



Research on Credit Evaluation of Metaverse Listed Companies Based on Hesitant Fuzzy Language PROMETHEE Method

Yi-fan Fu^{1,2}, Mu Zhang^{1,*}

¹ School of Big Data Application and Economics, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang (550025), Guizhou, China

² Guizhou Institution for Technology Innovation & Entrepreneurship Investment, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang (550025), Guizhou, China

*Corresponding author. Email: zhangmu01@163.com

ABSTRACT

To objectively evaluate the credit level of Metaverse listed companies, this paper introduces technological innovation capability into the index system, and constructs the credit evaluation index of Metaverse listed companies from five aspects: profitability, solvency, growth capability, operational capability, and technological innovation capability. The system, and select the relevant financial data of the 12 Metaverse listed companies in 2021, based on the hesitant fuzzy language set theory, adopts the PROMETHEE multi-attribute decision-making method, and uses the priority function to measure the credit level of the 12 Metaverse listed companies. The empirical research results show that the four listed companies in Metaverse, Goertek, Changxin Technology, Longli Technology, and Xinguodu, have relatively high net flows and good credit levels. From the perspective of banks, when choosing to issue loans, they can give priority to .

Keywords: Metaverse Listed Company, Credit Evaluation, Hesitant Fuzzy Language Set, PROMETHEE Method

基于犹豫模糊语言 PROMETHEE 法的元宇宙上市公司信用评价研究

付一凡^{1,2}, 张目^{1,*}

¹ 贵州财经大学 大数据应用与经济学院, 中国 贵州 贵阳 550025

² 贵州财经大学 贵州科技创新创业投资研究院, 中国 贵州 贵阳 550025

* 通讯作者. 电子邮箱: zhangmu01@163.com

摘要

为了客观评价元宇宙上市公司的信用水平, 本文引入技术创新能力到指标体系中, 从盈利能力、偿债能力、成长能力、营运能力以及技术创新能力五个方面构建元宇宙上市公司信用评价指标体系, 并选取 2021 年 12 家元宇宙上市公司的相关财务数据, 基于犹豫模糊语言集理论, 采用 PROMETHEE 多属性决策方法, 运用优先

函数对 12 家元宇宙上市公司的信用水平进行测算。实证研究结果表明, 歌尔股份、长信科技、隆利科技和新中国都 4 家元宇宙上市公司的净流量较高, 信用水平较好, 从银行的角度出发, 在选择发放贷款时, 可以优先考虑。

关键词: 元宇宙上市公司, 信用评价, 犹豫模糊语言集, PROMETHEE 方法

1 引言

2021 年被称为“元宇宙元年”, 2021 年 3 月, 美国游戏公司罗布乐思(Roblox)顶着“元宇宙第一股”的光环成功上市以来, 各大企业纷纷展开元宇宙布局。2021 年 10 月底, 脸书正式更名为“Meta”, 也就是“元宇宙”的英文前缀。紧随“Meta”之后, 微软计划将旗下的虚拟体验平台 Mesh 引入办公软件系统 Microsoft, 打造“企业版元宇宙”。之后阿里巴巴、字节跳动、腾讯、网易等国内互联网企业也纷纷跟进和加码元宇宙布局。元宇宙成为贯穿工业互联网、智能制造、数字化等多个行业的爆点。

目前国内关于元宇宙上市公司的信用评价研究较少, 本文采用犹豫模糊语言法对 12 家元宇宙上市公司的财务指标进行评价。犹豫模糊语言集在多属性决策问题中, 能够有效表达决策中的不确定性, 相较于传统语义集合的单一语义术语, 犹豫模糊语言集允许使用多个语义术语来表达决策偏好, 更好的满足实际决策需求。

本文基于 2021 年相关财务指标的统计数据, 运用犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法对 12 家元宇宙上市公司的信用等级进行评价。针对元宇宙上市公司本身具有的科技型与创新型, 本文加入了技术创新能力指标, 使银行在筛选优质元宇宙上市公司进而决定是否放贷的过程中得到更准确地结果。

