和上一时间段价格为 0 的供给量 c 进行假设（如下表 5.4）：

表 5.4 价格为 0 时的预测需求量与上阶段价格为 0 的供给量

	稻米	小麦	黄瓜	苹果	梨
a	$530i$	$432i$	$6815i$	$1868i$	$1953i$
c	$387i$	$304i$	$5825i$	$1043i$	$996i$

将以上数据代入构建的人力成本预测模型 W ：

$$i = n_0 \cdot (1 + x^*) \quad (5.17)$$

$$W = \sum_{r=0}^m r \cdot i \cdot (\alpha + \beta + C) \cdot (2 - \theta_k) \quad r, m \text{ 为正整数} \quad (5.18)$$

和收入预测总模型 S ：

$$S = \sum_{r=0}^m (r \cdot i \cdot a_0 \cdot (2 - \frac{1}{e^{\theta_k}}) \cdot \varepsilon) \cdot [(P_0 - \frac{a+c}{b+d}) \cdot (-\frac{d}{b})^t + \frac{a+c}{b+d}] \quad r, m \text{ 为正整数} \quad (5.19)$$

分别得到这五种农产未来 5 个月内的人力成本预测和收入预测（如下表 5.5）：

表 5.5 五种农产未来 5 个月内的人力成本预测和收入预测结果表

	稻米	小麦	黄瓜	苹果	梨
人力成 本预测(万 元)	19.84	18.57	91.83	75.98	86.22
收入预 测(万元)	44.78	46.61	231.52	597.53	404.97

5.2 问题二模型的建立与求解

5.2.1 模型的建立

针对问题二，本文对于气候对农产品生长的适宜性暂时不做考虑，我们从农产品从种植到成熟所需时间、农产品种类及农产品对土壤的湿度要求三个方面来设计大规模种植计划。首先，我们将一年按照农产品从种植到成熟所需时间进行划分时间段 t_i (i 为正整数)；再根据时间段 t_i 内可种植并能完成收成的农产品进行种类划分 $x_{i,j}$ (i,j 为正整数)。

例如：在 t_1 时间内适合种植的农产品有：

$$x_{1,j} = \{x_{1,1}, x_{1,2}, x_{1,3}, \dots\} \quad (5.20)$$

在 t_2 时间内适合种植的农产品有：

$$x_{2,j} = \{x_{2,1}, x_{2,2}, x_{2,3}, \dots\} \quad (5.21)$$

并根据农产品对土壤湿度的要求划分为喜湿和不喜湿两级

$k = \begin{cases} 1 & \text{喜湿} \\ -1 & \text{不喜湿} \end{cases}$ ；然后我们利用问题一建立的农产品收入预测模型 S ：

$$S = \sum_{r=0}^m [r \cdot i \cdot a_0 \cdot (2 - \frac{1}{e^{\theta_k}}) \cdot \varepsilon] \cdot [(P_0 - \frac{a+c}{b+d}) \cdot (-\frac{d}{b})^r + \frac{a+c}{b+d}] \quad r, m \text{ 为正整数} \quad (5.22)$$

分别对相应时间段内的农产品进行收入预测。考虑土壤湿度要求，对于湿度较高的土壤，适合种植喜湿农产品，不适合种植不喜湿农产品，若混合种植则不符合土地资源的充分循环利用思想；在较为干燥的土壤上同样如此。所以结合排列组合的思想，我们分别建立喜湿农产品筛选种植时间模型 L 和不喜湿农产品筛选种植时间模型 UL 。

喜湿农产品筛选种植时间模型 L ：

$$L = \sum_{i=1}^n k \cdot \max\{S_{i,j}\} \quad k=1; i, j, n \text{ 为正整数} \quad (5.23)$$

不喜湿农产品筛选种植时间模型 UL ：

$$UL = \sum_{i=1}^n k \cdot \min\{S_{i,j}\} \quad k=-1; i, j, n \text{ 为正整数} \quad (5.24)$$

$S_{i,j}$ 表示在 t_i 时间段内 50 亩种植面积能够完成从种植到收成的第 j 种农产品的收入预测。 n 表示在预测的一年内划分的时间段数。 k 表示选择的农产品对土壤的需求类型，分为喜湿 ($k = 1$) 和不喜湿 ($k = -1$)。

5.2.2 模型的求解

根据上述喜湿农产品筛选种植时间模型 L 和不喜湿农产品筛选种植时间模型 UL ，我们将一年的时间分为3段，即3月至6月为 t_1 、7月至10月为 t_2 、11月至12月为 t_3 。查阅资料，分别整理出在 t_1 、 t_2 、 t_3 三个时间段内种植的几种较常见的农产品（详见附录三表 10.2 不同时间段的9种农产种植情况及收入预测表）。

根据模型假设，种植面积为 $m_1 = 50$ 亩，在划分的三个时间段内有些农产品可以轮番种植，但为了简化计算，本文均按最少的轮番种植次数来设计合理的大规模最大限度循环利用的种植计划。代入喜湿农产品筛选种植时间模型 L ，进行计算：

得到下表 5.6：

表 5.6 9 种农产品 50 亩种植计划筛选结果表

	t_1 时间内 (3月-6月)	t_2 时间内 (7月-10月)	t_3 时间内 (11月-12月)
$S_{i,j}$ (万元/50 亩)	$\max\{S_{1,j}\} = 47.66$	$\max\{S_{2,j}\} = 47.1$	$\max\{S_{3,j}\} = 35.40$
对应 农产品品 种	白菜	黄瓜	菠菜

所以我们团队提供的农户种植面积为 $m_1 = 50$ 亩、符合相关要求、预期为1年的合理种植计划是：在湿度较高的土壤中，3月至6月种植白菜2次，7月至10月种植黄瓜1次，11月至12月种植菠菜1次。

5.3 问题三模型的建立与求解

5.3.1 模型的建立

传统以来，在农业种植结构优化方面，一直都是一个比较棘手的问题。郭宗楼^{[7][6]}的种作物间水量分配的双层动态规划迭代方法、崔远来等^[8]的有限水量在多种作物间进行优化分配的两层分解协调模型这两种方法均采用了两次动态规划的方法优化了作物间的配水和单作物的灌溉制度，但是都没有对作物的种植结构进行优化。农业种植结构是一个比较复杂和难衡量的量，其涉及的影响

