

基于线性规划与熵权TOPSIS法的农林牧渔结构最优化模型研究

——以山东省为例

毕晓洋, 房 岚

曲阜师范大学数学科学学院, 山东 曲阜

收稿日期: 2024年4月29日; 录用日期: 2024年5月22日; 发布日期: 2024年5月31日

摘 要

为了用定量的方法确定综合经济效益、生态效益与社会效益的山东省农林牧渔结构最优化方案, 本文选用合适的预测模型给出山东省粮食产量、农业用水量、农业总产值数据化预测结果, 用于建立约束条件, 利用线性规划分别得到粮主型、养殖型、综合型三种农林牧渔结构类型的经济效益最优模型, 最后运用熵权模型改进多准则层TOPSIS法从经济效益、生态效益、社会效益3个维度构建山东省农林牧渔结构评价指标体系, 进而提出山东省农林牧渔结构最优化实践方案。

关键词

经济效益, 生态效益, 社会效益, 预测模型, 线性规划, 熵权TOPSIS法

Optimization Model of Agriculture, Forestry, Husbandry and Fishery Structure Based on Linear Programming and Entropy Weight TOPSIS Method

—Taking Shandong Province as an Example

Xiaoyang Bi, Lan Fang

School of Mathematical Sciences, Qufu Normal University, Qufu Shandong

Received: Apr. 29th, 2024; accepted: May 22nd, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

In order to determine the optimal scheme of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery structure in Shandong province by quantitative method, in this paper, a suitable forecasting model is selected to give the data forecasting results of grain output, agricultural water consumption and agricultural gross output value in Shandong Province, which are used to establish constraint conditions. The optimal economic benefit models of three types of agricultural, forestry, animal husbandry and fishery structure types, namely grain main type, aquaculture type and comprehensive type, are obtained by linear programming. Finally, entropy weight model was used to improve the multi-criterion layer TOPSIS method to construct the evaluation index system of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery structure in Shandong Province from the three dimensions of economic benefit, ecological benefit and social benefit, and then put forward the optimal practice scheme of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery structure in Shandong Province.

Keywords

Economic Benefits, Ecological Benefits, Social Benefits, Prediction Model, Linear Programming, Entropy Weight TOPSIS Method

Copyright © 2024 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

新时代下, 随着党的二十大报告中对乡村高质量发展要求的提出, 结合今后三农工作的开展, 考虑到农林牧渔业的良性发展对农村的综合发展将贡献无可替代的力量, 我国相关专业人才对农林牧渔业的三个主要指标: 粮食产量、农业总产值及农业用水量的预测展开研究。

丁晨芳[1]于 2007 年提出尝试将组合预测法应用于我国未来粮食产量的预测, 通过赋予合理权重, 将 C-D 生产函数模型、多元回归模型和指数平滑模型加权组合, 证明了单一模型经过组合能够提高预测精度。朱春江[2]等运用回归预测法与灰色系统预测法的组合对中国农业总产值进行预测, 结果表明, 优化组合模型综合预测方法具有相对合理性、可行性和实用性。为更好地研究区域的水资源综合规划, 李振全[3]等人应用灰色理论建立了 GM(1, 1)模型, 对典型区的农业需水量进行了预测。

当下, 国内外对于促进农林牧渔高质量发展也进行了一定的研究。蔡鸿毅[4]等人认为深入推进农业结构调整, 推进农林牧渔结合发展, 原则是发挥比较优势, 关键是找准利益结合点, 核心抓手是挖掘市场与产业空间。郭向东[5]经研究发现: 中国农、林、牧、渔农产品以及总体农产品生产价格指数波动率时间序列都呈现出显著的长期记忆性特征。张文辉[6]指出农业、林业、牧业、渔业一体化苗圃建设的发展新格局, 并对苗圃的建设提出了一些新的设想。

