

# 基于直觉模糊 DEMATEL 法的农产品 冷链物流企业效率的影响因素分析

李娜<sup>1</sup>, 郭垂江<sup>2\*</sup>, 文智丽<sup>3</sup>

1. 成都东软学院高等职业技术学院, 四川 成都 611844; 2. 成都信息工程大学物流学院, 四川 成都 610103;  
3. 四川外国语大学成都学院国际商学院, 四川 成都 611844

**摘要:**为分析农产品冷链物流企业效率的影响因素,基于农产品冷链物流的特点,考虑企业绿色化发展,分别从财务、客户、绿色环保、冷链运作、科技发展5个维度构建农产品冷链物流企业效率评价指标,将直觉模糊理论与决策试验和评价试验(decision-making trial and evaluation laboratory, DEMATEL)相结合,以某企业为例评价农产品冷链物流企业效率。结果表明:环境管理体系认证、冷藏车利用率、研发投入率是影响农产品冷链物流企业发展的关键因素,该企业应在加强绿色环保能力、提升冷藏车利用率、重视智慧物流建设等方面提出相应对策,推动农产品冷链物流企业长期快速发展。

**关键词:**农产品;冷链物流;直觉模糊;DEMATEL;影响因素

**中图分类号:**U295;F253

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-0032(2023)04-0075-08

**引用格式:**李娜,郭垂江,文智丽.基于直觉模糊 DEMATEL 法的农产品冷链物流企业效率的影响因素分析[J].  
山东交通学院学报,2023,31(4):75-82.

LI Na, GUO Chuijiang, WEN Zhili. Analysis of influencing factors of the efficiency of agricultural product cold chain logistics enterprises based on intuitionistic fuzzy DEMATEL method[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2023, 31(4): 75-82.

## 0 引言

冷链物流在生鲜食品运输上有明显优势,与常温物流相比,冷链物流涉及制冷、保温等技术与卫生环境管理等要求,运输难度较大。在物流技术方面,冷链物流成本较高,资金投入和资源建设相对不足,导致物流设备落后,技术推广困难,影响冷链物流产业发展;在物流管理方面,我国冷链物流行业标准执行不到位,部分企业自律能力较差,未依据规定标准执行物流运输。科学、合理的企业效率评价有助于冷链物流企业发现自身不足,通过提高管理水平、合理配置资源、调整业务方向等推动冷链物流业快速发展,符合国家可持续发展的政策要求,对物流产业发展及农业现代化道路有重要作用<sup>[1]</sup>。

在物流企业效率评价方面:魏亚飞<sup>[2]</sup>根据目前冷链物流企业发展现状,结合调查数据,构建冷链物流企业效率评价指标体系,采用模糊综合评价法对冷链物流企业进行实证研究;郭云丽<sup>[3]</sup>改进平衡记分卡,为物流企业绩效评价制定更合理、更科学的标准;吕秀英等<sup>[4]</sup>采用层次分析法评价水产品冷链物流企业效率。在物流企业绿色化发展方面:王长琼<sup>[5]</sup>从政策法规、企业经营战略及废弃物循环物流等方面探讨物流绿色化发展策略;李宁<sup>[6]</sup>通过分析运输领域的非绿色因素,对比公路、铁路、水运等5种交通方式的

收稿日期:2022-09-12

基金项目:四川矿产资源研究中心项目(SCKCZY2023-YB001);四川省科技计划项目(2022JDR0071);四川省电子商务与现代物流研究中心项目(DSWL-11)

第一作者简介:李娜(1995—),女,成都人,讲师,农业硕士,主要研究方向为物流与供应链管理,E-mail:lina@nsu.edu.cn。

\*通信作者简介:郭垂江(1980—),男,湖南武冈人,副教授,工学博士,主要研究方向为物流与供应链管理,E-mail:gcj@cuit.edu.cn。

绿色化程度,提出配送环节环保技术,建立以绿色物流思想为基础的配送网络模型;李丽等<sup>[7]</sup>分析常见包装废弃物的种类和数量,采用生命周期分析法分析典型包装材料,认为塑料包装废弃物是我国包装废弃物管理的关键对象。已有研究多基于构建评价指标体系,采用相关模型评价冷链物流企业效率和绿色化发展程度,对二者具体影响因素的研究较少。

