

控制与决策

Control and Decision

基于前景理论的农村电子商务发展水平多维偏好决策方法

余高锋, 费巍, 叶银芳

引用本文:

余高锋, 费巍, 叶银芳. 基于前景理论的农村电子商务发展水平多维偏好决策方法[J]. *控制与决策*, 2020, 35(9): 2182–2188.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1750>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于证据网络的C2C商品购买风险动态评估模型

Dynamic assessment model for C2C commodity purchasing risk based on evidential network

控制与决策. 2018, 33(3): 521–528 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.0020>

基于前景理论的犹豫模糊TOPSIS多属性决策方法

Hesitant fuzzy TOPSIS multi-attribute decision method based on prospect theory

控制与决策. 2017, 32(5): 864–870 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2016.0259>

基于前景理论的区间直觉模糊双向投影决策方法

Bidirectional projection method with interval-valued intuitionistic fuzzy information based on prospect theory

控制与决策. 2016, 31(6): 1143–1147 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2015.0590>

考虑偏好反转的区间不确定多属性决策方法

Approach for multiple attribute decision making under interval uncertainty considering preference reversal

控制与决策. 2016, 31(11): 2019–2024 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2015.0929>

基于前景理论的具有指标期望的多指标决策方法

Multiple attribute decision making considering attribute aspirations: A method based on prospect theory

控制与决策. 2015(1): 91–97 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2013.1572>

基于前景理论的农村电子商务发展水平 多维偏好决策方法

余高锋^{1,2}, 费巍^{3†}, 叶银芳²

(1. 三明学院 信息工程学院, 福建 三明 365004; 2. 福州大学 经济与管理学院, 福州 350108; 3. 福州大学 建筑学院, 福州 350108)

摘要: 现实中存在多维偏好和需要考虑专家心理行为的农村电子商务发展水平决策问题. 针对这类农村电子商务发展水平决策问题, 提出一种基于前景理论的多维偏好决策方法. 首先, 描述农村电子商务发展水平评价问题, 进而计算各个决策方案的综合前景值; 然后, 定义基于前景理论的客观排序与专家偏好的一致性程度和不一致程度; 最后, 以决策者的期望水平和容忍度为基础, 建立模糊多维偏好优化模型, 进而计算各个决策方案的综合前景值, 据此确定方案优劣排序和最优方案. 通过分析三明市各个县市农村电子商务的发展水平表明了所提出方法有效合理.

关键词: 农村电子商务; 前景理论; 多维偏好; 非线性规划

中图分类号: TP273

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2018.1750

引用格式: 余高锋, 费巍, 叶银芳. 基于前景理论的农村电子商务发展水平多维偏好决策方法[J]. 控制与决策, 2020, 35(9): 2182-2188.

Development level of rural E-commerce multi-dimensional preference decision making method based on prospect theory

YU Gao-feng^{1,2}, FEI Wei^{3†}, YE Yin-fang²

(1. School of Information Engineering, Sanming University, Sanming 365004, China; 2. School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China; 3. School of Architecture, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: There are problems of decision making for the development level of rural E-commerce with multi-dimensional preference and consideration of decision maker's psychological behavior. Aiming at the problems, a multidimensional preference decision making method is proposed based on prospect theory. Firstly, the development level evaluation problem of rural E-commerce is described, and the comprehensive prospect value of alternatives is computed. Then, the consistency measure and inconsistency measure of objective ranking and decision maker's preference based on prospect theory are defined. Furthermore, a fuzzy multi-dimensional preference optimization model based on the expectation level and tolerance of decision makers is established, the comprehensive prospect value of each alternative is calculated, the ranking of alternatives is determined by the comprehensive prospect value. Finally, the validity and applicability of the proposed method are illustrated by analyzing the development level of rural E-commerce for every county and city in Sanming City.

Keywords: rural E-commerce; prospect theory; multi-dimensional preference; nonlinear programming

0 引言

党的十八届五中全会提出“互联网+”与经济发展相融合的战略构想, 并随着“互联网+农业”的深入推进, 农村电商成为解决“三农问题”的重要抓手和精准扶贫的重要工具, 2017年中央一号文件更是

直接将农村电商作为一个独立条目陈列出来. 由于农村电商是解决工业产品下乡和农产品进城的重要纽带, 研究农村电商发展水平有利于促进农村电商健康发展, 直接关系到“三农”的健康发展和农村脱贫致富的进程.

收稿日期: 2018-12-21; 修回日期: 2019-04-11.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(71231003); 福建省高校杰出青年科研人才培育计划项目(闽教科[2017]52); 福建省中青年教育项目(JT180515); 教育部人文社科青年项目(20YJC630196); 中国博士后基金项目(2017M612118).

†通讯作者. E-mail: feiwei@fzu.edu.cn.

农村电商在全球化时代,直接突破了传统电商地理范围的限制,拓展了农村市场.与传统电商企业相比,农村电商企业在商品引入、线上平台、营销推广及售后服务等方面所涉及的环节都更加复杂.考虑到农村电商企业需要融入贸易体系,与传统电子商务企业相比,面临的挑战不仅包括供应链风险而且包括移动互联网时代电商格局重新洗牌后的新问题新风险,比如Christopher等^[1]介绍的生产流程问题导致的产量和质量问题;雷兵等^[2]研究了农村电子商务生态系统结构及其共生关系;郭坤等^[3]研究了吉林省农产品电子商务生态系统构建策略.上述基于电子商务风险内涵不足以分析农村电商企业经营风险的特性与挑战.

