

基于云模型-MABCA决策框架的冷链物流 供应商选择研究

韩胜良

贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年9月23日; 录用日期: 2024年10月16日; 发布日期: 2024年11月27日

摘 要

随着电子商务的迅猛发展,尤其在生鲜食品、医药等对温度敏感商品的领域,冷链物流的重要性日益凸显。选择合适的冷链物流供应商成为电商平台提升运营效率、保证产品质量的关键。然而,由于影响供应商选择的因素复杂且存在不确定性,传统的决策方法难以有效应对。本文提出了一种基于云模型与多属性双向边界逼近法(MABCA)的冷链物流供应商选择的决策框架,能够有效综合多维评价因素,在不确定环境下实现对冷链物流供应商科学评价与选择,提高决策的精确性与合理性,最后,通过永辉生鲜选择冷链物流供应商的现实案例验证了决策框架的有效性。

关键词

电子商务, 冷链物流供应商, 云模型MABAC

Research on Cold Chain Logistics Supplier Selection Based on Cloud Model-MABCA Decision Framework

Shengliang Han

School of Management, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Sep. 23rd, 2024; accepted: Oct. 16th, 2024; published: Nov. 27th, 2024

Abstract

With the rapid development of e-commerce, the importance of cold chain logistics is becoming more

and more prominent, especially in the field of temperature-sensitive commodities such as fresh food and medicine. Selecting suitable cold chain logistics suppliers has become the key for e-commerce platforms to improve operational efficiency and ensure product quality. However, due to the complexity and uncertainty of the factors affecting supplier selection, traditional decision-making methods are difficult to respond effectively. This paper proposes a decision-making framework for cold chain logistics supplier selection based on cloud model and multi-attribute bi-directional boundary approximation (MABCA), which can effectively synthesize the multi-dimensional evaluation factors, realize scientific evaluation and selection of cold chain logistics suppliers under uncertain environment, and improve the accuracy and reasonableness of decision-making, and finally, verify the decision-making framework through the real case of Yonghui Fresh's selection of cold chain logistics suppliers.

Keywords

E-Commerce, Cold Chain Logistics Supplier, Cloud Model-MABAC

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

随着电子商务的快速发展, 消费者的购物需求从传统的商品逐渐向高附加值的生鲜食品、药品等品类扩展。然而, 这类商品对存储和运输条件有着极高的要求, 尤其是在保持产品新鲜度、保障品质方面, 传统物流模式已难以满足市场需求。冷链物流作为一种特殊的运输方式, 通过在整个供应链中维持低温环境, 有效解决了生鲜产品的保质与安全问题。对于电子商务平台而言, 冷链物流不仅是保障商品质量的重要手段, 更是提升用户体验、拓展业务品类、增加市场竞争力的关键因素。因此, 冷链物流在电商平台中的作用日益突出, 成为了平台竞争力的重要组成部分, 冷链物流为食品提供了不可缺少的保障, 冷链物流的发展水平是对食品安全和食品品质保障体现[1]。

在电子商务平台不断扩展的过程中, 冷链物流服务成为保障生鲜食品和药品等易腐商品质量的关键。然而, 自建冷链物流系统面临高昂的成本和复杂的管理挑战, 因此, 许多电商平台选择外包冷链物流服务。如何在多维度、动态且不确定的市场环境中选择合适的冷链物流供应商, 成为平台提高市场竞争力的关键课题[2]。对于电商平台而言, 选择合适的冷链物流供应商至关重要, 它不仅直接影响到商品在运输过程中的质量安全, 还关系到平台的运营效率和用户满意度。随着消费者对生鲜等高附加值商品需求的增加, 冷链物流供应商的服务能力、成本控制、合规性以及稳定性, 逐渐成为平台在激烈市场竞争中取得优势的重要因素。因此, 如何选择具备强大实力与良好信誉的冷链物流供应商, 成为了电子商务平台能否稳步发展的核心挑战之一。

