

基于人工脉冲神经网络的门诊静脉采血智能预约平台设计

胡诗玮, 李楠, 徐利

四川大学华西医院信息中心, 四川 成都 610041

【摘要】基于人工脉冲神经网络建立新型门诊静脉采血智能预约平台。在数据源整合处理模块中,基于脉冲神经网络设计局部递归的人工脉冲神经网络,实现多类型预约数据源的整合处理。在序列特征挖掘模块中,利用多层双向LSTM网络建立PDCA模型,提取门诊静脉采血预约数据的形态特征和语义特征,通过多层双向LSTM网络融合序列特征实体信息。在预约模块中,门诊静脉采血智能预约主要通过自助设备与互联网来完成,通过JavaScript编写自助设备与互联网页面的门诊静脉采血预约程序。平台数据库由多种数据表构成,具体包括医生信息表、预约时间点分配表等。平台性能测试结果显示,设计平台的数据库每秒查询率更高,最高可达到54239次,信息抽取准确率最高为98.60%。

【关键词】脉冲神经网络;门诊静脉采血;多层双向LSTM网络;PDCA模型;预约平台

【中图分类号】R318;TP311

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2023)03-0392-05

Design of an intelligent reservation platform for outpatient venous blood collection based on artificial spiking neural network

HU Shiwei, LI Nan, XU Li

Information Center, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Abstract: A novel intelligent reservation platform for outpatient venous blood collection is established based on artificial spiking neural network. In the data source integration processing module, a local recursive artificial spiking neural network is designed based on the spiking neural network to realize the integration of multiple types of reservation data sources. In the sequence feature mining module, a multilayer bidirectional LSTM network is used to establish a PDCA model for extracting the morphological and semantic features of the outpatient venous blood collection appointment data, and the sequence feature entity information is fused through multilayer bidirectional LSTM network. In the reservation module, the intelligent reservation of outpatient venous blood collection is mainly completed through self-service equipment and the Internet, and the outpatient venous blood collection reservation programs of the self-service equipment and the Internet page are written through JavaScript. The platform database is composed of various data tables, including doctor information table, appointment time point allocation table, etc. The platform performance test results show that the database query rate per second of the designed platform is higher. The highest queries per second reaches 54 239, and the information extraction accuracy is up to 98.60%.

Keywords: spiking neural network; outpatient venous blood collection; multilayer bidirectional LSTM network; PDCA model; reservation platform

前言

静脉采血在各个医院都是一个人流量较大的科室,高峰时段比较拥挤,病人往往需要等待较长时间

才能进行采血,科室的医疗服务质量欠缺^[1]。造成以上问题的主要原因在于病人的病情通常存在不确定性,导致就诊流量不均,形成高峰期和低谷期。在高峰期,就诊环境拥挤嘈杂,挂号现象多,候诊时间长;在低谷期,通常只有少量的病人,并且存在医生串岗或早退现象,使病人无法及时采血,造成不满情绪。因此有必要提高门诊静脉采血的医疗服务质量,实现门诊静脉采血的智能预约,提高病人的就诊效率。很多学者对门诊静脉采血智能预约问题进行研究,研发了多种智能预约平台或系统。邢娜等^[2]为拓展

【收稿日期】2022-11-23

【基金项目】国家老年疾病临床医学研究中心项目(Z20192014)

【作者简介】胡诗玮,助理工程师,研究方向:项目管理, E-mail: hushiwei@wchscu.cn

【通信作者】徐利,高级工程师,研究方向:通信工程, E-mail: xu-li@wchscu.cn

门户网站挂号途径,设计一种医院网站预约挂号系统,实现门诊患者预约挂号诊疗。李慧宁等^[3]针对医院传统症结-挂号问题,设计一种结合 MySQL 与 JavaWeb 的在线预约挂号系统,提高就医效率,降低维护就医秩序的工作强度。然而当前医院门诊静脉采血系统中的信息数据存在格式不统一的问题,为智能预约带来了一定制约。因此,本文设计了基于人工脉冲神经网络的门诊静脉采血智能预约平台,以期提高门诊静脉采血效率。