2. 分析数据, 建立合适的预测模型估算参数

2.1. 数据预处理

应用数学软件进行数据清洗及归一化处理。在数据清洗的缺失值处理步骤中采用均值填补法替代删除缺失值, 以免误删有用数据。对数据进行归一化处理, 提高模型的收敛速度与精度。

2.2. 预测模型的建立

2.2.1. 山东省粮食产量预测模型(灰色预测模型)

本文对山东省近十年的粮食产量数据进行预处理, 分析预处理后的数据发现无明显规律, 不确定因素较多, 为保证预测数据的准确性, 采用灰色系统建立山东省粮食产量灰色预测模型。

假设粮食初始产量序列以及累加生成序列分别为:

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$$

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$$

其中, $x^{(0)}$ 代表原始粮食产量序列, $x^{(1)}$ 代表经过一次叠加后的粮食产量序列, k 表示常数, 且 $k = 1, 2, \dots, n$ 。

最开始, 要求数据通过下式的级比检验:

$$\lambda(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)} \in \left(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right), k = 2, 3, \dots, n$$

为保证模型的合理性, 将 $x^{(1)}(t)$ 修正为均值生成序列 $z^{(1)}(t)$,

$$z^{(1)}(t) = 0.5x^{(1)}(t) + 0.5x^{(1)}(t-1), t = 2, 3, \dots, n$$

建立灰微分方程为

$$x^{(0)}(t) = u - az^{(1)}(t)$$

将方程改写为矩阵形式 $Y = BU$, 利用最小二乘法求得解 U 的估计值为

$$\hat{U} = [\hat{a}, \hat{u}]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

将参数 a, u 代入原微分方程 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$ 求解, 解得

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, k = 0, 1, \dots$$

最后进行残差检验 $\varepsilon(k) = \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}, k = 1, 2, \dots, n$ 其中 $\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1)$, 发现残差 $\varepsilon(k) < 0.2$,

可用来进行山东省粮食产量的预测。

综上所述, 山东省 2023 年粮食产量约为 5617.559 万吨。

2.2.2. 山东省农业总产值预测模型(时间序列预测模型)

观察山东省农业总产值随着时间变化的序列图发现, 农业总产值的变化与时间有着一定的关系, 而且还与变量本身的变化有关, 因此采用时间序列模型进行预测。这种模型方法相对简便快捷, 可以缩短计算时间与成本。

最开始, 对时间序列进行预处理, 异常值由平均值代替。对观察值序列进行平稳性检验, 通过时序图发现山东省内农业产值的观测值序列不满足平稳性要求, 需要进行数据平稳化处理。因此对原始数据进行一阶普通差分处理。

此时序列值满足平稳性条件, 接着对序列进行白噪声检验, 满足以下条件的序列为白噪声:

$$\begin{aligned} E(X_t) &= \mu \\ \text{Var}(X_t) &= \sigma^2 \\ \text{Cov}(X_t, X_{t-k}) &= 0, \forall t, k \end{aligned}$$

通过处理数据可以得出, 所有之后结束的自相关系数和偏相关系数均与 0 没有显著性差异; 另外从下图结果中得出, 对残差进行 Q 检验得到的 p 值为 0.675, 即无法拒绝原假设, 认为残差就是白噪声序列, 因此差分整合移动平均自回归模型(ARIMA 模型)能很好识别山东省农业产值的数据。

最终得到预测数据, 即预测 2023 年山东省农业生产总值为 6469.01 亿元。

2.2.3. 山东省农业用水量预测模型(改进的灰色预测与指数平滑模型的组合模型)

灰色预测模型对时间序列短、统计数据少、信息不完全系统的分析与建模具有独特的功效, 是处理小样本预测问题的有效工具。但在预测农业用水量时会出现用水量偏低的数据, 此时采用灰色预测模型用水量容易被忽略, 而指数平滑预测模型可适用于用水量较少时的预测。为了更准确地预测农业用水量, 采用灰色预测模型与指数平滑模型的叠加模型进行预测。

