

基于 Kano 模型的车厢服务配置效用评价

毛新德¹ 闫子悦² 刘英杰¹

(1. 交控科技股份有限公司, 100070, 北京; 2. 山东交控科技股份有限公司, 250022, 济南)

摘要 [目的] 调查并分析车厢服务需求, 优化车厢服务设施配置, 提升乘客在乘车过程中的综合体验。[方法] 通过研究乘客对车厢服务配置需求, 构建典型的乘客服务需求空间。以 Kano 模型为核心建立需求评价模型, 结合满意度计算方法, 将感性认知进行量化, 分析乘客对车厢服务配置需求的效用水平。[结果及结论] 基于 Kano 模型并结合 Better-Worse 系数分析, 总结出了 6 个魅力属性、4 个期望属性、2 个无差异属性和 7 个必备属性的乘客车厢服务配置需求清单。通过此方法清晰地展示了各种需求的重要程度, 提出了在长线路列车车厢中配置充电设施、在客流量较多线路列车车厢中配置可折叠式座椅、在机场线路列车车厢中配置置物架等设计策略。

关键词 城市轨道交通; 车厢; 服务设施; Kano 模型; 效用评价

中图分类号 U270.38

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.04.050

Utility Evaluation of Compartment Service Configuration Based on Kano Model

MAO Xinde¹, YAN Ziyue², LIU Yingjie¹

(1. Traffic Control Technology Co., Ltd., 100070, Beijing, China; 2. Shandong Traffic Control Technology Co., Ltd., 250022, Jinan, China)

Abstract [Objective] Aiming at enhancing the comprehensive experience for passengers during travel, it is necessary to investigate and analyze compartment service demands, optimize compartment service facility configurations. [Method] By studying the passenger service demands for compartment service configuration, a typical passenger service demand space is constructed. Utilizing Kano model as the core, a demand evaluation model is established, and combined with satisfaction calculation methods, perceptual cognitions are quantified to analyze passenger demand for utility levels of compartment service configuration. [Result & Conclusion] Based on the Kano model and combined with Better-Worse coefficient analysis, a list of compartment service configuration demands is summarized, including 6 charm attributes, 4 expectation attributes, 2 indifference attributes, and 7 essential attributes. This method clearly demonstrates the importance of various demands, pro-

posing design strategies such as installing charging facilities in compartments for long-distance trains, deploying foldable seats in compartments for high-traffic routes, and equipping luggage racks in compartments for airport routes.

Key words urban rail transit; compartment; service facility; Kano model; utility evaluation

我国城市轨道交通已进入高质量发展阶段, 传统运营模式已经无法满足乘客需求。车厢作为乘客出行的核心场景之一, 车厢场景体验感直接决定着乘客出行的满意度, 如何迭代车厢内的功能配置, 提升乘客出行体验感, 是本文讨论的重点。

目前, 针对车厢场景的研究主要集中在车厢环境上, 研究方向包括环境模拟分析、乘客密度分析、应急处置三方面。文献[1]通过数值计算方法, 研究了故意泼洒汽油状态下的火灾控制方案, 有助于运营部门制定应急处置预案; 文献[2]通过研究车厢热环境, 得出了各城市的车厢热中性温度并给出了温度调节建议; 文献[3]通过构建 BP(反向传播)神经网络, 提出了车厢拥挤度预测方法; 文献[4]提出了一种基于改进元胞自动机模型的乘客疏散运动模型, 可在应急态势下指导乘客快速疏散。由分析可见, 关于地铁车厢功能需求侧方面的研究较少。本文立足于车厢服务设施配置, 提出基于 Kano 模型的分析评价方法进行车厢服务配置乘客侧的效用评价, 旨在了解车厢服务配置对乘客乘车满意度的影响, 可为车厢功能设计提供一定的指导。

1 效用评价方法

Kano 模型体现了产品性能和用户满意度之间的非线性关系, 是通过需求优先级排序来优化产品的工具^[5]。此模型定义了 5 类属性需求, 分别是必备质量需求、期望质量需求、魅力质量需求、无差异质量需求和反向质量需求, 如图 1 所示。