因素非常地广。因此，为了简化农业种植结构优化的分析过程，我们团队借用徐万林的大系统递阶分析原理^[2]的思想，构建了一个灌溉双层优化模型。模型先从第二层灌区开始，给种植区域内的作物 i 分配一个初始的灌溉额度 Q_i (一般取作物的灌溉定额下限)，假定以一定量的灌水量为等差间隔，不断更改灌溉额度，直至该作物的最大灌溉额度，将这一系列的等差灌水量一次带入第一层优化模型中，会得到一系列作物的产量和灌溉定额。再利用这一系列的灌水量和优化出的作物产量拟合出作物 i 的水分产生函数曲线及函数 Y_i ，将作物 i 的水分产生函数 Y_i 反馈到第二层，然后建立整个灌溉区的总进化效益为目标函数的非线性优化模型，通过第二层的计算，得到作物 i 的优化种植面积 E_s ^[2]。模型结构简图如下：

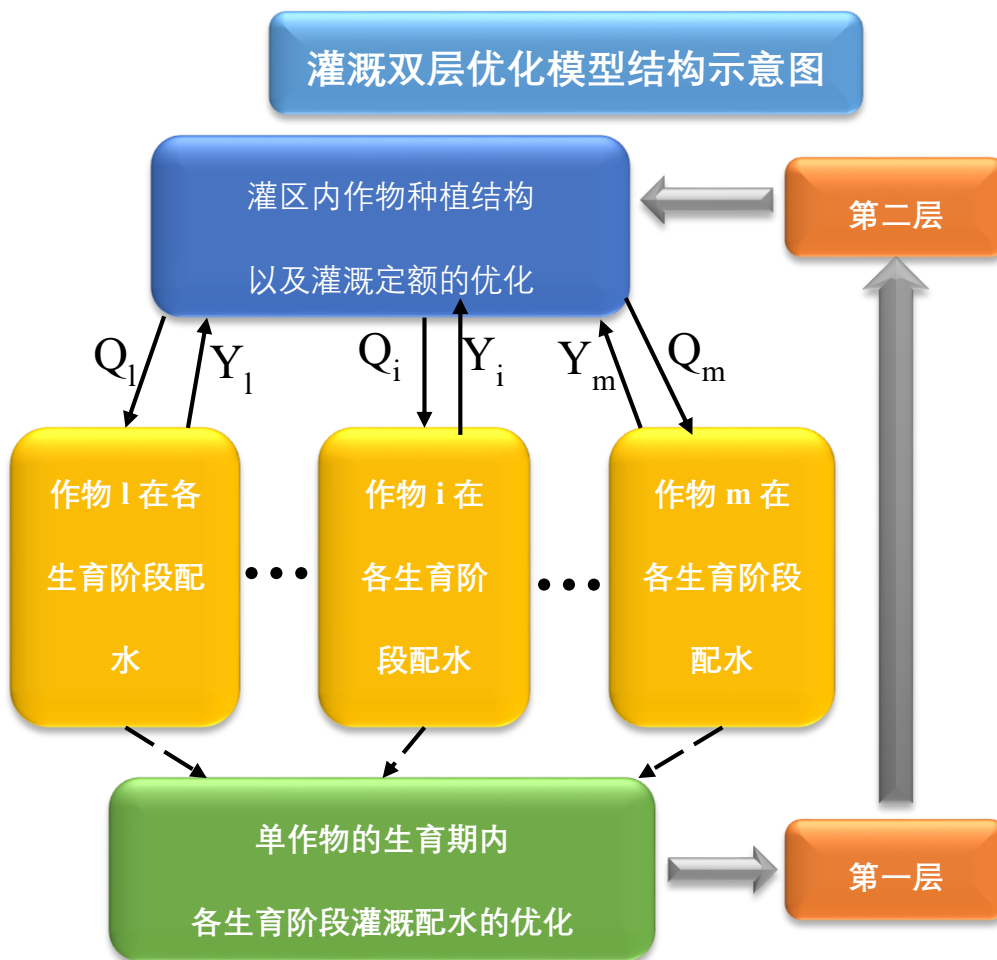


图 5.1 灌溉双层优化模型结构示意图

在模型第一层内，由 Jensen 模型思想，可以简化大系统递阶分析过程，得出 Y_i ：

$$Y_i = \max\left(\frac{C_a}{C_m}\right) = \max \prod_{n=1}^N \left(\frac{ET_n}{ET_{mn}}\right)^{\gamma_n} \quad (5.25)$$

其中 C_a 为作物的最高产量； C_m 为作物的实际产量； γ_n 是指生育阶段 n 的作物敏感指数，可通过查阅资料了解； ET_{mn} 是指第 n 个生育阶段充分灌溉条件下的蒸发蒸腾量^[9]。

由第一层分析结果可以简化推出第二层目标函数 F_s ：

$$F_s = \sum_{i=1}^m (P_i \cdot Y_i - E_i - P_{\text{水}} \cdot Q_i) \cdot S_i \quad (5.26)$$

