

张于贤,黄鑫,韩文胜,等. 基于熵权-灰色 TOPSIS 方法的农产品绿色物流发展评价研究及应用[J]. 江苏农业科学,2018,46(16):319-322.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.16.074

基于熵权-灰色 TOPSIS 方法的农产品绿色物流发展评价研究及应用

张于贤,黄鑫,韩文胜,程书瑞¹

(桂林电子科技大学商学院,广西桂林 541004)

摘要:根据区域农产品绿色物流的发展现状,从市场经济、物流运作、绿色环保 3 个方面构建农产品绿色物流发展水平的评价指标体系。通过熵权法获得评价指标权重、灰色关联法计算评价样本数据的关联性、TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 方法对评价样本进行排序,进而建立熵权-灰色关联 TOPSIS 评价方法,借助安徽省合肥市近 5 年的数据进行实证研究。结果表明,合肥市在保持较好发展水平的前提下,应加大技术投入、增大物流运输强度、完善物流标准体系、提升专业物流知识,实施强化政策倾斜、招商引资、加大物流设备培训力度等措施,进一步提升合肥市农产品绿色物流发展水平。

关键词:农产品绿色物流;熵权法;熵权-灰色 TOPSIS 方法;评价研究

中图分类号: F252.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)16-0319-04

随着经济的发展与生活质量的改善,作为物流业重要的组成部分,农产品物流正在朝着绿色生态道路迈进。2011 年《政府工作报告》指出,在农村地区积极实施“农超对接”,使“绿色通道”畅通于农产品运输过程;2017 年“中央一号”文件明确提出,为增强农业农村的内生发展动力,推行绿色生产方式,增强农业可持续发展能力。关于农产品物流与绿色物流的研究源于国外相关学者,农产品物流的研究来源于美国农产品流通委员会对农产品配送成本的相关论述,《农产品市场营销》分析了物流在农产品流通过程中创造的各种价值^[1],早期关于物流的研究为农产品绿色物流的探讨奠定了坚实基础。当环境与社会经济发展不相适应,尤其是经济发展优于环境时,政府对环境的保护程度会进一步提高,物流业的绿色发展在此环境下随之产生^[2]。物流企业在提升企业社会服务绩效的同时,也会注重物流对生态环境产生的影响^[3]。绿色供应链定义首先是来自于环境资源管理

(environment resources management,简称 ERM)^[4]。绿色生产和消费理念已深入人心,为农产品物流提供了发展动力^[5],国内外学者就农产品绿色物流展开了一系列的研究。通过分析封闭供应链条件下农产品的全绿色管理过程,给出 4 类不同物流的共同发展模式^[6]。根据农产品在流通过程中产生的资源损耗与环境污染等情况,以物流活动中 5 个环节绿色化来构建农产品物流绿色体系^[7]。在农产品绿色物流的发展过程中,质量是不可或缺的重要因素^[8]。

关于区域农产品绿色物流的发展现状,国内学者进行了诸多研究。陈宝丹对广东省农产品绿色物流发展中存在的不足之处进行分析,并分别从物流中心结点、物流区域规划、农产品物流通道等方面建立物流系统^[9]。范炳旭等通过研究物流业新常态的内涵与特点,并结合中部省份与西部地区的农产品绿色物流发展现状得出,中西部地区应当从配套基础设施、物流技术、标准化的物流体系、政策倾斜、人才培养等角度提升区域农产品绿色物流发展水平^[10-11]。针对区域农产品绿色物流的发展现状,马丽荣等分别从产地的生产加工环境、农户自身、加工公司、物流部门、市场环境、政府结构、消费者等 7 个维度分析了影响物流发展的指标^[12]。农产品物流的市场条件、专业技术的运用、所带来的经济效益、外部环境条件以及环保性均可对区域冷链绿色物流的发展产生重要影响^[13]。一般采用态势分析研究法^[14-15]、模糊综合分析法^[13]以及基于决策试验和评价实验室(decision making trial and trial evaluation laboratory,简称 DEMATEL)理论的分析方法^[12]