假设山东省农业初始用水量序列为

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$$

并要求级比

$$\lambda(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)} \in \left(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right), k = 2, 3, \dots, n$$

再对 $x^{(0)}$ 进行一次累加, 则

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$$

记为

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$$

为了更合理, 取 $x^{(1)}$ 的加权均值, 即令

$$z^{(1)}(t) = cx^{(1)}(k) + (1-c)x^{(1)}(k-1), k = 2, 3, \dots, n$$

其中 c 为确定参数, 则

$$z^{(1)} = \{z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)\}$$

取 $x^{(0)}(k)$ 为灰导数, $z^{(1)}(k)$ 为背景值, 建立微分方程

$$x^{(0)}(k) = u - az^{(1)}(k)$$

需要估计的参数 a 为发展灰度, u 为内生控制灰度, 将方程改写为矩阵形式 $Y = BU$, 利用最小二乘法求得解 U 的估计值为

$$\hat{U} = [\hat{a}, \hat{u}]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

为了求解微分方程, 考虑相应的白化方程 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$: 参数 a, u 代入,

解得 $\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, k = 0, 1, \dots$ 。

检验预测 $\varepsilon(k) = \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}, k = 1, 2, \dots, n$, 残差 $\varepsilon(k) < 0.2$, 可用来进行农业用水量的预测, 得到 2023 年山东省农业用水量约为 119.4 亿平方米。

接下来构建指数平滑预测模型, 由于山东省农业用水量处于持续下降的趋势, 因此选用三次平滑预测模型进行预测。

设目前农业用水量的时间序列是由 n 个历史用水量数据构成的, 记为

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

得到预测公式:

$$\begin{aligned}\hat{X}_{t+T} &= a_t + b_t T + c_t T^2 \\ a_t &= 3S_t^{(1)} - 3S_t^{(2)} + S_t^{(3)} \\ b_t &= \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} \left[(6-5\alpha)S_t^{(1)} - 2(5-4\alpha)S_t^{(2)} + (4-3\alpha)S_t^{(3)} \right] \\ c_t &= \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} \left[S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)} + S_t^{(3)} \right]\end{aligned}$$

其中, $\hat{X}_{t+T}$ 代表预测用水量第 $t+T$ 期的农业用水量预测值, a_t, b_t, c_t 为预测模型中平滑系数。采用霍尔特预测模型描述山东省农业用水量数据比较准确, 预测 2023 年山东省农业用水量约为 118.6 亿平方米。

将两种模型进行组合, 设目前农业用水量的时间序列为

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

l_1 与 l_2 代表两个预测模型经组合后的模型加权系数, 满足 $l_1 + l_2 = 1$, $\hat{X}_t$ 代表在 t 时期的最终山东省农业用水量预测值。

取 $l_1 = l_2$, 从而可以预测出 2023 年山东省农业用水量约为 119 亿平方米。

3. 线性规划, 优化结构模型

3.1. 拟定农林牧渔结构类型

拟定三种不同的农林牧渔结构类型:

类型 I (粮主型): 加强粮食生产, 扩大耕地面积, 发展杂食畜禽。

类型 II (养殖型): 稳定增长粮食, 以畜禽养殖为切入口, 重点发展草食畜禽。

类型 III (综合型): 稳定增长粮食, 扩大经济作物, 发展多种经营。

3.2. 设置决策变量

对山东省农林牧渔业生产方式、经营模式数据观察与分析, 总结出 25 个决策变量, 分别用 $x_1, x_2, \dots, x_{25}$ 表示, 具体决策变量如下表 1 所示。

