

基于前景理论的众包创新竞赛接包方任务推荐方法研究

陈梦雨

江苏科技大学经济管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2024年11月13日; 录用日期: 2024年12月9日; 发布日期: 2025年1月23日

摘要

众包创新竞赛是众包平台发布任务的一种典型方式, 具有广泛的开放性、创新驱动、时效性强等特点, 但在众包实践中也存在参与主体不匹配、众包任务解决效率低下等问题。为了提高接包方任务决策的科学性, 使接包方在众多任务中匹配到合适的任务, 本文提出基于前景理论的接包方任务推荐方法。首先构建用户需求体系, 将接包方需求转化为创新任务评价指标, 通过熵值法并计算需求权重。在直觉模糊语言环境下引入前景理论来表达接包方在不同风险前景下的心理偏好行为, 构建正、负前景矩阵, 并确定各个备选任务在不同指标下的总前景值, 继而计算各任务的综合前景值, 根据计算结果对任务进行排序优选, 最后通过猪八戒网的实证研究验证了方法的可行性和有效性。

关键词

前景理论, 众包创新竞赛, 任务推荐, 直觉模糊集

Research on Solver Task Recommendation Method Based on Prospect Theory for Crowdsourcing Innovation Contest

Mengyu Chen

School of Economics and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu

Received: Nov. 13th, 2024; accepted: Dec. 9th, 2024; published: Jan. 23rd, 2025

Abstract

Crowdsourcing innovation contest is a typical way for crowdsourcing platforms to release tasks,

with features such as broad openness, innovation-driven, and time-sensitive. However, there are also problems such as mismatches between participating entities and low efficiency in solving crowdsourcing tasks. In order to improve the scientificity of the task decision made by the solver and match the suitable task for the solver from many tasks, this paper proposes a task recommendation method for the solver based on prospect theory. Firstly, the user demand system is constructed, and the solver's demand is transformed into the evaluation indicators of innovative tasks. Then, the weight of demand is calculated by using the entropy method. In the intuitionistic fuzzy linguistic environment, prospect theory is introduced to express the psychological preference behavior of the acceptor under different risk prospects, and the positive and negative prospect matrices are constructed. Then, the total prospect value of each alternative task in different indicators is determined, and the comprehensive prospect value of each task is calculated. Based on the calculation results, the tasks are sorted and selected, and finally, the feasibility and effectiveness of the method are verified through empirical research on Zhubajie.com.

Keywords

Prospect Theory, Crowdsourcing Innovation Contest, Task Recommendation, Intuitive Fuzzy Sets

Copyright © 2025 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

众包一词是由 Jeff Howe 结合大众和外包提出的,是指企业将任务以网络公开的形式外包给在线工作者的一种模式[1]。Martinez [2]指出众包的概念建立在大众比少数精英更聪明的基础之上,通过整合具有不同领域专业知识、技能和经验的大众智慧,更加有利于提升创造力与创新绩效。众包经济的出现改变了企业解决创新问题以及大众获取收入的方式,通过全球分布的在线工作者,企业可以低成本地获得创新方案和复杂业务问题的高质量解决方案。众包创新竞赛是众包平台常见的任务发布形式,通过发包方设定具有时间限制的创新挑战,利用平台管理奖金并公布任务细节,接包方可以根据自身能力挑选任务并提交解决方案,随后发包方对这些方案进行评估和选择,最终由平台负责发放奖励,以此形成一个促进双方合作解决创新问题的闭环系统。但在当前众包实践中,由于任务类型多,同类型任务同质化程度较高,接包方很难在短时间内找到与自身匹配的任务,为了提高众包创新竞赛的效率,平台应设计高效的管理机制实现接包方和任务的快速匹配。众包平台通常采用自我选择的方式,即发包方发布任务,接包方选择合适任务完成。平台提供筛选功能,如按类别、奖励、时间等过滤任务。虽然自我选择使接包方可自由选择任务,但大量任务导致接包方信息过载。研究发现,接包方不愿投入过多精力寻找合适任务,这会降低参与积极性和方案质量,进而导致发包方无法获得高质量解决方案,最终可能转向其他平台,造成平台价值损失。

为提高众包创新竞赛效率,提升参与主体创新绩效,学者针对参与双方匹配问题开展了广泛的研究。仲秋雁等[3]基于胜任力理论构建考虑兴趣偏好的接包方模型,利用余弦相似度计算工人综合相似度进行任务推荐;邱丹逸[4]提出了一种考虑技能、时间、竞争和报酬等任务推荐影响要素的众包平台任务个性化推荐算法,为接包方提供更准确的任务列表;赵泽祺等[5]提出考虑接包方时空行为规律和兴趣偏好的推荐方法,引入基尼系数,利用马尔可夫模型预测接包方到达下个地点的概率,并根据相应地点的任务按概率推荐给接包方;胡颖等[6]基于移动众包系统中的任务具有时间和空间特性提出了一种考虑众包工