农村电商刚刚兴起,对其风险识别的研究尚处于起步阶段,研究十分鲜见.在供应链风险识别方面,只有少部分针对传统电子商务企业供应链风险识别的研究,这些研究方法可分为两类:定性分析和定量分析.其中定性分析研究从风险特征角度对供应链风险作了识别,如Christopher等^[4]研究了整个供应链的全球采购风险评估方法以及降低这些风险的对策;Sodhi等^[5]将电子商务供应链风险分为延迟风险、系统风险、预测风险、知识产权风险、采购风险、库存风险和产能风险等9大类风险;Erevelles等^[6]则将B2B电商供应链风险细分为中断风险、延误风险、系统风险、预测风险、知识产权风险、采购风险、应收账款风险、库存风险和生产能力风险.与定性分析研究相比,定量分析研究数量更少,Tsai等^[7]采用AHP对台湾零售电商供应链中的物流外包风险进行了实证分析.其次,在企业风险研究方面,目前仅对传统经营企业风险进行了研究,George^[8]综合考虑了企业之间的不同层次的贡献分析,提出子产品组的供应链风险评价方法;余乐安^[9]构建了电子商务信用风险的预警指标体系,并建立了电子商务信用风险预警的最小二乘近似支持向量回归模型.从上述已有研究可以得出,传统风险评估方法(供应链风险、企业风险、风险预警模型)很难甚至无法在农村电商企业经营风险评估中得到成功的应用与推广.

然而,目前电子商务发展水平的测度多为定性描述,定性测量方法中指标的设定过于繁多,数据难以测量.随着农村电子商务发展的脚步逐渐加快,对于农村电子商务发展水平测评体系的研究尚未健全.另外,在农村电子商务发展水平决策分析中,应该考虑专家的心理行为特征和偏好信息,如参考依赖、损失规避、敏感性递减和概率判断扭曲等,而前景理论是解释专家心理行为特征的一项研究成果,其较好

地描述了参考依赖、损失规避、敏感性递减和概率判断扭曲等行为特征.基于此,本文提出基于前景理论的农村电子商务发展水平多维偏好决策方法.

1 农村电子商务发展水平评价问题描述

农村电子商务发展水平的指标体系是一个需要根据该地区居民的生活水平、信息化发展状况和经济发展状态而建立的体系.通过走访和调查问卷,选取农村网购金额(c_1)、农产品网络销售额(c_2)、工业品网络销售额(c_3)、农村旅游服务网络销售额(c_4)、新增网店数量(c_5)、带动就业人数(c_6)、培训批次(c_7)、培训人数(c_8)、县级运营服务中心(c_9)、县级仓库物流中心(c_{10})、村级服务站(c_{11})等11个指标. $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 表示待评价方案集.

因不完全统计, c_1, c_2, c_3 和 c_4 等指标具有一定的波动性,因此采用区间数的形式表示,其余指标均以实数形式表示,即评价指标体系涉及到的指标类型主要有实数(C_1)和区间数(C_2).利用 e'_{ij} 表示方案 a_j 在第 c_i 指标的统计数据,有

$$e'_{ij} = \begin{cases} d'_{ij}, & c_i \in C_1; \\ [\underline{e}'_{ij}, \bar{e}'_{ij}], & c_i \in C_2. \end{cases} \quad (1)$$

另外,专家给出方案之间做偏的评价 $\Omega = \{(k, j) | a_k \succ a_j, k = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n\}$,即为主观排序, \succ 表示专家认为方案 a_k 优于方案 a_j 的偏好集合.

2 农村电子商务发展水平评价方法

2.1 计算综合前景值

为了消除不同物理量纲对决策结果的影响,需要对 c_1, c_2, \dots, c_{11} 等指标进行规范化.上述指标属于效益型指标,即越大越好.将评价值 e'_{ij} 规范化为 x_{ij} ,即

$$x_{ij} = \begin{cases} d_{ij} = \frac{d'_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (d'_{ij})^2}}, & c_i \in C_1^b; \\ [\underline{e}_{ij}, \bar{e}_{ij}] = \left[\frac{\underline{e}'_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\underline{e}'_{ij})^2}}, \frac{\bar{e}'_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{e}'_{ij})^2}} \right], & c_i \in C_2^b. \end{cases} \quad (2)$$

依据前景理论^[10-14],以方案的指标集的正理想点和负理想点为农村电子商务发展水平的两个前景参照点,分别记为 $x^+ = (x_1^+, x_2^+, \dots, x_{11}^+)$ 和 $x^- = (x_1^-, x_2^-, \dots, x_{11}^-)$,其中

$$x_i^+ = \begin{cases} d_i^+, & c_i \in C_1; \\ [\underline{e}_i^+, \bar{e}_i^+], & c_i \in C_2; \end{cases}$$

$$x_i^- = \begin{cases} d_i^-, & c_i \in C_1; \\ [e_i^-, \bar{e}_i^-], & c_i \in C_2. \end{cases}$$

其中: $d_i^+ = \max_{j=1,2,\dots,m} \{d_{ij}\}$, $e_i^+ = \max_{j=1,2,\dots,m} \{e_{ij}\}$, $\bar{e}_i^+ = \max_{j=1,2,\dots,m} \{\bar{e}_{ij}\}$, $d_i^- = \min_{j=1,2,\dots,m} \{d_{ij}\}$, $e_i^- = \min_{j=1,2,\dots,m} \{e_{ij}\}$, $\bar{e}_i^- = \min_{j=1,2,\dots,m} \{\bar{e}_{ij}\}$.