本文采用直觉模糊理论、决策试验和评价试验(decision-making trial and evaluation laboratory, DEMATEL)分析并归类农产品冷链物流企业效率的影响因素,构建农产品冷链物流效率评价指标体系与评价方法,根据中心度确定影响农产品冷链物流企业发展的关键因素,为农产品冷链物流企业提升效率和竞争力提出相关建议,推动冷链物流企业可持续发展。

## 1 农产品冷链物流企业效率评价指标

企业效率评价目的是提高经济效益,从财务效益角度构建评价指标体系。采用定量与定性分析相结合的方式,将传统、单一的纵向评价方法转变为纵、横向综合评价方法,逐步探究问题,提出农产品冷链物流企业效率的影响因素。

农产品冷链物流是将农产品从产出、包装、储存、运输、销售等环节配送到客户手中的复杂、严谨的物流体系。将绿色发展概念、生鲜农产品特点与物流企业绿色化发展相结合,丰富评价指标体系,分别从财务、客户、绿色环保、冷链运作及科技发展5个方面分解农产品冷链物流企业效率的影响因素。以2002年财政部颁布的《企业效绩评价操作细则(修订)》为依据,综合参考物流企业发展评价指标的相关文献<sup>[8-14]</sup>,构建农产品冷链物流企业效率评价指标,如图1所示。

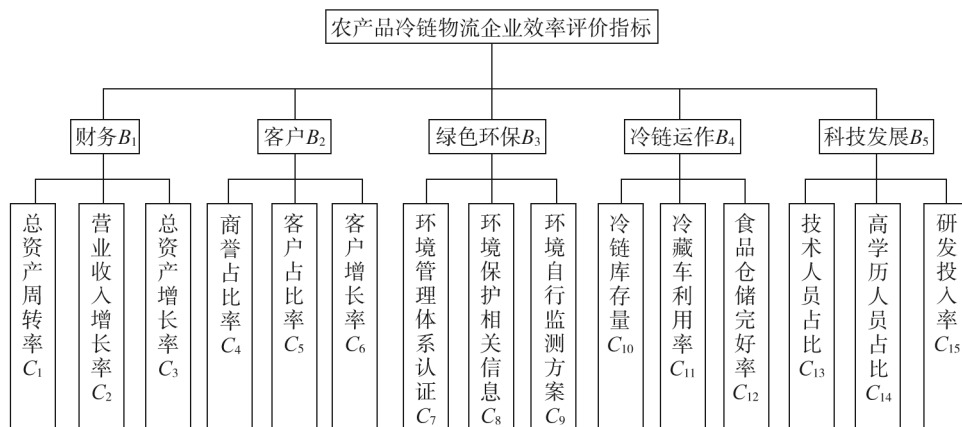


图1 农产品冷链物流企业效率评价指标

### 1.1 财务

传统财务核算方法主要有沃尔比重评分法、平衡记分卡、经济增加值等,基于财务评价方法选择总资产周转率、营业收入增长率和总资产增长率3个相对客观、可操作的评价指标。总资产周转率是在外部市场环境约束下,企业通过生产资料、人力资源等组合配置,实现财务目标,可评价农产品冷链物流企业对整体资产的利用效率,反映企业在一定时期的业务销售收入与资产总额之比;营业收入增长率衡量企业发展能力,包括农产品冷链物流企业自身的经营状况、市场份额及对未来业务发展趋势的预测;总资产增长率是企业年末总资产增长率与年初总资产增长率之比,可衡量农产品冷链物流企业的资本积累能力。

### 1.2 客户

评估客户满意度是农产品冷链物流企业提升客户满意率的有效措施,根据客户反馈结果分析当前服务同客户期望服务间的差距,主要包括商誉占比、客户占比及客户增长率3个指标。商誉,即商业荣

誉,指在商品交易过程中,由客户和商家间产生的信任关系,本期期末结存占总资产的百分比表示商誉占比<sup>[15]</sup>;客户占比是主要客户的消费总额与农产品冷链物流企业总营业收入之比,反映主要客户的消费占比;客户增长率反映主要客户消费金额的增长率,通过对比主要客户本期与上期消费金额的变动,考察该农产品冷链物流企业是否得到主要客户的信任,若客户对企业的产品或服务感到满意,则会继续选择该企业消费。