人移动轨迹的任务推荐模型。

在以上研究中，决策者被当作“完全理性人”，但在实践过程中，决策结果往往受到决策者主观风险认知的影响。前景理论指出，决策者依据某个参照点而非实际价值来评价方案，并从非理性角度分析决策者个人风险偏好如何影响决策结果。目前，很多领域已经将前景理论应用到多属性决策的研究中。裴潇等[7]基于前景理论，建立了“政府-企业-公众”的动态演化博弈模型，深入分析了环境协同治理中多元主体的策略选择和决策机制；余高锋等[8]提出了一种基于前景理论的网络安全最优防御策略选取方法，为解决有限理性视角下网络安全防御策略优化问题提供一种新方法；在众包领域，Yang 等[9]提出了一种提出了一种基于多目标决策的自动化和交互式众包任务推荐方法，同时综合考虑了工人的模糊期望和心理行为。

本文所提出的众包创新竞赛接包方任务推荐方法与现有方法的主要区别在于：1) 提出了一种融合众包创新理论和前景理论的任务风险评价与决策方法。在直觉模糊语言环境中，建立了考虑接包方需求的任务风险评价指标体系，并利用前景理论有效应对决策者在决策过程中的主观风险偏好问题；2) 结合数学研究领域的模糊理论和心理学研究领域的前景理论，通过跨学科的知识整合和应用，增强了本文的逻辑性。

2. 接包方参与众包任务影响因素

任务选择决策是一个复杂的过程，在这个过程中，接包方必须在任务的属性和个人目标之间进行权衡，不同的任务属性会影响接包方任务选择和参与行为，进而影响任务完成的质量。为了提高众包创新竞赛的效率和参与主体绩效，根据以往文献整理出影响接包方任务选择和参与行为的因素。借鉴动机理论，已有研究表明，拥有不同知识和技能的接包方在选择任务时具有不同的动机和期望。这些动机和期望进一步直接影响着接包方的任务选择和参与行为。例如，有学习动机的员工想要学习新知识并提高他们的技能，因此他们可能会选择看起来具有挑战性的任务[10]，在众包实践中表现为需求描述更多或涉及新兴技术的任务。而期望获得高收入的接包方会参与奖励丰厚的任务。Organisciak [11]基于众包社区参与者动机研究发现，报酬是最吸引接包方参与众包的因素。

从接包方角度出发，本文整理了影响接包方任务参与的相关因素，见表 1。

Table 1. Summary of influencing factors
表 1. 影响因素的总结

属性类别	属性描述	来源
任务	任务类别	张晨光[12]，陈英奇[13]
	任务描述复杂度	Gefen [14], Heer J [15] 宗利永[16]
	任务奖励	Mason W [17]
	任务时间成本	Yang K [18]
	允许参与任务的最大接包方数量	Li [19]
	任务设置的获胜者数量	Yang J [20]
	参与任务的接包方数量	Boudreau [21]
任务环境	参与任务的星级接包方数量	Boudreau [21]
	同一时间段内平台上可用任务的数量	Yang K [18]

3. 前景理论方案优选

前景理论(Prospect Theory, PT)将心理学的研究成果应用于经济学研究领域中,把人们的各种非理性行为融入到人们的理性决策中去。指出决策者在决策时,除了追求最大的效用外,更多地会选择自己认为最满意的结果。另外,决策者在面临可能的利益与可能的亏损时,其风险偏好也会有明显的不同。他们通过与某个参考点进行比较来做出判断,在收益环境中,个体存在着对风险的趋避性;在亏损的情况下,人们更愿意承担风险。参照点是指个体在做决策时的一个心理参考点,它影响着人们对收益和损失的感知。由于能有效反映不同个体之间的主观风险态度差异,前景理论被广泛应用到多个领域的决策场景中。

3.1. 构造评价矩阵

在众包平台的任务优选决策体系中,通常会考虑多个评价指标,如报酬、时间成本、竞争强度和复杂度等。本文邀请了具有丰富众包经验的专家,基于他们的实践经验,评估任务的各项指标在风险上的表现。然而,在实际的决策过程中,评审专家对这些评价指标的看法并不是绝对明确的,而往往带有一定程度的犹豫和不确定性。因此,单一的精确数值无法完全捕捉到这种复杂的决策心理。为了更有效地处理这种不确定性,本文采用直觉模糊集的方法来进行任务评价。这种方法能够更好地反映决策过程中的模糊性和不确定性,确定专家评价矩阵步骤如下:

(1) 设有 x 名专家在接包方未来会面临的风险情况下对 m 个任务的 n 项指标进行评价,评价结果构成 y 个风险前景下的直觉模糊评价矩阵 $F = (f_{ij})_{m \times n}$ 。其中 $f_{ij} = \langle u_A(x), v_A(x) \rangle$ 为任务 i 在指标 j 下的直觉评价模糊数, $u_A(x)$ 和 $v_A(x)$ 分别代表净支持程度和净反对程度[22],且满足条件

$$0 \leq u_A(x) + v_A(x) \leq 1, x \in N。$$

(2) 通过记分函数对直觉模糊数 f_{ij} 进行实数化处理,得到 f_{ij} 的实数分值:

$$s_{ij} = u_A(x) - v_A(x) \quad (1)$$

(3) 根据 s_{ij} 的分值大小,可以判断评审专家对备选任务的风险偏好和净支持程度,进一步得到不同类型风险前景下的实数化矩阵 $S = (s_{ij})_{m \times n}$ 。