在此基础上,计算各个方案的各个指标评价值,相对参考点而言,若各个方案的各指标评价值 x_{ij} 不大于正理性点,则为损失;若各个方案的各指标评价值 x_{ij} 不小于负理性点,则为收益. 依据前景理论^[10-14],可得到

$$v^-(d(x_{ij}, x_i^+)) = -\lambda(d(x_{ij}, x_i^+))^\beta, \quad (3)$$

$$v^+(d(x_{ij}, x_i^-)) = (d(x_{ij}, x_i^-))^\alpha. \quad (4)$$

其中: 参数 α 和 β 表示函数 $v^+(d(x_{ij}, x_i^-))$ 和 $v^-(d(x_{ij}, x_i^+))$ 的凹凸程度, $0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1$; 参数 λ 表示决策者的规避程度. 另外

$$d(x_{ij}, x_i^+) = \begin{cases} (d_{ij} - d_i^+)^2, & c_i \in C_1; \\ \frac{1}{2}[(e_{ij} - e_i^+)^2 + (\bar{e}_{ij} - \bar{e}_i^+)^2], & c_i \in C_2; \end{cases}$$

$$d(x_{ij}, x_i^-) = \begin{cases} (d_{ij} - d_i^-)^2, & c_i \in C_1; \\ \frac{1}{2}[(e_{ij} - e_i^-)^2 + (\bar{e}_{ij} - \bar{e}_i^-)^2], & c_i \in C_2. \end{cases}$$

进一步地,每一个待评价方案面对属性的收益或损失的概率权重分别为

$$\pi^+(w_i) = \frac{w_i^r}{(w_i^r + (1 - w_i)^r)^{\frac{1}{r}}}, \quad i = 1, 2, \dots, 11;$$

$$\pi^-(w_i) = \frac{w_i^\sigma}{(w_i^\sigma + (1 - w_i)^\sigma)^{\frac{1}{\sigma}}}, \quad i = 1, 2, \dots, 11.$$

其中: r 和 σ 表示收益和损失的概率权重函数的弯曲程度,反映决策者收益风险和损失风险的不同态度. Tversky等^[10]认为 $r = 0.61, \sigma = 0.72$; 在中国国情下 $r = 0.55, \sigma = 0.47$. 本文取中国国情下的系数,即 $r = 0.55, \sigma = 0.47$. 因此,计算每个方案的综合前景值

$$v(a_j) = \sum_{i=1}^{11} \pi(w_i)v(x_{ij}) = \sum_{i=1}^{11} v^+(x_{ij})\pi^+(w_i) + \sum_{i=1}^{11} v^-(x_{ij})\pi^-(w_i). \quad (5)$$

2.2 一致性程度和非一致性程度

方案 a_j 的综合前景值 $v(a_j)$ 大于方案 a_k 的综合前景值 $v(a_k)$, 即 $a_j \succ a_k$, 称为客观排序. 若 $v(a_j) \succ$

$v(a_k)$, 则基于 w 确定客观排序与主观排序一致, 意味着 w 是合适的; 反之, 若 $v(a_j) \succ v(a_k)$, 则根据 w 确定客观排序与主观排序不一致说明 w 是不合适的. 因此, w 的确定应根据客观排序与主观排序一致. 显然, 客观排序与决策者偏好 $(k, j) \in \Omega_0$ 存在一致或者不一致. 若客观排序与专家偏好不一致, 则不一致性程度定义为

$$(S_j - S_k)^- = \begin{cases} (S_k - S_j), & S_j < S_k; \\ 0, & S_j \geq S_k. \end{cases} \quad (6)$$

若客观排序与专家偏好 $(k, j) \in \Omega_0$ 一致, 则不一致性程度 $(S_j - S_k)^-$ 为 0; 相反, 若客观排序与专家偏好 $(k, j) \in \Omega_0$ 不一致, 则不一致程度 $(S_j - S_k)^- = (S_k - S_j)$. 因此, 不一致程度可以简化为 $(S_j - S_k)^- = \max\{0, (S_k - S_j)\}$, 即总不一致性程度为

$$B = \sum_{(k,j) \in \Omega} (S_j - S_k)^- = \sum_{(k,j) \in \Omega} [\max\{0, (S_k - S_j)\}]. \quad (7)$$

类似地, 客观排序与专家偏好 $(k, j) \in \Omega_0$ 一致性程度定义为

$$(S_j - S_k)^+ = \begin{cases} (S_j - S_k), & S_j \geq S_k; \\ 0, & S_j < S_k. \end{cases} \quad (8)$$

显然, 式(8)可改写为 $(S_j - S_k)^+ = \max\{0, (S_j - S_k)\}$, 因此总一致性程度为

$$G = \sum_{(k,j) \in \Omega} (S_j - S_k)^+ = \sum_{(k,j) \in \Omega} \max\{0, S_k - S_j\}. \quad (9)$$

综上分析可知, 总一致性程度 G 越大越好, 不一致性程度 B 越小越好. 利用线性规划方法建立如下模型:

$$\begin{aligned} & \widetilde{\max}\{G\}. \\ & \text{s.t.} \begin{cases} G - B \sim \geq h; \\ \pi^+(w_i) = \frac{w_i^r}{(w_i^r + (1 - w_i)^r)^{\frac{1}{r}}}; \\ \pi^-(w_i) = \frac{w_i^\sigma}{(w_i^\sigma + (1 - w_i)^\sigma)^{\frac{1}{\sigma}}}; \\ \sum_{i=1}^{11} w_i = 1, w_j \geq 0.05. \end{cases} \end{aligned} \quad (10)$$

其中决策者对总一致性程度的期望水平为 G_0 , 并存在容忍度为 $g_0, G - B \sim \geq h$ 说明决策一致性程度不小于非一致性程度, 程度为 h 并存在容忍度为 h_0 . 因

