

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)02-0161-05

基于数字化技术的智能辅助信息交互平台体系研究

关海军, 穆宝财

(内蒙古中电物流路港有限责任公司 赤峰铁路分公司, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要:在复杂的信息交互场景中,大量交互信息相互干扰,致使主逻辑变量与次逻辑变量间产生交互逻辑差量。这一差量引发信息层出现系列问题,局部信息与远端信息的交互延迟显著增加,丢包系数不断增大,破坏平台整体交互体系的秩序,交互误差呈倍数级增长。经分析发现,辅助信息交互逻辑的变量指标不一致是造成上述问题的关键因素。为有效解决上述问题,充分利用数字化技术的标准性与逻辑秩序性,对平台体系展开全局优化。运用数字化技术构建统一的数据模型,规范变量指标,确保不同逻辑变量在交互过程中遵循统一标准,减少交互逻辑差量;借助数字化算法对交互信息进行实时监测与分析,精准定位延迟与丢包问题,并动态调整交互策略,实现误差补偿与差量修正。测试结果显示,优化后的平台在信息交互方面表现卓越,具备误差补偿、差量修正以及优化交互环境的能力,有效提升了信息交互的准确性与稳定性,整体性能达到设计预期指标,为智能辅助信息交互领域提供了可靠的解决方案。

关键词:数字化技术;智能辅助;信息交互;平台体系;预期指标

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-7241(2026)02-0161-05

Research on intelligent auxiliary information interaction platform system based on digital technology

GUAN Haijun, MU Baocai

(Chifeng Railway Branch of Inner Mongolia Zhongdian Logistics Road Port Co., Ltd., Chifeng 024000, Neimenggu, China)

Abstract: In complex information exchange scenarios, a large amount of interactive information interferes with each other, resulting in interaction logic differences between primary and secondary logic variables. This difference has caused a series of problems in the information layer, significantly increasing the interaction delay between local and remote information, continuously increasing the packet loss coefficient, disrupting the overall order of the platform's interaction system, and increasing the interaction error exponentially. After analysis, it was found that inconsistent variable indicators in the auxiliary information exchange logic are the key factors causing the above-mentioned problems. To effectively solve the above problems, this study fully utilizes the standardization and logical order of digital technology to carry out global optimization of the platform system. Using digital technology to construct a unified data model, standardize variable indicators, ensure that different logical variables follow a unified standard in the interaction process, and reduce the difference in interaction logic; By utilizing digital algorithms for real-time monitoring and analysis of interactive information, we can accurately locate latency and packet loss issues, and dynamically adjust interaction strategies to achieve error compensation and differential correction. The test results show that the optimized platform performs excellently in information interaction, with the ability to compensate for errors, correct differences, and optimize the interaction environment, effectively improving the accuracy and stability of information interaction. The overall performance meets the expected design indicators, providing a reliable solution for the field of intelligent assisted information interaction.

Keywords: digital technology; Intelligent assistance; information interaction; platform system; expected indicators

信息交互平台作为数据交换、信息传播、资源整合、数据挖掘分析的综合性平台,其数据交互的精准性至关重要。我国在信息交互设计领域的理论与实践虽然才刚刚起步,但其发展速度却非常快速。比较早的有关论文有李乐山教授的著作《人机界面设计》和《工业设计心理学》,其中提出了基于用户调查,用户模型,用户心理和可用性

的测试方法。梁峰在《交互广告学》一书中,系统地阐述了以先进信息技术为基础的交互理论。在国外,一般认为最早是由莫格里奇在1990年提出的交互设计(interaction design)概念。美国的使用者心理学者唐纳德-诺曼出版了一系列有影响的著作,如《未来产品的设计》和《情感化设计》,提出了今后产品创新的思想,特别是在人机互动

收稿日期:2022-08-16;录用日期:2022-08-31

作者简介:关海军(1977—),男,硕士,工程师,研究方向:经济管理。

引用本文:关海军,穆宝财.基于数字化技术的智能辅助信息交互平台体系研究[J].自动化技术与应用,2026,45(2):161-165.(GUAN Haijun, MU Baocai. Research on intelligent auxiliary information interaction platform system based on digital technology[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026,45(2):161-165.)