### 1.3 绿色环保

减量、再利用和循环利用是农产品冷链物流企业资源和能源使用的关键原则<sup>[16]</sup>。具有环境管理体系认证、披露环境保护相关信息和环境自行监测方案等对企业绿色可持续发展至关重要,用“2”表示具有,用“1”表示不具有,用“0”表示不适用。环境管理体系认证负责制定和实施环境政策,并在组织内部管理系统中协调环境因素,由制定、实施、审查所需的规划活动、资源、部门责任、组织结构、流程和实践等组成;环境保护涉及的相关信息是指环境会计、环境管理、资源消耗和污染物排放等方面的信息,获得环境信息并对环境进行监管、检查是全体公民、社会法人及其他组织依据法律规定所享有的权力和应履行的义务<sup>[17]</sup>;环境自行监测方案是指企业实施《国家重点监控企业监督管理和信息公开管理办法》和《国家重点监控企业自我监测和信息公开管理办法》,加强污染物减排管理,履行企业社会责任,公开企业的自行监测情况。

### 1.4 冷链运作

与其他物流相比,冷链物流在流通中须始终处于低温环境中,对冷链设备的要求较高,冷藏储存与运输成本在企业运营成本中占比较大<sup>[18]</sup>。可用冷链库存量、冷藏车利用率及食品仓储完好率3个指标评价农产品冷链物流企业的冷链运作能力。冷链库存量是农产品冷链物流企业在一定时间内的存货数量,本文以农产品冷链物流企业的管理人数表示库存量;冷藏车的使用是农产品冷链物流运作中重要的组成部分,本文以冷藏运输费用与销售费用之比衡量冷藏车利用率;食品仓储完好率是指农产品在仓储保管过程中的完好率,即平均货物库存量和有缺损变质货物量之差与平均货物库存量之比。

### 1.5 科技发展

科研开发、技术人员及高素质人才对农产品冷链物流企业可持续发展至关重要。研发投入资金可体现企业对科技发展的重视程度及未来发展潜能,高素质人才与技术人员可反映企业工作人员的综合实力。采用技术人员占比、高学历人员占比及研发投入率3个指标评价农产品冷链物流企业的科技发展能力。

## 2 模型描述

DEMATEL 法是指采用图论和矩阵描述各影响因素与其他影响因素的直接或间接影响,分5步计算各影响因素在系统中的排名及相互间的关系。

#### 1) 构建直接影响矩阵

设方案集  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ , 决策者对  $n$  个方案进行两两比较, 构造直觉模糊判断矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ,  $a_{ij} = (u_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij})$ ,  $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ , 其中,  $u_{ij}$ 、 $v_{ij}$  分别为决策者比较方案  $f_i$  与  $f_j$  时偏爱  $f_i$ 、 $f_j$  的程度,  $\pi_{ij}$  为决策者对 2 种方案的犹豫度,  $u_{ij}, v_{ij} \in [0, 1]$ ,  $\pi_{ij} = 1 - u_{ij} - v_{ij}$ 。

在计算中导入风险偏好因子  $\eta \in [-1, 1]$ ,  $\eta < 0$  时, 决策者为风险厌恶者;  $\eta = 0$  时, 决策者为风险中立者;  $\eta > 0$  时, 决策者为风险追逐者。

假设存在直觉模糊数  $\alpha = (\mu_\alpha, v_\alpha)$ ,  $\mu_\alpha$  为论域  $X$  中元素  $x$  属于  $A$  的隶属度,  $v_\alpha$  为论域  $X$  中元素  $x$  属于  $A$  的非隶属度, 犹豫度  $\pi_\alpha = 1 - \mu_\alpha - v_\alpha$ ,  $\pi_\alpha$  的精度函数  $h^\eta(\alpha) = (\mu_\alpha + v_\alpha) / (1 - \eta \pi_\alpha)$ 。

假定某专家根据个人风险偏好, 对指标给出模糊评价, 由指标两两比较, 再由得分函数集成为直觉模糊偏好决策, 将模糊数转为实数。为满足 DEMATEL 初始矩阵的数据要求, 将矩阵对角线的值取为 0, 再经过标准化变形后, 得到基于模糊信息的直接影响矩阵  $H$ , 公式为:

$$A = (a_{ij})_{n \times 3n} = \begin{bmatrix} (\mu_{11} & v_{11} & \pi_{11}) & (\mu_{12} & v_{12} & \pi_{12}) & \cdots & (\mu_{1n} & v_{1n} & \pi_{1n}) \\ (\mu_{21} & v_{21} & \pi_{21}) & (\mu_{22} & v_{22} & \pi_{22}) & \cdots & (\mu_{2n} & v_{2n} & \pi_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (\mu_{n1} & v_{n1} & \pi_{n1}) & (\mu_{n2} & v_{n2} & \pi_{n2}) & \cdots & (\mu_{nn} & v_{nn} & \pi_{nn}) \end{bmatrix} \xrightarrow{h^n(a_{ij})} H = (h_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 0 & h_{12} & \cdots & h_{1n} \\ h_{21} & 0 & \cdots & h_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n1} & h_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}.$$