3.2. 确定前景矩阵

在实际任务选择决策过程中,由于创新任务通常涉及的知识面比较广泛,评审专家在进行风险评估时需要处理涉及多类型知识的任务信息,专家个人的主观风险偏好因素对决策结果产生直接影响。因此,本文利用前景理论来表达评价过程中专家的主观风险偏好。前景理论具体步骤如下:

(1) 计算价值函数。在前景理论中,个体的风险偏好受到价值函数和概率权重的影响。价值函数体现了决策者对于收益和损失的主观风险态度,并通过一个特定的参考点来进行衡量。为了降低参考点选择的主观性,本文结合直觉模糊集的特性,选取 0 作为参考点。价值函数为:

$$c_{(x)} = \begin{cases} \theta^\alpha, \theta \geq 0 \\ -\sigma(-\theta)^\beta, \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中, θ 为收益或损失值; α 为风险偏好系数; β 为风险厌恶系数; σ 为风险敏感系数。当 $\sigma > 1$ 时,表示决策者对损失更敏感。在前景理论中决策者对损失比收益更敏感。

(2) 确定概率决策权重。决策者根据每种风险情况发生的概率,做出自己的判断,并据此计算出决策者在收益和损失两种情况下的权重。权重函数为:

$$h^{+}(p_m)=\frac{p_m^{\gamma}}{\left(p_m^{\gamma}+(1-p_m)^{\gamma}\right)^{\frac{1}{\lambda}}}\tag{3}$$

$$h^{-}(p_m)=\frac{p_m^{\delta}}{\left(p_m^{\delta}+(1-p_m)^{\delta}\right)^{\frac{1}{\delta}}}\tag{4}$$

式(8)、(9)中， γ 为风险收益系数； δ 为风险损失系数； p_y 为风险概率权重。

(3) 根据价值函数和概率决策权重，确定决策者在面对收益和损失时的不同任务的前景值。并根据正、负前景价值，计算出任务的总前景值为：

$$W^{+}=\sum_{i=1}^nh^{+}(p_m)c(x_i)\tag{5}$$

$$W^{-}=\sum_{i=1}^nh^{-}(p_m)c(x_i)\tag{6}$$

$$W=W^{+}+W^{-}\tag{7}$$

式(10)~(12)中： W^{+} 为任务收益前景值； W^{-} 为任务的损失前景值； W 为任务的总前景值。

(4) 最后计算各项任务的综合前景值，并对任务进行排序推荐。

$$D_i=\sum_{j=1}^nw_jW\tag{8}$$

4. 实例验证——以猪八戒网为例

猪八戒网(<https://www.zbj.com/>)创立于 2006 年，通过搭建双边交易市场连接人才和雇主，提供线上线下资源整合和大数据服务。截至 2023 年 9 月 30 日，猪八戒网的悬赏总金额高达 186 亿，平台交易量突破 1100 万，网站注册用户超过 3300 万、线下数字化创业园区超过 100 个，覆盖了全国范围内的 300 多个城市，服务超过 100 万家企业和数千万求职者。

4.1. 确定任务评价指标及权重

根据以上接包方参与任务的需求调查并结合猪八戒网众包实践，本文以任务报酬、任务需求描述、任务时间成本、参与任务且缴纳保证金的接包方数量、参与任务的星级接包方数量和参与任务的总人数来评价任务，其中，任务描述复杂度取该任务需求字数为指标来衡量，在猪八戒网官方网站上寻找正在匹配任务的接包方，并根据该接包方历史任务完成记录计算相应指标权重，选取当日平台发布的任务作为接包方备选任务，任务信息见表 2。

Table 2. The alternative mission information of Zhubajie.com
表 2. 猪八戒网备选任务信息

备选任务标题	任务需求描述	任务报酬	开始~结束时间
要设计个酒的 Logo	需要设计个 Logo，名称是“和合道”，用于酒业。和合道酒，深植于中华民族数千年的和合文化与道家养生文化。“和”象征着和谐、和平与祥和，“合”意味着融合与合作。和合道酒，完美诠释了健康和谐、家庭和谐、社会和谐、国家和谐以及天人合一的崇高理念。这个 Logo 要有道家养生元素在内，含有阴阳鱼的变形图。Logo 图案要清晰明了，大气，有内涵。	300	2024.10.23~2024.11.06