收稿日期:2017-03-09

基金项目:国家自然科学基金(编号:51461009);广西研究生教育创新计划(编号:YCSW2012066、ZYJ06355);大学生国家创新项目(编号:ZJW41137)。

作者简介:张于贤(1963—),男,重庆人,博士,教授,硕士生导师,研究方向为物流与供应链管理、工业工程、机械工程。E-mail:1321804713@qq.com。

通信作者:黄鑫,硕士研究生,研究方向为物流与供应链管理。E-mail:2087438195@qq.com。

[15]虞 玮,张 晖,胡 浩. 排污补贴视角下的养殖户环保投资影响因素研究——基于沪、苏、浙生猪养殖户的调查分析[J]. 中国人口·资源与环境,2012,22(2):159-163.

[16]黄炜虹,齐振宏,邹兰娅,等. 农户环境意识对环境友好行为的影响——社区环境的调节效应研究[J]. 中国农业大学学报,2016,21(11):155-164.

[17]左志平,齐振宏,胡 剑,等. 生猪供应链绿色运营模式演化路径及影响机理分析[J]. 农业现代化研究,2017,38(2):275-283.

[18]陈晓华. 2012 中国农村统计资料[M]. 北京:中国农业出版社,2013.

[19]侯杰泰,温忠麟,成子娟,等. 结构方程模型及其应用[M]. 北京:教育科学出版社,2004.

上述研究分别从市场经济、农产品物流运作、绿色环保等层面构建了区域农产品绿色物流发展的评价指标体系。鉴于现有的关于区域农产品绿色物流发展的研究方法主要停留在宏观指导层与主观判断层,本研究结合系统工程相关理论,引入熵权-灰色 TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 方法研究农产品绿色物流发展问题。

1.1 农产品绿色物流概念的界定

评价指标的选取原则是全面完整且无冗余、准确科学地反映区域农产品绿色物流的发展程度、容易获取且便于量化分析。

通过参考前人的研究成果并根据实际调研情况总结整理出区域农产品绿色物流发展的评估指标(表1)。(1)市场经济层面。市场需求是推动经济发展的引擎,而经济效益可直接表征农产品绿色发展程度,主要借助于绿色农产品物流总产值、物流总产值的增长幅度、物流设备(载货汽车)规模、物流企业的平均产值、农产品腐损率、技术投入占比、环保投入占比来反映市场效应与经济效益。(2)农产品物流运作层面。农产品的物流运作是指农产品物流的实际操作,涵盖农产品生产量、物流运输强度、农产品物流流通占比、设备利用率、物流标准体系的使用强度。(3)绿色环保层面。通过研究区域农产品的绿色发展水平来降低农产品物流运输过程的资源损耗,并提高农产品的可回收利用率,进而提升区域农产品绿色物流发展水平。因此,运用污染追踪程度、绿色生产消费理念的推广程度、能源损耗率、可回收利用程度、环保技术使用程度、物流专业知识水平等指标来评估农产品物流绿色环保水平。

表1 区域绿色农产品物流发展评价指标体系

目标层	维度层	指标层	指标标号	单位
区域农产品绿色物流发展评价指标	市场经济维度 C_1	绿色农产品物流总产值	C_{11}	万元
		物流总产值增长幅度	C_{12}	%
		物流设备(载货汽车)规模	C_{13}	万辆
		物流企业的平均产值	C_{14}	万元
		农产品腐损率	C_{15}	%
		技术投入占比	C_{16}	%
	农产品物流运作维度 C_2	环保投入占比	C_{17}	%
		农产品生产量	C_{21}	t
		物流运输强度	C_{22}	%
		农产品物流流通占比	C_{23}	%
		设备利用率	C_{24}	%
		物流标准体系的使用强度	C_{25}	%
	绿色环保维度 C_3	污染追踪程度	C_{31}	%
		绿色生产消费理念的推广程度	C_{32}	%
		能源损耗率	C_{33}	%
		可回收利用程度	C_{34}	%
		环保技术使用程度	C_{35}	%
		物流专业知识水平	C_{36}	%

