

# 基于智能规则的医院检查预约平台应用研究\*

袁骏毅 潘常青 陈 璨

(上海市胸科医院/上海交通大学附属胸科医院 上海 200030)

〔摘要〕 以上海市胸科医院为例,从总体架构、智能规则库、模型构建和计算等方面阐述基于智能分配规则的医院检查预约平台建设,选取对照组和观察组对平台使用前后预约情况进行对比,结果表明该平台有助于缩短检查等候时间,优化检查预约流程,提升患者满意度。

〔关键词〕 检查预约平台;智能规则;仿真计算;医院服务总线

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2020.03.012

**Study on Application of Hospital Examination Appointment Platform Based on Intelligent Rules** YUAN Junyi, PAN Changqing, CHEN Can, Shanghai Chest Hospital/Shanghai Chest Hospital, Shanghai JiaoTong University, Shanghai 200030, China

〔Abstract〕 Taking Shanghai Chest Hospital as an example, the paper expounds on the building of hospital examination appointment platform based on intelligent allocation rule in terms of overall architecture, intelligent rule base, model building and calculation, etc., compares the appointment situation before and after using the platform by selecting control group and observation group. The result shows that the platform is conducive to shortening the waiting time for examination, optimizing the examination appointment procedure and improving patients' satisfaction.

〔Keywords〕 examination appointment platform; intelligent rules; simulation calculation; hospital service bus

## 1 引言

临床医技检查是医生诊断病情的重要辅助手段,检查效率直接影响到医疗服务质量。检查流程中预约是关键环节,合理预约能够减少检查等候时

间,提升设备使用率和患者满意度<sup>[1]</sup>。医院各类检查项目众多,往往对应不同信息系统,容易出现同时段预约不同项目的现象,给医疗部门带来管理压力<sup>[2]</sup>。近年来国内外医疗机构纷纷设立公共预约平台来实现检查科室的统一管理<sup>[3]</sup>。Bakker等指出集中患者排程可以避免异构信息系统重复开发,有利于服务资源智能安排和统筹利用<sup>[4]</sup>。上海市胸科医院是一家以治疗心胸类疾病为主的三甲专科医院,原有的多套检查系统都自带预约模块,界面各异且数据未交互,推进集中式预约工作存在困难<sup>[5]</sup>。因此医院实施基于智能规则的检查预约平台建设,优化患者预约流程并提高效率,实现“多点预约、科学统筹”。选取对照组和观察组进行研究分析,对比平台建设前后的数据验证实施效果,为医疗机构

〔收稿日期〕 2019-09-18

〔作者简介〕 袁骏毅,硕士,高级工程师,发表论文12篇;通讯作者:潘常青,硕士,主任医师。

〔基金项目〕 上海市卫生和计划生育委员会科研课题“移动新技术下的区域化消毒供应中心数字化管理平台的搭建和新模式研究”(项目编号:201740178)。

加强检查预约管理提供参考依据。

## 2 总体架构

平台以医院服务总线 (Hospital Service Bus, HSB) 为关键路由, 内嵌核心智能规则资源分配逻辑, 实现与前台预约应用无缝对接<sup>[6]</sup>, 提供统一预约确认、预约取消和统计分析等功能。门诊患者通过手机或自助终端预约, 也可在诊间或便民服务台预约; 住院患者办理入院手续时, 手术患者在入院服务中心快速预约, 其他患者则在病房由护士预

约。平台收到以上不同应用场景预约请求时, 链接至电子病历系统 (Electronic Medical Records, EMR), 医院信息系统 (Hospital Information System, HIS), 校验检查电子申请单是否有效; 若已计费则按检查类型进行预约资源的智能计算, 将分配结果和预约告知返回前端; 同时预约结果发送至检查科室使用的放射报告系统 (Radiology Information System, RIS), 超声, 心电图, 核医学系统等。后台管理采用 .Net 和 IIS7.0 的浏览器/服务器 (Browser/Server, B/S) 框架, 管理请求队列和服务日志, 实现与外部检查系统的有效通信。平台总体架构, 见图 1。