冷链物流供应商的服务表现常受到外部环境、季节变化、物流高峰等不确定因素的影响。云模型具有良好的模糊处理能力, 能够有效处理信息中的模糊性和不确定性, 使得选择决策更加灵活和贴近实际情况。传统的供应商选择方法主要依赖于多标准决策分析(MCDM)、层次分析法(AHP)等技术[3], 这些方法基于确定性条件对供应商进行评价。然而, 冷链物流行业的复杂性和不确定性, 使得这些传统方法在处理实际问题时存在一定局限性。首先, 冷链物流涉及多个关键因素的综合评价, 包括成本、服务质量、风险管理能力、技术水平等, 这些因素之间具有复杂的相互影响和动态变化。其次, 物流行业中的不确

定性源于外部环境、市场波动和技术条件变化, 这些因素都增加了供应商选择的复杂性和模糊性。

为了应对这些问题, 近年来越来越多的研究开始引入模糊理论[4]和不确定性处理技术[5], 其中云模型作为一种有效的工具, 能够处理评价过程中存在的模糊性与不确定性。云模型能够通过期望、熵和超熵等参数将定性评价转化为定量分析, 能够更好地处理冷链物流中不可预测和模糊的数据情况。然而, 仅使用云模型在处理供应商选择时, 缺乏对多维评价结果的最终优化排序机制。因此, 本文引入多属性双向边界逼近算法(MABCA), 通过逼近正向理想解和负向理想解, 帮助决策者找到与最优供应商的最接近解, 并结合云模型处理各项指标的不确定性, 从而实现冷链物流供应商的最优选择。通过结合云模型与 MABCA, 构建了一种能够动态适应市场变化、处理多维度不确定信息的供应商选择方法。该方法的主要创新点在于通过云模型对各个评价指标进行不确定性处理, 并借助 MABCA 在多维属性空间中寻找最优解, 使得决策更加灵活、科学。

综上所述, 本文结合云模型与 MABCA 方法, 提出了一种冷链物流供应商选择方法, 旨在为电商平台在复杂、不确定的冷链物流环境中提供科学决策支持。该方法不仅弥补了传统决策方法处理不确定性不足的缺陷, 还能够动态适应电商平台的业务需求变化, 有助于提升供应商选择的合理性和有效性。

2. 云模型-MACAC 决策模型

本节由两部分组成, 一部分回顾了有关云模型的定义和 MABAC 方法的决策步骤, 另一部分包括云模型-MABAC 方法的决策流程。

2.1. 云模型

云模型[6]是由李德毅等提出的一种处理不确定性问题的理论工具, 基于模糊数学和概率论。它能够在定性概念与定量数据之间建立桥梁, 特别适合用于处理含有模糊性、不确定性的信息, 广泛应用于决策分析、人工智能、知识表示等领域。

云模型将定性信息转化为定量描述的过程中, 主要通过生成和映射“云滴”的方式来表现数据的模糊性和不确定性。每一个云滴代表某个属性下的评价价值, 并且由期望值、熵和超熵定义。

定义 1. 假设 U 是一个定量论域, T 是 U 空间上的定性概念, 如果 $x \in U$ 是定性概念 T 上的一次随机实现, $x \sim N(Ex, He^2)$ 和 $En' \sim N(En, He^2)$, $u(x) \in [0, 1]$ 代表的隶属度函数如下表示:

$$u(x) = e^{-\frac{(x-Ex)^2}{2(En')^2}} \quad (1)$$

定义 2. 假设 $C_1 = (Ex_1, En_1, He_1)$ 和 $C_2 = (Ex_2, En_2, He_2)$ 是任意两个云模型, 那么这两个云模型可以对比规则如下:

- (1) if $Ex_1 > Ex_2$, then $C_1 > C_2$; if $Ex_1 < Ex_2$, then $C_1 < C_2$;
- (2) when $Ex_1 = Ex_2$,
if $En_1 > En_2$, then $C_1 < C_2$; if $En_1 < En_2$, then $C_1 > C_2$;
- (3) when $Ex_1 = Ex_2$, $En_1 = En_2$,
if $He_1 > He_2$, then $C_1 < C_2$; if $He_1 < He_2$, then $C_1 > C_2$.