其中 P_i 为作物的单价； E_i 单位面积作物的人力成本； $P_{\text{水}}$ 为农场标准水价； S_i 为作物 i 的种植面积。

5.3.2 模型的求解

为了简化分析，将问题具体化，我们团队将家庭个体小规模农户的种植区结构图简化如下：

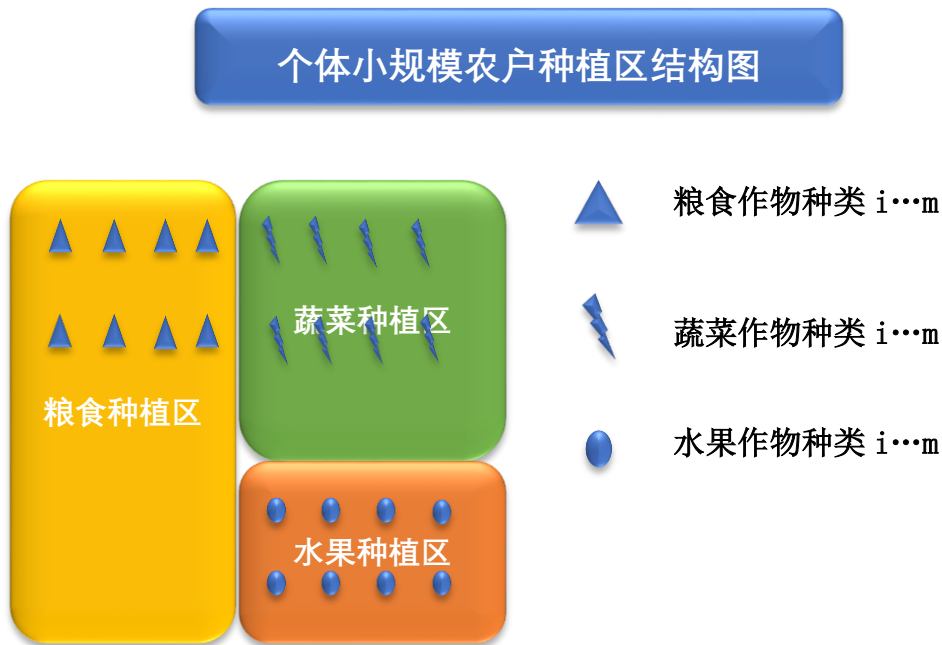


图 5.2 个体小规模农户的种植区结构图

依据灌溉双层优化模型的目标函数 F_s ，给出如下种植计划

1. 在灌溉制度优化方面，我们团队给出的种植方案是在蔬菜区实行大棚式种植，采用渗水灌溉方案。在合理棚区内的密度范围栽种蔬菜，用软管埋在蔬菜的两侧，在每棵蔬菜下的软管上扎一个小孔，将软管连接起来，需要浇水的时候打开阀门，水会通过小孔慢慢进入到蔬菜下方的土壤中，这样形成对蔬菜的灌溉^[10]。这种灌溉方案人力成本低，操作简便，类似于滴灌技术，能够有效

地减少双层优化模型二层中的灌溉额度 Q_i ，进而增大作物 i 的优化种植面积 F_s ，同时还减少了灌溉过程中水资源的浪费。

2. 在不同的种植灌溉区设置简要的集雨装置系统。同时还可以考虑在不同种植区易蓄水的地方可以修建迷你蓄水池，这样不仅减少了对地下水的使用，还可以减少水资源人力成本，进而降低 E_i ，同时还节约了水资源，提高灌溉效益。

3. 随着新型农业技术的快速发展，利用好一些新型的高科技技术，如滴灌与喷灌技术等，这些种植技术不仅能够减少对水资源的使用，而且可以大大降低劳动力成本、肥料的使用以及农药的投入量，实现最大化的合理密植，使 S_i 最大化和 E_i 最小化，从而使作物 i 种植面积 F_s 最优化。

5.4 问题四模型的构建与求解

5.4.1 模型的建立

为了评判稻田养鱼的综合种养模式与常规稻田轮作模式的综合效益，首先我们团队借用了张丹等人的研究思想^[11]，计算了这两种模式的直接经济价值DI:

$$DI = \sum I_i - \sum O_i \quad (5.27)$$

其中DI为农户的纯收入， I_i 为农户的各项收入活动， O_i 为农户的各项支出活动的平均值。易知收入活动有大米和鱼的售卖活动，支出活动包括稻苗、鱼苗和农药饲料等的购买。