假设专家团队中有  $m$  位专家,表示为  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ 。为综合处理专家评价,对每位专家赋予相应权重  $\lambda_k$ ,则所有决策专家的权重集合  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ ,计算专家决策结果的集成直觉模糊偏好决策矩阵<sup>[19]</sup>

$$Y = (y_{ij})_{n \times n} = \sum_{k=1}^m \lambda_k H^{(k)},$$

式中:  $y_{ij}$  为影响因素  $y_i$  对影响因素  $y_j$  的直接影响程度,  $y_{ij} = \sum_{k=1}^m \lambda_k h_{ij}^{(k)}$ ,  $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ 。

2) 规范直接影响矩阵  
直接影响矩阵

$$N = \left( \frac{y_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} \left( \sum_{j=1}^n S_{ij} \right)} \right)_{n \times n},$$

式中  $s_{ij}$  为影响因素  $S_i$  对影响因素  $S_j$  的直接影响程度。

3) 计算综合影响矩阵  
综合影响矩阵

$$T = (t_{ij})_{n \times n} = N(I - N)^{-1},$$

式中:  $t_{ij}$  为第  $i$  个影响因素对第  $j$  个影响因素的整体影响程度,  $I$  为单位矩阵。

4) 计算指标的影响度、被影响度、中心度及原因度

影响度  $D$  为  $T$  中各行对应指标对其余指标的综合影响值,  $D = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_i, \dots, D_n\}$ , 其中  $D_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}$ ; 被影响度  $K$  为  $T$  中各列对应指标对其余指标的综合影响值,  $K = \{K_1, K_2, K_3, \dots, K_i, \dots, K_n\}$ , 其中  $K_i = \sum_{j=1}^n t_{ji}$ ; 中心度  $M$  反映指标在整体指标中的重要程度,  $M = \{M_1, M_2, M_3, \dots, M_i, \dots, M_n\}$ , 其中  $M_i = D_i + K_i$ ; 原因度  $R$  反映指标在整体指标中对其余指标的影响程度,  $R = \{R_1, R_2, R_3, \dots, R_i, \dots, R_n\}$ , 其中  $R_i = D_i - K_i$ 。

5) 确定影响企业效率的关键影响因素

根据计算得到的  $D, K, M$  和  $R$ , 对评价指标排序, 确定影响农产品冷链物流企业效率的关键因素、中心因素、重要因素及影响因素间的因果关系, 有针对性提出提升农产品冷链物流企业效率的措施。

## 3 实证分析

### 3.1 直觉模糊评价

邀请 3 位专家对指标集  $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_{15}\}$  进行两两比较, 因不确定专家的语言效力, 将专家权重平均分配。根据文献[20], 将专家的语言按照 {非常不满意(0.05, 0.95, 0), 不满意(0.25, 0.65, 0.10), 一般(0.50, 0.40, 0.10), 满意(0.75, 0.15, 0.10), 非常满意(0.95, 0.05, 0)} 进行数据模糊化处理, 得到直觉模糊数。