的设计上,着重从“直觉行为—反省”的角度,对使用者的情绪和心理进行研究^[1]。

随着我国网络数据体系建设的不断完善,云端信息空间体量巨大,其中的数据资源量更是天文数字,在庞大的数据体系中,如何准确调度资源,精准完成数据间交互,成为信息交互平台研发的核心问题。庞大的体量标志着信息逻辑的复杂程度之高,传统的平台交互体系在应对本地化与区域性网络池化数据交互时尚可应对^[2],主要原因在于主次逻辑层级数较少,平台逻辑迭代运算能力可以完成此值域范围的信息交互运算^[3-4];但智能辅助信息交互平台与其不同,其接入的信息空间为广域信息空间,交互阈值范围已超出原有平台值域范围,主次逻辑迭代运算次数成倍增长,由此产生的误差^[5-6],非数字化技术不可修复,因此如何利用数字化技术解决此问题,已经成为当下相关研究人员的首要研究课题。数字化技术就是将信息通过网络技术、计算机技术和大数据技术,转换成数据形式的一种高科技技术,该技术在实现过程中可以进行度量数据化和数字化,实现数据和数字的二进制代码替换,最后将二进制化的数据传输到计算机,由计算机对数据进行处理,形成数据化信息技术。对此,本文提出基于数字化技术的智能辅助信息交互平台体系研究,利用数字化技术的标准性与逻辑秩序性,对平台体系进行全局优化。

1 数字化优化实现

1.1 交互信息的数字化分析

根据智能交互平台数据主次逻辑对其进行交互信息的数字化分析处理,通过数字化分析将其结构特征与数字化结构特征之间差量加以梳理,便于后期进一步优化,同时也是完成平台设计中数字化分析功能的设计,具体分析过程如下。

给定接入平台的交互信息数据流,数字化分布对应的信息交互属性组合 n 个组合,即交互信息数字化的初始交互逻辑单元表示为

$$o_{set} = \{o_1, o_2, \dots, o_n\} \quad (1)$$

$$o_i = \{i, \text{hashkey}, \text{visi}, \text{maxlife}, \text{hits}, \text{size}, \text{replace}, \text{requesttime}, \text{currenttime}\} \quad (2)$$

式中, o_{set} 代表交互信息数据交换属性之间的 Qstyp 集合^[7]; o_i 代表对应信息流的组合项; i 代表交互信息交互资源的可交换关联词属性。对接入信息数据进行可靠度计算,分析数字关联规则特征系数之间的关联属性,并对数字关联属性映射关系进行函数描述,得到

$$F_i = \frac{C_s + \frac{C_1}{bw_s}}{\text{SIZE}_i} \times (\lambda_i)^{C_2} \quad (3)$$

其中, λ_i 代表交互信息数字化区域主次逻辑系数,采用 QoS 数字化关联集^[8],采用无需动态组合方式寻找最优组合,完成交互信息数字化的主次逻辑分析处理,其过程如图 1 所示。

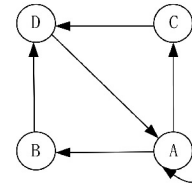


图 1 交互信息数字化的主次逻辑分析处理过程

Fig. 1 Primary and secondary logic analysis and processing process of digitalization of interactive information

假设参与处理的交互信息数字化信息流有 n 组,标记为 $V = [v_1, v_2, \dots, v_n]$, 其中 V 是向量集合形式,代表一个交互信息的组合过程,在交互信息数字化分析的 Web 组合处理中^[9],可利用数字化三元组模型对其生成的 CS 集^[10]进行表示,交互信息数字化分析的熵融合特征系数,可通过对应数字化指标体系计算获得,计算公式为

$$f_{ij} = w_t \delta_t + w_c \delta_c + w_q \delta_q + w_s \delta_s \quad (4)$$

式中, $w_t + w_c + w_q + w_s = 1$ 。 t 代表交互信息数字化特征转换所用时间 (time), c 代表数据流数字化交互过程中的资源转换损耗 (cost), q 代表 QoS 数字化转换质量 (quality), s 代表交互信息交互过程中主次信息逻辑变量的安全性 (security) 特征。由此得到交互信息数字化分析的最优系数量的载入模型为

$$Mi = L_m + \frac{N \times 0.3 - \sum f_{less}}{f_m} \times \text{width} \quad (5)$$