1 门诊静脉采血智能预约平台设计

1.1 数据源整合处理模块设计

基于人工脉冲神经网络设计数据源整合处理模块。在模块中,主要通过人工脉冲神经网络对多类型数据源进行分类,实现多类型预约数据源的整合处理^[4-5]。基于脉冲神经网络设计一种局部递归的人工脉冲神经网络,使用的核函数是 Inverse Multi-quadratic 核函数,由输入层、隐含层、上下文层以及输出层构成,其中上下文层与隐含层能够实现反馈连接^[6-7]。将多类型预约数据源作为输入信号输入至输入层中,隐含层的输出脉冲能够与上下文层联合实现即时反馈,并与输入脉冲构成联合脉冲序列实施各种预约数据的分类计算,其中输入脉冲是由输入层发出的。接着通过输出层对预约数据的分类结果进行输出^[8]。通过输出的各种预约数据包括时间数据、空间数据等提高平台检索效率。

在局部递归的人工脉冲神经网络中,脉冲神经元输出和输入的离散脉冲的表现形式是脉冲序列,因此需要对离散的脉冲时刻进行转换,将其转换为连续的脉冲序列^[9-11]。用 $T = [O, t]$ 表示一个时间区间,假设在该区间内,脉冲神经元共发放了 M 个离散秒冲,构成一个脉冲序列,用 A 来表示,具体如下所示:

$$A = \{a^k \in T, k = 1, 2, \dots, M\} \quad (1)$$

式中, a^k 表示第 k 个离散秒冲。可将式(1)形式化表示为式(2):

$$A(a) = \sum_{j=1}^M \chi(a - a^j) \quad (2)$$

式中, a^j 表示第 j 个离散秒冲; $\chi(\cdot)$ 表示 Dirac 函数。 $\chi(\cdot)$ 的表达式为式(3):

$$\chi(a - a^j) = \begin{cases} 1, & \text{if } a - a^j = 0 \\ 0, & \text{if } a - a^j \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

根据式(2),可以将局部递归的人工脉冲神经网络的理想输出脉冲序列、实际输出脉冲序列以及实际输入脉冲序列形式化表示为式(4):

$$\begin{cases} A_f(a) = \sum_{f=1}^F \chi(a - a^f) \\ A_g(a) = \sum_{g=1}^G \chi(a - a^g) \\ A_h(a) = \sum_{h=1}^H \chi(a - a^h) \end{cases} \quad (4)$$

式中, $A_f(a)$ 表示理想输出脉冲序列; F 表示理想输出脉冲的个数; a^f 表示第 f 个理想输出脉冲; $A_g(a)$ 表示实际输出脉冲序列; G 表示实际输出脉冲的个数; a^g 表示第 g 个实际输出脉冲; $A_h(a)$ 表示实际输入脉冲序列; H 表示实际输入脉冲的个数; a^h 表示第 h 个实际输入脉冲^[12-13]。

为实现局部递归的人工脉冲神经网络的分类计算功能,需要建立一种监督学习的学习机制,使网络按照预定义的学习规则来运行。监督学习机制中的多脉冲误差函数的构造步骤具体如下:

步骤(1):计算时间 a 处脉冲神经元的误差,具体如式(5)所示:

$$B(a) = \frac{1}{2} \left(D_{A_g(a)}(a) - D_{A_f(a)}(a) \right)^2 \quad (5)$$

式中, $D_{A_g(a)}(a)$ 表示 $A_g(a)$ 的映射函数; $D_{A_f(a)}(a)$ 表示 $A_f(a)$ 的映射函数^[14-15]。

步骤(2):计算时间区间 $T = [O, t]$ 中脉冲神经元的误差,具体如式(6)所示:

$$B(T) = \frac{1}{2} \left\langle D_{A_g(a)}(T) - D_{A_f(a)}(T), R(A_g(a), A_f(a)) \right\rangle \quad (6)$$