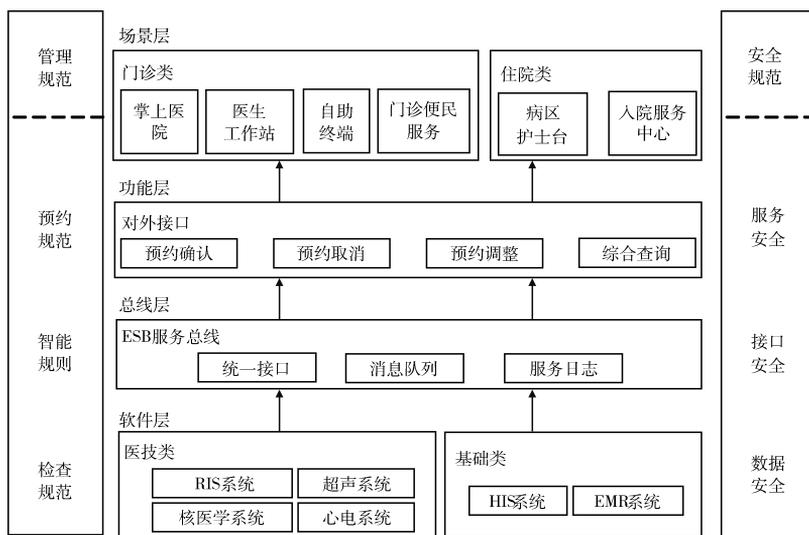


图 1 平台总体架构

## 3 智能规则库

有些检查项目对患者生理上有前置条件, 项目彼此间存在关联性<sup>[7]</sup>, 而从医院管理角度又有些特定要求。需要充分考虑这些因素平台才能有效进行

预约安排, 避免出现资源浪费的情况。经过与医务部门前期充分讨论, 平台从时限、时段、关联、排斥和顺序 5 方面规则出发进行资源智能分配。检查智能规则, 见表 1。由于篇幅原因, 在此列举部分规则内容。

表 1 检查预约智能规则

代码	规则类型	检查类型	规则内容	依据
R1	时限规则	所有检查	术前患者预约 < 48 小时, 不满足则增加资源	加快床位周转率
R2	时段规则	同位素、PETCT	预约时段为上午	要求空腹
R3	关联规则	肺功能、食管镜、气管镜、心电图	肺功能在空腹项目后气管镜、食管镜与心电图、肺功能检查隔日	部分检查需前置检查结果
R4	排斥规则	CT、MRI	每天限 1 项检查	医保政策要求
R5	顺序规则	CT、MRI、同位素、PETCT、肺功能	I 级: CT、MRI、超声; II 级: 同位素、PETCT	放射性保护

## 4 模型构建和计算

### 4.1 目标函数

本研究中预约模型总体为时序优先分配模型，即智能规则下的预约资源线性规划方案<sup>[8]</sup>，其中存在着非线性的受扰动影响（规则 R1：术前患者的强制安排）。因此针对规划方案  $x$  的目标函数表达式为：

$$C(x) = c_a A_i + c_b B_i + c_o O_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式 1 中  $A_i$  为单个预约周期内患者等候时间， $B_i$  为周期内资源空闲时间， $O_i$  为加号产生的加班时间， $c_a$ 、 $c_b$ 、 $c_o$  分别为单位时间的患者等候、资源空闲以及技师加班的成本系数， $i$  代表不同的检查类型。为简化但不失同质性，假定  $C(x)$  形成的产能共同满足需求  $D$ ，每项检查类型权重均为 1。基于智能规则的约束条件可得规则 R1 在决策树中属于分支终节点。因此仿真算法的设计原则有两项：一是无条件满足规则 R1，即  $\text{Min} \{ O_i \} = 0$ ；二是在规则 R2 - R5 下进行按序分配。由此仿真问题的适度函数表达式为：

$$\text{Fitness}_{c(x)} = \left( \sum_{i=1}^n (D_i - M_i) / (U_i - M_i) \right) / n \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式 2 中  $D_i$  代表单个预约周期内患者的需求量， $M_i$  代表周期内术前患者的需求量， $U_i$  代表周期内检查科室的能力供给量。Fitness 越小表示利用率越高，反之则代表效果并未达最优<sup>[9]</sup>。

### 4.2 资源池计算

将医院的既往数据作为基本算例进行仿真计算，在检查科室的能力供给量  $U_i$  短期内恒定的情况下，求解最优解时的术前患者分配量  $M_i$ 。由于医院检查预约排班以 4 周为 1 个周期，因此选取 2018 年 6 月 1 日 - 28 日的实际业务共计 14.27 万条预约数据作为仿真患者需求量  $D_i$ ，利用 Visual Studio 2013 C++ 环境编译仿真程序。仿真计算流程，见图 2。仿真程序在已知恒定  $U_i$  的条件下， $M_i$  取值为  $1 \sim U_i$ ，循环计算  $D_i$  的 Fitness，得出最优解的预约资源池分配组