式中, Mi 代表数据全局分析尺度, L_m 代表数字化信息流逻辑特征的分布集合, f_m 代表不同信息流节点之间的数字特征决策频数, f_{less} 代表交互信息流分布的簇内转换量, width 表代表交互链路位宽。定义 k_i 为交互信息数字化寻优的目标系数数量,其关系函数为

$$\text{Id}f_i = \log\left(\frac{N}{n_i}\right) \quad (6)$$

根据自适应特征搜索算法对数字化寻优过程建立交互信息主次逻辑样本集 $\{(x_i, y_i); \dots; (x_N, y_N)\}$, 在 D 维寻优空间中可知,输出的数字化信息流特征分布集为 $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, 其中第 i 个信息交互节点的相邻数字化转换向量为 $x = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id}), i = 1, 2, \dots, N$, 定义 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id})$ 代表信息交互过程中被请求次数的函数,根据请求次数确定最优组合优化, x_{id} 代表标识符为 id 的设备在离散时间的某种状态变量。 v_{id} 是 v_{id} 在离散时间序列的取值。得到交互信息数字化寻优特征系数为

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial w} = 0 &\rightarrow w = \sum_{i=1}^N \alpha_i \varphi(x_i) \\ \frac{\partial L}{\partial b} = 0 &\rightarrow \sum_{i=1}^N \alpha_i = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial e_i} = 0 &\rightarrow \alpha_i = \gamma e_i \\ \frac{\partial L}{\partial \alpha_i} = 0 &\rightarrow w^T \varphi(x_i) + b + e_i - y_i \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中, $i = 1, \dots, N$ 通过数字关联规则进行映射采用挖

据^[11-12],得到交互信息数字化交互主次逻辑请求的迭代函数为

$$v_{id}(t+1) = \omega v_{id}(t) + c_1 r_1 (p_{id} - x_{id}(t)) + c_2 r_2 (p_{pg} - x_{id}(t)) \quad (8)$$

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1) \quad (9)$$

$$\begin{cases} v_{id} = v_{max} & v_{id} > v_{max} \\ v_{id} = -v_{max} & v_{id} < -v_{max} \end{cases} \quad (10)$$

v_{id} 和 x_{id} 是标识符为id的设备的变量。 p_{pg} 是功率相关的变量。

对其数字化分析寻优过程进行泛化处理,经过泛化处理信息流的主次逻辑关系及其差量关系更为清晰,泛化处理的目标函数描述为

$$J_1(w^T e) = \frac{\mu}{2} w^T w + \frac{1}{2} \gamma \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (11)$$

式中, $\Phi(\cdot)$ 代表交互信息数字化转换的核空间映射函数; w 代表数字特征CS组合的加权系数; e_i 代表交互信息的主次逻辑差量。

1.2 数字化处理环节

完成数字化分析过程后,根据分析逻辑对其进行数字化处理,通过数字化处理确定差量关系及其优化系数,处理共分为4个环节,具体过程如下。

1) 拟合系数数字化控制

对于寻优空间中拟合系数不集中或存在多个参量扰动的情况,按照数字化交互空间的高斯效应,对其进行高斯滤波,将空间中邻域系数数量进行拟合汇总,以此提升拟合精度,并设定数字化拟合阈值,用于特定拟合状况或数字化节点位置的质心位置控制,以此实现数字化拟合过程的控制。

2) 主次逻辑的数字化定义

定义一组 n 个精确对应属性 $c_1 = \{p_{1,m}, p_{1,s}\}, \dots, c_n = \{p_{n,m}, p_{n,s}\}$,得到数字转换过程中,主次逻辑变量之间的旋转矩阵 R 与平移向量 T 为

$$\arg \min \sum_{i=1}^n \|p_{i,s} - R \cdot p_{i,m} - T\|^2 \quad (12)$$

其中向量属性及其系数可由最小二乘估计计算获得。

3) 数字化ICP姿态配准

利用迭代最近点算法完成数字化ICP姿态配准,具体操作流程如下。

① 将寻优组合与数字化转换模型节点 P' 和 Q ,定义为注册的初始点集;