式中, $D_{A_g(a)}(T)$ 表示时间区间 $T = [O, t]$ 中 $A_g(T)$ 的映射函数; $D_{A_f(a)}(T)$ 表示时间区间 $T = [O, t]$ 中 $A_f(T)$ 的映射函数; $R(\cdot)$ 表示内积函数^[16-17]。

步骤(3):完成多脉冲误差函数的构造。监督学习机制中的突触权值学习规则选用 δ 规则。

1.2 序列特征挖掘模块设计

在序列特征挖掘模块中,利用多层双向 LSTM 网络建立 PDCA 模型,提取门诊静脉采血预约数据的形态特征和语义特征。构建的 PDCA 模型主要通过对隐含状态的概念进行引入,考虑序列数据之间的前后关联,对关键信息进行记忆,实现形态特征和语义特征等序列特征的有效挖掘。构建的 PDCA 模型主要由长期记忆单元 η_i 、遗忘门控单元 l_i 、短期长期记忆单元 κ_i 、输出门控单元 v_i 以及输入门控单元 o_i 构成,其中 l_i, v_i, o_i 的数学描述具体如式(7)所示:

$$\begin{cases} l_i = \text{sigmoid}(S_f[\kappa_{i-1}, y_i] + c_1) \\ v_i = \text{sigmoid}(S_r[\kappa_{i-1}, y_i] + c_2) \\ o_i = \text{sigmoid}(S_p[\kappa_{i-1}, y_i] + c_3) \end{cases} \quad (7)$$

式中, S_f, S_r, S_p 表示权重; c_1, c_2, c_3 表示偏置; $\text{sigmoid}()$ 表示 S 型生长曲线函数; κ_{i-1} 表示短期记忆; y_i 表示当前时刻的输入^[18]。由式(7)可知各门控的偏置向量与权重矩阵不同,但计算方式相同。PDCA 模型的内部过程可以分为3个阶段,通过这3个阶段来实现序列特征挖掘。

第一个阶段是遗忘阶段,通过遗忘门控单元 i_i 对长期记忆单元 η_i 内的重要信息进行筛选,通过式(8)表示该过程:

$$V = i_i \times \eta_{i-1} \quad (8)$$

式中, V 表示筛选操作; i_i 表示元素均为处于 0 到 1 范围内的小数; η_{i-1} 表示上一时刻的长期记忆^[19-20]。

第二个阶段是记忆选择阶段,通过输入门控单元 o_i 筛选 κ_{i-1} 与 y_i ,主要是选择短期输入信息,通过式(9)表示该过程:

$$L = o_i \times \bar{\eta}_i \quad (9)$$

式中, L 表示短期输入信息选择操作; $\bar{\eta}_i$ 表示 \tanh 函数对于输入信息的缩放行为^[21]。

第三个阶段是输出阶段,该阶段是对前两个阶段的汇总,并需要界定下一时刻的输入信息。即通过输出门控单元 v_i 更新长期记忆单元 η_i 与短期记忆 u_i ,具体如式(10)和(11)所示:

$$\eta'_i = i_i \times \eta_{i-1} + v_i \times \bar{\eta}_i \quad (10)$$

$$\kappa'_i = v_i \times \tanh(\eta_i) \quad (11)$$

式中, η'_i 表示更新后的长期记忆单元 η_i ; κ'_i 表示更新后的短期记忆 u_i 。通过多层双向 LSTM 网络对挖掘的序列特征的实体信息进行融合,提高平台信息数据检索准确性。

1.3 预约模块设计

在预约模块中,门诊静脉采血智能预约主要通过自助设备与互联网来完成。通过 JavaScript 对自助设备与互联网页面的门诊静脉采血预约程序进行编写^[22-23]。编写的预约程序的运行流程如图 1 所示。利用信息发布服务将编写的预约程序发布在自助设备主界面与医院网站的预约挂号栏目中。