1) 必备质量需求。当提供此类需求时, 用户满意度不会明显提升; 但如不提供此类需求, 用户满意

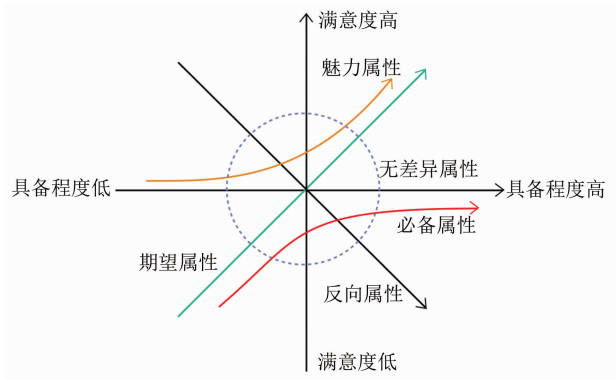


图 1 Kano 模型中属性需求示意图

Fig. 1 Diagram of property demands in Kano model

度会大幅下降。

2) 期望质量需求。当提供此类需求时,用户满意度会提升,反之则降低。

3) 魅力质量需求。当提供此类需求时,用户满意度会大幅提升,反之不会降低。

4) 无差异质量需求。无论是否提供此类需求,用户满意度都无明显变化。

5) 反向质量需求。当提供此类需求时,用户满意度降低。

2 服务配置效用评价流程构建

2.1 产品服务配置需求获取

作为效用评价的第一步,良好的需求定位对评价具有重要作用。通过问卷调查、用户访谈等调研方式获取乘客在车厢的体验描述以及需求痛点,并进行相应需求总结形成评价需求池。

2.2 Kano 模型问卷设计

Kano 模型问卷由正反两方向问题构成,问题选项均设置 5 项:喜欢、理应如此、无所谓、可以忍受和不喜欢。Kano 模型问卷格式如表 1 所示。

表 1 Kano 模型问卷格式设置

车厢服务配置	效用评价选项				
	不喜欢	可以忍受	无所谓	理应如此	喜欢
车厢提供第 i 个功能	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
车厢不提供第 i 个功能	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.3 质量特性评价

针对每一种需求的正反面两个问题,Kano 模型给出了相应质量特性评价表,其中“ A ”表示魅力质量需求,“ M ”表示必备质量需求,“ O ”表示期望质量

需求,“ I ”表示无差异质量需求,“ R ”表示反向质量需求,“ Q ”则是有问题的问卷。

将调查问卷进行统计分析,结合表 2 确定每一个需求的不同质量特性的百分比,占比最大的特性指标即为该需求的归类属性。

表 2 Kano 质量特性评价表
Tab. 2 Evaluation of Kano quality characteristics

项目		车厢不提供第 i 个功能				
		喜欢	理应如此	无所谓	可以忍受	不喜欢
车厢提供第 i 个功能	喜欢	Q	A	A	A	O
	理应如此	R	I	I	I	M
	无所谓	R	I	I	I	M
	可以忍受	R	I	I	I	M
	不喜欢	R	R	R	R	Q

2.4 Better-Worse 系数分析方法辅助识别

为了进一步提高数据敏感度,根据 Kano 模型的分析结果,引入 Better-Worse 系数分析方法来进行数据定量分析,以更好地挖掘用户潜在需求。根据每个功能需求不同属性维度的百分比,计算 Better-Worse 系数,计算公式见文献[6]。

为更清晰地展示需求层级及重要程度,通过更直观的四象限分布进行总结。以 Better 值为纵坐标,以 Worse 系数绝对值为横坐标,以所有需求的正反两指标的平均值分割坐标系形成四象限。第一象限为期望型需求,第二象限为魅力型需求,第三象限为无差异型需求,第四象限为必备型需求。