② 对寻优组合 P' 中的任意一点 p_i ,在数字化转换模型节点 Q 中寻找最小距离点 q_i ,并将其设定为模型映射点,同时建立映射属性关系;

③ 通过方向向量阈值对其正确性进行验证,提出错误关系对应点;

④ 调整旋转矩阵 R 与平移向量 T 各自参量,获得全局映射点之间的最小欧式均方误差;

⑤ 将寻优组合 P' 点与最小欧式均方误差映射的 P' 点进行欧氏距离误差计算。给定某一阈值 ε 与最大迭代

次数 N_{max} ,若迭代次数大于 N_{max} 或者误差小于阈值 ε 时迭代终止,反之不断循环上述步骤,直至满足收敛条件。

4) 数字化转换验证

对匹配后的位置姿态进行假设验证,验证以数字化位置姿态作为验证映射点FPs(false Positive)保留TPs(true positive)节点,以此确保数字化ICP姿态配准的准确。

1.3 数字化信息自适应辅助优化设计

完成上述数字化优化后,平台辅助信息交互的主次逻辑优化基本完成,为了使平台交互过程的数字化效果能够稳定输出,对其进行数字化信息自适应辅助优化。将数字化优化后的交互信息流设定为 N ,其中包含输入信息流与输出信息流。则输入信息流与输出信息流之间的数字化关系可以表达为

$$y_n(t) = (f_n \cdot x_n)(t) = f_n[x_n(t)] \quad n = 1, \dots, N \quad (13)$$

式中, x_n 与 y_n 分别代表第 n 个数字优化交互信息流的输入和输出。

将全局交互信息流的连通量的集合定义为 L ,则其对应的连接关系: out_l 代表链路 l 的输出交互系数; in_l 代表链路 l 的输入交互系数; I_n 代表第 n 个数字优化交互信息流的输入连接集合; O_n 代表第 n 个数字优化交互信息流的输出连接集合。

令平台与外部信息 $u_n(t)$ 的关系为

$$x_n(t) = u_n(t) + \sum_{l \in I_n} \alpha_l y_{out_l}(t) \quad n = 1, \dots, N \quad (14)$$

式中, α_l 代表连接值的加权系数。由此可得

$$y_n(t) = f_n[u_n(t) + \sum_{l \in I_n} \alpha_l y_{out_l}(t)] \quad n = 1, \dots, N \quad (15)$$

对其连接权值 α_l 进行修正,使得信息交互性能指数 $E(y_1, \dots, y_n; u_1, \dots, u_n)$ 最小,以达到自适应优化效果。

式(15)所表述的优化为一个多类型自适应神经网络,其结构如图2所示。

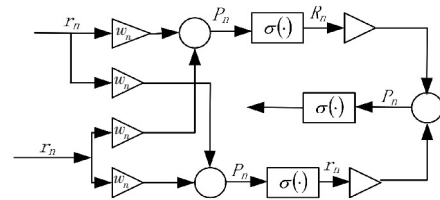


图2 数字化信息多类型自适应神经网络结构

Fig. 2 Multi type adaptive neural network structure for digital information

图2中,各结构参量之间的函数关系为

$$p_n = \sum_{s \in D_n} w_s r_{pre_s} \quad (16)$$

$$r_n = \sigma(p_n) \quad (17)$$

若令

$$\Phi_n = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \sum_{s \in A_n} w_s^2 = \sum_{s \in A_n} w_s \dot{w}_s \quad (18)$$

则最终自适应优化输出函数可以描述为

$$\dot{w}_s = r_{pre_s} (\Phi_{post_s} \sigma(-p_{post_s}) + \gamma F_{post_s}) \quad (19)$$

