基于粒子群优化算法的数字化手术室电子信息共享系统设计

鲁 月 蒋晋鹏 曹美琴 金 钰 吴千金

（东部战区总医院秦淮医疗区 南京 210000）

〔摘要〕 提出建立基于粒子群优化算法的数字化手术室电子信息共享系统，详细阐述系统框架、软件设计，分析实验结果，指出该系统共享时间较短、CPU 利用率较高、共享效果较好。

〔关键词〕 粒子群优化算法；数字化手术室；电子信息；共享系统

〔中图分类号〕R－058 〔文献标识码〕A 〔DOI〕10.3969/j.issn.1673－6036.2022.09.016

Design of an Electronic Information Sharing System in Digital Operating Room Based on Particle Swarm Optimization Algorithm

LU Yue, JIANG Jinpeng, CAO Meiqin, JIN Yu, WU Qianjin, Qinhuai Medical District, General Hospital of Eastern Theater Command, Nanjing 210000, China

〔**Abstract**〕 The paper proposes to establish an electronic information sharing system in digital operating room based on Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm, elaborates the system framework and software design in detail, analyzes the experimental results, and points out that the system has a short sharing time, high CPU utilization, and good sharing effect.

〔**Keywords**〕 Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm; digital operating room; electronic information; sharing system

1 引言

1.1 研究背景

20 世纪 90 年代美国一家医院设立了对手术室影像设备进行集成控制的数字化手术室[1]。随着我国医疗技术的不断发展，信息技术应用于数字化手术室中进而开展远程医疗服务，成为实现服务信息化的重要手段之一[2]。数字化手术室电子信息共享系统的搭建，不仅能够增进医生之间的学术交流，还能够有效记录手术全过程，实时提供患者数据，充分实现数据共享。

〔修回日期〕 2021－12－17

〔作者简介〕 鲁月，工程师；通信作者：蒋晋鹏。

1.2 相关研究

有学者[3]设计基于 WebGIS 的数字化手术室信息集成与共享系统，该系统在进行数据共享时耗时较长。高昆仑、杜峰和王延昭[4]设计基于中国北斗卫星导航系统（BeiDou Navigation Satellite System，BDS）卫星无线电定位系统（Radio Determination Satellite System，RDSS）的信息共享系统，其运行时中央处理器（Center Processing Unit，CPU）利用率较低。陈关清、李逸和杨群等[5]设计基于浏览器/服务器（Browser/Server，B/S）体系的数字化手术室信息共享系统，但是其信息共享效果较差。为解决上述信息共享系统在设计过程中存在的问题，本研究将粒子群优化算法应用到数字化手术室电子信息共享系统中，并通过仿真实验分析验证系统有效

性，以期为解决传统系统中存在的问题提供参考。

2 系统框架

2.1 存在的问题

综合分析目前手术室电子信息共享系统[6]可知，其主要存在以下 4 方面问题：一是存储中心化。随着医院自建小型数据库内医疗数据的不断叠加，信息存储中心化情况严重。二是存储孤岛化。信息存储中心化的后果是孤岛化。医院组织的异构数据不能兼容，为系统信息共享带来困难。三是安全威胁大。系统如果出现信息中心化趋势则整个共享系统中的医疗数据将存在被窃取、篡改的隐患，泄露风险较大。四是数据少。中心化和孤岛化会使医院数据库中出现大量异构数据进而导致共享数据量下降。数据无法实现共享将会给医生问诊带来困难。

2.2 设计目标

针对上述问题，使用区块链理论建立数字化手术室的电子信息共享系统，其设计目标如下：系统处理过程需要包含用户注册、信息管理、医生问诊记录、患者授权等。用户分为患者、医生以及系统管理员等类别，并为其建立各自所属的身份管理链接码。系统数据库在建立时需要进行相关安全操作。