此,目标函数和约束条件的隶属函数可定义为

$$\mu_G(G) = \begin{cases} 0, & G \leq G_0 - g_0; \\ 1 - \frac{G - G_0}{g_0}, & G_0 - g_0 \leq G \leq G_0; \\ 1, & G_0 \leq G. \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_R(G - B) = \begin{cases} 0, & G - B \leq h - h_0; \\ 1 - \frac{h - (G - B)}{h_0}, & h - h_0 \leq G - B \leq h; \\ 1, & G - B \geq h. \end{cases} \quad (12)$$

将式(8)和(9)代入模型(10),有

$$\begin{aligned} G - B = & \sum_{(k,j) \in \Omega} [(S_j - S_k)^+ - (S_j - S_k)^-] = \\ & \sum_{(k,j) \in \Omega} [(S_j - S_k)] = \\ & \sum_{(k,j) \in \Omega} \left[\sum_{i=1}^{11} v^+(a_{ij})\pi^+(w_i) + \right. \\ & \left. \sum_{i=1}^{11} v^-(a_{ij})\pi^-(w_i) - \sum_{i=1}^{11} v^+(a_{ik})\pi^+(w_i) - \right. \\ & \left. \sum_{i=1}^{11} v^-(a_{ik})\pi^-(w_i) \right]. \end{aligned}$$

令 $\lambda_{kj} = \max\{0, S_k - S_j\}$, 即对于任意 $(k, j) \in \Omega$, 有 $\lambda_{kj} \geq 0$ 和 $\lambda_{kj} \geq S_k - S_j$. 于是, 结合式(11)和(12), 模型(10)可转化为

$$\begin{aligned} & \max\{\alpha\}. \\ \text{s.t.} & \begin{cases} g_0 - \sum_{(k,j) \in \Omega} \lambda_{kj} + G_0 \geq g_0\alpha; \\ h_0 - h + \sum_{(k,j) \in \Omega} \left[\sum_{i=1}^{11} v_{ij}^+ \pi^+(w_i) + \right. \\ \left. \sum_{i=1}^{11} v_{ij}^- \pi^-(w_i) - \sum_{i=1}^{11} v_{ik}^+ \pi^+(w_i) - \right. \\ \left. \sum_{i=1}^{11} v_{ik}^- \pi^-(w_i) \right] \geq h_0\alpha; \\ \pi^+(w_i) = \frac{w_i^r}{(w_i^r + (1 - w_i)^r)^{\frac{1}{r}}}; \\ \pi^-(w_i) = \frac{w_i^\delta}{(w_i^\delta + (1 - w_i)^\delta)^{\frac{1}{\delta}}}; \\ \lambda_{kj} \geq S_k - S_j, \lambda_{kj} \geq 0, (k, j) \in \Omega; \\ w_i \geq 0.05, \sum_{i=1}^{11} w_i = 1. \end{cases} \quad (13) \end{aligned}$$

利用 lingo9.0 对式(13)求得 $w^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_{11}^*)$. 因此, 方案 a_j 的综合前景值

$$v(a_j) = \sum_{i=1}^{11} v^+(a_{ij})\pi^+(w_i^*) + \sum_{i=1}^{11} v^-(a_{ij})\pi^-(w_i^*). \quad (14)$$

结合各方案的综合前景值大小, 对方案进行排序.

根据上面的讨论, 基于前景理论的农村电子商务发展水平决策方法的具体步骤归纳如下:

- step 1: 描述农村电子商务发展水平评价问题;
- step 2: 利用式(2)将各个指标评价价值规范化;
- step 3: 利用式(3)~(5), 计算每个方案的综合前景值;
- step 4: 根据式(6)~(9), 计算客观排序与决策者偏好一致度和不一致度;
- step 5: 根据式(10)~(13), 计算各个属性的权重;
- step 6: 根据式(14)计算综合前景值, 由此得到最优方案.

3 三明市农村电子商务发展水平计算与对比分析

3.1 三明农村电子商务发展水平计算

据三明市商务局不完全统计, 2016年1月到6月, 10个示范县共实现农村网购金额18.8亿元, 农产品网络销售额8.3亿元、工业品网络销售额18.9亿元、农村旅游服务网络销售额2.4亿元, 新增网店2791个. 截止2016年6月, 10个示范县共设立县级运营中心13个, 村级服务站点2560个, 具体情况如表1所示. 由于专家的知识结构不统一, 经商议, 专家组给出专家组偏好信息如下:

$$\Omega = \{(1, 2), (3, 1), (4, 5), (2, 5), (10, 2), (4, 8), (5, 6), (8, 6), (8, 7), (10, 4)\}.$$

- 1) 由式(2)和(3)得到规范化评价值如表2所示.
- 2) 由式(4)和(5)分别求出正负理想点如下:

$$x^- = ([0.4414, 0.6441], [0.4523, 0.6968], [0.9235, 0.9463], [0.8216, 0.9266], 0.6131, 0.8376, 0.6623, 0.6270, 0.6547, 0.6547, 0.5734),$$

$$x^+ = ([0.0044, 0.0124], [0.1131, 0.1680], [0.0421, 0.0656], [0.0012, 0.0027], 0.0566, 0.0271, 0.0883, 0.0602, 0.2182, 0.2182, 0.1781).$$

- 3) 将表2代入式(3)~(13), 建立如下优化模型:

max{α}.