式中, n 代表神经节点 s 为神经节点的神经中枢; D_n 代表

输入神经中枢链的集合; A_n 代表输出神经中枢链的集合; pre_s 代表神经中枢链的前段神经节点; $post_s$ 代表神经中枢链的后段神经节点; w_s 代表中枢链加权系数; p_n 代表神经节点交互系数; r_n 代表神经节点的激发率; γ 代表神经节点的远端反馈系数; F_n 代表远端反噪声; σ 为 S 函数, 且 $\sigma(x) = 1/[1 + \exp(-x)]$ 。

2 应用测试

以对比的方式进行仿真测试,其目的在于对提出平台优化效果进行指标化测试分析^[13-14]。通过与大数据优化下的信息交互辅助平台、语义语境特征分析下的信息交互平台优化的仿真测试,获得同一参量环境下的指标数据,并对其进行分析得出的测试结论。为了仿真过程描述得简洁,对参与仿真的平台进行简称标记,按照顺序分别标记为样本平台 A、对比平台 B、对比平台 C。

2.1 测试条件设置

为了测试设计平台在实际信息交互应用中的真实性能指标,选取一处信息交互中心第3季度的系统交互数据作为测试样本。样本数据的交互时间间隔为 80 s,数据结构属性分布长度 1 800,主次信息特征训练集规模为 350,仿真工具创建场景对样本数据的调度码元宽度为 0.15 ms。根据设定参量及其条件,仿真工具生产测试环境如图 3 所示。

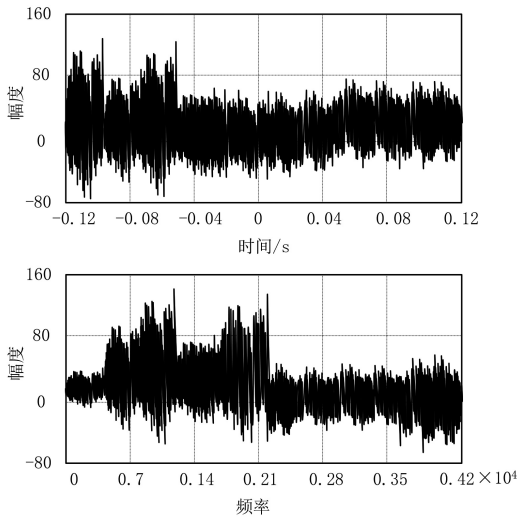


图 3 仿真测试参量模拟数据环境

Fig. 3 Simulation test parameters simulation data environment
在上述测试环境下,对其参测平台的交互性能进行测试。

2.2 交互实时性测试

基于上述测试环境与测试样本,得到样本平台 A、对比平台 B、对比平台 C 的数据交互实时性测试指标,如图 4 所示。

通过对图 4 中 3 种不同平台的实时性曲线分析可以发现,对比平台 B 与对比平台 C 的实时性波动较大,其中存在具备交互抖动剧烈的问题,虽然整体连续性不错,但是整体交互延时较高,不足以保证实际应用时的数据对接;反观样本平台,整体连续性良好,波动适中,符合数据

流变化特征,且没有剧烈抖动,数据交互延时方面能够控制在 0.65 ms 以下,指标值表现出色^[15-18]。综上所述,信息交互平台数据交互实时性测试中,样本平台 A 的实时性最佳,对比平台 C 次之,对比平台 B 最差。

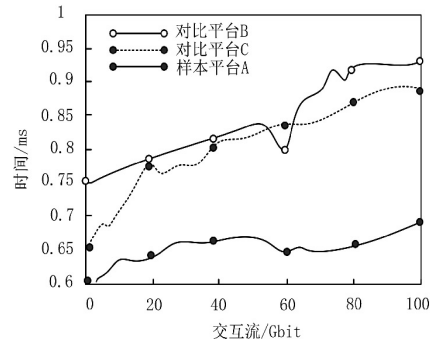


图 4 信息交互平台数据交互实时性测试结果

Fig. 4 Real time testing results of data interaction on the information exchange platform