2.3 建立系统框架（图 1）

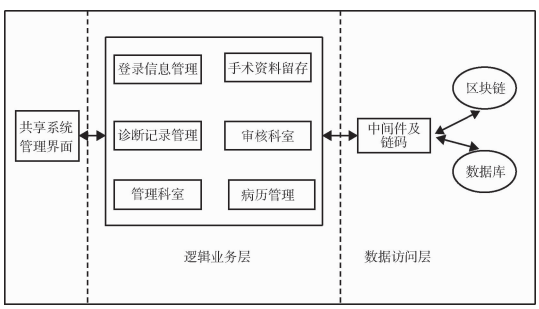

图 1 数字化电子信息共享系统整体框架设计

2.3.1 *系统表示层* 由系统前端操作页面组合形成。不同用户以不同身份登录后会进入所属导览页面，用户可直接进行相关操作。该层所有用户均可访问。

2.3.2 *逻辑业务层* 主要负责用户登录、病历管理[7]、审核科室、管理科室以及手术资料保存等操作，该层只有管理员和医生可以访问。

2.3.3 *数据访问层* 在系统的数据管理层中需要使用相应中间件解调对应链码，从而完成不同用户、不同区块链的操作，该层需要以管理员身份管理。

2.4 系统模块设计（图 2）

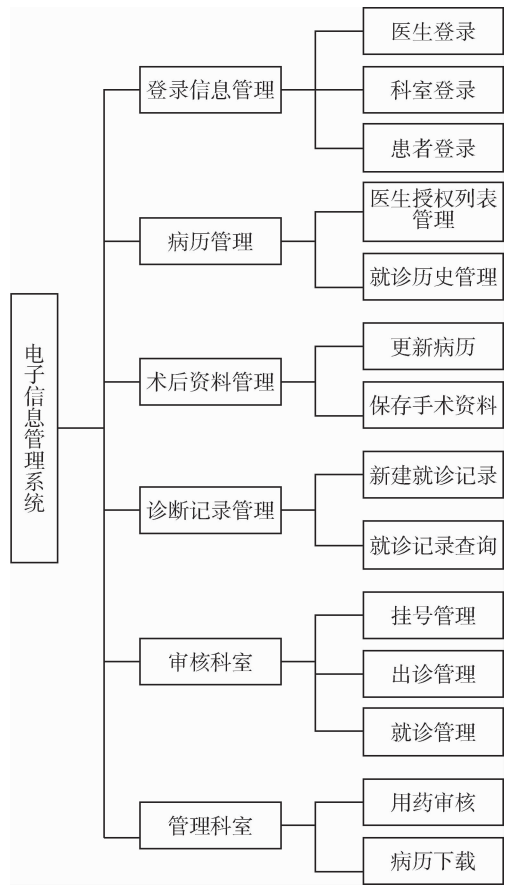

图 2 数字化手术室电子信息共享系统各模块设计

2.4.1 *登录* 系统基础模块，主要负责用户的注册、登录以及个人信息管理等工作。

2.4.2 *就诊记录* 主要功能是简化医生、患者之间管理。医生在手术前需要掌握患者病历、检验、检查等相关信息，以便进行精确诊断。

2.4.3 *病历管理* 通过该模块医生在患者手术过程中可以方便地查看其病历与检验、检查信息。

2.4.4 *手术资料保存* 手术完成后医生需要填写完整手术记录并保存手术过程影像，以供后续开展

培训、学术交流等活动使用。

2.4.5 科室管理 科室管理较为复杂，该功能模块主要负责对数字化手术室内全部医生及患者进行管理，还要在手术前对患者病历负责医生进行审核。

2.5 系统运行流程

针对所有模块具体功能设计该系统工作流程。数字化手术室[8]电子信息共享系统的共享流程可分为初始化、术前准备以及手术 3 个阶段，涉及科室管理员、医生以及患者 3 类用户。具体流程如下：一是初始化，该阶段包括用户登录、注册以及初始化系统参数等。二是术前准备，主要进行科室管理员审核，科室管理员通过对医生列表以及患者诊断记录进行严格审核，做好人员调配、手术准备等工作。三是手术阶段，医生调出患者就诊记录以及病历做最后确认后方可进行手术，并同步保存手术影像。

3 软件设计

3.1 概述

信息集成化管理平台设计完成后可作为数字化手术室电子信息共享系统的软件使用。充分考虑传统共享系统中存在的问题，根据设计目的建立整个系统框架，并将信息共享平台划分层级，通过各层级之间的配合，实现电子信息共享，见图 3。