$$\begin{aligned}
& \left\{ \begin{aligned}
& 0.5 - (-0.3289\pi^+(w_1) - 0.2359\pi^+(w_2) - 0.0074\pi^+(w_3) + 0.2046\pi^+(w_4) - 0.5063\pi^+(w_5) + 0.6634\pi^+(w_6) + \\
& 0.2541\pi^+(w_7) + 0.4415\pi^+(w_8) + 0.1847\pi^+(w_9) + 0.0592\pi^+(w_{10}) - 0.2385\pi^+(w_{11}) - 0.3493\pi^-(w_1) - \\
& 0.4929\pi^-(w_2) - 0.7845\pi^-(w_3) - 2.3983\pi^-(w_4) - 0.2457\pi^-(w_5) - 0.1158\pi^-(w_6) + 1.0144\pi^-(w_7) + \\
& 1.0422\pi^-(w_8) - 1.0422\pi^-(w_9) - 0.5268\pi^-(w_{10}) - 0.8048\pi^-(w_{11})) + 2 \geq 0.5\alpha; \\
& 0.3 - (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{45} + \lambda_{25} + \lambda_{102} + \lambda_{48} + \lambda_{56} + \lambda_{86} + \lambda_{87} + \lambda_{410}) + 1 > 0.3\alpha; \\
& (-0.0946\pi^+(w_1) - 0.1387\pi^+(w_2) - 0.0055\pi^+(w_3) - 0.0014\pi^+(w_4) - 0.2409\pi^+(w_5) - 0.0208\pi^+(w_6) + \\
& 0.2604\pi^+(w_7) + 0.1739\pi^+(w_8) + 0.1345\pi^+(w_9) + 0.1345\pi^+(w_{10}) - 0.0767\pi^+(w_{11}) - 0.0241\pi^-(w_1) - \\
& 0.3067\pi^-(w_2) - 0.3\pi^-(w_3) - 0.1383\pi^-(w_4) - 0.5325\pi^-(w_5) - 0.6405\pi^-(w_6) + 0.6157\pi^-(w_7) + \\
& 0.571\pi^-(w_8) - 0.4146\pi^-(w_9) - 0.4146\pi^-(w_{10}) - 0.3275\pi^-(w_{11})) - \lambda_{12} \leq 0; \\
& (-0.127\pi^+(w_1) + 0.0994\pi^+(w_2) - 0.0057\pi^+(w_3) - 0.0015\pi^+(w_4) - 0.1556\pi^+(w_5) - 0.0096\pi^+(w_6) + \\
& 0.0397\pi^+(w_7) + 0.0468\pi^+(w_8) + 0.0019\pi^+(w_{11}) - 0.0501\pi^-(w_1) - 0.0664\pi^-(w_2) - 0.3354\pi^-(w_3) - \\
& 0.1579\pi^-(w_4) - 0.0783\pi^-(w_5) + 0.0397\pi^-(w_7) - 0.1295\pi^-(w_6) + 0.4106\pi^-(w_7) + 0.4132\pi^-(w_8) + \\
& 0.0355\pi^-(w_{11})) - \lambda_{13} \leq 0; \\
& (-0.026\pi^+(w_1) + 0.0271\pi^+(w_2) + 0.0068\pi^+(w_3) - 0.1699\pi^+(w_4) - 0.0024\pi^+(w_5) + 0.0027\pi^+(w_6) - \\
& 0.0397\pi^+(w_7) + 0.0037\pi^+(w_8) - 0.0251\pi^+(w_{10}) - 0.1057\pi^+(w_{11}) - 0.0579\pi^-(w_1) - 0.0743\pi^-(w_2) - \\
& 0.2451\pi^-(w_3) - 1.0726\pi^-(w_4) + 0.1894\pi^-(w_5) + 0.3025\pi^-(w_6) - 0.4106\pi^-(w_7) + 0.0698\pi^-(w_8) - \\
& 0.3138\pi^-(w_{10}) - 0.4007\pi^-(w_{11})) - \lambda_{45} \leq 0; \\
& (-0.087\pi^+(w_1) - 0.453\pi^+(w_2) - 0.008\pi^+(w_3) + 0.0017\pi^+(w_4) + 0.0012\pi^+(w_5) + 0.0027\pi^+(w_6) - \\
& 0.2604\pi^+(w_7) - 0.1677\pi^+(w_8) - 0.1345\pi^+(w_9) - 0.1345\pi^+(w_{10}) - 0.0766\pi^+(w_{11}) - 0.1231\pi^-(w_1) + \\
& 0.2521\pi^-(w_2) + 0.3656\pi^-(w_3) + 0.1618\pi^-(w_4) + 0.0414\pi^-(w_5) - 0.2943\pi^-(w_6) - 0.6157\pi^-(w_7) - \\
& 0.4062\pi^-(w_8) - 0.4146\pi^-(w_9) - 0.4146\pi^-(w_{10}) - 0.3894\pi^-(w_{11})) - \lambda_{25} \leq 0; \\
& (0.1337\pi^+(w_1) + 0.0017\pi^+(w_2) - 0.7356\pi^+(w_3) + 0.0003\pi^+(w_4) + 0.0006\pi^+(w_5) - 0.0017\pi^+(w_6) + \\
& 0.2609\pi^+(w_7) + 0.1746\pi^+(w_8) + 0.1345\pi^+(w_9) + 0.1345\pi^+(w_{10}) + 0.0744\pi^+(w_{11}) + 0.6237\pi^-(w_1) + \\
& 0.1232\pi^-(w_2) - 1.59\pi^-(w_3) + 0.1291\pi^-(w_4) + 0.0368\pi^-(w_5) - 0.2416\pi^-(w_6) + 0.7249\pi^-(w_7) + \\