采用软件 Python 计算专家对评价指标的偏向度,如表 1 所示。

表 1 专家对评价指标的偏向度

指标	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$
$C_1$	0	0.15	0.65	0.40	0.40	0.95	0.40	0.15	0.65	0.15	0.65	0.95	0.65	0.15	0.65
$C_2$	0.65	0	0.40	0.15	0.65	0.40	0.95	0.15	0.40	0.65	0.95	0.15	0.65	0.15	0.95
$C_3$	0.15	0.40	0	0.65	0.40	0.15	0.65	0.95	0.40	0.15	0.95	0.65	0.15	0.95	0.15
$C_4$	0.40	0.65	0.15	0	0.65	0.15	0.95	0.40	0.40	0.15	0.95	0.65	0.65	0.40	0.15
$C_5$	0.40	0.15	0.40	0.15	0	0.40	0.95	0.65	0.40	0.40	0.65	0.15	0.95	0.95	0.15
$C_6$	0.05	0.40	0.65	0.65	0.40	0	0.40	0.15	0.95	0.65	0.15	0.40	0.95	0.65	0.15
$C_7$	0.40	0.05	0.15	0.05	0.05	0.40	0	0.40	0.15	0.40	0.95	0.15	0.65	0.15	0.95
$C_8$	0.65	0.65	0.05	0.40	0.15	0.65	0.40	0	0.40	0.95	0.15	0.65	0.65	0.95	0.40
$C_9$	0.15	0.40	0.40	0.40	0.40	0.05	0.65	0.40	0	0.40	0.95	0.65	0.15	0.40	0.15
$C_{10}$	0.65	0.15	0.65	0.65	0.40	0.15	0.40	0.05	0.40	0	0.95	0.40	0.65	0.15	0.95
$C_{11}$	0.15	0.05	0.05	0.05	0.15	0.65	0.05	0.65	0.05	0.05	0	0.65	0.95	0.40	0.15
$C_{12}$	0.05	0.65	0.15	0.15	0.65	0.40	0.65	0.15	0.15	0.40	0.15	0	0.40	0.65	0.95
$C_{13}$	0.15	0.15	0.65	0.15	0.05	0.05	0.15	0.15	0.65	0.15	0.05	0.40	0	0.65	0.40
$C_{14}$	0.65	0.65	0.05	0.40	0.05	0.15	0.65	0.05	0.40	0.65	0.40	0.15	0.15	0	0.15
$C_{15}$	0.15	0.05	0.65	0.65	0.65	0.65	0.05	0.40	0.65	0.05	0.65	0.05	0.40	0.65	0

### 3.2 农产品冷链物流企业效率影响因素分析

根据 DEMATEL 法计算农产品冷链物流企业效率评价指标的  $D$ 、 $K$ 、 $M$  和  $R$ ,结果如表 2 所示。

表 2 农产品冷链物流企业效率评价指标的  $D$ 、 $K$ 、 $M$  和  $R$

指标	$D$	$K$	$M$	$R$	指标	$D$	$K$	$M$	$R$	指标	$D$	$K$	$M$	$R$
$C_1$	55.81	57.07	112.88	-1.264 8	$C_6$	57.29	57.29	114.58	-0.007 2	$C_{11}$	58.19	58.65	116.84	-0.453 6
$C_2$	57.31	57.31	114.62	0.000 2	$C_7$	58.22	57.75	115.97	0.467 6	$C_{12}$	57.07	57.07	114.14	-0.007 0
$C_3$	57.30	57.31	114.61	-0.003 4	$C_8$	57.30	57.29	114.59	0.007 0	$C_{13}$	57.30	57.31	114.61	-0.003 5
$C_4$	57.09	57.09	114.17	0.000 1	$C_9$	57.08	57.08	114.16	-0.003 5	$C_{14}$	57.30	57.30	114.59	0.000 1
$C_5$	57.30	57.30	114.60	0.003 6	$C_{10}$	57.30	56.05	113.36	1.253 9	$C_{15}$	57.53	57.51	115.04	0.010 5

由表 2 可知: $C_{11}$ 、 $C_7$ 、 $C_{15}$  的  $M$  较大,是影响农产品冷链物流企业效率的关键因素; $C_2$ 、 $C_{13}$ 、 $C_3$ 、 $C_5$ 、 $C_{14}$  5 个指标是影响农产品冷链物流企业效率的中心因素,其中, $C_2$  和  $C_3$  是企业获得经济效益的财务保障, $C_5$  是满足客户需求的重要表现, $C_{13}$  与  $C_{14}$  反映企业长期发展需要的科技支撑; $C_8$ 、 $C_6$ 、 $C_9$ 、 $C_{12}$ 、 $C_{10}$ 、 $C_1$ 、 $C_4$  7 个指标是影响农产品冷链物流企业效率的重要因素,获取  $C_8$  及完善  $C_9$  是企业长期绿色发展的表现, $C_6$  及  $C_4$  反映企业的服务质量, $C_{12}$  及  $C_{10}$  反映冷链运输过程中的安全性和冷库利用程度, $C_1$  是影响企业财务的重要因素。

按  $R$  的正负将评价指标分为原因因素和结果因素: $R>0$  时,该指标为原因因素; $R<0$  时,该指标为结果因素,由此得出农产品冷链物流企业效率影响因素间的因果关系。