3 车厢服务配置实例评价

3.1 服务配置需求选取

在初期研究阶段,通过文献调查、实地考察、头脑风暴、深度访谈等方式,获取了原始服务配置需求 42 项,合并相似需求,共计整理出 5 项一级需求、19 项二级设施配置需求^[7],如表 3 所示。

3.2 服务配置评价分析

本次调查采用线上及线下的方式进行,问卷画像均为通勤乘客,年龄范围主要为 18~55 岁,男女比例接近 1.5:1。共计发放问卷 160 份,剔除作答时间小于 60 s 的问卷,回收有效问卷 147 份,有效回收率为 91.88%。

通过 Kano 模型质量特性评价表统计各需求对应的质量特性,并结合 147 位受试者评价形成各需求的质量特性百分比,基于最大百分比的特

表 3 车厢服务设施需求表

Tab. 3 Demand for compartment service facilities

一级需求	对应设施	编码	具体描述
环境因素	空气净化	A1	提供净化车厢空气、杀菌消毒功能
	温控照明	A2	提供车厢照明与温度自主控制
	强弱冷车厢	A3	提供强冷与弱冷车厢,夏天满足不同需要
	无障碍乘车	A4	提供轮椅渡板、车厢轮椅固定装置,保证特殊人群乘车便利
	主题车厢	A5	提供个性化广告装饰车厢
信息因素	贴附式线网图	B1	提供传统贴附式线网级地图展示
	设备使用说明	B2	提供相关设备设施使用说明
	魔窗屏幕	B3	提供可交互式查看查询服务
	列车门楣屏	B4	提供查看当前站点、行进线路、拥挤度信息
	车厢运营屏	B5	提供运营广告、站点显示信息
	广播	B6	提供列车语音播报服务
安全因素	灭火器	C1	提供火灾时应急处置服务
	车厢召援	C2	提供与司机、车站对讲服务
	车载视频监控	C3	提供车载人员及行为的自动监察识别与报警
乘坐因素	吊环	D1	提供站立时抓扶
	座椅	D2	提供坐下休息
	置物架	D3	提供乘客物品放置服务
娱乐因素	Wi-Fi	E1	提供车厢无线网络
	充电	E2	提供乘客电子产品充电服务

性作为最终归属属性。依此,车厢服务配置需求包 必备属性 8 个、反向属性 0 个,具体分类结果如表 4 括魅力属性 5 个、期望属性 4 个、无差异属性 2 个、 所示。

表 4 车厢服务设施需求分析

Tab. 4 Demand analysis of compartment service facilities

序号	需求	编号	M/%	O/%	A/%	I/%	R/%	Q/%	属性	B-W 属性	Worse 系数	Better 系数
1	空气净化	A1	31.97	45.58	9.52	12.93	0	0	M	M	0.776	0.551
2	温控照明	A2	42.18	14.97	17.69	25.17	0	0	M	M	0.571	0.327
3	强弱冷车厢	A3	15.65	23.13	38.10	19.05	4.08	0	A	A	0.404	0.638
4	无障碍乘车	A4	27.21	34.69	21.09	17.01	0	0	O	O	0.619	0.558
5	主题车厢	A5	14.97	22.45	31.97	19.05	11.56	0	A	A	0.423	0.615
6	传统线网地图	B1	36.73	15.65	13.61	28.57	5.44	0	M	M	0.554	0.309
7	设备使用说明	B2	34.01	25.85	13.60	25.85	0.69	0	M	M	0.603	0.397
8	魔窗屏幕	B3	9.52	16.33	41.50	30.61	2.04	0	A	A	0.264	0.590
9	列车门楣屏	B4	27.89	30.61	14.97	24.49	2.04	0	O	O	0.597	0.465
10	车厢运营屏	B5	20.41	15.65	27.89	36.05	0	0	I	I	0.361	0.435
11	广播	B6	40.82	18.37	6.12	31.29	3.40	0	M	M	0.613	0.254
12	灭火器	C1	32.65	29.93	13.61	23.81	0	0	M	M	0.626	0.435
13	车厢召援	C2	29.93	43.54	15.65	10.19	0.67	0	O	O	0.740	0.596
14	车载视频监控	C3	29.93	29.25	16.33	23.81	0.68	0	M	M	0.596	0.459
15	吊环	D1	38.78	15.65	10.88	34.01	0	0.68	M	M	0.548	0.267
16	座椅	D2	33.33	5.44	9.52	30.61	21.09	0	M	I	0.491	0.190
17	置物架	D3	10.88	25.17	20.41	37.41	6.12	0	I	A	0.384	0.486
18	Wi-Fi	E1	16.33	18.37	44.90	20.41	0	0	A	A	0.347	0.633
19	充电	E2	20.41	23.13	35.37	21.09	0	0	A	A	0.435	0.585