利用经济学上的费用效益分析法，分析了两种经营模式下的投资盈利能力的静态指标^[11]。

$$ROI = O : I \quad (5.28)$$

$$PFE = \frac{(I - O)}{O} \cdot 100\% \quad (5.29)$$

对于农业与牧业的综合经营，我们团队为个体农户制定了一套以低碳环保经济效益为理念的肉牛农业复合养殖计划，结构简图如下：

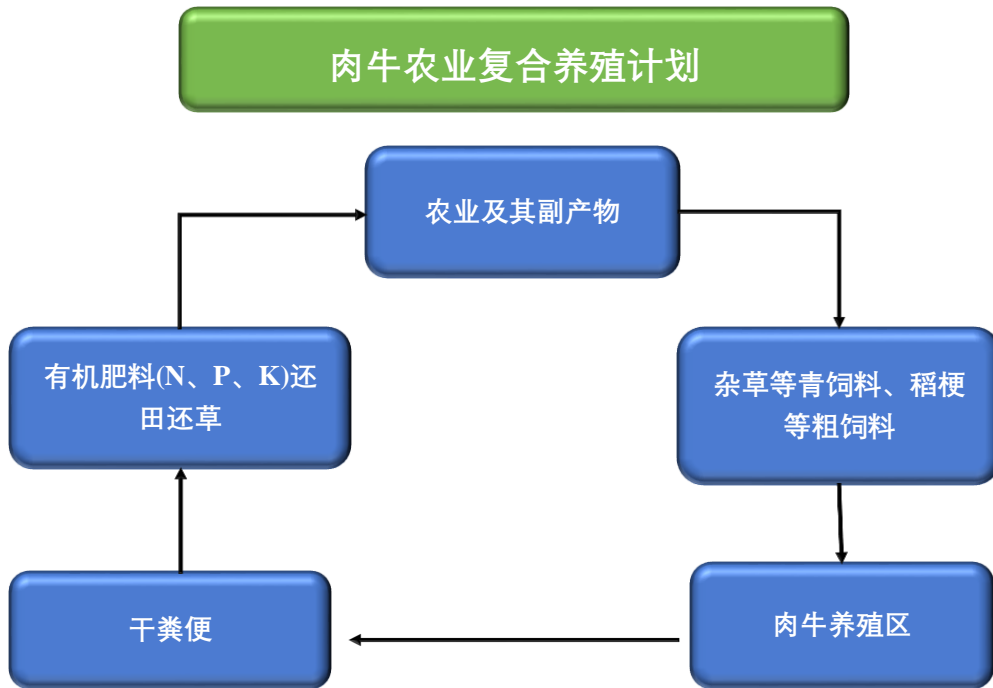


图 5.3 肉牛农业复合养殖计划图

为了衡量改养殖计划的低碳环保经济效益，我们以整个养殖体系的肥料循环利用为主要低碳经济思想，示意图如下：

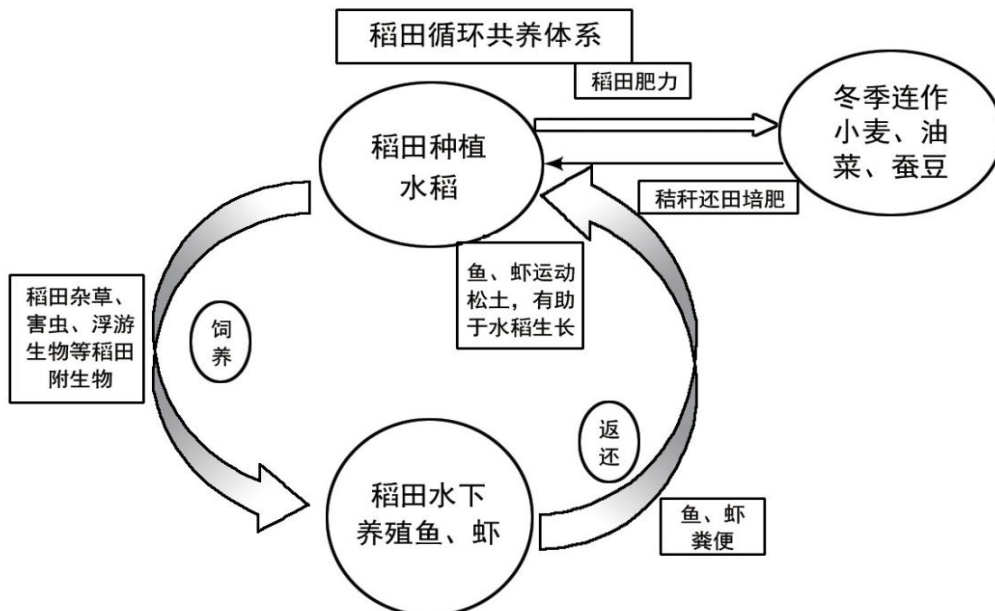


图 5.4 稻田循环共养体系

以氮磷钾肥料元素为研究对象，计算了土壤中的肥料元素保持效益 EQ，以

此间接评价养殖计划的经济效益,其中

$$EQ = \sum N_{1i} \cdot N_{2i} \cdot N_{3i} \quad (5.30)$$

N_{1i} 为农场土壤中氮磷钾肥料元素含量, N_{2i} 为纯肥料元素换算成实际肥料的比例^[11], N_{3i} 为氮磷钾这三种肥料的正常零售价。

5.4.2 模型的求解

借用张丹等人研究浙江青田县的案例数据^[11],统计如下表:

表 5.7 浙江青田县的案例数据 1

生产模式 Production model	现金 Cash (Yuan · hm ⁻²)			生态系统服务 Ecosystem service (Yuan · hm ⁻²)			总计 Total (Yuan · hm ⁻²)	投入产出比 ROI
	收入 Income	支出 Cost	净收入 Net income	正效益 Benefit	负效益 Cost	净效益 Net benefit		
常规稻作 Rice monocropping	12 760	-1 823	10 937	16 607	-8 009	8 598	19 535	1 : 2.99
稻田养鱼 Rice-fish agriculture	16 397	-3 276	13 121	19 361	-3 316	16 045	29 166	1 : 5.42

表 5.8 浙江青田县的案例数据 2

生产模式 Production model	调节大气 Air regulation		营养物质 保持 Nutrients conservation	病虫害 防治 Pest control	水量调节 Water regulation	旅游发展 Tourism development	水质污染 Water pollution	合计 Total		
	固碳释氧 CO ₂ fixation and O ₂ production	排放 CH ₄ CH ₄ emission						正效益 Benefit	负效益 Cost	净效益 Net benefit
常规稻作 Rice monocropping	10 417	-1 569	1 660	0	4 530	0	-6 440	16 607	-8 009	8 598
稻田养鱼 Rice-fish agriculture	8 789	-1 076	1 624	1 007	6 795	1 146	-2 240	19 361	-3 316	16 045

查阅相关文献可知,以06年肥料价格为金标准, CH_4N_2O 的价格为1676.5元/吨, KCl的价格为1853.33元/吨, $Ca(H_2PO_4)_2$ 的价格为473元/吨。

根据统计的相关数据带入PFE综合效益评价模型求解得常规稻田轮作模式的 $PEF_1 = 199$, 稻田养鱼的综合种养模式的 $PEF_2 = 443$ 。由统计的数据易分析知常规稻田轮作模式的 EQ_1 小于稻田养鱼的综合种养模式的 EQ_2 ; 常规稻田轮作模式的 ROI_1 大于稻田养鱼的综合种养模式的 ROI_2 。综合上述分析知稻—鱼的综合经营模式的综合效益是远大于常规稻田轮作模式, 这论证了我们提出的稻—鱼的综合经营模式在小规模农户的优越性和正确性, 论证了肉牛农业复合养殖计划具有可观的低碳循环经济效益。由此, 我们团队非常推荐小规模个体农户采用稻—鱼—肉牛的综合种养计划。

5.5 问题五的养殖计划方案

1. 多个家庭合作养殖虽然是一个不错的经营模式，但是当合作的个体农户过多时，不利于合作社的管理，经营的成本也会增加，个体农户间的矛盾也容易产生。因此明确一个合作社由多少位个体农户组成显得至关重要。查阅相关资料了解可知，根据目前农村土地拥有量与居住生活的实际情况，一般家庭合作以 4 至 8 个家庭共同经营比较适宜。结合问题三和问题四分别构建的灌溉双层优化模型和 PFE(水稻渔业结合效益)综合效益评价模型，进行综合评价。根据模糊数学评价的理念分析计算，我们团队给出的指导性最优解为 5 个家庭个体农户，可使人力效益达到最佳值。

2. 在明确经营合作社的家庭数后，鉴于每位农户家庭掌握的专业知识不同以及擅长的领域不同^[12]，我们团队对这 5 位农户进行了具体的分工经营和管理，以期达到最佳的人力，智力资源的利用额度。我们对整个经营和管理架构做了如下规划：