3.3. 参数估计

已经运用预测模型对山东省粮食产量、农业总产值及农业用水量进行了预测, 以对线性规划模型中主要指标的约束条件做出定量分析, 建立更为严谨、具体的线性规划模型。

Table 1. Decision variable
表 1. 决策变量

决策变量	代表作物	决策变量	代表作物	决策变量	代表作物
x_1	小麦	x_{10}	烤烟	x_{19}	牛
x_2	稻谷	x_{11}	蔬菜	x_{20}	驴
x_3	薯类	x_{12}	苹果园	x_{21}	猪
x_4	玉米	x_{13}	梨园	x_{22}	山羊
x_5	谷子	x_{14}	葡萄园	x_{23}	绵羊
x_6	大豆	x_{15}	西瓜	x_{24}	内陆水产品养殖
x_7	花生	x_{16}	甜瓜	x_{25}	海水农产品养殖
x_8	油菜籽	x_{17}	草莓		
x_9	棉花	x_{18}	林业用地		

3.4. 建立约束条件

综合考虑山东省的资源数量、土壤质量、社会要求、消费习惯、技术条件、耕地面积、生态平衡等因素，对产量、产值、用水量、种植面积、养殖量、农药使用量等进行数据查找、分析，结合山东省地区政策对决策变量或其组合建立约束条件，其中的主要指标：粮食产量、农业总产值及农业用水量前期已经进行了数据预测可直接将预测结果用于建立约束条件。

3.5. 确定目标函数，模型求解与择优

目标函数确定为在约束条件下，山东省的农林牧渔主要指标纯收入达到最大。

$$\begin{aligned} \max Z = & 674.7 * x_1 + 749.6 * x_2 + 1799.1 * x_3 + 1499.3 * x_4 + 1499.3 * x_5 + 1049.5 * x_6 + 1499.3 * x_7 \\ & + 1499.3 * x_8 + 2248.9 * x_9 + 4497.6 * x_{10} + 2998.5 * x_{11} + 4122.9 * x_{12} + 10494.8 * x_{13} \\ & + 13043.5 * x_{14} + 2998.5 * x_{15} + 5997.0 * x_{16} + 29985.0 * x_{17} + 10494.8 * x_{18} + 210.0 * x_{19} \\ & + 250.0 * x_{20} + 70.0 * x_{21} + 34.4 * x_{22} + 36.1 * x_{23} + 7496.3 * x_{24} + 14992.5 * x_{25} \end{aligned}$$

其中 Z 为目标函数， x_i 前的系数为第 i 项决策变量的效益系数，它表示单位 x_i 项活动所产生的实际效益。根据线性规划问题的单纯形法进行计算程序设计，得到粮主型农林牧渔结构类型的最优解。并按照不同设想，合理改变模型中的有关参数，算出可供比较的养殖型、综合型农林牧渔结构类型最优解，并以 $\max Z$ 作为三个模型各自的经济效益量化值。三种山东省农林牧渔结构类型最优解汇总如下表 2 所示。

Table 2. Summary table of the optimal solution of three structural types of agriculture, forestry, husbandry and fishery in Shandong Province

表 2. 三种山东省农林牧渔结构类型最优解汇总表

决策变量	项目	计量单位	2023 年优化方案		
			粮主型	养殖型	综合型
x_1	小麦	千公顷	3831.41	3831.41	3831.41
x_2	稻谷		112	112	112
x_3	薯类		143.15	143.15	134.04

续表

x_4	玉米		4535.63	4647.828	4225.552
x_5	谷子		25	25	25
x_6	大豆		170	170	153.52
x_7	花生		797.8865	685.6889	1133.55
x_8	油菜籽		9	9	9
x_9	棉花		138.4615	138.4615	138.4615
x_{10}	烤烟	千公顷	18.46154	18.46154	18.46154
x_{11}	蔬菜		1600	1600	1600
x_{12}	苹果园		275	275	275
x_{13}	梨园		36	36	36
x_{14}	葡萄园		40	40	40
x_{15}	西瓜		165	165	165
x_{16}	甜瓜		45	45	45
x_{17}	草莓		16	16	16
x_{18}	林业用地		349.34	349.34	349.34
x_{19}	牛		320	380	330
x_{20}	驴	万公顷	9	9	9
x_{21}	猪		3300	3300	3300
x_{22}	山羊		837	950	837
x_{23}	绵羊		1000	1000	1000
x_{24}	内陆水产品养殖	千公顷	280	280	280
x_{25}	海水水产品养殖		561.5	561.5	561.5
最大纯收入(亿元)			3034.86	2999.6	3035.84