注:B-W 属性是指基于增加满意度系数与消除不满意度系数所修正后的象限属性。

3.3 Better-Worse 系数分析方法辅助识别

基于 Better-Worse 系数计算公式可计算出各需求的 Better 值与 Worse 值,并求得二者平均值,其中,Better 系数的平均值为 0.463,Worse 系数绝对值的平均值为 0.524,并基于需求数据绘制象限图^[8](见图 2)。由图 2 可见,19 项服务设施功能需求与 Kano 模型质量特性评价结果有差异:在改良后的 B-W 象限中,魅力属性由 5 项变为 6 项;必备属性由 8 项变为 7 项;期望属性无变化为 4 项;无差异属性需求内容改变,数量无变化为 2 项。

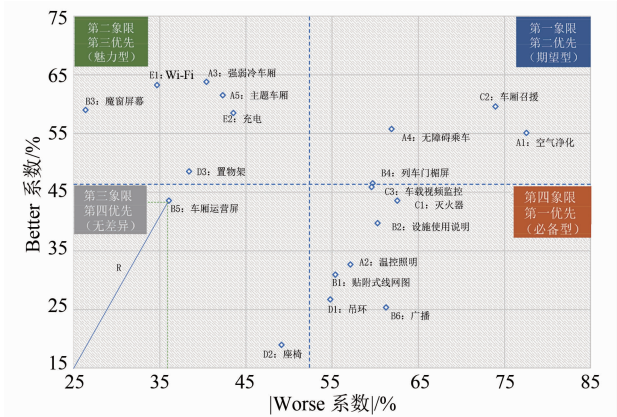


图 2 基于车厢服务设施需求数据的象限图
Fig. 2 Quadrant diagram based on demand data of compartment service facilities

3.4 服务配置需求优先级排序

通过 Kano 模型分析及 Better-Worse 系数辅助识别方法确定了对车厢服务配置指标并进行了归类,还需进一步明确各个服务配置需求的重要度排序以便确定其影响程度。

基于 Kano 模型理论长期实践总结,首先,不同类别需求影响程度按 $M>O>A>I$ 进行排序;其次,相同类别需求中,基于象限中各点位与原点的距离定义影响程度大小^[9],相关系数 R 值越大,影响程度越大,重要度越高。 R 值计算结果如表 5 所示,结合象限分析的综合排序如表 6 所示。

表 5 R 值结果展示							
Tab.5 Display of R -value results							
编号		R		编号		R	
A1		0.951		B3		0.647	
A2		0.658		B4		0.757	
A3		0.756		B5		0.565	
A4		0.833		B6		0.663	
A5		0.747		C1		0.762	
B1		0.635		C2		0.950	
B2		0.722		C3		0.752	
				D1		0.610	
				D2		0.527	
				D3		0.619	
				E1		0.722	
				E2		0.729	

表 6 车厢服务配置需求优先级排序
Tab. 6 Priority sequence of compartment service configuration requirements

排序方式	需求优先级
M	C1>C3>B2>B6>A2>B1>D1
O	A1>C2>A4>B4
A	A3>A5>E2>E1>B3>D3
I	B5>D2
环境因素	A2>A1>A4>A3>A5
信息因素	B2>B6>B1>B4>B3>B5
安全因素	C1>C3>C2
乘坐因素	D1>D3>D2
娱乐因素	E2>E1