& 0.6933\pi^-(w_8) + 0.4146\pi^-(w_9) + 0.4146\pi^-(w_{10}) + 0.2809\pi^-(w_{11})) - \lambda_{102} \leq 0; \\
& (-0.0439\pi^+(w_1) - 0.0173\pi^+(w_2) - 0.0014\pi^+(w_3) - 0.1719\pi^+(w_4) - 0.1502\pi^+(w_5) - 0.026\pi^+(w_6) - \\
& 0.0327\pi^+(w_7) + 0.0268\pi^+(w_8) - 0.0251\pi^+(w_{10}) - 0.1048\pi^+(w_{11}) - 0.1205\pi^-(w_1) - 0.1617\pi^-(w_2) - \\
& 0.1578\pi^-(w_3) - 1.3116\pi^-(w_4) - 0.6601\pi^-(w_5) - 0.7031\pi^-(w_6) - 0.2194\pi^-(w_7) + 0.252\pi^-(w_8) - \\
& 0.3138\pi^-(w_{10}) - 0.3338\pi^-(w_{11})) - \lambda_{43} \leq 0; \\
& (-0.0151\pi^+(w_1) - 0.0389\pi^+(w_2) - 0.0082\pi^+(w_3) - 0.002\pi^+(w_4) - 0.0166\pi^+(w_5) - 0.0551\pi^+(w_6) - \\
& 0.0067\pi^+(w_8) + 0.0251\pi^+(w_9) - 0.0004\pi^+(w_{11}) - 0.0528\pi^-(w_1) - 0.1501\pi^-(w_2) - 0.387\pi^-(w_3) - \\
& 0.2703\pi^-(w_4) + 0.2083\pi^-(w_5) - 0.6105\pi^-(w_6) + 0.2082\pi^-(w_8) - 0.3138\pi^-(w_9) - 0.0412\pi^-(w_{11})) - \lambda_{56} \leq 0; \\
& (0.0028\pi^+(w_1) + 0.0055\pi^+(w_2) - 0.1312\pi^+(w_5) + 0.0318\pi^+(w_6) - 0.007\pi^+(w_7) - 0.0298\pi^+(w_8) + \\
& 0.0251\pi^+(w_9) - 0.0005\pi^+(w_{11}) - 0.0098\pi^-(w_1) - 0.0859\pi^-(w_2) + 0.0159\pi^-(w_3) - 0.313\pi^-(w_4) - \\
& 0.2624\pi^-(w_5) - 0.2117\pi^-(w_6) - 0.1912\pi^-(w_7) - 0.3904\pi^-(w_8) + 0.3138\pi^-(w_9) - 0.0257\pi^-(w_{11})) - \lambda_{86} \leq 0; \\
& (0.009\pi^+(w_1) - 0.0013\pi^+(w_2) - 0.0002\pi^+(w_3) + 0.7212\pi^+(w_4) - 0.1502\pi^+(w_5) + 0.5755\pi^+(w_6) + \\
& 0.0731\pi^+(w_7) + 0.2231\pi^+(w_8) - 0.0008\pi^+(w_{11}) - 0.0042\pi^-(w_1) - 0.0425\pi^-(w_2) - 0.1104\pi^-(w_3) + \\
& 1.6553\pi^-(w_4) - 0.6197\pi^-(w_5) - 0.7646\pi^-(w_6) + 0.3213\pi^-(w_7) + 0.3138\pi^-(w_8) - 0.0257\pi^-(w_{11})) - \lambda_{87} \leq 0; \\
& (-0.0727\pi^+(w_1) - 0.0199\pi^+(w_2) + 0.7344\pi^+(w_3) - 0.1719\pi^+(w_4) + 0.0006\pi^+(w_5) + 0.0017\pi^+(w_6) - \\
& 0.0402\pi^+(w_7) - 0.0032\pi^+(w_8) + 0.0251\pi^+(w_{10}) - 0.1035\pi^+(w_{11}) - 0.5585\pi^-(w_1) - 0.3099\pi^-(w_2) + \\
& 1.4695\pi^-(w_3) - 1.3635\pi^-(w_4) + 0.1112\pi^-(w_5) + 0.2498\pi^-(w_6) - 0.5198\pi^-(w_7) - 0.2173\pi^-(w_8) - \\
& 0.3138\pi^-(w_{10}) - 0.2922\pi^-(w_{11})) - \lambda_{104} \leq 0; \\
& \pi^+(w_i) = w_i^r / (w_i^r + (1 - w_i)^r)^{1/r}, \pi^-(w_i) = w_i^\sigma / (w_i^\sigma + (1 - w_i)^\sigma)^{1/\sigma}, w_i \geq 0.05, i = 1, 2, \dots, 11; \\
& w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8 + w_9 + w_{10} + w_{11} = 1, 0.0998 \leq w_1 \leq 0.2709; \\
& 0.0756 \leq w_2 \leq 0.1897, 0.0831 \leq w_3 \leq 0.1936, 0.0823 \leq w_4 \leq 0.0931, 0.0635 \leq w_5 \leq 0.1865, \\
& 0.0812 \leq w_6 \leq 0.1936, 0.0835 \leq w_7 \leq 0.0905, 0.0698 \leq w_8 \leq 0.0869, 0.0806 \leq w_9 \leq 0.1909, \\
& 0.0756 \leq w_{10} \leq 0.0911, 0.0836 \leq w_{11} \leq 0.1912.
\end{aligned} \right.
\end{aligned}$$