2 信用评价方法文献综述

最早的信用评价指标体系是由一名电气工程师创立的杜邦分析法, 自此方法创立以来, 使用一直延续至今。吴晶妹(1994)最早构建了针对我国企业资产特点的评价指标体系, 包括偿债能力、项目质量、财务水平、企业素质以及发展能力五个因素^[9]。邓晶和

秦涛(2013)基于 Logistic 方法用理论模型证明偿债能力、盈利能力以及成长能力等指标能够有效区分企业的信用风险^[13]。曹开发、袁越和黄建平(2019)将众多信用评价因素归类为市场背景、企业素质、财务指标、风险评估以及履约状况五大类, 从而对中小企业信用评级体系的发展现状进行研究^[14]。张维祥和蒋苗苗(2021)以高新技术产业作为研究对象, 通过分析企业财务表现、企业信用、创新能力以及外部环境支持并基于此构建可拓综合评价模型^[15]。

信用评级方法的发展过程呈现出由主观到客观、由经验到智能的趋势。William Beaver(1996)是文献记载中最早研究信用风险评价模型的, 企业的信用状况水平采用个别财务比率来反应^[16]。Sait Gul(2018)提出了多标准信用评级方法, 通过整合各种类信息, 以借款人在信用等级中的分布代表借款人的信用水平, 以此方法量化借款人的可信度^[19]。Hirk Rainer(2022)提出了具有自回归误差的企业信用评级模型, 采用纵向信用评级, 相比静态模型, 拟合优度和预测性都有显著提高^[20]。

随着人工智能的普及, 随机森林、支持向量机和神经网络等算法在经济领域也大展宏图。Vapnik V.N.(1995)首次使用支持向量机的方法处理信用评级问题^[21]。国内的信用评级算法相较于外国来说起步较晚, 陈静(1999)是我国早期使用经典回归模型对国内企业和公司进行财务评价, 较早使用实证模型研究信用评价的学者^[23]。刘瑞霞(2008)建立了适用国内上市公司信用评级的多元 Logit 回归模型^[25]。廖虎昌, 杨竹等(2018)采用犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法对川酒品牌进行评价, 解决了人们对于事物的判断往往带有一定的模糊性和犹豫性问题^[28]。孙瑜, 牛艳芳等(2021)构建熵权法与迭代聚类融合的加权迭代聚类方法对小微企业信用进行评价, 相比层次分析法更具严谨性

[29]。阳彩霞, 阳平华等(2022)采用 BP 神经网络数据挖掘算法建立一个供应商信用评价模型, 借助平台真实数据, 为平台消费者更好地甄选供应商及商品[30]。

3 基于犹豫模糊语言的 PROMETHEE 方法

3.1 基础知识

定义 1 设 X 为一给定集合, 根据函数 h 定义 X 上的一个犹豫模糊集, 当函数 h 应用于 X 时返回 $[0,1]$ 的一个子集。为了更好的理解, 用如下数学符号来表示犹豫模糊集: $A = \{ \langle x, h_A(x) \rangle | x \in X \}$, 其中 $h_A(x)$ 是 $[0,1]$ 中的一组值, 表示元素 $x \in X$ 对集合 A 的可能隶属度, 并称 $h = h_A(x)$ 为一个犹豫模糊元。