1.4 数据库模块设计

平台数据库由多种数据表构成,具体包括医生信息表、预约时间点分配表、静脉采血科室信息表、预约主表及历史日志表、排队呼叫表、爽约记录及历史记录表、用户权限表。其中医生信息表中字段名称对应的意义及字段类型具体如下:DOCTORINTRODUCTION:医生介绍(字段类型:BLOB);DOCTORNAME:医生姓名(字段类型:VARCHAR2);DOCTORNO:医生代码(字段类型:VARCHAR2);DOCTORAUTOID:流水号(字段类型:NUMBER);DOCTORTIME:就诊时间(字段类型:INTEGER)。

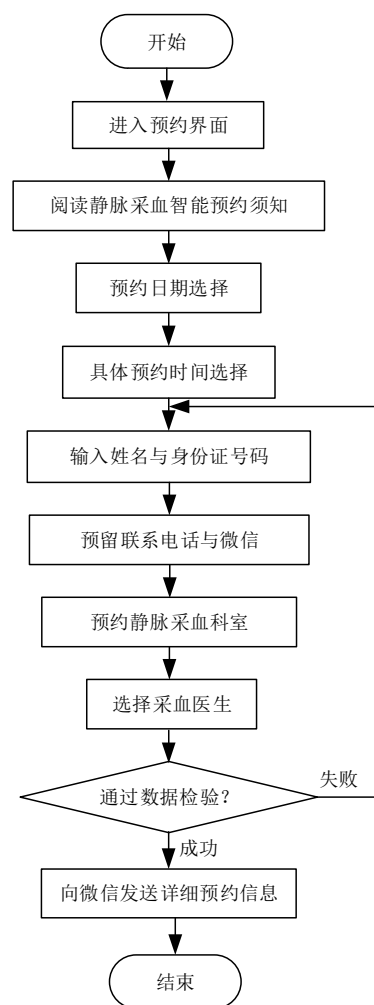


图1 编写的预约程序的运行流程图

Figure 1 Operation flowchart of the reservation program

2 平台测试

2.1 测试人员分组

对于设计的基于人工脉冲神经网络的门诊静脉采血智能预约平台,对其性能进行测试。测试在某医院中进行,该医院的静脉采血科室繁忙,导致科室的医疗服务质量不高,观察通过设计的平台能否提高该科室的就诊效率。将 140 名测试人员平均分为两组,其中第一组通过互联网预约,第二组通过自助设备预约。随机分配预约时间,每组中均存在预约上午静脉采血和下午静脉采血。

2.2 测试方法

设计平台测试的硬件环境为 PC 终端、医院自助设备,软件环境为 Windows10 系统与自助设备系统。第一组测试人员在 PC 终端上登录医院网站的预约挂号栏目,进行静脉采血预约。第二组测试人员直接在自助设备上完成静脉采血预约。将文献[2]中设计的系统与文献[3]中设计的系统作为平台测试的对比系统,分别测试 3 种预约服务的性能。

2.3 数据库查询率测试

首先利用第一组测试人员对设计平台、文献[2]设计系统、文献[3]设计系统的数据库每秒查询率(QPS)进行测试,通过计算机后台统计QPS数值,测试结果如图2所示。根据图2的测试结果,通过互联网进行预约时,设计平台、文献[2]设计系统、文献[3]设计系统的每秒查询率(QPS)最高为54 239次、52 509次、52 198次,说明设计平台的数据库每秒查询率最高。利用第二组测试人员进行测试,测试结果如图3所示。图3的测试结果表明,通过医院自助设备进行静脉采血预约时,设计平台、文献[2]设计系统、文献[3]设计系统的QPS最高为30 932次、30 285次、29 321次,同样是设计平台的数据库每秒查询率最高,但由于医院的自助设备网络较差、系统老旧,因此3种方法的QPS均低于通过互联网进行预约。