利用“1.2”节构建的区域农产品绿色物流发展水平的评价指标体系,通过引入熵权-灰色 TOPSIS 方法对安徽省合肥市农产品绿色发展水平进行评价,采用熵权法确定评价指标的权重,即通过计算数据所携带信息量的熵值来获得指标权重;采用灰色关联分析法计算样本数据之间的关联程度,即利用样本数据列所组成图形之间的紧密程度计算样本数据的关联性;采用 TOPSIS 方法处理样本数据的排序,即通过分析指标的正向与负向理想解,得到样本数据的关联程度,从而得到评价方案的排序。基于上述分析,给出一种关于欧氏距离的熵权-灰色 TOPSIS 方法,结合实例评价区域农产品绿色物流的发展水平。

设评价方案(年度)的集合为 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$; 评价指标构成的集合为 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$; 评价指标组成的决策矩阵为 $A = (a_{ij}), i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$, 其中 a_{ij} 表示第 j 个指标在第 i 个方案(年度)所取的决策值, m 表示最大年度, n 表示指标最大数。熵权 - 灰色 TOPSIS 评价方法的步骤为:

(1)对原始数据进行极差化处理,单个数据极差化得到新的矩阵 $C = (c_{ij})_{m \times n}$,其中 $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ 。原

$$c_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_i [a_{ij}]}{\max_i [a_{ij}] - \min_i [a_{ij}]}$$

或 $c_{ij} = \frac{\max_i [a_{ij}] - a_{ij}}{\max_i [a_{ij}] - \min_i [a_{ij}]}$ 进行, 其中 $\max_i [a_{ij}]$ 、 $\min_i [a_{ij}]$ 分别表示第 i 年最大、最小评价值。

(2) 依据熵权法计算指标权重,得到权重的集合为 $W = \{w_j\}, j=1, 2, \dots, n$ 。

(3) 评价指标加权后的规范化结果集合为 $G = \{g_{ij}\}$, 其中 $g_{ij} = c_{ij} \cdot w_j, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。

(4) 确定规范化结果中的正向理想解与负向理想解。其中, 正向理想解的满足条件为 $G^+ = \{g_1^+, g_2^+, \dots, g_n^+\}$ 且 $G_j^+ = \max_i \{g_{ij}\} = \{w_j\}$, 其中 G_j^+ 表示 g_{ij} 在第 i 年的最大值; 负向理想解的满足条件为 $G^- = \{g_1^-, g_2^-, \dots, g_n^-\}$ 且 $G_j^- = \min_i \{g_{ij}\} = 0$ 。

(5) 评价方案(年度)的理想解欧氏距离为

$$l_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (g_{ij} - g_j^+)^2}; l_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (g_{ij} - g_j^-)^2}。$$

(6) 评价方案(年度)与理想解之间灰色关联矩阵 $[R^+ = (r_{ij}^+)_{m \times n}]$ 与 $R^- = (r_{ij}^-)_{m \times n}]$ 的相关操作为

$$r_{ij}^+ = \frac{\min_j \min_i |g_j^+ - g_{ij}| + \rho \max_j \max_i |g_j^+ - g_{ij}|}{|g_j^+ - g_{ij}| + \rho \max_j \max_i |g_j^+ - g_{ij}|} = \frac{\rho w_j}{w_j - g_{ij} + \rho w_j}; r_{ij}^- = \frac{\min_j \min_i |g_j^- - g_{ij}| + \rho \max_j \max_i |g_j^- - g_{ij}|}{|g_j^- - g_{ij}| + \rho \max_j \max_i |g_j^- - g_{ij}|} = \frac{\rho w_j}{w_j - g_{ij} + \rho w_j},$$