定义 2 设 E_{G_H} 为将文本自由语法 G_H 生成的语言表达式 $ll \in S_{ll}$ 转化为犹豫模糊集 H_S 的函数, S 为语法 G_H 所采用的语言术语集, S_{ll} 为语法 G_H 所生成的所有表达式的集合, 则由语法 G_H 的生成规则所生成的语言表达式可通过转化公式 $E_{G_H} : S_{ll} \rightarrow H_S$ 转换为犹豫模糊语言集:

$$E_{G_H}(s_i) = \{s_i | s_i \in S\};$$

$$E_{G_H}(\text{至多 } s_m) = \{s_i | s_i \in S \text{ 且 } s_i \leq s_m\};$$

$$E_{G_H}(\text{少于 } s_m) = \{s_i | s_i \in S \text{ 且 } s_i < s_m\};$$

$$E_{G_H}(\text{至少 } s_m) = \{s_i | s_i \in S \text{ 且 } s_i \geq s_m\};$$

$$E_{G_H}(\text{多于 } s_m) = \{s_i | s_i \in S \text{ 且 } s_i > s_m\};$$

$$E_{G_H}(\text{在 } s_m \text{ 和 } s_n \text{ 之间}) = \{s_i | s_i \in S \text{ 且 } s_m \leq s_i \leq s_n\}$$

定义 3 犹豫模糊语言的正理想解 A^+ 和负理想解

$$A^- \text{ 分别为: } A^+ = \{h_s^{1+}, h_s^{2+}, \dots, h_s^{n+}\},$$

$$A^- = \{h_s^{1-}, h_s^{2-}, \dots, h_s^{n-}\}, \text{ 其中 } (j = 1, 2, \dots, n),$$

$$h_s^{j+} = \begin{cases} \max_{i=1,2,3,\dots,m} h_s^{ij+} = \max_{i=1,2,3,\dots,m} \{s_{\delta_{ij}^+}\}, \text{对收益型属性} \\ \min_{i=1,2,3,\dots,m} h_s^{ij-} = \min_{i=1,2,3,\dots,m} \{s_{\delta_{ij}^-}\}, \text{对成本型属性} \end{cases}$$

$$h_s^{j-} = \begin{cases} \max_{i=1,2,3,\dots,m} h_s^{ij+} = \max_{i=1,2,3,\dots,m} \{s_{\delta_{ij}^+}\}, \text{对成本型属性} \\ \min_{i=1,2,3,\dots,m} h_s^{ij-} = \min_{i=1,2,3,\dots,m} \{s_{\delta_{ij}^-}\}, \text{对收益型属性} \end{cases}$$

3.2 犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法

PROMETHEE 方法是一种级别高于关系的多属性决策方法, 它要求在决策中每一个备选方案的属性值都要与其他备选方案的属性值进行两两比较, 使得每个备选方案都得到充分的比较。PROMETHEE 方法不需要对指标数据进行无量纲化处理和规范化处理, 从而避免了规范化处理过程中出现的信息偏差的情况发生。基于犹豫模糊语言的 PROMETHEE 方法的计算步骤为:

步骤 1: 根据决策需要定义一个多属性决策问题: 确定由 m 个方案组成的方案集 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, 由 n 个属性组成的属性集 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 。

步骤 2: 利用文本自由语法 G_H 生成语言表达式 ll , 根据定义 2 将文本自由语法 G_H 生成的语言表达式 $ll \in S_{ll}$ 转化为犹豫模糊集 H_S 的函数。

步骤 3: 计算各个属性权重, 组成属性权重集合 $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$, 其中 $0 \leq W_j \leq 1$, 且 $\sum_{j=1}^n W_j = 1$, 本文在这里介绍熵权法计算属性权重。

(1) 对 m 个方案 n 个属性的多属性决策矩阵 $(h_{ij})_{n \times m}$, 计算第 j 项指标的熵值:

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n (\varepsilon \ln \varepsilon), \sum_{i=1}^n h_{ij} \neq 0, j = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

其中, $\varepsilon = h_{ij} (\sum_{i=1}^n h_{ij})^{-1}$ 当 $\varepsilon = 0$ 时, $\ln \varepsilon = 0$ 。

(2) 计算各项属性的权重:

$$w_j = 1 - \frac{e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)}, j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