定义 3. 假设 $C_i = (Ex_i, En_i, He_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ 代表 n 个云模型, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 是 C_i 的权重向量, 并且满足 $w_i \in (0, 1)$ 和 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, 云加权算子(CWAA)如下表示:

$$CWAA = (C_1, C_2, \dots, C_n) = \left(\sum_{i=1}^n w_i Ex_i, \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (En_i)^2}, \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (He_i)^2} \right) \quad (3)$$

定义 4. 假设 $C_i = (Ex_i, En_i, He_i)$ 是任意云模型, 那么这个云模型的方差和得分函数计算如下:

$$\text{var}(C_i) = (En_i)^2 + (He_i)^2 \quad (4)$$

$$SC(C_i) = Ex_i - r \times \sqrt{(En_i)^2 + (He_i)^2} \quad (5)$$

2.2. MABAC 方法

MABAC 方法[7]是一种用于多属性决策的新型方法, 核心思想是通过将各个决策方案的不同属性与边界逼近区域矩阵进行比较, 计算每个方案与理想边界区域的距离, 确定方案的优劣排序。MABAC 方法不仅适用于多属性评价和排序, 还可以处理复杂的决策环境, 尤其在需要综合考虑多个因素时表现优异, 在决策过程中能够灵活处理多个属性的多维数据, 适合多维度、多标准的决策问题[8] [9]。

MABAC 方法的特点是简单高效。核心思想是边界近似区域(BAA)中每个备选方案的距离结果, 假设有 m 个备选方案, n 个属性, MABAC 方法的步骤如下所示:

步骤 1: 建立初始决策矩阵:

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} : X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

步骤 2: 标准化初始决策矩阵:

$$\tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n} : \tilde{x}_1 = \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^+ - x_j^-}, \tilde{x}_2 = \frac{x_{ij} - x_j^+}{x_j^- - x_j^+} \quad (7)$$

其中, $x_j^+ = \max\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}$, $x_j^- = \min\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}$ 。

步骤 3: 计算加权决策矩阵 $V = [v_{ij}]_{m \times n}$:

$$v_{ij} = w_j (\tilde{x} + 1) \quad (8)$$

步骤 4: 确定边界逼近区域矩阵 G :

$$g_i = \left(\prod_{i=1}^m v_{ij} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (9)$$

步骤 5: 计算备选项与边界逼近区域的距离矩阵 D :

$$D = \begin{bmatrix} v_{11} - g_1 & v_{11} - g_2 & \cdots & v_{1n} - g_n \\ v_{21} - g_1 & v_{22} - g_2 & \cdots & v_{2n} - g_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} - g_1 & v_{m2} - g_2 & \cdots & v_{mn} - g_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdots & d_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{if } d_{ij} > 0 \\ G & \text{if } d_{ij} = 0 \\ G^- & \text{if } d_{ij} < 0 \end{cases} \quad (11)$$

备选方案可能属于边界近似区域(BAA)、上边界近似区域(UAA)、下边界近似区域(LAA)。上边界近似区域是包含理想解替代方案, 下边界近似区域包含负理想解替代方案。

步骤 6: 备选方案排序:

$$S_i = \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (12)$$

2.3. 云模型-MABAC 方法决策步骤

MABAC 是一种有效且广泛使用的替代排序模型,它通过计算评估备选方案与边界近似区域(BAA)之间的距离来确定优先级。与其他方法相比,MABAC 是一种高度务实和可靠的理性决策模型。它提供了一个结构良好的分析框架和一个简单的计算过程。排名结果更加稳定,更容易理解[10]。因此,本文建立云模型-MABAC 模型,在定性环境中更方便地表达复杂的模糊信息,同时考虑备选方案之间的优势关系,从而在实际决策问题中获得排序结果。