2.3 信息交互平台召回指标测试

基于上述测试条件与变量,完成信息交互平台召回指标测试。测试结果如图 5 所示。

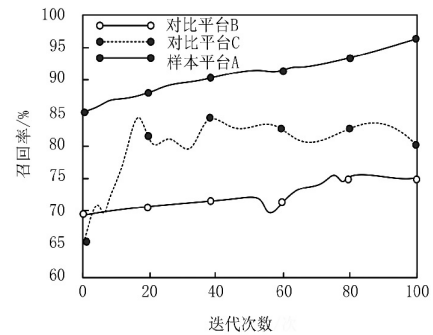


图 5 信息交互平台数据交互实时性测试结果

Fig. 5 Real time testing results of data interaction on the information exchange platform

根据图 5 中的召回率曲线显示可知,3 种平台的召回率按照从高到低的排列顺序为样本平台 A>对比平台 C>对比平台 B;其中对比平台 C 的召回率虽然优于对比平台 B,但是其波动较大,仅从召回指标值单方面优于对比平台 B。而样本平台 A 不仅波动较小,且最高召回率达 96%,说明样本平台 A 的性能最优。

2.4 信息交互准确性测试

基于上述两组测试数据及其样本环境参量,对提出平台交互准确性进行数据统计,为了保证统计数据的客观性,同时对对比平台 B 与对比平台 C 的交互准确性数据一同进行统计。统计过程中,按照随机抽取的方式,每 2 ms 抽取一组交互准确性数据值,连续抽取 15 组数值,生成表 1,通过对比表 1 数据得出测试结论。

通过对表 1 数据的对比可以直观看出,样本平台 A 的最高正确率达 97.86%,且样本平台 A 的随机 15 组交互准确率指标值均高于对比平台 B 与对比平台 C,说明提出平台在误差修正方面的优化效果显著,且整体数值之间

的差值较小,从侧面说明了优化效果的稳定性可信度高。基于上述两点可以做出样本平台 A 的信息交互准确度最好的测试结论。

表 1 平台信息交互准确性对比结果

Tab. 1 Comparison results of platform information interaction accuracy

测试组	交互准确率/%		
	样本平台 A	对比平台 B	对比平台 C
1	97.62	87.62	83.62
2	97.62	84.26	87.12
3	97.73	84.62	84.32
4	97.72	87.32	84.32
5	97.84	86.59	83.59
6	97.68	87.62	84.76
7	97.66	88.42	89.16
8	97.62	88.64	88.16
9	97.64	84.62	87.62
10	97.68	87.32	89.15
11	97.62	86.59	89.43
12	97.66	84.62	88.42
13	97.74	84.62	87.22
14	97.76	87.32	87.26
15	97.86	86.59	84.26

3 结论

利用数字化技术对辅助信息交互平台存在的交互能力低,信息交互误差大的问题进行了优化处理,在根源上修正了误差产生的变量环境,为信息交互平台的智能化与数字化研究与开发,提出了一条可行性探索道路。从优化过程的参量变化及其仿真测试数据可以看出,提出平台体系的优化具有较强的误差修正能力,但是从局部变量的约束方面可以看出,提出平台优化体系是建立在特定条件下的,换言之,提出优化体系的适应性并不完善,还有提升

空间。因此需要日后相关研究人员在适应度参量的优化上进行深入研究,使提出平台系统优化效果更加完善。

参考文献

[1] 吴汀昕. 面向智慧医疗的健康档案信息共享与交互平台设计[J]. 网络安全和信息化, 2024(10):113-115.

[2] 汪鑫, 李建敏. 高校数字化教学资源平台建设与管理研究[J]. 内江科技, 2023, 44(2):10-11.

[3] 李立红. 基于虚拟现实交互技术的船舶数字化服务平台设计[J]. 舰船科学技术, 2024, 46(11):182-185.

[4] 刘甜甜, 彭放, 卢伟龙, 等. 基于 YOLOv7 的智能电网外部安全帽佩戴风险因素识别与检测[J]. 电测与仪表, 2024, 61(12):42-48.

[5] 赵明鸣. 基于数字化聚合交互平台的客户身份识别与风险管理[J]. 上海信息化, 2024(9):44-47.

[6] 邓泽娟, 梁友苦, 李家明, 等. 元宇宙沉浸式多人交互平台的设计与实现[J]. 大众科技, 2024, 26(3):16-20.