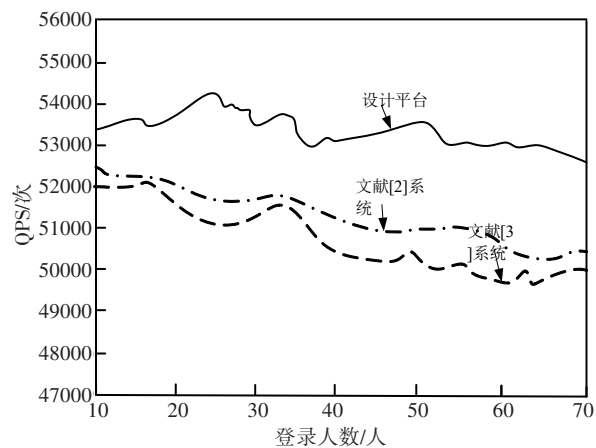


图2 第一组的数据库每秒查询率测试结果
Figure 2 Test results of database queries per second for the first group

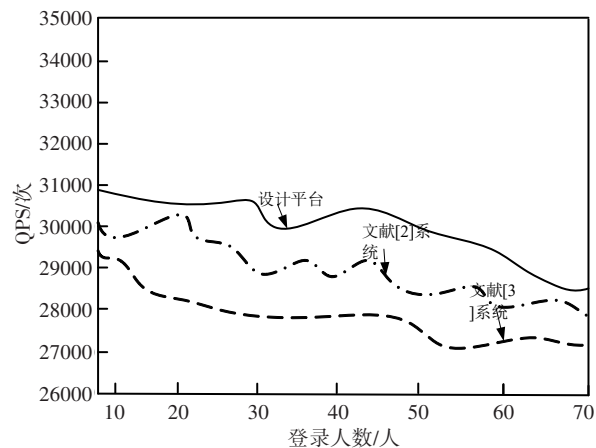


图3 第二组的数据库每秒查询率测试结果
Figure 3 Test results of database queries per second for the second group

2.4 信息抽取准确率测试

信息抽取准确率是指预约过程中系统可以准确提取相关信息,其通过“所有正确被抽取的信息(TP)”占“所有实际被抽取到的信息(TP+FP)”的比例得到。利用第一组测试人员对设计平台的预约信息抽取准确率进行测试,测试结果如图4所示。根据图4的测试结果,在通过互联网进行预约时,设计平台、文献[2]设计系统、文献[3]设计系统的信息抽取准确率最高分别可达97.52%、96.12%、97.05%。说明设计平台的信息抽取准确率最高,并且随着登录人数的增加,设计平台的信息抽取准确率降幅最低,而其他系统的准确率降幅则较高。利用第二组测试人员进行测试,测试结果如图5所示。图5的测试结果表明,在通过医院自助设备进行静脉采血预约时,设计平台、文献[2]设计系统、文献[3]设计系统的信息抽取准确率最高分别可达98.60%、97.73%、97.81%。随着登录人数的增加,同样是设计平台的信息抽取准确率降幅最低。两组最高信息抽取准确率数据差异较小,说明预约设备对平台或系统的信息抽取准确率没有影响。

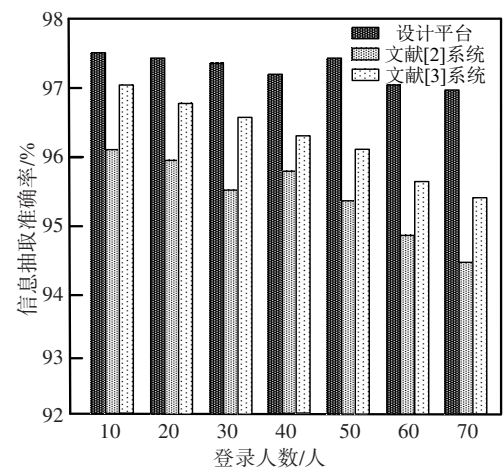


图4 第一组的预约信息抽取准确率测试结果
Figure 4 Test results of accuracy rate of reservation information extraction in the first group

3 结 论

我国政府提倡门诊预约的诊疗方式,因此很多卫生组织和软件公司都积极响应,陆续研发了多种智能预约服务。为了提高预约效果,在静脉采血科室医疗服务质量问题的研究中,本文设计一种基于人工脉冲神经网络的门诊静脉采血智能预约平台,实现静脉采血智能化预约,提高静脉采血科室医疗服务质量与就诊效率。