4 综合讨论

4.1 象限分析

第一象限为 O。增加期望质量需求会相应增加乘客满意度,是提高乘客满意度的重要方法^[10]。车厢服务设施在满足必备需求的基础上,需优先满足乘客的期望型需求。相较于传统 Kano 模型质量评价表分析,Better-Worse 系数分析结果无变化,空气净化、车厢召援、无障碍乘车、列车门楣屏的影响程度均处于较高水平。因此,在车厢建设中,应充分考虑上述 4 项服务设施建设方向及细节设计。

第二象限为 A。魅力质量需求是能使乘客产生愉悦、兴奋的需求,是影响乘客满意度的最大标准。此象限共 6 项相关需求,分别为强弱冷车厢、主题车厢、充电 Wi-Fi、魔窗屏幕、置物架。相较于传统 Kano 模型质量评价分析,增加了 1 项置物架,由 I 变为 A,提供该配置时可极大改善乘客满意度,不提供该配置时乘客满意度也不会降低。若想要极大地改善列车运营服务质量,则应注重车厢此类配置的研究。

第三象限为 I。无差异质量需求是对乘客满意度影响小的需求,无论是否提供均不会提升满意度。此象限共 2 项相关需求,分别为车厢运营屏和座椅。相较于传统 Kano 模型质量评价分析,减少了置物架,增加了座椅。此类需求需基于现实情况综合考虑,不应作为设计的首选标准。

第四象限为 M。提供必备质量需求不会提升乘客满意度,若不提供乘客满意度则会大幅降低,是乘客满意度的基准属性。此象限共有 7 项相关需求,分别为灭火器、车载视频监控、设备使用说明、广播、温控照明、贴附式线网图和吊环。相较于传统 Kano 模型质量评价分析,减少了座椅。分析发现,必备质量需求更注重安全设施及安全信息设施,此类需求是车

厢建设的基础要素,是乘客乘车的基本保障。

4.2 综合分析

上述讨论均基于全局分析结果,但在研究过程中发现,若结合指标交叉分析以及专家访谈,有些指标基于不同因素可进行进一步探讨。此部分分析适用于某些特定化场景,旨在能够为车厢服务设施建设提供更多参考。将影响因素进行拆解后发现,可将影响因素分为乘客画像因素和出行时空因素两部分。

在乘客画像因素中,结合年龄交叉分析可得出,年龄越大乘客对车厢召援、无障碍乘车、座椅三项服务配置的需求度越高,年龄越小乘客对主题车厢、Wi-Fi 和充电的需求度越高。

在出行时空因素中,潮汐期间,乘客对座椅需求度较小。这是因为座椅是车厢必备配置,但由于占地面积较多,在早晚高峰期间无法承载更多的乘客。经过 Better-Worse 系数辅助分析之后,座椅需求由 M 变更为 I,因此可将座椅设计为可折叠座椅,高峰、平峰期间可进行相应变化。机场线对车厢置物架需求较大,因为机场线列车服务对象更多是跨市旅途乘客,乘客大多携带大件行李,而且机场线客流量较少且停靠车站较少,因此在机场线车厢可按需配置置物架设施。对于线路整体较长或站点间间隔较大的线路,可按需配置充电设施,满足乘客充电需求。

4.3 设计策略

结合上述分析发现,可基于出行时空因素生成车厢配置设计策略。

在距离较长的线路中,首先满足车厢服务配置中的必备型需求,非城际、非机场线路考虑采用固定光滑式座椅,并结合现实情况满足期望型需求。在魅力型需求中,在长线路列车车厢中配置充电设施。其余魅力型、无关型需求可根据情况进行选择。

