

吕文波, 陈广华, 高大良, 等. 智慧课堂模糊评估环节的模糊评价系统设计[J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(11): 188-193.
DOI: 10.20169/j.issn.2095-2163.24052601

智慧课堂模糊评估环节的模糊评价系统设计

吕文波¹, 陈广华¹, 高大良¹, 吴萌¹, 于营²

(1 三亚学院 盛宝金融科技商学院, 海南 三亚 572000; 2 三亚学院 信息与智能工程学院, 海南 三亚 572000)

摘要: 人工智能时代对智慧课堂提出了更高的要求, 机器视觉技术的迅猛发展使得智慧课堂中模糊评价环节更加智能化。已有成果偏于实现师生行为的简单分类, 对专注力的识别仍然是研究难点。本文提出思维判别法, 从4个维度进行行为判别, 分别是表情筛选、专注力识别、人脸距离监测、人脸位置监测。针对教学课堂人脸状态较难识别的问题, 采用粒子群和匈牙利结合的模糊优化算法, 效果优于传统的教室特定场景人脸状态识别模型。

关键词: 机器视觉; 智慧课堂; 模糊评估; 模糊算法; 人脸监测

中图分类号: TP311.52

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2024)11-0188-06

A design of fuzzy evaluation system for the fuzzy evaluation of smart classroom

LÜ Wenbo¹, CHEN Guanghua¹, GAO Daliang¹, WU Meng¹, YU Ying²

(1 Saxo Fintech Business School, University of Sanya, Sanya 572000, Hainan, China;

2 School of Information and Intelligent Engineering, University of Sanya, Sanya 572000, Hainan, China)

Abstract: The era of artificial intelligence has put forward higher requirements for smart classrooms. The rapid development of machine vision technology has made the fuzzy evaluation link in smart classrooms more intelligent. Existing achievements tend to realize simple classification of teacher and student behaviors, but the recognition of concentration is still a research difficulty. The thinking discrimination method is proposed in this paper, and the designed evaluation system innovatively distinguishes behaviors from four dimensions, namely expression screening, concentration recognition, face distance monitoring, and face position monitoring. In order to solve the problem that it is difficult to recognize the face state in the teaching classroom, this research adopts the fuzzy optimization algorithm combining particle swarm algorithm and Hungary algorithm, which is better than the traditional face state recognition model of the specific scene in the classroom.

Key words: machine vision; smart classroom; fuzzy evaluation; fuzzy algorithms; facial recognition

0 引言

人工智能、尤其是机器视觉技术实现了突飞猛进的发展, 让计算机替代人工且类比人工视觉规则进行模糊环节、如课堂纪律、氛围、教学水平的评估成为了现实。越来越多的研究都在积极探索如何将模糊环节评估变得精准。

2003年, Ngai等学者^[1]利用客户反馈来评估酒店服务的性价比, 开启了对模糊评估系统研究的序幕。2009年, 朱丽莉等学者^[2]将EPSS应用于教师教育培训中, 对人工智能在教育产业中的应用产生了积极探索作用。2010年, 徐方^[3]提出了构建分布式数字音频管理系统, 指出分布式教育硬件设备发

展的一个方向, 然而仅限于音频。随后, 分布式终端的“上网”、“上云”逐步成为潮流, 2012年, 李胜东等学者^[4]提出了网上评审职称系统, 但应用场景仍较局限。2011年, Verdu等学者^[5]设计出遗传算法的模糊专家系统, 对竞争环境中教育问题的难易程度进行分类, 但仅限于对程度进行了感知分类。另外, 2005年 Dalal等学者^[6]和2006年 Anderson^[7]的研究也与上述项目有关。2017年, Mousavi等学者^[8]基于POS粒子群算法设计了一个模型打分系统, 应用于伊朗标准博士生的选拔。同年, 李红美等学者^[9]设计了移动终端课堂的可视化互动信息系统, 机器视觉逐步走向智慧课堂应用场景之中。

2019年, 刘清堂等学者^[10]构建了行为模型, 该

基金项目: 海南省教育厅项目(Hnky2024-43); 三亚学院产教融合类项目(USY-CJRH2313); 三亚学院中青年教师专项培养教学项目(SYJPZQ2024045); 海南省哲学社会科学重点实验室金融创新与多资产智能交易实验室支持。