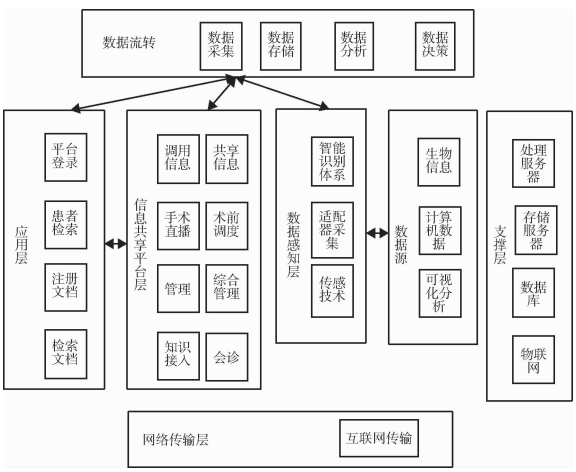

图 3 软件实现平台

3.2 支撑层实现

3.2.1 实现流程 当用户登录后，平台上会列出该用户系统使用具体情况。用户将文件写入系统中，平台在收到指令后会将该项操作写入文件。实现流程如下：用户在平台内添加相关信息，平台接收后将其写入请求。通过该平台接收写入请求，并将信息整合为数据块写入平台日记中，使用调用函数建立新文件夹专门留存用户写入、接收的信息。当用户读取所需信息时需要通过平台指令将信息存入本地磁盘，过程如下：接收读取请求，使用调用函数将接收读取请求发往平台；平台通过节点接收请求，寻找信息资源位置建立读入流，再次通过节点发送读取命令；用户接收到命令后，使用函数建立连接监控，整合数据后发往用户终端，完成文件读取。信息写入平台后会在系统上显示，显示过程中将 user 作为存储地址，使用 input - c. txt 查阅文件。

3.2.2 数据库优化 数据库作为支撑层中的重要组成部分，需要使用粒子群和优化算法对库中数据进行共享优化。一是挖掘数据特征。对支撑层数据库进行数据共享优化时需要对数据库进行模糊迭代以及自适应学习。设定数据的紧密度指标为 RT_1 和 RT_2，选定数据库中第 k 个数据的关联节点进行粒子群优化处理，获取数据的变异概率分布，过程如下式所示：

$$p_D = k\frac{4}{3}\pi R^2/V \tag{1}$$

式中，数据的变异维数为 R，粒子移动速度为 V，变异概率分布为 p_D，关联半径为 π。基于粒子群迭代技术对数据库内全部数据进行量化特征分解，依据粒子的个体差异性，对该系统支撑层内的数据库进行计算，获取数据特征，结果如下式所示：

$$\begin{cases} R_k = F_Z(\lambda t_k^0) - F_Z(t_k^0) \\ S(x) = \dfrac{F_{Z\max} - F_{Z\min}}{R_k} \end{cases} \tag{2}$$

式中，量化数据特征标记 R_k，量化系数为 λ，系统数据库为 F_Z，获取的数据特征为 $S(x)$，数据的迭代次数为 t_k。

二是粒子群寻优。设定数据的相关规则为 a_k，特征量为 s_k，通过计算获取数据库搜索空间的可视化特征，过程如下式所示：

$$\begin{cases} \Phi(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{jwx} dx = E[e^{jwx}] \\ p_k = \begin{bmatrix} N-1 \\ k \end{bmatrix} \Phi(w) p_{2D}^{k} (1-p_{2D})^{N-1-k} \end{cases} \tag{3}$$

式中，数据可视化特征标记 $\Phi(w)$，相关数据集标记 $f(x)$，第 x 个数据的概率密度为 dx，数据库集合为 E，常数为 e，且常数内各类参数用 j、w、x 表示；数据总量为 N，数据的关联节点为 k，获取的数据最优位置分布标记 k，惯性权重为 w。通过数据的共享化调度，提取获取数据学习因子的变化规律以及数据的优化结果，过程如下式所示：

$$\begin{cases} \begin{cases} c_1 = c_{1\,ini} - (c_{1\,ini} - c_{1\,fin})(t/T_{\max}) \\ c_2 = c_{2\,ini} - (c_{2\,fin} - c_{2\,ini})(t/T_{\max}) \end{cases} \\ \alpha = \dfrac{c_1 + c_2}{(N-1)(\pi R^2/A)} \end{cases} \tag{4}$$