续表

公司 Logo 设计	龙炎(司标), 公司主要经营纳米成像印刷技术, 表达寓意五行为火的龙, 龙形表现偏好秦朝时的形象, 简洁大气、朝气蓬勃, 并有火的展现。如龙形中能代入 G/T 两个字母更佳。	1000	2024.10.23~2024.11.06
电力电子行业公司及产品商标 Logo 设计	商标: Welltip 公司从事的行业及业务: 电力电子行业, 也包括一些新能源领域, 产品包括大数据中心电源系统、数码产品配套电源、智能充电系统、储能、AI 服务器配套组件等。【任务】: Logo 需要包含一个图案造型加上 Welltip 字体的设计, Welltip 字样可在图案底部或是图案右侧, 用于作为公司及产品的商标, 图案也将单独使用成为公司的 Logo 【设计要求】: 文字商标以及 Logo 要能体现“科技、能量、进取”的元素和风格。	500	2024.10.23~2024.11.06
要设计一个网络公司 Logo, 预算 300 元	设计 Logo 品牌名称: 魔方云行业类型: 一般网络信息, 网络技术服务公司, 提供建站, 软件开发销售等服务风格要求: 现代简约风格, 扁平化设计, 展现科技特性其他备注: 最好有魔方、云的元素。	300	2024.10.23~2024.11.06
【急需】Logo 基础 vi 设计	名字: 熙苑私房菜是一家做中餐的餐厅, 店内装修偏新中式风格, 也有徽派建筑的元素, 主要需要做一些基础应用的 VI 设计, 主要是 Logo 设计, 其次包含一些纸巾、围裙、工作服、餐包袋、宣传单、等物料效果设计, 餐厅中能用的物料。附件中有一些目前的装修效果图, 可以参考有无灵感, 风格不能太突兀, 雅致大气一点。	800	2024.10.23~2024.11.06
我需要 Logo 设计以及中英文字体设计	标志名称: 九华蓝 JIUHUALAN • 主营范围: 纺织印染行业产业园区(招商) • 使用场景: 商务实体 • 其他要求: 需要的设计项目: 图形方案及设计思路/中文字体设计/拼音英文字体设计。	500	2024.10.23~2024.11.04
我需要 Logo 设计	宣城市第二幼儿园运动会会旗 Logo: 主题为“智趣科创、运动无界”; 作品要求 ⚠️: 作品要有设计意图作品手绘或电子设计稿。	300	2024.10.23~2024.11.02
我需要 Logo 设计	公司名称: 上海耀铄科技有限公司 Logo: 耀铄科技行业主要是: 防火隔断, 防火门窗, 各类工厂钢板门等金属制品, 隔热隔音材料等。	300	2024.10.23~2024.11.06

由于任务评价指标具备多维度、多层次以及定性和定量相结合的特点, 考虑到熵权法可以通过熵值来衡量某个指标的离散程度, 从而有效地确定各指标的权重。这种方法能够充分利用数据信息, 客观地反映各个指标的重要性, 其基本步骤如下:

(1) 数据获取与预处理。

从猪八戒网获取数据, 选取一名正在寻找任务的接包方, 从他的任务参与历史数据中得到有 m 个接包方 n 个指标的 $m \times n$ 维矩阵 $X_{ij} = (x_{ij})_{mn}$ 。

(2) 数据归一化。

因为各个指标的维度不同, 所以首先需要对数据进行标准化处理。通常情况下, 效益型指标的归一化公式为 $X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min_i X_{ij}}{\max_i X_{ij} - \min_i X_{ij}}$; 成本型指标的归一化公式为 $X'_{ij} = \frac{\max_i X_{ij} - X_{ij}}{\max_i X_{ij} - \min_i X_{ij}}$ 。最后得到归一化矩

阵 $X'_{ij} = (x'_{ij})_{mn}$ 。

(3) 熵权法确定任务评价指标的权重。

首先计算第 i 个接包方第 j 项指标所占比重, 即第 j 项指标发生的概率为

$$Y_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}} \tag{9}$$

得到第 j 个指标的信息熵

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m Y_{ij} \ln Y_{ij} \tag{10}$$

其中 $k = \frac{1}{\ln m}$ ；进一步计算第 j 个指标信息熵冗余度

$$d_j = 1 - e_j \tag{11}$$

最后，得到第 j 个指标的权重

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \tag{12}$$

则模型中各维度权重向量为 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 。

接包方近期参与的任务在各指标上的表现见表 3。

Table 3. The performance of the tasks recently participated in by the receiver on various indicators
表 3. 接包方近期参与的任务在各指标上的表现

报酬	任务描述需求	时间要求	缴纳保证金的接包方数量	参与任务的星级接包方数量	参与人数
1000	339	15	5	12	19
500	184	15	18	33	41
600	44	15	17	35	41
301	144	15	6	10	13
400	28	11	11	24	31
800	77	15	14	18	22
500	55	15	7	12	19
300	142	22	16	27	40
365	130	15	10	18	23
500	136	15	19	33	42

归一化后接包方参与任务表现矩阵：

$$S = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.000 & 0.364 & 1.000 & 0.920 & 0.793 \\ 0.286 & 0.498 & 0.364 & 0.071 & 0.080 & 0.034 \\ 0.429 & 0.949 & 0.364 & 0.143 & 0.000 & 0.034 \\ 0.001 & 0.627 & 0.364 & 0.929 & 1.000 & 1.000 \\ 0.143 & 1.000 & 0.000 & 0.571 & 0.440 & 0.379 \\ 0.714 & 0.842 & 0.364 & 0.357 & 0.680 & 0.690 \\ 0.286 & 0.913 & 0.364 & 0.857 & 0.920 & 0.793 \\ 0.000 & 0.633 & 1.000 & 0.214 & 0.320 & 0.069 \\ 0.093 & 0.672 & 0.364 & 0.643 & 0.680 & 0.655 \\ 0.286 & 0.653 & 0.364 & 0.000 & 0.080 & 0.000 \end{pmatrix}$$