由式(15)求出该市10个县的综合前景值

表1 三明市农村电子商务发展情况

方案	评价指标										
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}	c_{11}
a_1	[3.2, 3.8]	[1.4, 1.7]	[1.51, 1.91]	[0.09, 0.13]	671	820	3	180	1	1	159
a_2	[2.5, 3.1]	[0.43, 0.65]	[0.8, 1.0]	[0.032, 0.073]	131	105	15	889	3	3	468
a_3	[2.31, 2.73]	[1.03, 1.16]	[0.74, 0.88]	[0.03, 0.06]	460	657	8	560	1	1	226
a_4	[2.132, 2.321]	[0.79, 1.0]	[1.201, 1.232]	[0.634, 0.842]	62	97	8	250	1	2	512
a_5	[1.5, 2.1]	[1.02, 1.23]	[1.8, 2.0]	[0.1, 0.14]	152	408	3	306	1	1	177
a_6	[1.23, 1.82]	[0.62, 0.83]	[0.75, 0.94]	[0.009, 0.013]	275	1200	3	150	2	1	197
a_7	[1.32, 1.72]	[0.35, 0.63]	[0.42, 0.64]	[1.34, 1.38]	80	3000	10	1020	1	1	186
a_8	[1.3, 1.7]	[0.412, 0.703]	[0.73, 0.88]	[0.013, 0.032]	562	890	5	480	1	1	210
a_9	[1.113, 1.443]	[0.532, 0.814]	[1.024, 1.045]	[0.007, 0.009]	285	425	2	226	1	1	193
a_{10}	[0.032, 0.073]	[0.35, 0.41]	[9.203, 9.2313]	[0.002, 0.004]	113	351	2	98	1	1	232

表2 规范化决策表

方案	评价指标										
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}	c_{11}
a_1	[0.4414, 0.6441]	[0.4523, 0.6968]	[0.1515, 0.1958]	[0.0551, 0.0873]	0.6131	0.2290	0.1325	0.1106	0.2182	0.2182	0.1781
a_2	[0.3449, 0.5254]	[0.1389, 0.2664]	[0.0803, 0.1025]	[0.0196, 0.0490]	0.1197	0.0293	0.6623	0.5465	0.6547	0.6547	0.5241
a_3	[0.3187, 0.4627]	[0.3327, 0.4755]	[0.0743, 0.0902]	[0.0184, 0.0403]	0.4203	0.1834	0.3532	0.3442	0.2182	0.2182	0.2531
a_4	[0.2941, 0.3934]	[0.2552, 0.4099]	[0.1205, 0.1263]	[0.3887, 0.5654]	0.0566	0.0271	0.3532	0.1537	0.2182	0.4364	0.5734
a_5	[0.2069, 0.3560]	[0.3295, 0.5041]	[0.1806, 0.2050]	[0.0613, 0.0940]	0.1389	0.1139	0.1325	0.1881	0.2182	0.2182	0.1982
a_6	[0.1697, 0.3085]	[0.2003, 0.3402]	[0.0753, 0.0964]	[0.0055, 0.0087]	0.2513	0.3351	0.1325	0.0922	0.4364	0.2182	0.2206
a_7	[0.1821, 0.2915]	[0.1131, 0.2582]	[0.0421, 0.0656]	[0.8216, 0.9266]	0.0731	0.8376	0.4415	0.6270	0.2182	0.2182	0.2083
a_8	[0.1793, 0.2882]	[0.1331, 0.2881]	[0.0733, 0.0902]	[0.0080, 0.0215]	0.5135	0.2485	0.2208	0.2951	0.2182	0.2182	0.2352
a_9	[0.1535, 0.2446]	[0.1719, 0.3336]	[0.1028, 0.1071]	[0.0043, 0.0060]	0.2604	0.1187	0.0883	0.1389	0.2182	0.2182	0.2161
a_{10}	[0.0044, 0.0124]	[0.1131, 0.1680]	[0.9235, 0.9463]	[0.0012, 0.0027]	0.1032	0.0980	0.0883	0.0602	0.2182	0.2182	0.2598

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_{10}) = (-1.0281, -0.9340, -1.0848, -0.9913, -1.2922, -1.2357, -0.4369, -1.1891, -1.4596, -1.2431).$$

因此, 三明市10个县市农村电子商务发展水平的排序如下:

$$a_7 > a_2 > a_4 > a_1 > a_3 > a_8 > a_6 > a_{10} > a_5 > a_9.$$

3.2 对比分析

利用文献[15-17]的方法求解3.1节的问题, 建立如下模型:

$$\max s = 4.5927w_1 + 6.7546w_2 + 8.9249w_3 + 8.3848w_4 + 6.7353w_5 + 8.4111w_6 + 7.3308w_7 + 7.0377w_8 + 8.5000w_9 + 8.5w_{10} + 7.8414w_{11}.$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} 0.0998 \leq w_1 \leq 0.2709, 0.0756 \leq w_2 \leq 0.1897, \\ 0.0831 \leq w_3 \leq 0.1936, 0.0823 \leq w_4 \leq 0.0931, \\ 0.0635 \leq w_5 \leq 0.1865, 0.0812 \leq w_6 \leq 0.1936, \\ 0.0835 \leq w_7 \leq 0.0905, 0.0698 \leq w_8 \leq 0.0869, \\ 0.0806 \leq w_9 \leq 0.1909, 0.0756 \leq w_{10} \leq 0.0911, \\ 0.0836 \leq w_{11} \leq 0.1912; \\ w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8 + w_9 + w_{10} + w_{11} = 1. \end{cases}$$

利用lingo9.0, 求解出式(16)每个市县的相对贴近值

$$s = (s_1, s_2, \dots, s_{10}) = (0.746, 0.501, 0.732, 0.682, 0.873, 0.870, 0.668, 0.857, 0.945, 0.799).$$

因此, 某市10个县市农村电子商务发展水平的排序如下:

$$a_9 > a_5 > a_6 > a_8 > a_{10} > a_1 > a_3 > a_4 > a_7 > a_2.$$

利用文献[15-17]的方法求解出的结果与本文方法不一样, 本文的方法相对文献[15-17]的方法具有以下优势:

1) 本文方法不仅考虑了决策者的损失规避行为, 而且考虑了决策方案间偏好等;

2) 本文建立的模糊多维度决策优化模型, 同时考虑了决策者对总一致性程度期望水平 G_0 和其容忍度 g_0 , 以及总决策一致性程度不小于非一致性程度的 h 和其容忍度 h_0 .