步骤 4: 确定优先函数。优先函数可以计算在某一属性上两个方案的优先程度, 主要有 U 型优先函数、 V 型优先函数、分级优先函数、无差异区间的 V 型优先函数和高斯型优先函数, 每种优先函数都有相对应的含义以及适用条件。本文借鉴文献[11]提出的改进的优先函数, 对 V 型优先函数进行改进, 具体改进后的优先函数表示为:

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq 0 \\ \frac{d_j(a_i, a_k)}{\theta d_j(A_j^+, A_j^-)}, & 0 < d_j(a_i, a_k) \leq \theta d_j(A_j^+, A_j^-) \\ 1, & d_j(a_i, a_k) \geq \theta d_j(A_j^+, A_j^-) \end{cases} \quad (3)$$

$d_j(a_i, a_k)$ 表示在属性 X_j 下任意两个方案 a_i 和 a_k 的离差。 $d_j(A_j^+, A_j^-)$ 表示正理想解与负理想解的离差。

步骤 5: 计算优先指数 $\pi(A_i, A_j)$ 。优先指数表示方案 A_i 优于另一方案 A_j 的程度, 优先指数越接近于 1, 代表方案的优度越好。

$$\pi(A_i, A_j) = \sum_{k=1}^n W_k P_k(A_i, A_j) \quad (4)$$

步骤 6: 计算每个方案 A_i 的流出量 $\phi^+(A_i)$, 流入量 $\phi^-(A_i)$, 和净流量 $\phi(A_i)$:

$$\phi^+(A_i) = \sum_{A_j \in A} \pi(A_i, A_j) \quad (5)$$

$$\phi^-(A_i) = \sum_{A_j \in A} \pi(A_j, A_i) \quad (6)$$

$$\phi(A_i) = \phi^+(A_i) - \phi^-(A_i) \quad (7)$$

$\phi^+(A_i)$ 是方案 A_i 优于其他方案的总和, 它表示方案 A_i 优于其他方案的程度 $\phi^-(A_i)$ 是其他方案优于方案 A_i 的总和; 根据各个方案的净流量得到方案的全排序, $\phi(A_i)$ 越大表明方案的优度越高, $\phi(A_i)$ 越小表明方案的优度越低。

4 元宇宙上市公司信用评价实证分析

4.1 指标体系与数据来源

本文在构建元宇宙上市公司信用水平指标体系时遵循代表性、客观性、针对性、可比性的原则, 既强调元宇宙上市公司的特殊性, 又从系统的角度考虑各方面因素, 真实反映元宇宙上市公司信用水平。本文从上市公司的盈利能力、偿债能力、成长能力以及营运能力, 以及技术创新能力五个方面构建了包含 14 个二级指标的元宇宙上市公司信用水平指标体系, 如表 1 所示。

表 1 元宇宙上市公司信用评价指标体系

一级指标	二级指标	变量
盈利能力	净资产收益率 (%)	X_1
	资产报酬率 (%)	X_2
	营业利润率 (%)	X_3
偿债能力	流动比率 (%)	X_4
	速动比率 (%)	X_5
	资产负债率 (%)	X_6
成长能力	营业收入增长率 (%)	X_7
	净利润增长率 (%)	X_8
营运能力	应收账款周转率 (%)	X_9
	总资产周转率 (%)	X_{10}
	存货周转率 (%)	X_{11}
技术创新能力	无形资产增长率 (%)	X_{12}
	发明专利申请公布数 (个)	X_{13}
	研发费用同比增长 (%)	X_{14}

本文各元宇宙上市公司财务指标数据出自 RESSET 金融研究数据库以及深圳证券交易所各公司年报。

4.2 实证结果与分析

(1) 定义多属性决策问题。确定方案集为： $A = \{ \text{无锡宝通科技, 歌尔股份, 国光电器, 佳创视讯, 隆利科技, 美盛文化, 水晶光电, 新国都, 易尚展示, 长信科技, 超图软件, 高新兴} \}$ ，属性集为： $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_{14}\}$ 。同时，上述 14 个属性的语言术语集 S 可以表示为：