4. 运用基于熵权法改进的多准则层 TOPSIS 法定量分析，确定农林牧渔结构

4.1. 确定评价指标

基于全局考虑，从提升山东省农林牧渔盈利水平、加强山东省农林牧渔生态建设、提高山东省农林牧渔社会服务保障 3 个角度出发，从经济效益、生态效益、社会效益 3 个方面进行指标构建，并围绕这 3 个方面设置 7 个二级指标。

4.2. 运用基于熵权法改进的多准则层 TOPSIS 法，确定最适合山东省发展的农林牧渔结构

4.2.1. 建立原始矩阵并进行指标正向化处理

为了保证评价结果的准确性，有必要指标正向化。评价指标分为三类：经济效益、生态效益、社会效益。经济效益方面以山东省的农林牧渔主要指标纯收入为评价依据；生态效益方面包括山东省林木及果树覆盖面积、农用化肥施用折纯量、农业需水量、农药使用量；社会效益方面包括山东省农村居民家庭平均每人经营耕地面积、农村居民家庭平均每百户拥有役畜数量。这七项二级指标中，农用化肥施用折纯量、农业需水量、农药使用量为极小型指标，需进行指标正向化处理，以山东省农业需水量为例，

找出粮主型、养殖型、综合型的经济效益最优模型的需水量最大值, 从最大值中减去每个模型的需水量, 减去后的结果将直接取代原本的值, 其他指标值不变。公式如下:

$$x_{ij} = \max x_j - x'_{ij}$$

其中, $i=1,2,3$ 分别代表山东省粮主型、养殖型、综合型的农林牧渔经济效益最优模型, j 表示山东省农业需水量所在列, $\max x_j$ 表示第 j 列数值中的最大值, x'_{ij} 表示初始值。

4.2.2. 正向化矩阵标准化

为了消除不同指标量纲的影响, 对正向化矩阵进行标准化处理:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^3 x_{ij}^2}}$$

B_1, B_2, B_3 分别代表山东省粮主型、养殖型、综合型经济效益最优模型, A_j 代表第 j 项指标, x_{ij} 表示模型 B_i 对评价指标 A_j 的量化值或得分。

4.2.3. 确定利弊向量

定义最佳向量 $Z^+ = (Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_7^+) = (\max\{z_{11}, z_{21}, z_{31}\}, \max\{z_{12}, z_{22}, z_{32}\}, \dots, \max\{z_{17}, z_{27}, z_{37}\})$ 。

定义最差向量 $Z^- = (Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_7^-) = (\min\{z_{11}, z_{21}, z_{31}\}, \min\{z_{12}, z_{22}, z_{32}\}, \dots, \min\{z_{17}, z_{27}, z_{37}\})$ 。

4.2.4. 通过熵权法修改模型

上述模型中 7 个评价指标的权重相同, 但依据对调查问卷结果的分析发现, 在实际发展中, 对不同指标的考虑有所不同。从而对模型中的七个评价指标给予相同的权重是不现实的。因此, 为了使评价结果更加可靠, 使用熵权法客观地为评价指标分配权重:

1) 将原始输入矩阵标准化到非负区间, 得到非负矩阵 $\tilde{Z} = (\tilde{z}_{ij})_{3 \times 7}$ 。

2) 计算 j 指标下 i 样本所占的比重, 并将其看作相对熵计算中用到的概率, 记为

$$p_{ij} (i=1,2,3; j=1,2,\dots,7), p_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{\sum_{i=1}^3 \tilde{z}_{ij}}$$