[7] 李元军, 王超, 杨永浩. 生产数字化交互平台建设及探索[J]. 山东煤炭科技, 2024, 42(4):179-182,186,191.

[8] 胡强, 张娜, 朱朱元. Web 端与移动端应用平台技术融合的研究[J]. 芜湖职业技术学院学报, 2023, 25(4):54-58.

[9] 彭菲菲. 元宇宙视域下虚拟社区参与式交互平台构建[J]. 美与时代(上), 2023(12):112-115.

[10] 白岩, 孟祥民, 迟盛元, 等. 基于深度学习的“微型灯塔工厂”物理和虚拟交互平台设计[J]. 机床与液压, 2024, 52(8):92-97.

[11] 徐杰, 高海康, 吴志强, 等. 数字化试验云平台技术探索与应用[J]. 数字技术与应用, 2023, 41(10):217-219.

[12] 刘金凤, 卢迪, 兰朝凤, 等. 深度挖掘教学数据信息的软件类交互平台[J]. 高师理科学刊, 2023, 43(5):91-95,110.

[13] 李杰, 毕乃祥, 李静. 智能机器人多媒体信息融合平台研发及应用[J]. 工业控制计算机, 2024, 37(6):66-67,70.

[14] 张毅, 尹春林, 蔡军. 混合脑电信号及视觉信息的智能轮椅人机交互系统[J]. 智能系统学报, 2016, 11(5):648-654.

[15] 冯银辉, 秦泽宇. 基于综采集控平台的智能辅助决策系统研究[J]. 煤炭技术, 2023, 42(1):241-245.

[16] 符国晖, 李福权, 廖永浩. 基于 BIM 技术的变电站信息数字化管理系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(5):145-148,172.

[17] 杜毅博, 张乘风, 巩师鑫. 基于 OPC UA 的智能化综采工作面信息模型[J]. 工矿自动化, 2022, 48(2):42-48.

[18] 王雷, 楚明月, 王晓华, 等. 基于随机森林的智能变电站一次侧设备运行状态监测方法研究[J]. 电测与仪表, 2024, 61(7):184-190.

(上接第 146 页)

[5] 李秀峰, 李胜, 梁妙元, 等. 基于多通道的水电站安全数据采集传输方法[J]. 计算机应用与软件, 2023, 40(5):124-128,183.

[6] 王龙翔, 董凯, 董小社, 等. 面向虚拟数据空间的轻量级安全传输方法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(4):108-113.

[7] 张杰, 杜金华, 刘立, 等. 水下通信网络中基于公钥加密体制的安全数据传输方法[J]. 小型微型计算机系统, 2023, 44(8):1805-1811.

[8] 陈孝如, 邢萧飞. 基于点群聚类的网络涉密信息安全传输仿真[J]. 计算机仿真, 2022, 39(4):357-360,481.

[9] 安达, 马方超, 郭敏, 等. 边缘计算中数据传输的可用性及安全性分析[J]. 信息安全, 2021(S1):243-246.

[10] 王文天, 姜小涛, 葛磊蛟, 等. 基于 URLLC 的分布式光伏运维数据传输技术[J]. 中国测试, 2021, 47(11):127-133.

[11] 叶维裕, 陈景. 基于区块链技术的船舶监控数据安全传输系统[J]. 舰船科学技术, 2021, 43(20):154-156.

[12] 纪芳. 混沌理论的舰船图像安全传输加密算法[J]. 舰船科学技术, 2021, 43(18):187-189.

[13] 张广大, 任清华, 樊志凯. 多跳协同中继网络下物理层安全传输方案[J]. 信号处理, 2021, 37(8):1541-1549.

[14] 陈宏君, 蒋建军. 基于光通信技术的物联网数据加密技术研究[J]. 激光杂志, 2021, 42(5):116-119.

[15] 叶靖祺, 时玉梅, 邵君珺. 区块链技术支持下的医院财务数据交换系统安全性技术研究[J]. 自动化技术与应用, 2025, 44(9):143-148.

[16] 陈艺, 江芝蒙, 张渝. 云系统中基于同态哈希认证的大数据安全传输[J]. 计算机工程与设计, 2021, 42(5):1250-1256.