$S = \{S_0 = \text{极差}, S_1 = \text{差}, S_2 = \text{略差}, S_3 = \text{中等}, S_4 = \text{略好}, S_5 = \text{好}, S_6 = \text{极好}\}$ 。

(2) 根据决策专家对 12 个元宇宙上市公司的信用进行主观评价，得出犹豫模糊语言评估矩阵 H_S 如表 2 所示（以下计算过程以 2021 年数据为例）。

表 2 犹豫模糊语言评估结果

	X_1	X_2	X_3	X_4	...	X_{12}
A_1	$\{S_2, S_3, S_4\}$	$\{S_5, S_6\}$	$\{S_4, S_5\}$	$\{S_3, S_4, S_5\}$	...	$\{S_6\}$
A_2	$\{S_3, S_4, S_5\}$	$\{S_5, S_6\}$	$\{S_2, S_3, S_4\}$	$\{S_3\}$	...	$\{S_4, S_5\}$
A_3	$\{S_2, S_3\}$	$\{S_3, S_4\}$	$\{S_2, S_3\}$	$\{S_3, S_4\}$	...	$\{S_4, S_5\}$
A_4	$\{S_0\}$	$\{S_0\}$	$\{S_1, S_2\}$	$\{S_4, S_5\}$	...	$\{S_0, S_1\}$
A_5	$\{S_0, S_1\}$	$\{S_1, S_2\}$	$\{S_4\}$	$\{S_3, S_4\}$	...	$\{S_1\}$
A_6	$\{S_0, S_1\}$	$\{S_1\}$	$\{S_0, S_1\}$	$\{S_4\}$	...	$\{S_2, S_3, S_4\}$
...
A_{12}	$\{S_1, S_2\}$	$\{S_3, S_4\}$	$\{S_1, S_2, S_3\}$	$\{S_5\}$	...	$\{S_0\}$

为准确运算，需添加新的语言术语，使得每个犹豫模糊语言数包含相同个数的语言术语，因犹豫模糊语言数包含的语言术语较多，这里就不再列出。

(3) 计算属性权重。采用熵权法来计算的各属性权重集为 $\omega = \{0.0418, 0.0359, 0.0495, 0.0315, 0.0306, 0.0644, 0.0402, 0.0291, 0.0795, 0.0841, 0.0758, 0.1692, 0.1966, 0.0718\}$ 。

(4) 计算流入量、流出量和净流量。犹豫模糊语言的 正理想解和负理想解分别为 $A^+ = \{S_5, S_6, S_6, S_6, S_6, S_0, S_6, S_6, S_5, S_6, S_6, S_6, S_6, S_6\}$ 和 $A^- = \{S_0, S_0, S_0, S_0, S_0, S_6, S_0, S_0, S_0, S_0, S_0, S_0, S_0, S_0\}$ 。计算优先指数，得出 2021 年 12 家元宇宙上市公司的流入量、流出量和净流量。净流量结果如下表 3。

表 3 12 家元宇宙上市公司净流量结果

上市公司名称	净流量值	排名
歌尔股份	3.5938	1
长信科技	2.2649	2
隆利科技	1.3452	3
新国都	1.1809	4
美盛文化	0.7060	5
无锡宝通科技	0.5093	6
水晶光电	0.1578	7
国光电器	-0.3061	8
高新兴	-0.9843	9
易尚展示	-1.9807	10
超图软件	-2.0774	11
佳创视讯	-4.5016	12

从表 3 可以看出，在 2021 年 12 家元宇宙上市公司的净流量排名前四位的为歌尔股份、长信科技、隆利科技和新国都，且远远超过其他 8 家上市公司，说明歌尔股份、长信科技、隆利科技和新国都为银行选择投放贷款较理想的方案，美盛文化、无锡宝通科技以及水晶光电的净流量也为正值，故也是银行可以考虑选择贷款的三家上市公司。