在客流量较多的线路中,在满足必备型需求的前提下,考虑配置可折叠式座椅,增加列车空间,提升运力。基于现实情况,在满足期望型需求前提下选择魅力和无关型需求。

在机场线路中,需满足魅力质量中的置物架需求,座椅可参考高铁座椅布置及材质类型,适当减少站立空间。如果线路较长可考虑配置充电设施,其余可结合实际情况按照必备、期望必选,魅力、无关质量优选顺序进行选择。

5 结语

本文基于 Kano 模型,通过使用 Better-Worse 系

数分析的方式,清晰地展示了车厢服务设施需求的重要程度,车厢建设可按照 M>O>A>I 的顺序,结合自身的定位,在保证必备需求的前提下,重点关注对用户满意度提升较多的需求,针对不同类型的属性制定不同的开发策略,由浅入深地提升乘客乘车的满意度,整体把握好车厢服务设施的设计方向。

本文虽仅针对车厢服务配置进行分析研究,但此模型的调查研究路径、数理分析方法适用于城市轨道交通所有的日常运营、车站建设、乘客服务等需求分析、指标评价的场景,拓宽了城市轨道交通领域研究的道路,但也存在以下不足:

1) 本研究仅基于 Kano 模型进行探讨,未来可结合其他质量方法为研究提供决策支持,以获得更加科学的需求分析。

2) 本研究针对需求进行属性分类总结分析,未来需对指标需求及影响因素进行更定量客观的分析。

参考文献

- [1] 史聪灵,钟茂华,罗燕萍,等. 地铁车厢汽油火灾的模拟计算与分析[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(10): 32.
SHI Congling, ZHONG Maohua, LUO Yanping, et al. Simulating calculation and analysis of gasoline arson fires in metro compartment[J]. China Safety Science Journal (CSSJ), 2006, 16(10): 32.
- [2] 胡松涛,蒋雅萌,王刚,等. 地铁车厢内热环境现状调查研究[J]. 暖通空调, 2015, 45(7): 23.
HU Songtao, JIANG Yameng, WANG Gang, et al. Investigation on indoor thermal environment of underground railway trains[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2015, 45(7): 23.
- [3] 方晨晨,周继彪,董升,等. 基于 BP 神经网络的地铁车厢拥挤度预测方法[J]. 交通信息与安全, 2018, 36(6): 47.
FANG Chenchen, ZHOU Jibiao, DONG Sheng, et al. A method of forecast congestion of subway carriages based on BP neural network[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2018, 36(6): 47.
- [4] 周美琦,杨晓霞,张纪会,等. 基于改进元胞自动机模型的地铁车厢乘客疏散模拟[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2021, 18(3): 35.
ZHOU Meiqi, YANG Xiaoxia, ZHANG Jihui, et al. Simulation of passenger evacuation in the metro carriage based on an improved cellular automata model[J]. Complex Systems and Complexity Science, 2021, 18(3): 35.
- [5] 刘启远,徐良杰,王冠云,等. 基于乘客需求的地铁枢纽通道信息系统评价方法研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2014, 38(4): 923.
LIU Qiyuan, XU Liangjie, WANG Guanyun, et al. Study on the