根据式(9)~(12)计算得出接包方参与历史任务各项指标权重为

$$W = (0.246, 0.070, 0.101, 0.177, 0.172, 0.234)。$$

4.2. 构建专家评价矩阵

鉴于任务评估指标的多样性和专业性，本文邀请了众包领域的专家来完成任务风险的评估工作。这些专家基于他们参与众包项目的经验，共同识别出接包方在选择任务时可能遇到的四种风险情况，分别是： Z_1 (专注度风险)、 Z_2 (任务质量风险)、 Z_3 (市场竞争风险)以及 Z_4 (技术风险)。由于这四种风险的概率难以通过客观数据确定，因此，风险发生的概率由专家们讨论后确定。相关的概率权重及风险描述信息见表 4。

Table 4. Task risk status concept description and weight
表 4. 任务风险状况概念说明及其权重

风险状况	概念说明	权重
Z_1	任务报酬和任务需求相匹配时，有利于接包方提高专注度；明确的任务描述有助于接包方更专注于实现创新目标，而不会在理解任务细节上浪费过多时间；过短的时间限制可能导致接包方感到压力过大，影响其创造力和工作效率，而过长的时间则可能降低接包方的专注度。适度的竞争可以激励接包方更加专注于方案的质量，追求更高的成就。然而，过度的竞争可能会导致接包方产生焦虑情绪。	0.2
Z_2	由于众包平台上的项目需求可能由各种背景和技能水平的发起人提出，任务需求的明确度可能导致接包方在开始工作前可能无法完全了解项目的所有细节，这可能导致项目完成后的质量不符合预期。此外，发包方理想的解决方案受报酬、任务描述等因素影响。竞争强度可能内卷到创新方案质量，接包方不得不提高方案质量以获得最终胜利。	0.3
Z_3	众包平台上项目通常吸引大量竞标者，任务报酬、需求描述、星级接包方人数等因素都会影响到最终的竞争人数。接包方可能面临激烈的竞争，需要在短时间内提交高质量的提案以获得项目。	0.3
Z_4	任务报酬通常与技术要求关系密切，高金额任务通常意味着更高的技术难度或更高的工作量；任务描述能够帮助接包方更准确地了解任务要求和技术难点，制定合理的应对措施；接包方需要合理规划时间，避免因时间紧迫而导致技术问题无法解决；竞争强度越大，越考验接包方的技术熟练度。	0.2

根据评分结果，并剔除极端值和无效数据后，最终结果采用专家小组评分的平均值作为各任务的评价标准，并形成一個直觉模糊评价矩阵，见表 5~8。为了简化后续计算步骤，使用公式(1)将直觉模糊数转换为实数值，从而得到任务在四种不同风险状况下的实数评价矩阵。

$$S_1 = \begin{pmatrix} -0.2 & -0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.4 & 0.3 \\ 0.5 & 0.1 & 0.3 & 0.2 & -0.3 & 0.1 \\ 0.3 & -0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.5 \\ -0.2 & 0.3 & 0.3 & -0.3 & 0.5 & -0.2 \\ 0.4 & -0.3 & 0.3 & -0.2 & 0.1 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & -0.1 & -0.3 & 0.3 & 0.3 \\ -0.2 & 0.4 & -0.3 & 0.2 & 0.3 & -0.2 \\ -0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.4 & -0.1 & -0.2 \end{pmatrix}$$

$$S_2 = \begin{pmatrix} -0.1 & -0.4 & 0.4 & 0.5 & 0.2 & 0.4 \\ 0.6 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0.2 & -0.5 & 0.4 & -0.3 & -0.3 & 0.3 \\ -0.2 & 0.5 & 0.4 & -0.5 & 0.4 & 0.4 \\ 0.4 & -0.3 & 0.4 & -0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & -0.2 & 0.2 & 0.6 & 0.5 \\ -0.2 & 0.3 & -0.4 & 0.5 & 0.2 & 0.4 \\ -0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.3 \end{pmatrix}$$
$$S_3 = \begin{pmatrix} -0.2 & -0.3 & 0.3 & -0.2 & -0.5 & 0.3 \\ 0.5 & 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.5 \\ 0.2 & -0.3 & 0.3 & 0.5 & -0.2 & -0.1 \\ -0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.7 & 0.4 & 0.4 \\ 0.3 & -0.4 & 0.3 & 0.2 & -0.6 & -0.2 \\ 0.3 & 0.5 & -0.2 & 0.4 & 0.2 & -0.1 \\ -0.1 & 0.4 & -0.4 & -0.3 & -0.2 & -0.3 \\ -0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.4 \end{pmatrix}$$
$$S_4 = \begin{pmatrix} -0.2 & -0.3 & 0.3 & 0 & -0.3 & -0.3 \\ 0.7 & 0.2 & 0.3 & 0 & -0.2 & 0.2 \\ 0.3 & -0.2 & 0.3 & 0 & 0.4 & 0.3 \\ -0.1 & 0.2 & 0.3 & 0 & -0.2 & -0.3 \\ 0.4 & -0.3 & 0.3 & 0 & 0.3 & 0.3 \\ 0.3 & 0.3 & -0.2 & 0 & 0.4 & -0.5 \\ -0.2 & 0.4 & -0.3 & 0 & 0.2 & 0.4 \\ -0.2 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0.1 & 0.2 \end{pmatrix}$$