5 结论与建议

本文主要站在银行的角度，采用犹豫模糊语言环境下的 PROMETHEE 法判断各申请贷款的元宇宙上市公司的信用等级，进而判断是否达到为其发放贷款 的资格以及进行发放贷款的优先顺序。以元宇宙上市公司为例为银行提供了一个可以参考的决策方法， 简便准确高效。

实证结果显示，12 家元宇宙上市公司的净流量 排名前四位的分别为歌尔股份、长信科技、隆利科技

和新国都,且远远超过其他 8 家上市公司,说明在银行选择投放贷款时,这 4 家是比较理想的方案,可以优先安排贷款的发放,风险相对较小。

根据本文的实证结果以及元宇宙上市公司的特点提出以下合理建议。第一,增加金融资本平台,随着越来越多的公司与企业走向“元宇宙”行列,建议政府基金作为母基金,引导元宇宙产业参与组建针对相关企业不同发展阶段的风险投资基金。第二,添加科研创新平台,元宇宙产业大多涉及 AR/VR、人工智能、区块链、芯片以及网络游戏等方面,对技术要求越来越高,建议政府主导建立元宇宙技术科研创新平台,积极引导技术集成创新,支持产业链条上发展相对较慢、技术薄弱的企业。第三,尽早建立审慎的产业标准与规范法律,作为新兴产业,元宇宙以及相关概念的界定、规则标准、法律法规都处于空白阶段,交易过程中存在太大的技术以及数据风险,需要政府科学监管,避免其野蛮生长,无序扩张。

致谢

本研究得到国家自然科学基金地区项目“基于文本信息的科技型中小企业信用风险识别机理研究”(71861003)的资助。

参考文献:

- [1] Lee J, Lee D H, Yun S G. Systemic Risk on Trade Credit Systems: with the Tangible Interconnectedness[J]. Computational Economics,2018 (5):1-16.
- [2] 邓晶,秦涛,黄珊.基于 Logistic 模型的我国上市公司信用风险预警研究[J].金融理论与实践,2013(02):22-26.
- [3] 曹开发,袁越,黄健平.中小企业信用评价指标体系构建研究[J].内蒙古科技与经济,2019,(16):24-25+27.
- [4] 张维祥,蒋苗苗,朱华.基于可拓综合评价模型的高新技术企业信用风险评价——以 N 银行 300 家高新技术企业为例[J].科技和产业,2021,21(05):33-39.
- [5] Beaver W H. Alternative Accounting Measures Predictors of Failure[J]. Accounting Review,1966(1):113-122.
- [6] Sait G, OEzguer K. An OWA Operator-Based Cumulative Belief Degrees Approach for Credit Rating[J]. International Journal of Intelligent Systems,2018 (5):998-1026.
- [7] Hirsk Rainer and Vana Laura and Hornik Kurt. A corporate credit rating model with autoregressive errors[J]. Journal of Empirical Finance,2002, 69:224-240.
- [8] Vapnik V N. The Nature of Statistical Learning Theory[M]. New York: Springer Verlag,1995:76-87.
- [9] 陈静.上市公司财务恶化预测的实证分析[J].会计研究,1999(4):31-38.
- [10] 刘瑞霞,张晓丽,陈小燕,等.多元有序 Logit 模型——用于上市公司信用评级探析[J].财会月刊,2008 (1):54-55.
- [11] 廖虎昌,杨竹,徐泽水,顾新.犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法在川酒品牌评价中应用[J].控制与决策,2019,34(12):2727-2736.
- [12] 孙瑜,牛艳芳,毕秀玲.基于加权迭代聚类方法的云平台小微企业信用评价[J].山东财经大学学报,2021,33(06):86-97.
- [13] 阳彩霞,阳平华,何杰.基于 BP 神经网络的供应商信用评价分析——以造价通为例[J].轻工科技,2022,38(04):50-52.

Open Access This chapter is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits any noncommercial use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license and indicate if changes were made.

The images or other third party material in this chapter are included in the chapter's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the chapter's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