本节基于云模型对 MABAC 方法进行扩展,提出云模型-MABAC 决策框架。该决策框架包括把评估信息转化为云模型、评估备选方案两个阶段,具体步骤见图 1。

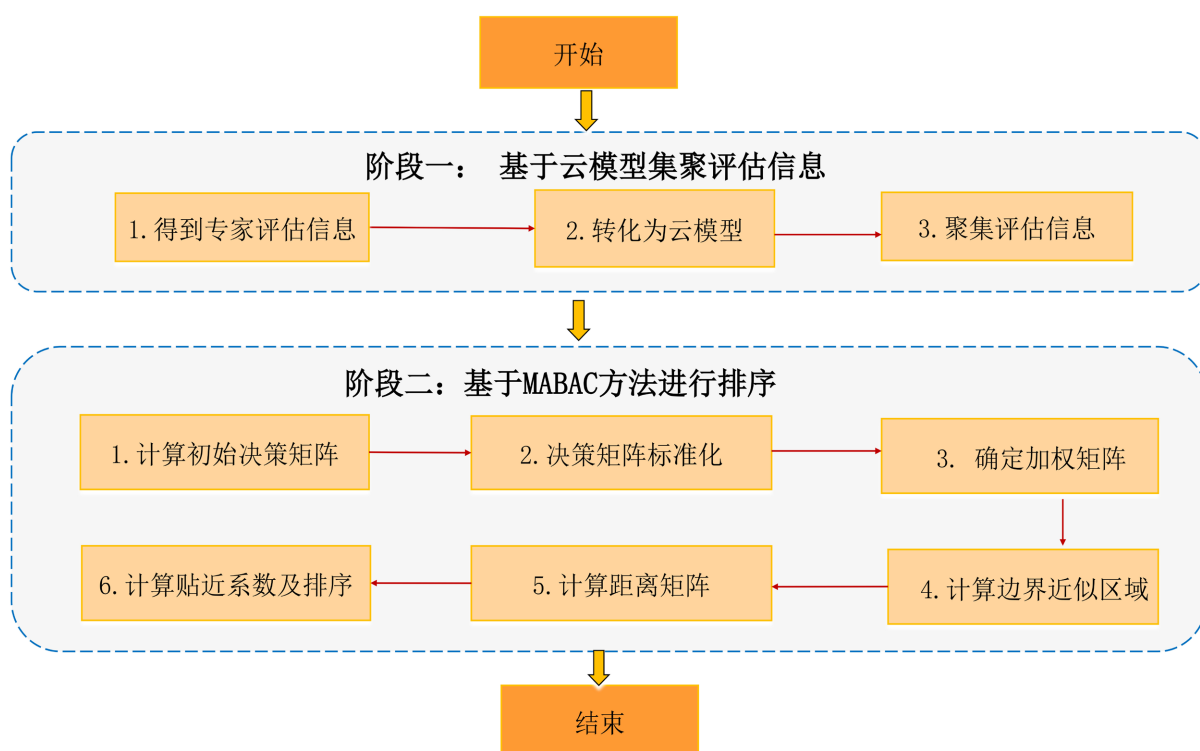


Figure 1. Decision-making steps of the cloud model-MABAC approach

图 1. 云模型-MABAC 方法决策步骤

步骤 1: 获得专家语言评估。根据表 1, 每位专家确定对各个指标偏好程度, 可以得到初始语言评估, 语言变量对应云模型见表 1 [11]。

步骤 2: 把初始语言评估转化为云模型。根据表 1, 可将这些语言评估转换为相应的量化值。

步骤 3: 通过 CWAA 计算群体评估矩阵。根据专家评估信息转化的云模型, 通过 CWAA 算子可计算出群体评估矩阵。

步骤 4: 获得群体评估矩阵获得初始评价矩阵。在这一步中, 根据语言变量对备选方案进行评估。初始评估矩阵是通过将语言评估值转换为相应的量化值来创建的, 语言变量及其相应的量化值如表 1 所示。