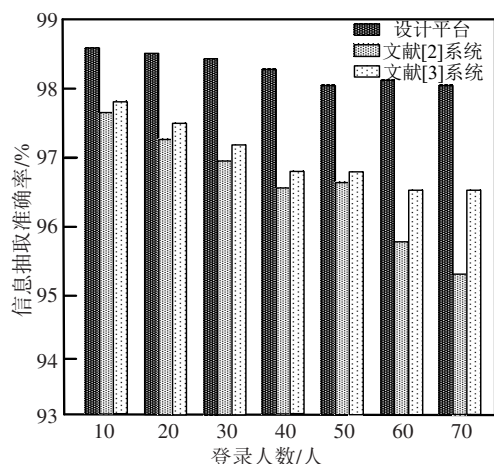


图5 第二组的预约信息抽取准确率测试结果

Figure 5 Test results of accuracy rate of reservation information extraction in the second group

【参考文献】

- [1] 梁峰, 王玉聪, 杨力萌, 等. 基于收益管理理论的门诊预约存量控制研究[J]. 运筹与管理, 2020, 29(3): 142-148.
Liang F, Wang YC, Yang LM, et al. Capacity control method of outpatient appointments based on revenue management theory[J]. Operations Research and Management Science, 2020, 29(3): 142-148.
- [2] 邢娜, 郑蕾, 王莉. 医院网站预约挂号系统设计[J]. 解放军医院管理杂志, 2021, 28(10): 929-930.
Xing N, Zheng L, Wang L. Design and implementation of reservation and registration system for hospital website [J]. Hospital Administration Journal of Chinese People's Liberation Army, 2021, 28(10): 929-930.
- [3] 李慧宁, 王文军. 基于JavaWeb的医院在线挂号系统设计与实现[J]. 电子元件与信息技术, 2021, 5(2): 172-175.
Li HN, Wang WJ. Design and implementation of hospital online registration system based on JavaWeb[J]. Electronic Component and Information Technology, 2021, 5(2): 172-175.
- [4] 李会萍, 陈梅丽. 开放式动物实验室预约管理平台架构研究与实现[J]. 科技管理研究, 2021, 41(13): 139-143.
Li HP, Chen ML. Structural research and implementation of open animal laboratory appointment management platform[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(13): 139-143.
- [5] 张文思, 李金林, 冉伦, 等. 随机服务时间下异质患者门诊预约调度优化[J]. 运筹与管理, 2020, 29(5): 26-36.
Zhang WS, Li JL, Ran L, et al. Appointment scheduling of heterogeneous outpatients under random service time[J]. Operations Research and Management Science, 2020, 29(5): 26-36.
- [6] 宝磊, 居益君, 陈露, 等. 基于信息平台的全院预约诊疗服务统筹管理[J]. 中华医院管理杂志, 2020, 36(3): 198-201.
Bao L, Ju YJ, Chen L, et al. Coordinated management of a hospital's appointment-driven outpatient service based on an information platform[J]. Chinese Journal of Hospital Administration, 2020, 36(3): 198-201.
- [7] 朱力, 史冬雷, 王军, 等. 信息化采血登记平台的构建及应用[J]. 中华护理杂志, 2020, 55(3): 383-386.
Zhu L, Shi DL, Wang J, et al. Construction and application of an informatized platform of blood collection[J]. Chinese Journal of Nursing, 2020, 55(3): 383-386.
- [8] 王艳虹, 郑悦, 李春燕, 等. 智能化招募保留平台应用于成分献血者保留及其特征分析[J]. 中国输血杂志, 2020, 33(11): 1189-1193.
Wang YH, Zheng Y, Li CY, et al. Intelligent recruitment and retention platform for apheresis donors and its characteristics [J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2020, 33(11): 1189-1193.
- [9] 陈芳, 张爽, 陈姣. 基于认证服务器的网络防火墙加密算法仿真[J]. 计算机仿真, 2023, 40(1): 418-422.
Chen F, Zhang S, Chen J. Simulation of network firewall encryption algorithm based on authentication server[J]. Computer Simulation, 2023, 40(1): 418-422.
- [10] 史慧君, 孙媛媛, 殷陈君. 基于Kano模型的就诊服务系统设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(18): 172-178.
Shi HJ, Sun YY, Yin CJ. Design of medical service system based on Kano model[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(18): 172-178.
- [11] 周杰, 李军. 考虑急诊随机需求的CT室预先排程研究[J]. 数学的实践与认识, 2020, 50(1): 115-126.