Table 5. Intuitive fuzzy evaluation in the context of concentration risk prospects
表 5. 专注度风险前景下的直觉模糊评价

指标	专注度风险							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
L_1	[0.2, 0.4]	[0.6, 0.1]	[0.5, 0.2]	[0.2, 0.4]	[0.6, 0.2]	[0.6, 0.4]	[0.2, 0.4]	[0.2, 0.4]
L_2	[0.2, 0.4]	[0.5, 0.4]	[0.3, 0.5]	[0.4, 0.1]	[0.2, 0.5]	[0.5, 0.2]	[0.6, 0.2]	[0.5, 0.1]
L_3	[0.5, 0.2]	[0.5, 0.2]	[0.5, 0.2]	[0.5, 0.2]	[0.5, 0.2]	[0.2, 0.3]	[0.3, 0.6]	[0.5, 0.2]
L_4	[0.7, 0.3]	[0.5, 0.3]	[0.7, 0.3]	[0.3, 0.6]	[0.3, 0.5]	[0.2, 0.5]	[0.5, 0.3]	[0.7, 0.3]
L_5	[0.5, 0.1]	[0.3, 0.6]	[0.3, 0.1]	[0.7, 0.2]	[0.4, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.4, 0.5]
L_6	[0.6, 0.3]	[0.4, 0.3]	[0.6, 0.1]	[0.3, 0.5]	[0.5, 0.3]	[0.5, 0.2]	[0.4, 0.6]	[0.3, 0.5]

Table 6. Intuitive fuzzy evaluation in the context of task quality risk prospects
表 6. 任务质量风险前景下的直觉模糊评价

指标	任务质量风险							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
L_1	[0.3, 0.4]	[0.8, 0.2]	[0.4, 0.2]	[0.3, 0.5]	[0.7, 0.3]	[0.4, 0.1]	[0.3, 0.5]	[0.3, 0.5]
L_2	[0.2, 0.6]	[0.3, 0.1]	[0.2, 0.7]	[0.6, 0.1]	[0.1, 0.4]	[0.6, 0.4]	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.3]

续表

L_3	[0.6, 0.2]	[0.6, 0.2]	[0.6, 0.2]	[0.6, 0.2]	[0.6, 0.2]	[0.4, 0.1]	[0.2, 0.3]	[0.6, 0.2]
L_4	[0.6, 0.1]	[0.5, 0.2]	[0.3, 0.6]	[0.1, 0.6]	[0.3, 0.5]	[0.5, 0.3]	[0.6, 0.1]	[0.3, 0.1]
L_5	[0.4, 0.2]	[0.5, 0.1]	[0.2, 0.5]	[0.5, 0.1]	[0.6, 0.2]	[0.7, 0.1]	[0.5, 0.3]	[0.6, 0.4]
L_6	[0.7, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.2]	[0.3, 0.1]	[0.6, 0.1]	[0.6, 0.2]	[0.4, 0.1]

Table 7. Intuitive fuzzy evaluation in the context of market competition prospects
表 7. 市场竞争前景下的直觉模糊评价

指标	市场竞争风险							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
L_1	[0.3, 0.5]	[0.7, 0.2]	[0.4, 0.2]	[0.3, 0.5]	[0.6, 0.3]	[0.4, 0.1]	[0.2, 0.3]	[0.3, 0.5]
L_2	[0.2, 0.5]	[0.4, 0.1]	[0.3, 0.6]	[0.5, 0.3]	[0.2, 0.6]	[0.7, 0.2]	[0.6, 0.2]	[0.5, 0.2]
L_3	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.6, 0.3]	[0.2, 0.4]	[0.1, 0.5]	[0.6, 0.3]
L_4	[0.4, 0.6]	[0.6, 0.2]	[0.6, 0.1]	[0.8, 0.1]	[0.3, 0.1]	[0.5, 0.1]	[0.3, 0.6]	[0.6, 0.3]
L_5	[0.1, 0.6]	[0.3, 0.5]	[0.3, 0.5]	[0.6, 0.2]	[0.2, 0.8]	[0.4, 0.2]	[0.1, 0.3]	[0.5, 0.2]
L_6	[0.5, 0.2]	[0.7, 0.2]	[0.3, 0.4]	[0.7, 0.3]	[0.4, 0.6]	[0.4, 0.5]	[0.2, 0.5]	[0.5, 0.1]

Table 8. Intuitive fuzzy evaluation in the context of technological risk prospects
表 8. 技术风险前景下的直觉模糊评价