Table 1. Linguistic variables corresponding to the cloud model
表 1. 语言变量对应云模型

等级	语言变量	云模型
1	极高(EH)	(10, 0.6734, 0.101)
2	很高(VH)	(8.2626, 0.5791, 0.0869)
3	高(H)	(6.9015, 0.4537, 0.0681)
4	中上(MH)	(5.8353, 0.3554, 0.0533)
5	中(M)	(5, 0.2784, 0.0418)
6	中低(ML)	(4.1647, 0.3554, 0.0533)
7	低(L)	(3.0985, 0.4537, 0.0681)
8	很低(VL)	(1.7374, 0.5791, 0.0869)
9	极低(EL)	(0, 0.6734, 0.101)

步骤 5: 构建云模型决策矩阵。初始评估矩阵由公式(6)~(8)计算得出。

$$X^k = \begin{bmatrix} x_{11}^k & x_{12}^k & \cdots & x_{1n}^k \\ x_{21}^k & x_{22}^k & \cdots & x_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1}^k & x_{m2}^k & \cdots & x_{mn}^k \end{bmatrix} \quad (13)$$

步骤 6: 计算备选方案与 BAA 的距离。根据公式(9)和公式(10), 可以计算出备选方案到 CRNBAA 的距离。

$$d_{ij} = \begin{cases} d(\hat{z}_{ij}, \hat{g}_j), & \text{if } \hat{z}_{ij} > \hat{g}_j \\ 0, & \text{if } \hat{z}_{ij} = \hat{g}_j \\ -d(\hat{z}_{ij}, \hat{g}_j), & \text{if } \hat{z}_{ij} < \hat{g}_j \end{cases} \quad (14)$$

步骤 7: 通过计算优先值对备选方案进行排序。通过计算矩阵中各行元素的总和, 可以得出备选方案标准函数的最终值。最后, 可根据优先值对每个备选方案进行排序。

$$S(F_i) = \sum_{j=1}^n d_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

3. 案例分析

3.1. 案例背景

随着生鲜电商的快速发展, 生鲜农产品加入了网上购物的潮流。中国的生鲜电商(如天猫生鲜、京东生鲜、美团、中国永辉超市等)正处于爆发式增长的势头中。所有收获的农产品, 如水果和蔬菜, 都保持活力并继续消耗其有机材料。为避免新鲜农产品的质量下降, 必须在特定的温度和湿度环境中运输。对于企业对客户(B2C)电子商务交易平台来说, 选择合适的冷链物流供应商是一项重要的战略决策, 可以提高其整体收入和核心竞争力[4]。

永辉生鲜作为永辉超市的主营业务之一, 被誉为“生鲜之王”, 长期坚持自我经营模式。永辉生鲜

致力于为消费者提供新鲜、高质量的生鲜食品，以其丰富的生鲜品类、高品质的产品和优质的服务赢得了消费者的广泛认可。随着业务的快速发展，永辉生鲜对于冷链物流的需求日益增加，为了确保生鲜产品的新鲜度和品质，永辉生鲜在冷链物流供应商的选择上非常谨慎，力求选择能够提供高效、稳定、安全的冷链物流供应商[4]。

为确保产品的品质和客户的满意度，永辉生鲜需要选择冷链物流供应商进行合作。本节以永辉生鲜选择冷链物流供应商为现实案例，组成了一个由四名专家组成的决策小组，应用云模型-MABAC 决策框架帮助永辉生鲜对四个冷链物流供应商的可靠性、时间效率、服务费用、服务灵活性、信息处理能力五个指标进行评估[4]，为永辉生鲜选择合适的冷链物流供应商，同时为其他企业在选择冷链物流供应商时提供参考和借鉴，冷链物流供应商流程图见图 2，冷链物流供应商评估指标见表 2。