作者简介: 吕文波(1988—), 男, 硕士, 助教, 主要研究方向: 教育科技。Email: wenbolv@sanyau.edu.cn。

收稿日期: 2024-05-26

模型更多评估的是教师行为。对于学生端的行为识别,2018 年段巨力^[11]建模了学生上课专注度指标,但算法仅用于数量较少的环境。2019 年,贾鹏宇等学者^[12]利用深度学习算法对学生人数、座位分布以及人脸 60 多个关键点进行检测分类,但对于大教室环境应用难度较大。2019 年,秦道影^[13]使用迁移学习算法,研究学生课堂行为自动识别的方法,但训练集仅为图片,而非实践中的视频。2020 年,徐家臻等学者^[14]以监控拍摄真实教学视频为训练集,创新使用人体骨架信息。2021 年,夏道勋等学者^[15]采用 Faster-RCNN 模型和时空算法将学生行为分为 8 种进行自动识别。但是对于长时间、多人数的自动识别存在耗时较长的问题。2021 年,熊健然^[16]提出了人脸表情识别检测系统,进一步强化了机器视觉在智慧课堂的应用价值。张钊^[17]阐述了 5G 对人工智能智慧课堂的提升作用。2022 年杨凝^[18]和 2023 年陈元凯等学者^[19]对机器人等科教教改项目进行了评估,阐述了机器视觉的前瞻性。

因此,在智慧课堂环境中仍存在以下问题:难以应用于大教室多人数场景、学生行为分类有限、识别效率低、功耗大、截图难以提供上下文时间序列信

息,学生专注力指标无法提取和识别等。针对这些问题,本文在智慧教室环境下,提出了 4 大类 10 小类的分类方式,尤其是对瞳孔专注力进行了识别,使用模糊算法进行评估,仅判别少数学生表情等特征与大多数学生不相符的程度,而无需判别具体的每个学生准确表情,极大提升识别效率。

1 系统设计

课堂教学环节的模糊评估部分主要是学生表情、专注力、动作行为的判别。表情正常、瞳孔对着黑板或者教师、即摄像头方向,无交头接耳行为的学生均被判为认真听讲的学生,同时认真听讲学生的数量和时长占比也是判别教师教学内容和教学风格是否引人入胜的主要依据。本文将模糊评估部分分为 3 个阶段:第一阶段为输入层,利用卷积神经网络实现人脸识别后将数据输入系统;第二阶段分 4 个计算模块分别实现表情筛选、专注力识别、人脸之间间隔距离、人脸与肩膀等相对位置的判别;第三阶段为输出层,对符合要求的人脸标记绿框,对不符合要求的人脸标记红框,对判别存疑容易报错的人脸标记黄框,并呈现于显示屏或推送至手机 App 端,进行提醒。系统流程如图 1 所示。