Zhou J, Li J. Advance scheduling of CT department under emergency random demand[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2020, 50(1): 115-126.
- [12] 屈娟, 李艳平. 适用于远程医疗信息系统的身份认证协议[J]. 武汉大学学报(理学版), 2020, 66(2): 117-125.
Qu J, Li YP. An authentication protocol for telecare medicine information system [J]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 2020, 66(2): 117-125.
- [13] 梁峰, 徐苹. 基于MDP和动态规划的医疗检查预约调度优化方法研究[J]. 运筹与管理, 2020, 29(5): 17-25.
Liang F, Xu P. Appointment scheduling of medical examination based on MDP and dynamic programming [J]. Operations Research and Management Science, 2020, 29(5): 17-25.
- [14] 邢春国, 夏迎秋, 吴丹云, 等. 江苏省基层医疗卫生机构信息化建设与使用情况研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(16): 2008-2013.
Xing CG, Xia YQ, Wu DY, et al. The informatization construction and use of primary health institutions in Jiangsu province [J]. Chinese General Practice, 2022, 25(16): 2008-2013.
- [15] 杨飞飞, 姜艳萍, 汤振朋. 考虑临时服务能力的医疗检查预约能力分配模型[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2022, 43(2): 283-288.
Yang FF, Jiang YP, Tang ZP. Appointment capacity allocation model of medical examination considering adding the temporary service capacity [J]. Journal of Northeastern University (Natural Science), 2022, 43(2): 283-288.
- [16] 苏宇, 李刚, 燕政策. 互联网医疗促进诊疗模式变革的实践与分析[J]. 中华医院管理杂志, 2020, 36(9): 726-729.
Su Y, Li G, Yan ZH. Practice and analysis of online medical care promoting the reform of diagnosis and treatment mode [J]. Chinese Journal of Hospital Administration, 2020, 36(9): 726-729.
- [17] Kruuse-Jensen K, Madsen KS, Bruun DM, et al. Do outpatients with cancer and their relatives want to use an online booking system to book the appointment and radiographer for their CT examination? A small-scale study in Denmark [J]. Radiography, 2022, 28(1): 174-179.
- [18] Jiao L, Sui Y, Yang G, et al. The construction of the evaluation system of nurses' post-training and the application of the system in 25 grade: a general hospitals in China [J]. Nursing Open, 2021, 8(1): 482-497.
- [19] Group E. Panama canal booking system impact minimal [J]. Energy Argus Petroleum Coke, 2022, 22(6): 17-18.
- [20] Pareyson D, Pantaleoni C, Eleopra R, et al. Neuro-telehealth for fragile patients in a tertiary referral neurological institute during the COVID-19 pandemic in Milan, Lombardy [J]. Neurol Sci, 2021, 42(7): 2637-2644.
- [21] Bhavithra S, Sushmitha B, Venkatesan T, et al. Intelligent lpg gas leak detection and automatic gas booking alert system using pic microcontroller [J]. Int J Eng Sci, 2021, 5(3): 1-8.
- [22] Kwadwo TE, Kusi K, Rutherford PA. Design and implementation of hospital reservation system on android [J]. Int J Comput Scie Inf Secur, 2021, 17(10): 31-37.
- [23] Bttger T, Grimm V, Kleinert T, et al. The cost of decoupling trade and transport in the European entry-exit gas market with linear physics modeling [J]. Eur J Oper Res, 2021, 297(3): 1095-1111.

(编辑:陈丽霞)