4 结论

本文给出了一种基于前景理论的农村电子商务多维偏好决策方法, 该方法与现有理论对比, 具有以下优势:

1) 提出了考虑决策者损失规避行为和期望水平

等情形的模糊多维偏好决策方法,进一步完善了文献[18-19]的多维偏好决策理论;

2) 提出了农村电子商务发展水平多维偏好评价方法,既为实现农村电子商务发展水平评价提供了理论基础,为农村电子商务发展决策提供了理论依据和智力支持,也拓展了模糊决策理论的应用。

参考文献(References)

- [1] Christopher M, Lee H. Mitigating supply chain risk through improved confidence[J]. *Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2004, 34(5): 388-396.
- [2] 雷兵, 钟镇. 农村电子商务生态系统结构及其共生关系研究[J]. *科技和产业*, 2017, 17(11): 1-7.
(Lei B, Zhong Z. Research on the structure and symbiotic relationship of rural e-commerce ecological system[J]. *Science Technology and Industry*, 2017, 17(11): 1-7.)
- [3] 郭坤, 张树山, 孙毅. 吉林省农产品电子商务生态系统构建策略研究[J]. *地理科学*, 2018, 38(6): 903-912.
(Guo K, Zhang S S, Sun Y. The strategy of the agricultural products E-commerce ecosystem's construction in Jilin province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(6): 903-912.)
- [4] Christopher M, Mena C, Khan O, et al. Approaches to managing global sourcing risk[J]. *Supply Chain Management*, 2011, 16(2): 67-81.
- [5] Sodhi M M S, Chopra S. Managing risk to avoid supply-chain breakdown[J]. *Mit Sloan Management Review*, 2004, 46(1): 53-61.
- [6] Erevelles S, Stevenson T H. Enhancing the business-to-business supply chain: Insights from partitioning the supply-side[J]. *Industrial Marketing Management*, 2006, 35(4): 481-492.
- [7] Tsai M C, Liao C H, Han C. Risk perception on logistics outsourcing of retail chains: model development and empirical verification in Taiwan[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2008, 13(6): 415-424.
- [8] George K, Brian D. An adaptive model for assessing supply chain risk[J]. *Journal of Marketing Channels*, 2012, 19(2): 156-170.
- [9] 余乐安. 基于最小二乘近似支持向量回归模型的电子商务信用风险预警[J]. *系统工程理论与实践*, 2012, 32(3): 508-514.
(Yu L A. E-commerce credit risk early-warning with a least squares proximal support vector regression model[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2012, 32(3): 508-514.)
- [10] Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1992(5): 297-323.
- [11] 樊治平, 刘洋, 沈荣鉴. 基于前景理论的突发事件应急响应的风险决策方法[J]. *系统工程理论与实践*, 2012, 32(5): 977-984.
(Fan Z P, Liu Y, Shen R J. Risk decision analysis method for emergency response based on prospect theory[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2012, 32(5): 977-984.)
- [12] 张晓, 樊治平. 基于前景理论的风险型混合多属性决策方法[J]. *系统工程学报*, 2012, 27(6): 772-781.
(Zhang X, Fan Z P. Method for risky hybrid multiple attribute decision making based on prospect theory[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2012, 27(6): 772-781.)
- [13] 刘培德. 一种基于前景理论的不确定语言变量风险型多属性决策方法[J]. *控制与决策*, 2011, 26(6): 893-897.
(Liu P D. Method for multi-attribute decision-making under risk with the uncertain linguistic variables based on prospect theory[J]. *Control and Decision*, 2011, 26(6): 893-897.)
- [14] 余高锋, 李登峰, 吴坚, 等. 考虑决策者损失规避的异质信息多属性变权决策方法[J]. *中国管理科学*, 2018, 26(9): 141-147.
(Yu G F, Li D F, Wu J, et al. Heterogeneous multi-attribute variable weight decision making method considering decision maker's loss aversion[J]. *China Journal of Management Science*, 2018, 26(9): 141-147.)
- [15] Li D F. Closeness coefficient based nonlinear programming method for interval-valued intuitionistic fuzzy multiattribute decision making with incomplete preference information[J]. *Applied Soft Computing*, 2011, 11(4): 3402-3418.
- [16] Li D F. TOPSIS-based nonlinear-programming methodology for multiattribute decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2010, 18(2): 299-311.
- [17] Li D F, Chen G H, Huang Z G. Linear programming method for multiattribute group decision making using IF sets[J]. *Information Sciences*, 2010, 180(9): 1591-1609.
- [18] Wan S P, Li D F. Fuzzy LINMAP approach to heterogeneous MADM considering comparisons of alternatives with hesitation degrees[J]. *Omega: The International Journal of management Science*, 2013, 41(6): 925-940.
- [19] Li D F, Wan S P. Fuzzy heterogeneous multiattribute decision making method for outsourcing provider selection[J]. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41(6): 3047-3059.

作者简介

余高锋(1986—),男,讲师,博士生,从事决策分析、博弈论和网络安全等研究, E-mail: yugaofeng666@163.com;
费巍(1965—),女,副教授,从事模糊决策,旅游管理等研究, E-mail: feiwei@fzu.edu.cn;
叶银芳(1988—),女,博士生,从事模糊对策的研究, E-mail: fzuyfy@163.com.

(责任编辑:孙艺红)