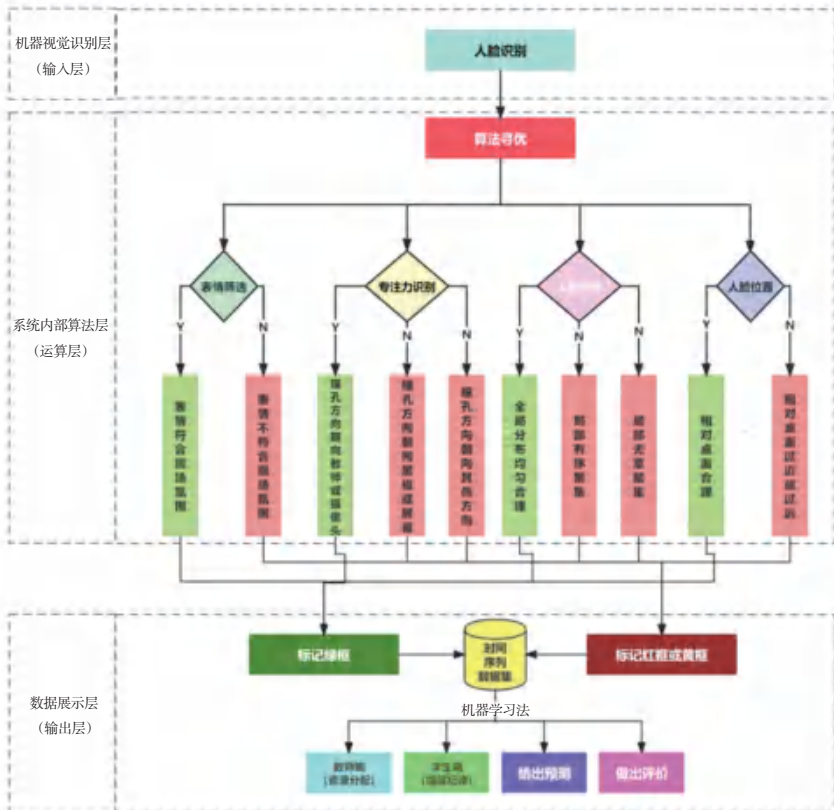


图 1 系统设计的流程图

Fig. 1 Flowchart of the system design

1.1 捕获过程

粒子群算法的初始阶段是捕获特征数据并生成粒子集合,后者是该算法和匈牙利遗传算法优化时的输入变量。每个例子均包含以下向量信息:

$$[a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2]$$

向量中详细的因子解释见表 1。

表 1 粒子群算法各因子解释表

Table 1 Various factors of particles swarm algorithm

种类	状态	粒子变量
表情	表情识别	a_1
	是否符合大众氛围	a_2
专注力	瞳孔识别	b_1
	是否朝向摄像头方向	b_2
人脸距离	人脸识别	c_1
	相邻人脸分布距离是否相似	c_2
人脸位置	人脸识别	d_1
	人脸与肩膀或桌面距离是否相似	d_2
结论	分为 3 类:绿红黄框	

1.2 计算过程

模糊理论针对模糊现象,研究的概念是模糊的,即很难确定一个对象是否完全符合某个概念界定,也就是外延的模糊性带来的不确定性。按照模糊理论,有价值的信息都不是精确的,精确的信息都将失去意义^[20]。用数学语言表示,即世界上的元素符合其概念的程度不应该单纯地用 0 或 1 来表示,而是用一个介于 0 和 1 之间的实数来表示^[21],设给定域为 U , U 到区间 $[0, 1]$ 的任何映射 μ_A 表示为:

$$\mu_A: U \rightarrow [0, 1] \quad (1)$$

定义模糊数据集为 A ,其中 μ_A 是模糊集 A 中的元素属于该集合的程度; $\mu_A(x)$ 是模糊集 A 中的元素属于模糊集 A 的程度,即隶属度,称为隶属度函数, $\mu_A(x) \in [0, 1]$ 。隶属函数一般根据先验经验得出,即学生是否在认真听讲更多是一种依据观察者主观感受和判断得出的结论,在实际应用中,由于不同的人对模糊概念的理解不同,使得隶属值

往往带有主观性,所以数据标签化时应确保判断的权威性。

模糊评估系统是以专家先验经验、模糊理论和控制理论等为基础。在建立系统评估数学模型时,应尽量用简单的方式表达专家的行为和经验^[22]。

通过对训练样本的专家判别标签化后,可以得到四大判别指标的相关数据。在数据处理的过程中,需要将数据限制在 $[0, 1]$ 的范围内,归一化通过以下等式进行:

$$y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

其中, x 表示实际数据; x_{\max} 表示实际数据中 x 的最大值;同理, x_{\min} 表示实际数据中 x 的最小值; y 表示 x 的归一化值。

本文利用三角模糊数对变量进行模糊化,即模糊推理机原理。通过三角模糊数可以得到模糊值,为模糊评估体系提供数据源。三角模糊数的原理可由下式进行描述:

$$u_n(x) = \begin{cases} 0, & x < n_1 \\ \frac{x - n_2}{n_2 - n_3}, & n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0, & x > n_3 \end{cases} \quad (3)$$

其中, n 表示正梯形模糊数值, $n \in (n_1, n_2, n_3)$ 。这里, $0 \leq n_1 \leq n_2 \leq n_3$ 。

本文对专家先验经验评价中的语义因素按照非常差、差、一般、好和非常好的等级进行分级。根据三角模糊数原理,模糊评估系统四大指标中判别等级的模糊值均可调整,结果见表 2,三角函数和模糊值输出分布如图 2 所示。