3) 计算每个指标的信息熵:

$$e_j = -\frac{1}{\ln 3} \sum_{i=1}^3 p_{ij} \ln(p_{ij}), j=1,2,\dots,7$$

得到信息效用值: $d_j = 1 - e_j (j=1,2,\dots,7)$, 信息效用值越大, 其对应的信息越多。对信息效用值进行归一化处理, 得到每个指标的熵权:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^7 d_j} (j=1,2,\dots,7)$$

4) 计算分数并归一化

定义评价对象 B_i 与最佳向量 Z^+ 的距离 $D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^7 w_j (Z_j^+ - z_{ij})^2}$

定义评价对象 B_i 与最差向量 Z^- 的距离 $D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^7 w_j (Z_j^- - z_{ij})^2}$

可以计算出评价对象 B_i 未归一化的得分：

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

为了使结果更加清晰直观，将得分归一化： $\tilde{S}_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^3 S_i}$ ，此时 $\sum_{i=1}^3 \tilde{S}_i = 1$ ，更易看出评价对象的排名，

得到最适合山东省地区发展的农林牧渔结构，得到指标数据及软件运行结果，
三种农林牧渔结构类型的经济效益最优模型的最终总分如下图 1 所示：

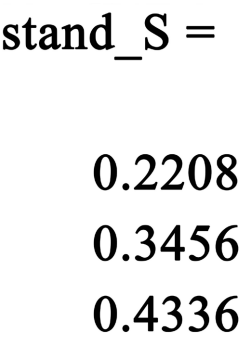


Figure 1. MATLAB program running evaluation results
图 1. MATLAB 程序运行评价结果

4.3. 总结

从结果中可以看出，三种农林牧渔结构类型的经济效益最优模型中综合型农林牧渔结构最优模型得分最高。该方案保持了山东省粮食的稳定增产，根据市场需求和自然条件扩大油料作物、棉花等经济作物的种植面积。同时加快发展林业、畜牧业和渔业，其中畜牧业以发展草食畜禽为主。该方案因地制宜地调整了山东省作物的种植布局和品种构成，改变了农业的单一生产结构，使农业逐渐向农林牧渔全面发展的方向调整。该方案在提高经济效益、生态效益和社会效益的基础上，改善了广大农民的收入和生活水平，积累了扩大再生产的资金。

根据上述分析与聚焦点，最优方案从山东省的实际情况出发，在确保主要农产品尤其是粮食的有效供给下，大力发展多种经营，增加农民收入，逐步实现农、林、牧、渔全面发展，且能取得最好的社会效益、经济效益和生态效益。

基金项目

本论文为曲阜师范大学数学科学学院大学生创新创业训练项目“基于线性规划与熵权 TOPSIS 法的农林牧渔结构最优化模型研究——以山东省为例”研究成果，项目编号：S202310446047。

参考文献

[1] 丁晨芳. 组合模型分析方法在我国粮食产量预测中的应用[J]. 农业现代化研究, 2007, 158(1): 101-103.
[2] 朱春江, Singh Surendra, P., Comer Sammy, L. 中国农业产值优化组合预测研究[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(23): 5930-5933.
[3] 李振全, 徐建新, 邹向涛, 等. 灰色系统理论在农业需水量预测中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2005(11):

24-26.

- [4] 蔡鸿毅, 王国刚, 刘合光. 推进农林牧渔结合发展 重在找准利益结合点——以湖北省为例[J]. 农业展望, 2017, 13(6): 53-58.
- [5] 郭向东. 农业经济发展对宏观经济增长及波动的作用机制研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2021.
- [6] 张文辉. 农、林、牧、渔一体化苗圃建设可行性和必要性[J]. 现代园艺, 2013, 242(14): 17.