式中，学习因子 c_1 和 c_2 的初始值标记 $c_{1\,\mathrm{ini}}$、$c_{2\,\mathrm{ini}}$，寻优值标记 $c_{1\,\mathrm{fin}}$、$c_{2\,\mathrm{fin}}$，数据的优化结果为 α，最大迭代次数为 $T_{\max}$，优化数据总量为 A。依据上述计算结果，完成数字化手术室电子信息共享设计支撑层的数据库优化。

3.3 应用层设计

3.3.1 *平台登录* 用户需依据提示在医院内网中进行搜索，对该系统平台进行访问，进入系统后需严格按照相关要求，填写注册信息，完成登录。

3.3.2 *患者检索* 用户进入平台后，直接进入患者检索页面，根据页面提示添加搜索项和搜索值，可显示患者详细病历。若无相关病历结果，则需要通过高级检索进一步搜索。若患者病历不存在，页面会显示该项信息为错误信息。

3.3.3 *文档注册* 在该界面中，医院相关科室需严格按照规定输入文档名称、手术类型、文档所属患者 ID、主刀医生等信息，创建文档并完成注册。注册成功后，医生可在术前对该患者情况进行精准查询。

3.3.4 *检索文档* 医生在系统平台主页面点击“检索文档”，进入搜索页面，依据搜索值以及搜索项，精准查找患者信息。

4 仿真实验分析

4.1 测试方法

分别采用本文提出的基于粒子群优化算法的数字化手术室电子信息共享系统（方法 1）、文献[3]提出的基于 WebGIS 的信息共享系统（方法 2）、文献[4]提出的 BDS RDSS 信息共享系统（方法 3）进行测试。

4.2 共享时间测试

在信息共享过程中，共享时间的长短会影响系统运行性能。在医院内部数据库中选定 2 000 条数据并分为 5 组，且 1 组和 5 组中存在带有噪声的杂乱数据。采用方法 1、方法 2 以及方法 3 对选定数据进行信息共享，对 3 种系统的共享时间进行测试，见图 4。分析结果可知，本文提出的方法在进行数据共享时所耗费时间低于其他两种设计方法。由于 1 组和 5 组中具有带有噪声的杂乱数据，数据在共享过程中耗费时间要高于其他 3 组，本文所提方法在噪声数据干扰下检测出共享数据所耗费时间依旧低于其他两种设计方法。方法 2 检测出的数据共享时间低于方法 3，但是高于方法 1。整体来看本文所提设计方法的共享时间最短，方法 2 次之，方法 3 最差。

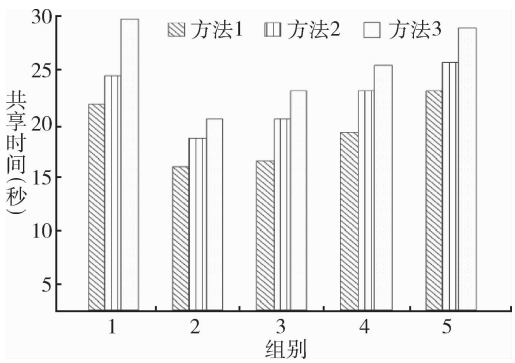

图 4 不同系统共享时间测试结果

4.3 CPU 利用率测试

服务器的运行温度以及功率都会对系统 CPU 利

用率产生影响，采用方法 1、方法 2 以及方法 3 进行数据共享，对 3 种系统运行过程中的 CPU 利用率进行测试，见图 5。分析结果可知，测试 CPU 利用率时系统运行功耗产生的影响要大于系统服务器温度产生的影响。系统服务器温度越高，检测出的 CPU 利用率越差。服务器在 20℃时，3 种系统检测出的 CPU 利用率无较大偏差，随着温度的不断上升偏差逐渐拉开。本文的设计方法随着系统运行功耗的不断增加，检测出的 CPU 利用率持续高于其他两种设计方法。这主要是因为在设计共享系统时使用粒子群优化算法对软件平台中的数据库进行共享优化。