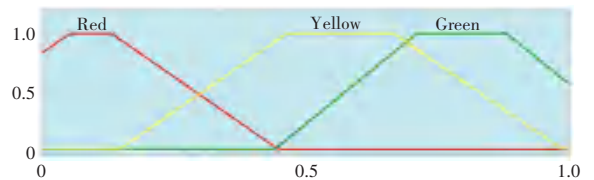


图 2 梯形函数输出值的分布

Fig. 2 Distribution of trapezoidal function output values

表 2 先验经验模糊化评价量表

Table 2 Prior experience fuzzy evaluation scale

评价等级	很好(标记绿框)	较好(标记绿框)	一般(标记黄框)	较差(标记红框)	很差(标记红框)
模糊值	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
	0.8	0.6	0.4	0.2	0

1.3 优化流程

粒子群算法具有良好的全局搜索能力,但局部优化能力差,收敛速度差,且容易因系统中反馈信息利用不足而陷于局部最优解。匈牙利遗传优化算法,基于遗传变异的逻辑,快速获取一定数量的可行解,结合迭代优化对可行解寻优,可以较快解决多目标分配最优解的问题,利于脱离局部最优的困局。因此,本文考虑将 2 种方法结合起来,获得优势互补,公式如下:

$$v_{ij}(t+1) = \omega \cdot v_{ij}(t) + c_1 \cdot r_{1j}(t) \cdot [y_{ij}(t) - x_{ij}(t)] + c_2 \cdot r_{2j}(t) \cdot [\hat{y}_{ij}(t) - x_{ij}(t)] \quad (4)$$

对其权重进行分配优化,惯性值如下:

$$\omega_i(t+1) = \omega(0) + [\omega(n_i) - \omega(0)] \cdot \frac{e^{m_i(t)} - 1}{e^{m_i(t)} + 1} \quad (5)$$

相对改进值计算如下:

$$m_i(t) = \frac{f(\hat{y}_i(t)) - f(\hat{x}_i(t))}{f(\hat{y}_i(t)) + f(\hat{x}_i(t))}, \omega(0) < 1, \omega(n_i) \approx 0.5 \quad (6)$$

新算法扬长避短,基本思想是根据人脸识别模糊化信息,初步构造粒子群算法的信息素矩阵,基于其随机性和较强的全局搜索能力产生问题的初始解集,然后凭借匈牙利遗传算法的多目标反馈优势^[23-25]和较强的迭代优化能力获得问题的最优解,即以相对较快速度和相对较小功耗获得课堂状态行为的相对最佳评估结果。优化流程如图 3 所示。



图 3 算法优化流程图

Fig. 3 Flow chart of algorithm optimization

1.4 输出结果

将特征值向量(见图 4)通过算法处理后的数据与对应截取的图像合并捆绑存储于系统后台中,同时求出模糊评估环节的评估结果,以现场大屏显示器或通过学生手机 App 端呈现,以此提示师生注意课堂纪律和教学效果(如图 5 所示)。

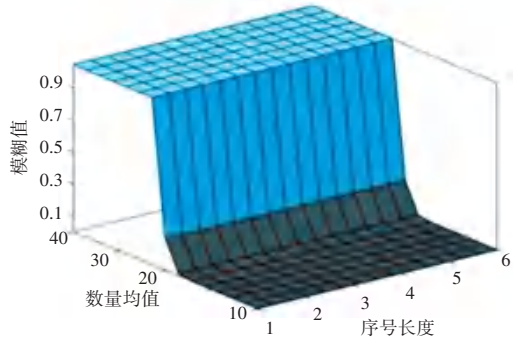


图 4 模糊评级系统特征值向量展示图

Fig. 4 Display of eigenvalue vector of fuzzy rating system



图 5 智慧课堂模糊评估系统的实时呈现

Fig. 5 Real-time presentation of the smart classroom fuzzy evaluation system

2 实验分析

此系统拥有该领域较多创新点。首先,算法寻优添加了对人脸表情和专注力的分类,主要依据表情肌活动对口眼眉毛等相对距离和相对形状的变化实现,尤其是左右双侧瞳孔的关注方向、口型的变化等;加入了人脸与人脸相对距离、人脸与桌面等周围环境的相对位置等的判别。此环节主要依据深度学习算法和百度云计算算力实现,如图 6 所示。

其次,实现了对数据进行实时分析和反馈,对表情异常、专注力异常、人脸聚集等异常现象给予实时纠偏提示,提示给到教师端可以引导教师及时调整教学风格,更多关注异常状态的学生;提示到学生端,可以及时提醒学生调整注意力,认真听课。