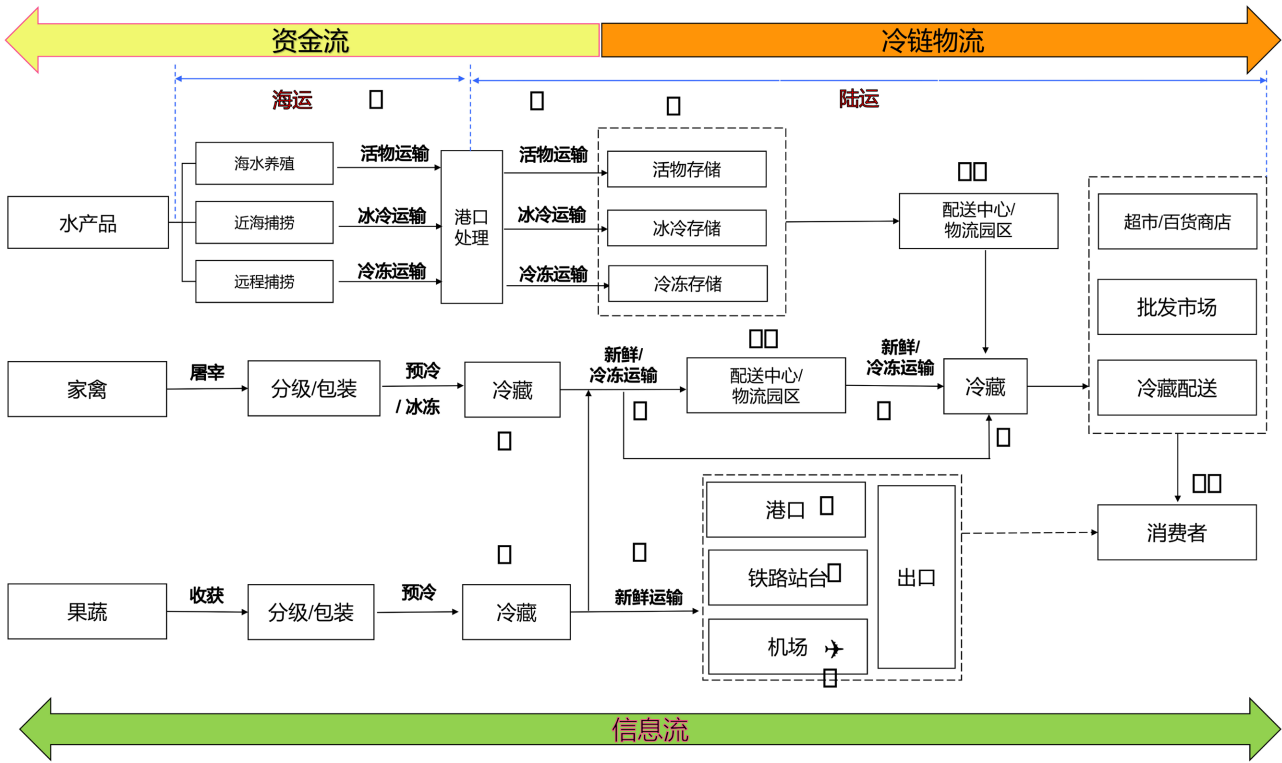


Figure 2. Cold chain logistics provider flow chart
图 2. 冷链物流供应商流程图

Table 2. Cold chain logistics provider assessment indicators
表 2. 冷链物流供应商评估指标

指标	定义
可靠性(C1)	运输/仓储设施、风险应急处理能力、交货准确性、货物破损率
时间效率(C2)	准时交货、交货延迟、处理退货的响应、对订单的响应的的时间
服务费用(C3)	物流成本、处理退货的成本
服务灵活性(C4)	配送人员的服务态度、客户满意度、配送模式、个性化服务
信息处理能力(C5)	物流信息的准确性、产品的可追溯性、反馈信息、信息系统安全