分辨系数的取值范围为 $\rho \in (0, 1)$, 分辨系数取值越小, 对数据的辨别能力越强, 通常情况下 $\rho = 0.5$ 为最佳取值, 其中 r_{ij}^+ 和 r_{ij}^- 分别表示正向和负向理想解指标绝对值差的最大和最小值。

(7) 计算评价方案(年度)与理想解之间的关联程度, 具

体的计算公式为

$$r_i^+ = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij}^+; r_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij}^-。$$

(8) 对计算结果进行无量纲化处理:

$$L_i^+ = \frac{l_i^+}{\max_i l_i^+}; L_i^- = \frac{l_i^-}{\max_i l_i^-}; R_i^+ = \frac{r_i^+}{\max_i r_i^+}; R_i^- = \frac{r_i^-}{\max_i r_i^-}。$$

式中: L_i^+ 和 L_i^- 表示欧式距离的无量纲化; R_i^+ 和 R_i^- 表示关联度的无量纲化。

(9) 为了得到评价方案(年度)与理想方案(年度)之间的接近程度, 对步骤(8)中的无量纲化计算结果进行线性合并。基于样本数据所处位置以及与理想数据的接近程度, 组成如下组合: $s_i^+ = \phi L_i^+ + \varphi R_i^-$, $s_i^- = \phi L_i^- + \varphi R_i^+$, 其中 ϕ 和 φ 分别表示决策位置偏好度、样本数据形状偏好度, s_i^+ 与 s_i^- 越大, 表示与理想方案(年度)的接近程度越高或偏离度越强。

(10) 评价方案(年度)与实际方案(年度)的贴近强度

$$c_i^+ = \frac{s_i^+}{s_i^+ + s_i^-}, \text{ 贴近强度越强, 表示评价方案越优, 反之则越差。}$$

3 实例应用

安徽省是农业大省, 近年来合肥市政府在物流与环保方面加大投入, 已经建成了周谷堆等大型区域农产品物流集散中心, 为合肥市农产品绿色物流的发展奠定了坚实基础。收集整理得到的合肥市农产品绿色物流发展的相关数据见表 2。

表 2 合肥市农产品绿色物流发展的原始数据

指标	C_{11} (万元)	C_{12} (%)	C_{13} (万辆)	C_{14} (万元)	C_{15} (%)	C_{16} (%)	C_{17} (%)	C_{21} (t)	C_{22} (%)	C_{23} (%)	C_{24} (%)	C_{25} (%)	C_{31} (%)	C_{32} (%)	C_{33} (%)	C_{34} (%)	C_{35} (%)	C_{36} (%)
2011 年	18 003.7	7.60	512.83	47.31	6.2	10.33	3.70	3 233 071	74.9	51	67	8	22	86.23	42	88	15	20
2012 年	16 473.6	7.64	437.33	48.66	8.7	10.45	3.62	3 122 533	74.4	47	68	7	23	84.65	41	87	17	22
2013 年	12 573.7	3.40	289.43	37.42	7.3	9.66	3.21	3 213 412	72.0	27	80	13	28	82.54	36	75	23	38
2014 年	15 107.8	7.66	330.18	41.64	7.8	9.99	3.40	3 033 780	72.3	31	81	11	27	83.52	38	79	21	32
2015 年	16 594.5	8.18	336.02	49.51	8.1	9.73	3.57	2 996 768	73.2	39	69	9	25	84.49	40	85	18	25

根据熵权法原理对上述原始数据进行计算, 得到各指标的权重如表 3 所示。

根据熵权法原理对表 2 的数据进行计算, 结果如表 3 所示。技术投入占比、物流运输强度、物流标准体系的使用强度、物流专业知识水平的权重相对较大, 说明在合肥市农产品绿色物流发展过程中技术投入较大、物流运输强度较高、建立

的物流标准体系较为完善且拥有一批较为充足的专业人才储备; 同时合肥市在发展过程中也存在着不足之处, 如绿色农产品物流总产值与平均产值不高、设备利用度较低的现象较为突出, 应当通过加强政策倾斜与招商引资等方式加大农产品物流的相关产值, 并通过专业技能培训提高物流设备的利用度。