图6 表情识别实验训练图例

Fig. 6 Example of expression recognition experimental training

本文在同一教室同一人群下,进行不同算法的对比实验,常规算法的结果输出如图7所示,本文优化后的算法结果如图8所示。

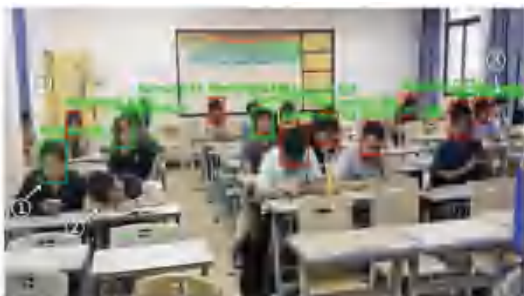


图7 常规算法人脸状态分类结果输出

Fig. 7 Output of face state classification results of conventional algorithm

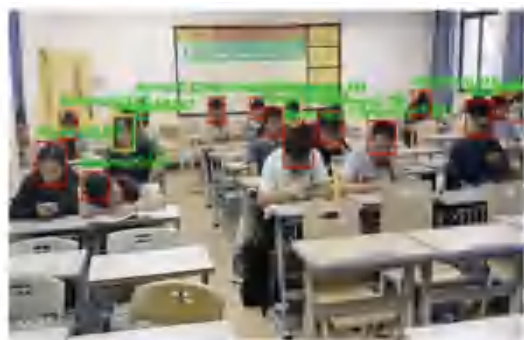


图8 优化算法人脸状态分类结果输出

Fig. 8 Output of face state classification results of optimized algorithm

重点关注①、②、③、④四个标注的人脸分类结果。从图7中可见,①分类明显失误,虽然画面呈现了较完整的人脸,但是瞳孔明显非正常听课状态,结合手机细节可以确定该同学并未认真听课,而常规算法给出了“正常”的绿色分类结果。②同学在睡觉,因为并未展露太多人脸画面,故未被计算机视觉识别。③因为距离较远、画面分辨率等问题也同样并未识别。④同学由于教室立柱的大范围遮挡未被

识别。

将图8与图7做对比,同样关注4个学生,发现优化算法均实现了精确的识别和分类,仅最后一位学生由于固定场景立柱背景的遮挡而未能帮出正确识别。对比实验结果显示,优化后的算法效果显著,明显具有更大的分类识别应用优势。2种算法的迭代求解对比如图9所示。

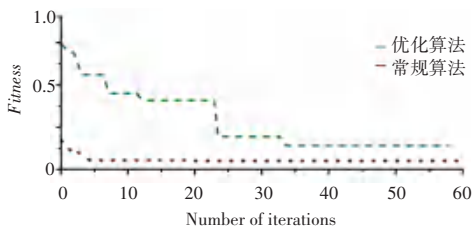


图9 2种算法的迭代效率对比图

Fig. 9 Comparison of iterative efficiency of the two algorithms

研究可知,总体上实现了课堂教学资源时效评估的最优,进而引导在课堂有限时间内有限师生关注度资源的更优分配。而且可以实现课堂状态数字化和后续数据分析,对师生课堂教学活动中的表现给出更全面、更具体的评估,并可预示趋势,给出调整建议。此创新点具有很强的实践意义,如果一个学生的时间序列表现均值长期较差,将是辅导员重点谈话改善学习状态的依据。同时人为的思政手段干涉,对学生课堂学习的影响效果也可以通过系统获得评估。

该领域之前的研究大多在行为判别后结束,未对后续的数据进行分析和预测,本系统对此进行了拓展延伸,可以将课堂状态数字化,进行数据的时间序列模型评估和预测。并且随着系统运行时间的增加、样本处理的增加,机器学习的优势会更加显著,判别会越来越精确。

3 结束语

未来课堂教学活动的评估将会主要由机器算法来完成,本文拓宽了模糊评价系统的应用领域,也对人脸识别在教育环节中进行了算法优化。新算法基于大模型进行训练后在识别上更具优势,对长序列数据分类记录也更精确,较好地实现了课堂效果的自动化评估功能,具有较高的实用价值。

参考文献

- [1] NGAIE W, WAT F. Design and development of a fuzzy expert system for hotel selection [J]. Omega—international Journal of Management Science, 2003, 31: 275-286.