3.2. 备选方案排序

首先，收集专家对备选方案的语言评估。然后，可以确定备选方案的初始语言评估矩阵见表 3。

Table 3. Initial language assessment information matrix
表 3. 初始语言评估信息矩阵

专家	Ai	C1	C2	C3	C4	C5
E1	A1	H	ML	VH	H	H
	A2	MH	L	H	MH	VH
	A3	M	VL	MH	VH	H
	A4	H	ML	M	MH	VH
E2	A1	MH	H	H	VH	MH
	A2	H	VH	VH	H	H
	A3	H	H	M	MH	M
	A4	M	MH	MH	H	MH
E3	A1	H	ML	M	H	MH
	A2	VH	ML	VH	VH	H
	A3	H	L	H	H	VH
	A4	MH	VL	MH	MH	H
E4	A1	MH	VL	VH	MH	H
	A2	M	ML	H	M	MH
	A3	ML	ML	H	VH	H
	A4	L	L	MH	H	VH

初始语言评价可通过表格 1 转化为相应的对应的云模型。此外，利用公式(2)可以计算群体评估信息矩阵见表 4。

Table 4. Group assessment information matrix
表 4. 群体评估信息矩阵

C\A	A1	A2	A3	A4
C1	(6.368, 0.408, 0.061)	(6.500, 0.432, 0.065)	(5.742, 0.392, 0.059)	(5.209, 0.392, 0.059)
C2	(4.242, 0.445, 0.067)	(4.929, 0.445, 0.067)	(3.976, 0.467, 0.070)	(3.709, 0.445, 0.067)
C3	(7.107, 0.488, 0.073)	(7.582, 0.520, 0.078)	(6.160, 0.392, 0.059)	(5.626, 0.338, 0.051)
C4	(6.975, 0.467, 0.070)	(6.500, 0.432, 0.065)	(7.316, 0.501, 0.075)	(6.635, 0.431, 0.065)
C5	(6.368, 0.408, 0.061)	(6.975, 0.467, 0.070)	(6.766, 0.454, 0.068)	(6.709, 0.445, 0.067)

根据公式(3)，可以确定每个指标的 BAA，如表 5 所示。然后，根据公式(9)，可以计算出备选方案与 BAA 矩阵的距离。最后，利用公式(10)还可以计算出各备选方案与 BAA 的距离之和。所有结果见表 5，A2 是所有备选方案中最好的，这为永辉生鲜选择冷链物流供应商提供了方向。

Table 5. Distance of alternatives from BAA and their ranking
表 5. 各备选方案与 BAA 的距离及其排名

C\A	BAA	A1	A2	A3	A4
C1	(5.932, 1.157, 0.437)	0.894	0.946	-0.817	-1.075
C2	(4.189, 1.062, 0.398)	0.674	0.977	-0.659	-0.804
C3	(6.574, 1.199, 0.450)	0.915	1.235	-0.935	-1.935
C4	(6.849, 1.292, 0.487)	0.868	-0.960	0.949	-0.920
C5	(6.701, 1.262, 0.477)	-0.949	0.874	0.845	0.851
S(Ai)	--	1.461	1.837	0.317	-1.948
排名	--	2	1	3	4

通过云模型-MABAC 决策框架帮助永辉生鲜选择冷链物流供应商的案例，详细展示了如何在不确定环境下选择冷链物流供应商的步骤，有效应对选择冷链物流供应商的模糊性和随机性，提高决策的准确性与效率，为永辉生鲜选择冷链物流供应商提供科学的支持。

3.3. 管理影响

永辉生鲜选择最佳的冷链物流供应商，能够确保其生鲜产品的新鲜度、质量和安全性，减少产品腐败、变质、污染和损坏的风险，有助于提升顾客满意度，维护永辉超市的品牌形象和声誉；高效的冷链物流还能提升永辉生鲜对市场需求变化的响应速度，增强供应链的灵活性和敏捷性；永辉生鲜通过选择冷链物流供应商，可以增强供应链的透明度和信任度，提升消费者对产品的信心和满意度；冷链物流的成本通常较高，但选择优质的供应商并与其建立长期合作关系，可以通过规模经济、优化运输路线和减少损耗等方式来降低成本，冷链物流供应商的选择对永辉生鲜的运营和发展具有重要意义。