指标	技术风险							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
L_1	[0.2, 0.4]	[0.8, 0.1]	[0.4, 0.1]	[0.2, 0.3]	[0.6, 0.2]	[0.6, 0.3]	[0.2, 0.4]	[0.2, 0.4]
L_2	[0.3, 0.6]	[0.4, 0.2]	[0.3, 0.5]	[0.5, 0.3]	[0.3, 0.6]	[0.5, 0.2]	[0.5, 0.1]	[0.6, 0.2]
L_3	[0.4, 0.1]	[0.4, 0.1]	[0.4, 0.1]	[0.4, 0.1]	[0.4, 0.1]	[0.1, 0.3]	[0.1, 0.4]	[0.4, 0.1]
L_4	[0, 0]	[0, 0]	[0, 0]	[0, 0]	[0, 0]	[0, 0]	[0, 0]	[0, 0]
L_5	[0.2, 0.5]	[0.4, 0.6]	[0.7, 0.3]	[0.3, 0.5]	[0.5, 0.2]	[0.5, 0.1]	[0.4, 0.2]	[0.5, 0.4]
L_6	[0.3, 0.6]	[0.5, 0.3]	[0.5, 0.2]	[0.1, 0.4]	[0.6, 0.3]	[0.1, 0.6]	[0.7, 0.3]	[0.4, 0.2]

4.3. 计算前景矩阵

根据上文确定的参考点为 0，并根据文献[23]可知，风险态度系数的一般取值为 $\alpha = \beta = 0.88$ ，风险敏感系数为 $\sigma = 2.25$ ，且满足 $\gamma = 0.61$ ， $\delta = 0.72$ 。根据上文式(2)~(4)计算各备选任务在不同指标下的价值函数和概率权重函数，并在此基础上，结合式(5)和(6)得出各任务的正、负前景价值，计算结果见表 9、表 10。

Table 9. The positive prospect value of each task under different risks
表 9. 各任务在不同风险下的正前景值

指标	正前景价值							
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
报酬	-0.567	0.703	0.341	-0.567	0.485	0.368	-0.553	-0.632
描述复杂度	-0.887	0.279	-0.883	0.393	-0.975	0.437	0.491	0.459

续表

时间要求	0.428	0.428	0.428	0.428	0.428	-0.553	-1.033	0.428
缴纳保证金的接包方数量	0.110	0.310	0.112	-0.335	-0.239	-0.043	-0.029	0.316
参与任务的星级接包方数量	-0.387	-0.101	-0.184	0.289	-0.208	0.470	0.063	0.114
竞争人数	0.134	0.369	0.259	-0.119	0.057	-0.161	-0.189	0.122

Table 10. Negative prospect value of each task under different risks
表 10. 各任务在不同风险下的负前景值

指标	负前景价值							
	X_1	X_1	X_1	X_1	X_1	X_1	X_1	X_1
报酬	-0.573	-0.573	-0.573	-0.573	-0.573	-0.573	-0.573	-0.573
描述复杂度	-0.888	-0.888	-0.888	-0.888	-0.888	-0.888	-0.888	-0.888
时间要求	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429
缴纳保证金的接包方数量	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105
参与任务的星级接包方数量	-0.391	-0.391	-0.391	-0.391	-0.391	-0.391	-0.391	-0.391
竞争人数	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143

根据式(7)得出任务总的前景价值矩阵，并将总前景评价矩阵进行归一化处理，结果为：

$$W = \begin{pmatrix} 0.048 & 1.000 & 0.730 & 0.048 & 0.838 & 0.750 & 0.060 & 0.000 \\ 0.062 & 0.855 & 0.064 & 0.932 & 0.000 & 0.964 & 1.000 & 0.978 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.330 & 0.000 & 1.000 \\ 0.325 & 0.011 & 0.307 & 1.000 & 0.858 & 0.561 & 0.544 & 0.000 \\ 1.000 & 0.666 & 0.761 & 0.204 & 0.800 & 0.000 & 0.476 & 0.416 \\ 0.407 & 0.000 & 0.196 & 0.857 & 0.556 & 0.929 & 1.000 & 0.440 \end{pmatrix}^T$$

根据式(8)计算各任务的综合前景值，最终得到各任务的综合前景值排序，见表 11。

Table 11. Ranking of the comprehensive foreground value of each task
表 11. 各任务综合前景值排序

任务	综合前景值	排序
X_5	0.727	1
X_6	0.602	2
X_4	0.591	3
X_2	0.523	4
X_3	0.516	5
X_7	0.497	6
X_1	0.442	7
X_8	0.344	8

根据计算结果可以得出，向接包方推荐任务 5，任务 6 和任务 4 可作为备选任务。

5. 结论与展望

为了实现接包方任务决策问题的快速求解, 提高众包效率, 本文针对接包方任务选择决策问题, 提出基于前景理论的任务评价和决策模型, 并获取接包方任务历史参与计算任务评价各项指标权重, 有效解决了任务评价过程中接包方信息缺失问题, 提高方法的科学性。在任务风险评估部分, 考虑到接包方在应对风险时的有限理性行为, 本文引入前景理论来反映不同风险情境下, 众包专家的参照依赖和损失规避行为, 使决策过程最大限度地接近众包实践。在不确定性环境中, 通过使用直觉模糊数代替精确数值来表达语言偏好, 可以保留更多的评估信息, 避免因信息缺失导致决策错误的情况。通过猪八戒网创新任务的验证, 表明了方法的可行性。