- [2] 朱丽莉,施艺. Epss 在教师教育技术培训中的技术实现[J]. 现代教育技术,2009,19(11):111-114.
- [3] 徐方. 分布式数字音频系统的构建[J]. 现代教育技术,2010,20(8):49-51.
- [4] 李胜东,张莉. 职称网上评审系统的研究与开发[J]. 现代教育技术,2012,22(4):107-109.
- [5] VERDU E, VERDU J M, REGUERAS L M, et al. A genetic fuzzy expert system for automatic question classification in a competitive learning environment [J]. Expert Systems with Applications,2011, 39(8):7471-7478.
- [6] DALAL N, TRIGGS B. Histograms of oriented gradients for human detection [C]// 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '05). Piscataway,NJ:IEEE,2005,1: 886-893.
- [7] ANDERSON J R. On cooperative and competitive learning in the management classroom[J]. Mountain Plains Journal of Business and Technology, 2006,7:1-10.
- [8] MOUSAVI S, MIRINEZHAD S,DEZFOULIAN M H, et al. A PSO fuzzy - expert system; As an assistant for specifying the acceptance by NOET measures, at PH. D level[C]//Proceedings of 2017 Artificial Intelligence and Signal Processing Conference (AISP). Piscataway,NJ:IEEE,2017:11-18.
- [9] 李红美,王镇国,韦俊楠. 面向移动终端课堂互动信息的可视化分析:以高中数学为例[J]. 现代教育技术,2017,27(2):113-119.
- [10] 刘清堂,何皓怡,吴林静,等. 基于人工智能的课堂教学行为分析方法及其应用[J]. 中国电化教育,2019(9):13-21.
- [11] 段巨力. 基于机器视觉的学生上课专注度的分析评测系统[D]. 杭州:浙江工商大学,2018.
- [12] 贾鹏宇,张朝晖,赵小燕,等. 基于人工智能视频处理的课堂学生状态分析[J]. 现代教育技术,2019,29(12):82-88.
- [13] 秦道影. 基于深度学习的学生课堂行为识别[D]. 武汉:华中师范大学,2019.
- [14] 徐家臻,邓伟,魏艳涛. 基于人体骨架信息提取的学生课堂行为自动识别[J]. 现代教育技术,2020(5):108-113.
- [15] 夏道勋,田星瑜,唐胜男. 基于视觉注意力的学生课堂行为分析[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2021,39(4):83-89.
- [16] 熊健然. 一种机器视觉的人脸表情识别检测系统[J]. 电子制作,2021(4):39-40.
- [17] 张钊. 面向 5G 时代人工智能智慧课堂的应用展望[J]. 邮电设计技术,2021(6):84-87.
- [18] 杨凝. 国际视野下教育机器人的研究现状与发展趋势:基于对 25 项系统化文献综述的再综述[J]. 现代教育技术,2022,32(6):122-126.
- [19] 陈元凯,李大明. 基于职业院校技能大赛的《工业视觉技术》课程教学改革:以机器视觉系统应用赛项为例[J]. 武汉工程职业技术学院学报,2023,35(3):79-82.
- [20] ZIMMERMANN H J. Fuzzy set theory and its applications[M]. The Netherlands: Kluwer Academic Publisher,1991.
- [21] WU Yunna, JIA Weibing, LI Lingwenying, et al. Risk assessment of electric vehicle supply chain based on fuzzy synthetic evaluation[J]. Energy,2019,182:397-411.
- [22] NASROLLAHI M, FATHI M R, SOBHANI S M, et al. Modeling resilient supplier selection criteria in desalination supply chain based on fuzzy DEMATEL and ISM [J]. International Journal of Management Science and Engineering Management, 2021,16(4):264-278.
- [23] 柳毅,佟明安. 匈牙利算法在多目标分配中的应用[J]. 火力与指挥控制,2002,27(4):34-37.
- [24] 常庭懋,韩中庚. 用“匈牙利算法”求解一类最优化问题[J]. 信息工程大学学报,2004,27(4):60-62.
- [25] 谷稳. 基于进化匈牙利算法的目标分配问题研究及应用[D]. 西安:西安电子科技大学,2013.