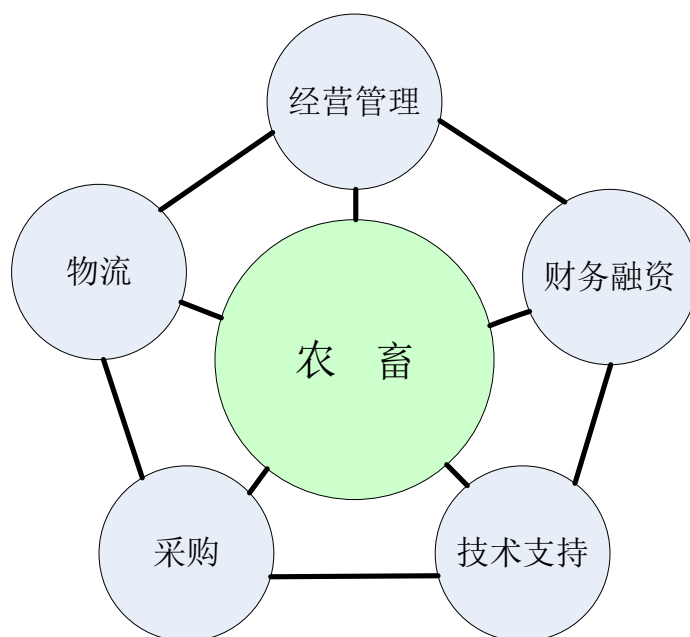


图 5.5 经营管理架构示意图

其中一位农户负责合作农社总的经营管理，一位农户负责合作农社的财务收支与外资的引进，一位农户负责农场种植与养殖的技术支撑与农户间的教育，一位负责相关养殖设备与种子、鱼苗等的采购，一位农户负责交易物流与进货物流，依据层次分析法这样的人员规划可以将人力、智力资源浪费降至最低。

前面通过问题三及问题四的综合分析可知，农场的农业、渔业、牧业三者相结合经营可以使其经济效益达到最大。之前几问研究知限于个体农户的小规模种植面积及人力成本的局限性，专一化种植经济效益非常低。在本题的研究对象里不存在此局限性，可以考虑不同个体农户在农业、渔业和牧业这三大领域实现专一化种植与养殖。我们团队设计了如下的复合种植与养殖规划简图，以实现经济的最大效益。（如图 5.6）

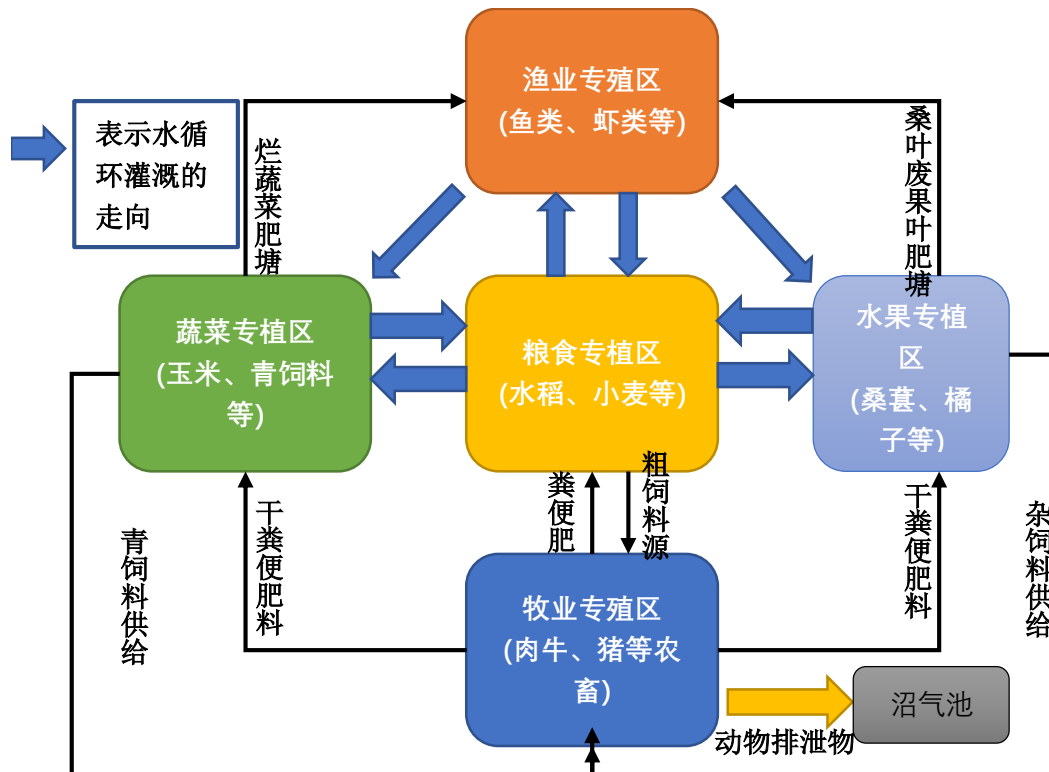


图 5.6 复合种植与养殖规划简图

养殖规划总的方案布局就是突显 5 位个体农户在各司其职之时，每人负责自己种植区的专项种植；不仅使个体种植区的经济效益达到最大值，各种植区之间还会相互依赖和影响，达到循环绿色农业的目的。通过问题三和四的分析和检验，我们设计了上图中的水循环灌溉系统，不仅实现了农业专区水资源的循环互用，还减少了许多人力成本和水资源的浪费。经验证与论述，我们所给出的养殖计划确实能够给与农社经营模式一些指导性意见。

第6章 结果

6.1 问题一结果

根据建立的模型，我们对稻米、小麦、黄瓜、苹果及梨未来 5 个月内的人力成本和收入进行预测。查阅资料，在 5 个月内以上农产品均不足以多次种植，所以 5 个月内的种植总次数 $m = 1$ ，我们假定上一次收成的种植面积为 $n_0 = 400$ 亩，拥有耕地 500 亩。对未来 5 个月内的气候 θ_k 、土壤肥沃程度、湿度 ε 、未来 5 个月内 i 亩种植面积的价格为 0 时的需求量 a 和上一时间段价格为 0 的供给量 c 进行假设后，通过模型求解计算得到这五种农产未来 5 个月内的人力成本预测和收入预测（如表 5.5）：

表 5.5 五种农产未来 5 个月内的人力成本预测和收入预测结果表

	稻米	小麦	黄瓜	苹果	梨
人力成本预测(万元)	19.84	18.57	91.83	75.98	86.22
收入预测(万元)	44.78	46.61	231.52	597.53	404.97

6.2 问题二结果

在将一年的时间划分为 3 段后（3 月至 6 月为 t_1 、7 月至 10 月为 t_2 、11 月至 12 月为 t_3 ），根据问题一的收入预测模型，对假定种植面积为 $m_1 = 50$ 亩进行预测，结合相关影响因素和轮番种植次数等，得到对应农产品每次种植的收入预测 $S_{i,j}$ （万元/50 亩）如下表：