本研究的不足之处体现在, 风险前景的概率赋权以及风险评估都是由具有丰富众包经验的接包方讨论得出, 具有一定的主观性; 此外, 研究只考虑了接包方选择创新任务时可能遇到的收益和风险, 没有考虑接包方的期望。未来将借助人工智能、机器学习技术来弥补专家评价的不足, 并结合接包方对任务的期望进行深入研究。

参考文献

- [1] Howe, J. (2006) The Rise of Crowdsourcing. *Wired Magazine*, **14**, 1-4.
- [2] Garcia Martinez, M. (2015) Solver Engagement in Knowledge Sharing in Crowdsourcing Communities: Exploring the Link to Creativity. *Research Policy*, **44**, 1419-1430. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.05.010>
- [3] 仲秋雁, 张媛, 李晨, 等. 考虑用户兴趣和能力的众包任务推荐方法[J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(12): 3270-3280.
- [4] 邱丹逸. 面向众包设计平台的任务推荐算法研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2017.
- [5] 赵泽祺, 孟祥福, 毛月, 等. 考虑用户时空行为的众包任务推荐方法[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(9): 93-98.
- [6] 胡颖, 王莹洁, 童向荣. 基于众包工人移动轨迹的任务推荐模型[J]. 计算机科学, 2020, 47(10): 32-40.
- [7] 裴潇, 董艳秋, 罗森. 前景理论视角下多元主体环境协同治理的演化博弈分析[J]. 长江流域资源与环境, 2024: 1-22.
- [8] 余高峰, 李登峰. 基于前景理论的网络安全防护策略优化方法[J]. 中国管理科学, 2024: 1-12.
- [9] Yang, B., Li, L., Wang, X. and Tan, G. (2023) A Novel Crowdsourcing Task Recommendation Method Considering Workers' Fuzzy Expectations: A Case of Zbj.com. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, **23**, 413-446. <https://doi.org/10.1142/s0219622023500098>
- [10] Lakhani, K.R. and Wolf, R.G. (2005) Why Hackers Do What They Do: Understanding Motivation and Effort in Free/Open Source Software Projects. In: Feller, J., et al., Eds., *Perspectives on Free and Open Source Software*, The MIT Press, 3-22. <https://doi.org/10.7551/mitpress/5326.003.0005>
- [11] Organisciak, P. (2010) Why Bother? Examining the Motivations of Users in Large-Scale Crowd-Powered Online Initiatives. MA Thesis, University of Alberta.
- [12] 张晨光. 众包参与行为的影响因素研究——基于人与环境匹配理论的实证研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海外国语大学, 2014.
- [13] 陈英奇, 赵翔翔, 朱庆华. 科研众包视角下公众科学项目的任务匹配模型研究[J]. 图书情报知识, 2018(3): 4-15.
- [14] Gefen, D., Gefen, G. and Carmel, E. (2016) How Project Description Length and Expected Duration Affect Bidding and Project Success in Crowdsourcing Software Development. *Journal of Systems and Software*, **116**, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.03.039>
- [15] Heer, J. and Bostock, M. (2010). Crowdsourcing Graphical Perception: Using Mechanical Turk to Assess Visualization Design. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Atlanta, 10-15 April 2010, 203-212. <https://doi.org/10.1145/1753326.1753357>
- [16] 宗利永, 李元旭. 基于发包方式的众包平台任务绩效影响因素研究[J]. 管理评论, 2018, 30(2): 107-116.
- [17] Mason, W. and Watts, D.J. (2010) Financial Incentives and the "Performance of Crowds". *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, **11**, 100-108. <https://doi.org/10.1145/1809400.1809422>
- [18] Yang, K. (2019) Research on Factors Affecting Solvers' Participation Time in Online Crowdsourcing Contests. *Future*

- Internet*, **11**, Article No. 176. <https://doi.org/10.3390/fi11080176>
- [19] Li, D. and Hu, L. (2017) Exploring the Effects of Reward and Competition Intensity on Participation in Crowdsourcing Contests. *Electronic Markets*, **27**, 199-210. <https://doi.org/10.1007/s12525-017-0252-7>
- [20] Yang, J., Adamic, L.A. and Ackerman, M.S. (2008). Crowdsourcing and Knowledge Sharing: Strategic User Behavior on Taskcn. *Proceedings of the 9th ACM Conference on Electronic Commerce*, Chicago, 8-12 July 2008, 246-255. <https://doi.org/10.1145/1386790.1386829>
- [21] Boudreau, K.J., Lakhani, K.R. and Menietti, M. (2016) Performance Responses to Competition across Skill Levels in Rank-Order Tournaments: Field Evidence and Implications for Tournament Design. *The RAND Journal of Economics*, **47**, 140-165. <https://doi.org/10.1111/1756-2171.12121>
- [22] 王军, 吴晓. 基于 QFD 和前景理论的产品设计评价与决策[J]. 湖北工业大学学报, 2023, 38(6): 92-99.
- [23] Tversky, A. and Kahneman, D. (1992) Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, **5**, 297-323. <https://doi.org/10.1007/bf00122574>