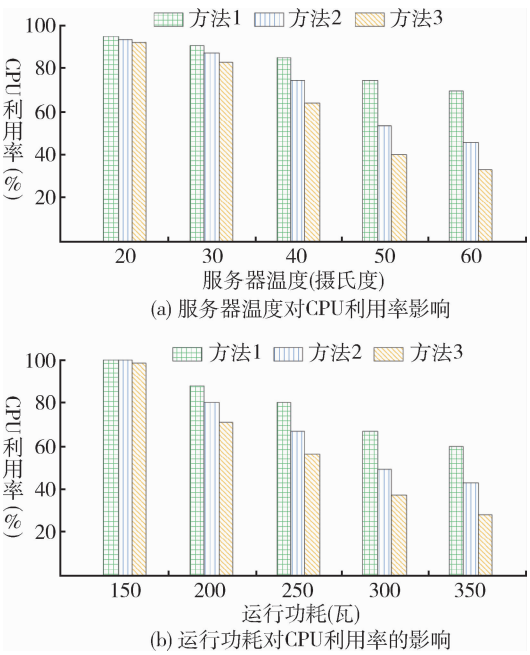

图 5 不同系统 CPU 利用率测试结果

4.4 共享效果测试

基于上述实验结果，对 3 种信息共享系统的共享效果进行测试，见图 6。分析结果可知，随着测试时间的不断增加，3 种共享系统的共享效果出现不同程度的下降。本文所提共享系统检测的信息共享效果自检测初期就高于其他两种共享系统，并且随着检测时间的增长，检测出的效果持续稳定在 80% 左右。

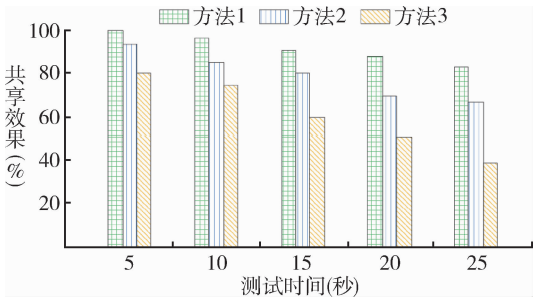

图 6 不同共享系统的共享效果测试结果

5 结语

手术室是医院最重要的科室之一，对医院运行影响较大。数字化手术室的出现给医生交流、培训等活动带来便利。针对传统信息共享系统中存在的问题，本文提出基于粒子群优化算法的数字化手术室电子信息共享系统方法。该方法在设计软件平台时尚存在一定问题，有待进一步优化完善。

参考文献

1 林秀华，苏增标，施美蓉，等. 输血管理信息系统在智能数字化手术室建设中的应用［J］. 中国医学装备，2019，16（4）：117－120.

2 崔楠，顾海，赵俊，等. CAS 理论视角下我国远程医疗服务运行机制研究［J］. 中国卫生事业管理，2019，36（5）：321－324，344.

3 董通，努尔麦麦提·艾尔肯，蒋平安，等. 基于 Web-GIS 的新疆绿洲农田土壤信息集成与共享系统设计［J］. 土壤通报，2020，51（3）：538－544.

4 高昆仑，杜峰，王延昭. BDS RDSS 位置信息共享系统设计［J］. 导航定位学报，2019，7（3）：57－62.

5 陈关清，李逸，杨群，等. 贵州省气象科技信息共享系统的设计与实现［J］. 中低纬山地气象，2019，43（1）：64－68.

6 成连华，王昌辉，李树刚，等. 企业系统内部安全信息共享过程影响因素分析［J］. 安全与环境学报，2019，19（1）：65－70.

7 孙慧子，董晓明，魏爽，等. 新型冠状病毒肺炎疫情下病案管理的 SWOT 分析及策略［J］. 中国医院管理，2020，40（9）：56－58.

8 赵林. 数字化手术室的建设及管理［J］. 齐鲁护理杂志，2019，25（2）：7－8.