表 5.6 9 种农产品 50 亩种植计划筛选结果表

	t_1 时间内 (3月-6月)	t_2 时间内 (7月-10月)	t_3 时间内 (11月-12月)
$S_{i,j}$ (万元/50 亩)	$\max\{S_{1,j}\} = 47.66$	$\max\{S_{2,j}\} = 47.1$	$\max\{S_{3,j}\} = 35.40$
对应农产品种	白菜	黄瓜	菠菜

结合表 10.2，我们团队设计出符合相关要求、预期为 1 年的合理种植计

划，在湿度较高的土壤中，3月至6月种植白菜2次，7月至10月种植黄瓜1次，11月至12月种植菠菜1次。

6.3 问题三结果

依据灌溉双层优化模型的目标函数 F_5 ，给出如下种植计划

1. 在灌溉制度优化方面，我们团队给出的种植方案是在蔬菜区实行大棚式种植，采用渗水灌溉方案。在合理棚区内的密度范围栽种蔬菜，用软管埋在蔬菜的两侧，在每棵蔬菜下的软管上扎一个小孔，将软管连接起来，需要浇水的时候打开阀门，水会通过小孔慢慢进入到蔬菜下方的土壤中，这样形成对蔬菜的灌溉^[10] 这种灌溉方案人力成本低，操作简便，类似于滴灌技术，能够有效地减少双层优化模型二层中的灌溉额度 Q_i ，进而增大作物 i 的优化种植面积 F_5 ，同时还减少了灌溉过程中水资源的浪费。

2. 在不同的种植灌溉区设置简要的集雨装置系统。同时还可以考虑在不同种植区易蓄水的地方可以修建迷你蓄水池，这样不仅减少了对地下水的使用，还可以减少水资源人力成本，进而降低 E_i ，同时还节约了水资源，提高灌溉效益。

3. 随着新型农业技术的快速发展，利用好一些新型的高科技技术，如滴灌与喷灌技术等，这些种植技术不仅能够减少对水资源的使用，而且可以大大降低劳动力成本、肥料的使用以及农药的投入量，实现最大化的合理密植，使 S_i 最大化和 E_i 最小化，从而使作物 i 种植面积 F_5 最优化。

6.4 问题四结果

考虑农业与渔业的结合，为简化模型和问题分析，农业经营主要考虑水稻的种植，渔业的经营主要考虑鱼类的养殖。基于稻—鱼的综合经营模式，我们团队构建了一个 PFE(水稻渔业结合效益)综合效益评价模型，求解得常规稻田轮作模式的 $PEF_1 = 199$ ，稻田养鱼的综合种养模式的 $PEF_2 = 443$ 。由统计的数据易分析知常规稻田轮作模式的 EQ_1 小于稻田养鱼的综合种养模式的 EQ_2 ；常规稻田轮作模式的 ROI_1 大于稻田养鱼的综合种养模式的 ROI_2 。综合上述分析知稻—鱼的综合经营模式的综合效益是远大于常规稻田轮作模式，这论证了我们提出的稻—鱼的综合经营模式在小规模农户的优越性和正确性，论证了肉牛农业复合养殖计划具有可观的低碳循环经济效益。由此，我们团队非常推荐小规模个体农户采用稻—鱼—肉牛的综合种养计划。

6.5 问题五结果

养殖规划总的方案布局就是突显 5 位个体农户在各司其职之时，每人负责自己种植区的专项种植；不仅使个体种植区的经济效益达到最大值，各种植区之间还会相互依赖和影响，达到循环绿色农业的目的。通过问题三和四的分析和检验，我们设计了上图中的水循环灌溉系统，不仅实现了农业专区水资源的循环互用，还减少了许多人力成本和水资源的浪费。经验证与论述，我们所给出的养殖计划确实能够给与农社经营模式一些指导性意见。我们团队设计的复合种植与养殖规划简图如下：

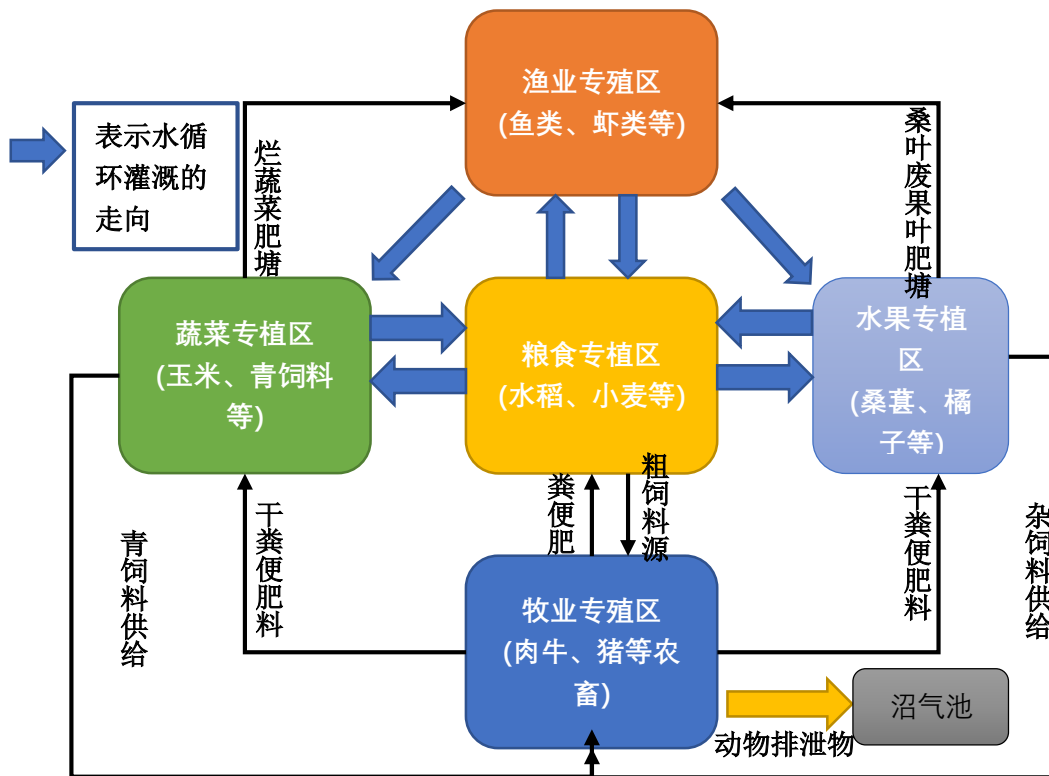


图 5.6 复合种植与养殖规划简图

第7章 模型检验与误差分析

7.1 问题一

前文中为解决问题一我们团队建立了人力成本预测模型 W 、产量预测模型 Q 、价格预测模型 P_t 和收入预测总模型 S 。在模型求解中，我们根据这些模型合理解决了题目中的需求。