- evaluation method of information in subway passageways based on the demand of passengers[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2014, 38(4): 923.
- [6] 顾伟康, 尹欢. 隐藏式的设计方法在汽车内饰上的 KANO 模型研究[J]. 包装工程, 2020, 41(24): 104.
- GU Weikang, YIN huan. KANO model of concealed design method in automobile interior[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(24): 104.
- [7] 屈楚离, 干静, 马静, 等. 基于 kano 模型和候车体验的公交站设施需求研究[J]. 包装工程, 2022, 43(16): 401.
- QU Chuli, GAN Jing, MA Jing, et al. Bus stop facilities configuration based on waiting demand and experience[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(16): 401.
- [8] 潘秋岑, 张立新, 张超, 等. 学术期刊网站功能服务需求的 Kano 模型评价[J]. 中国科技期刊研究, 2016, 27(6): 617.
- PAN Qiucen, ZHANG Lixin, ZHANG Chao, et al. Evaluation of functional service requirements of academic journals website based on the Kano model[J]. Chinese Journal of Scientific and Technical Periodicals, 2016, 27(6): 617.
- [9] 陆明琦, 周波, 谭敏. 基于 Kano 模型的城市标识系统使用需求研究[J]. 包装工程, 2021, 42(12): 312.
- LU Mingqi, ZHOU Bo, TAN Min. The use demand of urban signage system based on the Kano model[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(12): 312.
- [10] 杨荣卓, 冯晓玉, 崔献梅, 等. 基于 Kano 模型的宫颈癌化疗患者出院照护需求研究[J]. 护理学杂志, 2023, 38(11): 49.
- YANG Rongzhuo, FENG Xiaoyu, CUI Xianmei, et al. The discharge care needs of patients undergoing chemotherapy for cervical cancer based on the Kano model[J]. Journal of Nursing Science, 2023, 38(11): 49.
- 收稿日期:2023-09-01 修回日期:2023-12-30 出版日期:2024-04-10
Received:2023-09-01 Revised:2023-12-30 Published:2024-04-10
- 通信作者:毛新德,高级工程师,guihong.liu@bj-tct.com
- ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 251 页)

- [13] 吉铮格, 李慧, 叶林, 等. 基于波动特性挖掘的短期光伏功率预测[J]. 太阳能学报, 2022, 43(5): 146.
- Ji Xin'ge, LI Hui, YE Lin, et al. Short-term photovoltaic power forecasting based on fluctuation characteristics mining[J]. Acta Energaiae Solaris Sinica, 2022, 43(5): 146.
- [14] 武新章, 王泽宇, 代伟, 等. 基于异质聚类与 Stacking 的双集成光伏发电功率预测[J]. 电网技, 2023, 47(1): 275.
- WU Xinzhang, WANG Zeyu, DAI Wei, et al. Bi-ensembled photovoltaic (PV) power prediction based on heterogeneous clustering and stacking[J]. Power System Technology, 2023, 47(1): 275.
- [15] 丁正凯, 傅启明, 陈建平, 等. 结合注意力机制与深度强化学习的超短期光伏功率预测[J]. 计算机应用, 2023, 43(5): 1647.
- DING Zhengkai, FU Qiming, CHEN Jianping, et al. Ultra-short-term photovoltaic power prediction by deep reinforcement learning based on attention mechanism[J]. Journal of Computer Applications, 2023, 43(5): 1647.
- 收稿日期:2023-09-01 修回日期:2023-12-30 出版日期:2024-04-10
Received:2023-09-01 Revised:2023-12-30 Published:2024-04-10
- 通信作者:杨菁,高级工程师,7423960@qq.com
- ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 255 页)

- [5] 张智, 周俊伟. 电液转辙机智能监测系统的故障诊断专家系统[J]. 铁道通信信号, 2008, 44(7): 6.
- ZHANG Zhi, ZHOU Junwei. Fault diagnosis expert system for intelligent monitoring system of electro-hydraulic switch machine[J]. Railway Signalling & Communication, 2008, 44(7): 6.
- [6] 杨斌, 钟金英. 卷积神经网络的研究进展综述[J]. 南华大学学报(自然科学版), 2016, 30(3): 66.
- YANG Bin, ZHONG Jinying. Review of convolution neural network[J]. Journal of University of South China (Science and Technology), 2016, 30(3): 66.
- [7] HOCHREITER S, SCHMIDHUBER J. Long short-term memory[J]. Neural Computation, 1997, 9(8): 1735.
- [8] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks[J]. Communications of the ACM, 2012, 60: 84.
- [9] DASARATHY B V, SHEELA B V. A composite classifier system design: concepts and methodology[J]. Proceedings of the IEEE, 1979, 67(5): 708.
- 收稿日期:2023-09-01 修回日期:2023-12-30 出版日期:2024-04-10
Received:2023-09-01 Revised:2023-12-30 Published:2024-04-10
- 通信作者:李雪枝,工程师,414847674@qq.com
- ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license