永辉生鲜在未来发展中需要继续优化冷链物流供应商选择和管理策略，不断提升供应链的整体效能和效益，提高永辉生鲜的竞争力和实现可持续发展。

4. 结论

随着电子商务平台对生鲜、医药等高附加值商品需求的增加，冷链物流供应商的选择愈发重要。本文首次将云模型与 MABCA 结合用于冷链物流供应商选择，提出了一种基于云模型与 MABCA 的供应商选择方法，云模型能够处理不确定性和模糊性，而 MABCA 提供了基于多属性决策的最优选择方法，两者结合提升了供应商选择的精确性与科学性。

云模型-MABAC 决策框架能够在不确定环境下考虑评估信息的模糊性和随机性，做出更科学合理的决策，该决策框架为冷链物流供应商选择提供了一种新的理论和实践指导。通过永辉生鲜选择冷链物流供应商的现实案例，详细介绍了决策框架的决策步骤并提出管理影响，帮助永辉生鲜在激烈的市场竞争中获得供应链管理优势。

尽管本文提出决策模型具有优点，但本研究存在以下局限性：首先，本文的决策框架是以专家评估为数据进行案例分析，缺少实证数据和实证分析；其次，云模型无法处理语言术语不对称均匀分布的情况；此外，没有考虑专家的权重。在未来的研究中：首先，可以考虑实证研究和案例分析相结合的方法进行研究，形成决策模型和实证研究优势互补；其次，由于专家的经验 and 知识背景不同，可以考虑群体共识达成过程更符合复杂的现实情况；此外，基于大数据群体决策确定冷链物流供应商是一个有趣的研究方向。

参考文献

- [1] 刘建鑫, 王可山. 电商生鲜食品物流能力评价——以 A 电商企业肉类产品为例[J]. 中国流通经济, 2018, 32(5): 22-31.
- [2] 杨扬, 罗仲禹, 徐新扬. 基于云模型的“一带一路”沿线省份国际冷链物流发展水平评价研究[J]. 铁道运输与经济, 2024, 46(3): 99-106.
- [3] Huang, G., Xiao, L. and Zhang, G. (2021) Assessment and Prioritization Method of Key Engineering Characteristics for Complex Products Based on Cloud Rough Numbers. *Advanced Engineering Informatics*, **49**, Article ID: 101309. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101309>
- [4] Cheng, X. and Chen, C. (2024) Decision Making with Intuitionistic Fuzzy Best-Worst Method. *Expert Systems with Applications*, **237**, Article ID: 121215. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121215>
- [5] Singh, R.K., Gunasekaran, A. and Kumar, P. (2017) Third Party Logistics (3PL) Selection for Cold Chain Management: A Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Approach. *Annals of Operations Research*, **267**, 531-553. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2591-3>
- [6] Liu, G., Hu, J., Yang, Y., Xia, S. and Lim, M.K. (2020) Vehicle Routing Problem in Cold Chain Logistics: A Joint Distribution Model with Carbon Trading Mechanisms. *Resources, Conservation and Recycling*, **156**, Article ID: 104715. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104715>
- [7] 闫军, 王杰, 徐旦. 基于云模型的区域物流指数综合评价[J]. 统计与决策, 2020, 36(4): 22-26.
- [8] 刘敏, 刘人怀. “深中通道”对粤港澳大湾区港口物流的影响[J]. 中国流通经济, 2020, 34(6): 16-26.
- [9] 刘培德, 潘倩, 朱宝颖, 王茜玉, 王冬阳. 沿海港口综合竞争力评价: 基于云模型和博弈权重的 MABAC 方法[J]. 运筹与管理, 2023, 32(3): 50-55.
- [10] Pamučar, D. and Ćirović, G. (2015) The Selection of Transport and Handling Resources in Logistics Centers Using Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, **42**, 3016-3028. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.11.057>
- [11] Huang, G., Xiao, L., Pedrycz, W., Pamucar, D., Zhang, G. and Martínez, L. (2022) Design Alternative Assessment and Selection: A Novel Z-Cloud Rough Number-Based BWM-MABAC Model. *Information Sciences*, **603**, 149-189. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.04.040>