现在我们通过 2018 年和 2019 年公布的中国农产品相关信息，假设种植面积为 100 亩，根据 2018 年中必需一部分数据对 2019 年的产量、收入及价格进行预测，将其与 2019 年 100 亩的相应数据进行对比（如下表），

表 7.1 种植面积为 100 亩产量

	2019 年预测产量 (公斤)	2019 年实际产量 (公斤)	拟合度
稻米	52241.4	47060.0	0.901
小麦	47273.2	37533.3	0.794
大豆	12318.40	12833.3	0.960

表 7.2 价格

	2019 年预测收购价格 (元/公斤)	2019 年实际收购价格 (元/公斤)	拟合度
稻米	2.14	2.10	0.981
小麦	2.52	2.45	0.972
大豆	5.87	6.00	0.978

表 7.3 种植面积为 100 亩的收入

	2019 年预测收入 (元)	2019 年实际收入 (元)	拟合度
稻米	111796.60	98826.00	0.884
小麦	119128.38	91956.59	0.772
大豆	72309.03	76999.80	0.939

从上表可以计算出模型预测收入数据和 2019 年的实际收入数据的平均拟合

度为 0.865，因此，可以得出结论：人力成本预测模型 W 、产量预测模型 Q 、价格预测模型 P_t 和收入预测总模型 S 对农产品未来种植进行预测是比较准确的。并且准确度在 0.865 ± 0.09 内波动。

对于出现误差，我们认为是农户的管理方式、气候的过大波动、动物破坏及其他植物的竞争等导致。未来我们可以从农户的管理方式进行分类处理及加入动物破坏成分进行模型改进。

7.2 问题二

对于问题二，我们团队根据问题一建立的人力成本预测模型 W 、产量预测模型 Q 、价格预测模型 P_t 和收入预测总模型 S ，从农户利用充足的土地资源进行大规模种植，除了引进现代化农业机械代替人工，提高种植效率外，还需要合理的种植计划，包括种植时间与农产品种类合理匹配、土壤等环境与农产品种类的适应性，及气候对农产品生长的适宜性等方面设计出喜湿农产品筛选种植时间模型 L 和不喜湿农产品筛选种植时间模型 UL 。并代入一些数据进行模型求解，给出了农户种植面积为 $m = 50$ 亩、符合相关要求、预期为 1 年的合理种植计划：在湿度较高的土壤中，3 月-6 月种植白菜 2 次，7 月-10 月种植黄瓜 1 次，11 月-12 月种植菠菜 1 次。

在对模型准确度进行验证时，我们团队发现该计划和模型数据存在些许误差。其源于模型计算过程中某些数据的近似取值、实际气候的复杂性、土壤肥沃程度和湿度分布不均及农户管理方式等。实际种植环境的复杂性总会影响农产品的生长、收成，数学模型无法精确的描述出来，所以我们团队设计了尽可能和实际相符的计算模型及种植计划。

7.3 问题三

对于问题三，我们团队利用了大系统递阶分析原理的思想和动态规划迭代的方法，将农作物的节水优化种植面积 F_s 和水分产生函数 Y_t 这两个较难以量化和模糊的概念进行数学量化和具体化，通过构建的灌溉二层优化模型，可以验证我们为个体农户提供的种植计划的节水效益最大。该模型的误差主要来源是大量数据的动态迭代和插值拟合，在未调研到大量数据的情形下，我们增加了以个体范围为研究对象和农户收入稳定两个约束条件，在一定程度上减小了目标函数 F_s 的非线性误差。

7.4 问题四

对于问题四，我们团队先构建了一个 PFE(水稻渔业结合效益)综合效益评

价模型，推算出常规稻田轮作模式的 $PEF_1 = 199$ ，稻田养鱼的综合种养模式的 $PEF_2 = 443$ ，以此验证了稻—鱼的综合种养模式的在小规模农户的优越性和正确性。其次通过综合评价分析法，以肥料元素保持效益 EQ 对比推算得出农牧复合种养模式的低碳环保效益为最佳值。综合二者，提供了一套完整的稻—鱼—肉牛的综合种养计划。我们综合考虑了农渔业的结合经济效益和农牧业

的结合经济效益，但我们的模型未涉及渔业与牧业的结合经济效益，这是主要误差来源。对此我们引入了经济学上投入产出比 ROI 来减小常规稻田轮作模式和稻田养鱼的综合种养模式的经济效益误差，推算出两种模式的净效益分别为 8595 和 16045，验证了一定误差范围内模型的可行性。

第8章 模型的评价与推广

8.1 优点

1. 成本和收入预测模型灵活应用经济学中价格与供求关系、收入、成本等内容，科学合理地建立。
2. 模型建立和种植计划设计时，实际的考虑了气候、土壤情况、农产品生长周期、适应性等因素的影响。
3. 问题二中的模型建立和种植计划设计符合土地资源循环利用，保证农户稳定收入的绿色种植理念，预测和计划情况经检验与实际符合度达到 86.5%左右，与实际情况非常贴近。
4. 问题三所建模型采用双层灌溉优化体系，利用大系统递阶分析原理的思想，不仅考虑作物自身的水循环，也考虑灌溉系统的优化，让模型更适合实际应用。
5. 问题四所建模型不仅考虑农渔业的结合经济效益，还考虑农牧复合的环保效益，使模型具备一定的现实效益性。