将原因因素按  $R$  从大到小排序依次为: $C_7$ 、 $C_{10}$ 、 $C_{15}$ 、 $C_8$ 、 $C_5$ 、 $C_2$ 、 $C_4$ 、 $C_{14}$ ,说明这 8 个指标在整个指标体系中从正面加速或推进农产品冷链物流企业效率的提升;将结果因素按  $R$  从大到小排序依次为: $C_1$ 、 $C_{11}$ 、 $C_6$ 、 $C_{12}$ 、 $C_{13}$ 、 $C_9$ 、 $C_3$ ,说明这 7 个指标受原因因素影响后,再对农产品冷链物流企业效率产生影响。原因因素是农产品冷链物流企业效率提升的直接因素,从正面推动提升农产品冷链物流企业效率,从侧面影响企业效率评价体系完善,后期发展应更注重原因因素,通过改善原因因素影响结果因素,进一步提升农产

品冷链物流企业效率。例如,通过优化组织结构和业务流程,充分整合企业内部资源,加强各部门间的协调,构建企业核心竞争力,提高企业效率;健全市场质量控制和绿色环保规范,提高冷链食品的质量生产,并将农产品冷链的基本行业标准纳入食品市场准入体系,确保冷链食品质量安全;积极加强内部人才培养,关注从外部引进综合型人才,且着力于吸引、培养和留住人才。

### 3.3 实例分析

基于国泰安数据库和巨潮资讯网,选取某企业为实例进行效率评价。该企业是行业内较有影响力的农产品加工与运输企业,基础业务是生猪屠宰,重点发展预制菜、肉制品等相关精深加工与运输业务。通过《企业年报》获取2019—2021年该企业农产品冷链物流效率评价指标的原始数据,如表3所示。

表3 2019—2021年该企业农产品冷链物流效率评价指标的原始数据

年份	$C_1/\%$	$C_2/\%$	$C_3/\%$	$C_4/\%$	$C_5/\%$	$C_6/\%$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}/\%$	$C_{11}/\%$	$C_{12}/\%$	$C_{13}/\%$	$C_{14}/\%$	$C_{15}/\%$
2019	4.18	16.25	7.03	0	5.50	24.85	1	2	2	7.24	11.30	7.24	5.45	20.46	0.10
2020	2.97	39.81	4.84	0	2.14	39.31	1	2	2	-8.27	0.80	-8.27	1.96	4.78	0.08
2021	3.96	-4.59	12.86	0	4.58	-11.07	1	2	2	5.16	0.84	5.16	11.57	5.71	0.27

对评价指标的原始数据进行无量纲处理,正向指标 $X_{ij}$ 无量纲化值

$$X_{ij}' = (X_{ij} - m_j) / (M_j - m_j),$$

式中: $M_j$ 为 $X_{ij}$ 的最大值, $m_j$ 为 $X_{ij}$ 的最小值。

采用整体平移的方法对评价指标原始数据中的非正数进行无量纲处理,即

$$Y_{ij}' = Y_{ij} + \alpha,$$

式中 $\alpha$ 为常数。 $\alpha$ 取值过大易破坏原始数据的内在规律,根据实际情况, $\alpha$ 取最接近最小 $Y_{ij}$ 的数值<sup>[21]</sup>,本文取 $\alpha=0.0001$ 。

经计算得到2019—2021年该企业农产品冷链物流效率评价指标的无量纲数据,如表4所示。

表4 2019—2021年该企业农产品冷链物流效率评价指标的无量纲数据

评价指标	评价指标的无量纲数值				排序	评价指标	评价指标的无量纲数值				排序
	2019年	2020年	2021年	平均值			2019年	2020年	2021年	平均值	
$C_1$	1.0001	0.0001	0.8229	0.6077	3	$C_9$	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	12
$C_2$	0.4695	1.0001	0.0001	0.4899	5	$C_{10}$	1.0001	0.0001	0.8660	0.6221	1
$C_3$	0.2732	0.0001	1.0001	0.4245	7	$C_{11}$	1.0001	0.0001	0.0001	0.3334	9
$C_4$	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	12	$C_{12}$	1.0001	0.0001	0.8660	0.6221	1
$C_5$	1.0001	0.0001	0.0001	0.3334	9	$C_{13}$	0.3629	0.0001	1.0001	0.4544	6
$C_6$	0.7131	1.0001	0.0001	0.5711	4	$C_{14}$	1.0001	0.0001	0.0001	0.3334	9
$C_7$	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	12	$C_{15}$	0.1054	0.0001	1.0001	0.3685	8
$C_8$	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	12						