表 3 评价指标的权重

指标	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	C_{36}
权重	0.038	0.034	0.067	0.043	0.053	0.066	0.041	0.057	0.066	0.055	0.089	0.060	0.055	0.048	0.060	0.045	0.053	0.070

在得到评价指标权重之后, 确定规范处理评价指标的结果, 根据规范化的结果计算各评价年度的理想解, 计算结果为

$$G^+ = [0.038 \quad 0.034 \quad 0.067 \quad 0.043 \quad 0.053 \quad 0.066 \quad 0.041 \quad 0.057 \quad 0.066 \quad 0.055 \quad 0.089 \quad 0.060 \quad 0.055 \quad 0.048 \quad 0.060 \quad 0.045 \quad 0.053 \quad 0.070];$$

$$G^- = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]。$$

依据各评价年度理想解的计算结果, 分析运算得到, 各评价年度理想解的欧氏距离为 $l_i^+ = \{0.467, 0.434, 0.522,$

$$0.395, 0.528\}; l_i^- = \{0.521, 0.560, 0.533, 0.325, 0.379\}。$$

获得评价年度的欧式距离以及评价年度的理想解之后, 须要根据熵权-灰色 TOPSIS 评价方法计算出理想解的关联矩阵, 结果分别见表 4、表 5。

在表 4 和表 5 理想解灰色关联矩阵的基础上, 计算得到评价年度与理想解的灰色关联度:

$$r_i^+ = \{0.742, 0.619, 0.589, 0.538, 0.530\}; r_i^- = \{0.547, 0.562, 0.713, 0.551, 0.576\}。$$

对上述计算得到的数据进行无量纲化操作, 结果如下:

表 4 评价指标正向理想解的灰色关联矩阵

指标	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	C_{36}
2011 年	1.000	0.806	1.000	0.736	1.000	0.769	1.000	1.000	1.000	1.000	0.333	0.376	0.333	1.000	0.333	1.000	0.333	0.333
2012 年	0.642	0.817	0.595	0.878	0.333	1.000	0.756	0.515	0.747	0.747	0.622	0.333	0.376	0.757	0.376	0.884	0.400	0.360
2013 年	0.333	0.333	0.333	0.333	0.532	0.333	0.333	0.861	0.333	0.333	0.878	1.000	1.000	0.333	1.000	0.333	1.000	1.000
2014 年	0.486	0.817	0.379	0.435	0.439	0.463	0.451	0.373	0.357	0.376	1.000	0.602	0.747	0.407	0.602	0.470	0.668	0.603
2015 年	0.657	1.000	0.388	1.000	0.397	0.354	0.649	0.333	0.459	0.500	0.368	0.427	0.500	0.515	0.427	0.701	0.446	0.410

表 5 评价指标负向理想解的灰色关联矩阵

年份	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	C_{36}
2011 年	0.333	0.362	0.333	0.379	0.333	0.370	0.333	0.333	0.333	0.333	1.000	0.746	1.000	0.333	1.000	0.333	1.000	0.333
2012 年	0.409	0.360	0.431	0.350	1.000	0.333	0.373	0.486	0.376	0.377	0.878	1.000	0.745	0.373	0.746	0.399	0.666	0.820
2013 年	1.000	1.000	1.000	1.000	0.472	1.000	1.000	0.352	1.000	1.000	0.350	0.333	0.333	1.000	0.333	1.000	0.333	0.333
2014 年	0.515	0.360	0.735	0.587	0.581	0.544	0.562	0.758	0.833	0.745	0.333	0.427	0.377	0.649	0.427	0.663	0.400	0.427
2015 年	0.403	0.333	0.704	0.333	0.676	0.848	0.407	1.000	0.549	0.500	0.781	0.602	0.500	0.486	0.602	0.442	0.569	0.641