8.2 缺点

1. 模型设计未考虑极端天气影响（如冰雹、干旱、洪涝等）。
2. 未考虑农户农产品种植心理对种植计划的影响。

8.3 模型的推广

本文设计的灌溉双层优化模型不仅考虑到了不同农作物之间的水循环程，还考虑到了农场灌溉系统的优化，这使得我们的模型更加适用于个体农户的实际经营。

我们团队所设计的稻—鱼—肉牛的综合种养计划，不仅适用于小规模个体农户，该养殖模式还可以推广到多家庭合作的小农社。在问题五中我们论述了类似于稻—鱼—肉牛的综合种养模式在农社的可行性，并在问题五中给出了多家庭合作养殖计划方案。

第9章 参考文献

- [1] 徐媛媛,高永霞.蛛网模型下农产品目标价格的制定[J].西安财经学院学报,2015,28(02):79-82.
- [2] 徐万林,栗晓玲,史银军,南彩艳,杨雪菲.基于水资源高效利用的农业种植结构及灌溉制度优化——以民勤灌区为例[J].水土保持研究,2011,18(01):205-209.
- [3] http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201912/t20191206_1715827.html
- [4] 2013 年全国各地蔬菜、西瓜、甜瓜、草莓、马铃薯播种面积和产量[J].中国蔬菜,2015(01):12.
- [5] 张树忠,刘磊.小宗农产品价格波动及货币供应量的影响——基于蛛网模型和 VAR 模型的数理和实证研究[J].金融理论与实践,2012(11):75-79.
- [6] <http://www.agri.cn/>
- [7] 郭宗楼.灌溉水资源最优分配的 DP—DP 法[J].水科学进展,1994(04):303-308.
- [8] 崔远来,李远华.作物缺水条件下灌溉供水量最优分配[J].水利学报,1997(03):38-43.
- [9] 徐万林. 基于水资源高效利用的农业种植结构优化[D].西北农林科技大学,2011.
- [10] 王荣山,刘爱月,李文文.节水型农业种植结构优化研究[J].农业与技术,2018,38(22):37.
- [11] 刘某承,张丹,李文华.稻田养鱼与常规稻田耕作模式的综合效益比较研究——以浙江省青田县为例[J].中国生态农业学报,2010,18(01):164-169.
- [12] 王翀,蓝俊虹,余功富,张新国,高三玉,屠焰,茅慧玲,刁其玉.南方黄牛的林牧复合家庭农场养殖模式研究[J].家畜生态学报,2019,40(04):71-76.

第10章 附录

附录一：

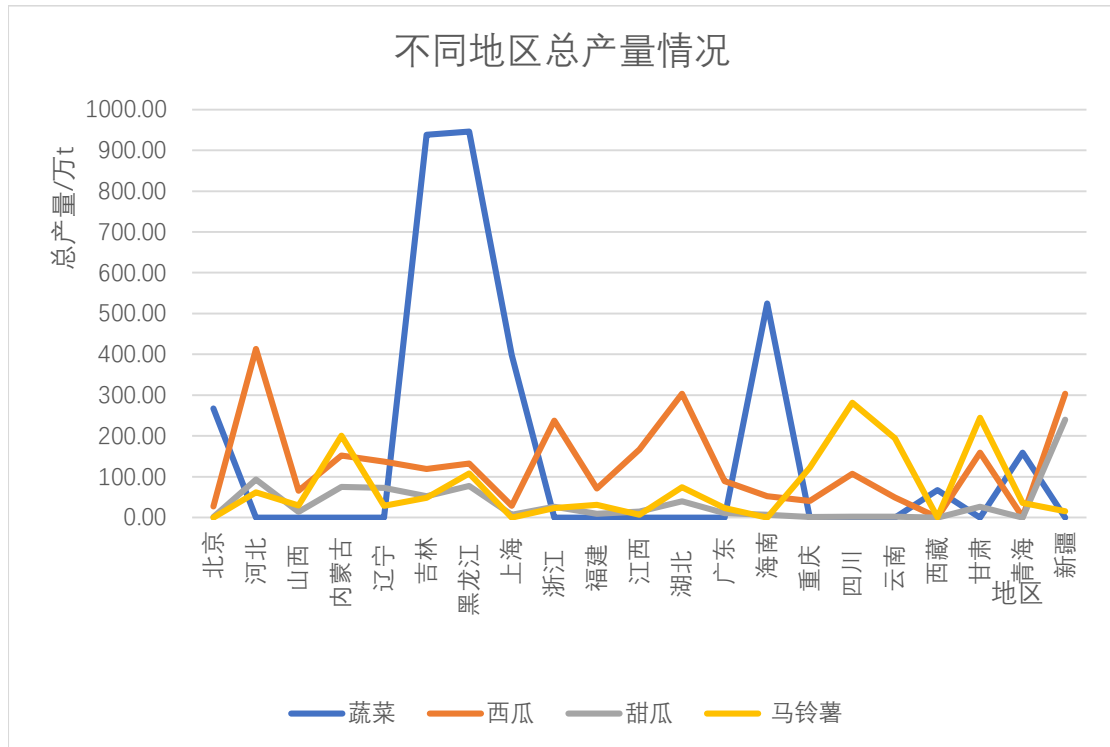


图 10.1

其它数据及分析图片见支撑材料

附录二

表 10.1 成本、产量及收益情况表

	稻米	小麦	黄瓜	苹果	梨
上次价格 P_0 (元/公斤)	2.09	2.52	6.51	11.73	7.65
毛利率变化 x^*	-6.28%	2.02%	6.37%	-8.14%	-1.79%
供给价格 弹性 d	0.887	0.910	0.679	0.867	0.901
需求价格 弹性 b	0.785	0.760	0.742	0.764	0.854
平均亩产量 a_0 (公斤)	470.6	375.33	6300	1459	1223.5
种植一亩管 理成本 x (元)	468	430	1980	1520.5	1860

附录三:

表 10.2 不同时间段的 9 种农产种植情况及收入预测表

时间段 t_i	品种	土壤环境 k	每次种植农产品的 收入预测 S_{ij} (万元/50 亩)	时间段内 可种植次数
t_1	早稻	喜湿	5.60	1
	花生	不喜湿	14.10	1
	白菜	喜湿	47.66	2-3
t_2	晚稻	喜湿	5.86	1
	黄瓜	喜湿	47.1	1-2
	甘薯	不喜湿	21.32	1
t_3	冬小 麦	不喜湿	6.28	1
	菠菜	喜湿	35.40	1-2
	早春 南瓜	无太大要 求	22.73	1