由表4可知:该企业的农产品冷链物流效率评价指标排序较靠前的分别为 $C_{12}$ 、 $C_{10}$ 及 $C_1$ ,但 $C_7$ 、 $C_{11}$ 和 $C_{15}$ 3个关键因素排序较靠后,影响冷链物流企业效率和发展。

提高该企业冷链物流效率可采取3方面对策:1)投资绿色技术和实践,采取多项环保措施,如采用高效能源的冷藏设备、可降解的包装材料等,并确保环境管理政策及措施实施到位,积极争取环境管理体系认证,展示该企业对绿色环保的坚定承诺,提高企业声誉,吸引更多关注环保的客户;2)引入先进的智能调度系统和智能监测系统提高冷藏车利用率,确保冷藏车运作可靠高效,降低运输成本,提高运输效率;

3)加大研发投入力度,重视智慧物流建设,包括采用物联网传感器、自动化仓储系统、人工智能和区块链技术等,鼓励创新,改进产品,提升企业竞争力。

## 4 结论

本文基于直觉模糊理论和 DEMATEL 法评价农产品冷链物流企业的效率,根据评价结果提出具体的运营优化建议。

1)直觉模糊理论和 DEMATEL 法可帮助企业决策者更好地理解和分析企业效率的影响因素,有助于提高发展策略的质量和有效性。

2)基于农产品冷链物流企业实例,可通过以下措施提升农产品冷链物流企业效率:投资绿色技术和实践,采用高效能源的冷藏设备、可降解的包装材料,强化环境管理体系认证;引入先进的智能调度系统和智能监测系统,确保冷藏车运作可靠高效,优化冷藏车利用率;加大研发投入力度,重视智慧物流建设,提升企业竞争力。

### 参考文献:

- [1] 盛中华.农产品冷链物流企业绩效评价研究[D].淄博:山东理工大学,2018.  
SHENG Zhonghua. Research on performance evaluation of cold chain logistics enterprises in agricultural products[D]. Zibo: Shandong University of Technology, 2018.
- [2] 魏亚飞.冷链物流企业绩效评价研究[D].石家庄:河北经贸大学,2012.  
WEI Yafei. The cold chain logistics enterprises performance evaluation research [D]. Shijiazhuang: Hebei University of Economics and Business, 2012.
- [3] 郭云丽.平衡计分卡在物流企业绩效评价中的应用[J].当代经济,2013(23):62-64.
- [4] 吕秀英,李晶.优化黑龙江省农产品冷链物流模式探讨[J].黑龙江科学,2020,11(16):104-105.  
LÜ Xiuying, LI Jing. Exploration of the optimization of cold chain logistics mode in Heilongjiang Province[J]. Heilongjiang Science, 2020, 11(16): 104-105.
- [5] 王长琼.绿色物流的内涵、特征及其战略价值研究[J].中国流通经济,2004,18(3):12-14.  
WANG Changqiong. Green logistics: implications, characteristics, and the strategic value[J]. China Business and Market, 2004, 18(3): 12-14.
- [6] 李宁.大连市冷链物流的现状分析与建议[J].现代经济信息,2019(24):487-488.
- [7] 李丽,杨健新,王琪.我国包装废物回收利用现状及典型包装物的生命周期分析[J].环境科学研究,2005,18(增刊1):10-12.  
LI Li, YANG Jianxin, WANG Qi. Study on the pollution, reclaim and recycle status of packaging waste and life cycle analysis of typical packaging[J]. Research of Environmental Sciences, 2005, 18(Suppl. 1): 10-12.
- [8] 张德容,傅艳梅.基于绿色供应链的农产品冷链物流企业绩效评价指标体系研究[J].商场现代化,2015(13):80-81.
- [9] 江文旭,陆萍.物流行业上市公司商誉问题研究[J].物流工程与管理,2020,42(7):143-145.  
JIANG Wenxu, LU Ping. Research on the problems of goodwill accounting of listed companies in the logistics industry[J]. Logistics Engineering and Management, 2020, 42(7): 143-145.
- [10] 黄玉玲,邱星.构建基于平衡计分卡的物流企业绩效评价体系[J].人力资源管理,2016(7):154-156.
- [11] 马兰.我国节能环保企业综合绩效评价研究[D].北京:北方工业大学,2016.  
MA Lan. Energy saving enterprises performance evaluation study[D]. Beijing: North China University of Technology, 2016.
- [12] 周爱军,吴晓卫,王子扬,等.基于浙江省重点污染行业的环境管理体系实施绩效评价及对策研究[J].环境科学与管理,2015,40(9):8-11.  
ZHOU Aijun, WU Xiaowei, WANG Ziyang, et al. Performance evaluation and countermeasures of environment management system implementation for main pollution industries in Zhejiang Province [J]. Environmental Science and Management, 2015, 40(9): 8-11.