$L_i^+ = \{0.884, 0.822, 0.988, 0.748, 1.000\}$; $L_i^- = \{0.930, 1.000, 0.952, 0.580, 0.677\}$ 。

$R_i^+ = \{1.000, 0.834, 0.794, 0.750, 0.714\}$; $R_i^- = \{0.797, 0.788, 1.000, 0.773, 0.808\}$ 。

在计算评价年度与理想方案的接近度时,若 $\phi = \varphi = 0.5$, 则 $s_i^+ = \{0.823, 0.805, 0.994, 0.761, 0.904\}$, $s_i^- = \{0.965, 0.917, 0.873, 0.653, 0.696\}$ 。利用接近程度与贴近强度公式计算得到的贴近强度为 $c_i^+ = \{0.460, 0.467, 0.532, 0.538, 0.565\}$, 依据贴近强度含义以及计算结果分析得出,合肥市农产品绿色物流呈现出较好的发展趋势。

4 结束语

构建区域农产品绿色物流发展的指标体系,并提出熵权-灰色 TOPSIS 评价方法对合肥市农产品绿色发展现状进行分析。结果表明,合肥市农产品绿色物流取得了较好的发展,应保持在技术投入占比、物流运输强度、物流标准体系的使用强度、物流专业知识水平方面的优势,同时应通过加大政策性倾斜来吸引相关物流企业的入驻、增加相关物流产值、强化培训进而提升设备的利用度。熵权-灰色 TOPSIS 方法可为区域农产品绿色物流发展评价的研究提供一种新思路,同时为决策者的决策分析提供科学依据。

参考文献:

[1] 曾学文. 农产品市场营销[M]. 成都: 四川教育出版社, 2008: 21-27.
[2] Murphy P R, Poist R F. Green logistics strategies; an analysis of usage patterns[J]. Transportation Journal, 2000, 40(2): 5-16.
[3] Poist R F. Evolution of conceptual approaches to designing business

logistics systems[J]. Transportation Journal, 1986, 26(1): 55-64.
[4] Handfield R B, Walton S V, Goizueta R C, et al. Green supply chain: best practices from the furniture industry[C]//Proceeding - Annual Meeting of the Decision Science Institute. USA FL: Orlando, 1996: 1295-1297.
[5] 许红莲. 国外农产品绿色物流发展问题讨论综述[J]. 中国流通经济, 2012(1): 27-32.
[6] 黄福华, 周敏. 封闭供应链环境的绿色农产品共同物流模式研究[J]. 管理世界, 2009(10): 172-173.
[7] 孙曦, 杨为民. 农产品绿色物流体系的构建与实现途径[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(7): 454-457.
[8] Boger S. Quality and contractual choice: a transaction cost approach to the Polish hog market[J]. European Review of Agricultural Economics, 2001, 28(3): 241-261.
[9] 陈宝丹. 广东省农产品绿色物流系统构建及其运作模式研究[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(8): 198-203.
[10] 范炳旭, 李姗姗. 新常态下河南省发展农产品绿色物流的问题及策略研究[J]. 物流工程与管理, 2016, 38(3): 170-172.
[11] 严雪晴, 陈晓华. 经济新常态下西部地区农产品绿色物流发展问题及对策[J]. 物流工程与管理, 2015, 37(1): 5-7.
[12] 马丽荣, 马丁丑, 李晓帆. 基于 DEMATEL 的甘肃特色农产品绿色物流发展影响因素分析[J]. 物流科技, 2016(3): 102-105.
[13] 王忠伟, 赵芳妮. 基于模糊综合评价法的农产品冷链绿色物流综合评价研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2015, 49(4): 546-550.
[14] 刘永焕. 基于 SWOT 分析的河南农产品绿色物流发展研究[J]. 物流技术, 2014, 33(2): 44-46.
[15] 严雪晴. 基于 SWOT 分析的民族地区农产品绿色物流发展策略研究——以广东省连山壮族瑶族自治县为例[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 1134-1135, 1138.