- [13] 方凯,钟涨宝,王厚俊,等.基于绿色供应链的我国冷链物流企业效率分析[J].农业技术经济,2014(6):45-53.
- [14] 陈业红.基于绿色理念的农产品冷链物流企业绩效评价方法研究:以苏州为例[D].南京:东南大学,2017.
- [15] WEI L, YUCETEPE V. Research on relationship between goodwill trust, competence trust and alliance performance:based on analysis on the moderating role of potential competition between partners[C]//2013 6th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. Xi'an, China:IEEE,2013:14028519.
- [16] 李耀华.基于生态经济视角的农产品冷链物流效率评价研究[J].商业经济研究,2015(36):31-32.
- [17] 沈洪涛,黄珍,郭肪汝.告白还是辩白:企业环境表现与环境信息披露关系研究[J].南开管理评论,2014,17(2):56-63.
- SHEN Hongtao, HUANG Zhen, GUO Fangru. Confession or defence a study on the relationship between environmental performance and environmental disclosure[J]. Nankai Business Review, 2014,17(2):56-63.
- [18] 傅艳梅.冷链物流企业绩效评价研究[D].株洲:湖南工业大学,2015.
- FU Yanmei. Coldchain logistics performance evaluation[D]. Zhuzhou:Hunan University of Technology,2015.
- [19] LIAO H C, XU Z S, ZENG X J, et al. An enhanced consensus reaching process in group decision making with intuitionistic fuzzy preference relations[J]. Information Sciences,2016,329:274-286.
- [20] 王中兴,黄娜,黄帅.基于决策者风险偏好的区间直觉模糊数多属性决策方法[J].广西科学,2014,21(2):173-178.
- WANG Zhongxing, HUANG Na, HUANG Shuai. Multi-criteriadecision-making method based on risk attitude under interval-valued intuitionistic fuzzy environment[J]. Guangxi Sciences, 2014,21(2):173-178.
- [21] 高晓红,李兴奇.主成分分析中线性无量纲化方法的比较研究[J].统计与决策,2020,36(3):33-36.
- GAO Xiaohong, LI Xingqi. Comparativestudy on linear dimensionless methods in principal component analysis [J]. Statistics & Decision, 2020,36(3):33-36.

## Analysis of influencing factors of the efficiency of agricultural product cold chain logistics enterprises based on intuitionistic fuzzy DEMATEL method

*LI Na*<sup>1</sup>, *GUO Chuijiang*<sup>2\*</sup>, *WEN Zhili*<sup>3</sup>

1. Higher Vocational Technical College, Chengdu Neusoft University, Chengdu 611844, China;

2. School of Logistics, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610103, China;

3. School of International Business, Chengdu Institute Sichuan International Studies University, Chengdu 611844, China

**Abstract:** In order to analyze the influencing factors of the efficiency of agricultural product cold chain logistics enterprises, based on the characteristics of agricultural product cold chain logistics and considering the green development of enterprises, this paper constructs evaluation indicators for the efficiency of agricultural product cold chain logistics enterprises from five dimensions: finance, customers, green environmental protection, cold chain operation, and technological development. Combining the intuitionistic fuzzy theory with the decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL), the efficiency of an agricultural product cold chain logistics enterprise is evaluated. The results show that environmental management system certification, refrigerated truck utilization rate, and research and development investment rate are key factors affecting the development of agricultural product cold chain logistics enterprises. The enterprise should propose corresponding strategies in strengthening green environmental protection capabilities, improving refrigerated truck utilization rate, and paying attention to smart logistics construction to promote the long-term and rapid development of agricultural product cold chain logistics enterprises.

**Keywords:** agricultural product; cold chain logistics; intuitionistic fuzzy; DEMATEL; influencing factors

(责任编辑:赵玉真)