合，仿真计算结果，见表 2，最优 Fitness 为 1.363。

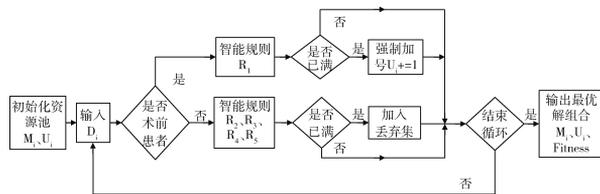


图 2 仿真计算流程

表 2 仿真计算结果 (个)

检查类型	$D_i$	$U_i$	$M_i$
CT	18 133	11 496	1 372
超声	7 418	4 852	824
肺功能	982	844	160
MRI	527	396	40
气管镜	486	388	120
核医学	429	396	120
食管镜	128	88	28
PETCT	120	112	32
心电图	66	60	20

## 5 应用效果与实证研究

### 5.1 应用效果

在前期工作基础上，预约资源池初始化根据仿真结果设置，平台于 2019 年 1 月正式投入使用。经过 6 个月不断完善，覆盖所有预约应用场景。具体效果体现为：一是自动化根据智能规则安排号序，减少盲目预约的现象；二是按医疗要求在预约周期内智能安排手术患者，缩短术前等候时间，加快床位周转率；三是以统一接口整合各类检查信息系统，标准化串接不同前台预约终端。平台上线后接入 RIS、心电、超声、核医学系统等 6 家软件开发商，实现线上线下包括手机、诊间、自助机、便民服务中心、入院服务和病房预约等场景，6 个月内提供 7.21 万例患者近 17 万次预约服务请求，同时支持医务管理部门实时掌握所有检查科室的预约及实际执行情况，用以分析预约流程中不合理的环节。

### 5.2 实证研究

为验证平台智能分配效果，以及初始化资源池

设定比例是否恰当,使用平台上线前后数据进行同期对比。考虑到医疗行业特殊性,由于治疗周期或患者自身的原因预约时未必选择最近可预约日期<sup>[10]</sup>。因此为保证数据分析结果真实可靠,事前对所有场景前端预约软件进行改造,完成预约动作时不仅记录实际预约日期,同时存储当时最近可预约日期。由此本文选取 2018 年 1-6 月未使用平台前的预约情况作为对照组,平均等候时间即为最近可

预约日期与预约动作的时间差。在同一时段选取 2019 年 1-6 月使用平台后的预约情况作为观察组,观察组中所有前端应用均依赖于平台提供的预约服务。使用平台前后预约情况对比,见表 3。可以看出平台上线后患者预约等候时间明显低于上线前,具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。表明采用智能分配规则的模式能够提高预约合理性,减少患者等候检查时间,优化医院检查资源安排。

表 3 有无使用平台的预约情况对比 ( $\bar{x} \pm s$ )

检查类型	对照组平均等待时间 (小时)	观察组平均等待时间 (小时)	平均减少时间 (小时)	<i>T</i>	<i>P</i>
CT	166.16 ± (24.94)	147.66 ± (35.26)	18.50	2.97	<0.01
超声	163.50 ± (15.56)	153.66 ± (23.20)	9.83	2.53	<0.01
肺功能	43.50 ± (5.09)	38.66 ± (8.73)	4.83	3.80	<0.05
MRI	151.16 ± (23.61)	123.66 ± (57.84)	27.50	4.66	<0.01
气管镜	23.00 ± (2.36)	19.08 ± (4.05)	4.00	6.76	<0.01
核医学	110.83 ± (19.94)	103.33 ± (13.54)	7.50	1.50	<0.05
食管镜	56.33 ± (9.85)	33.50 ± (7.71)	22.83	9.27	<0.001
PETCT	73.00 ± (16.33)	65.33 ± (15.74)	7.67	1.88	<0.05
心电图	47.83 ± (18.84)	36.16 ± (7.11)	11.67	2.48	<0.01

## 6 结语

建立基于智能规则的医院检查预约平台,有利于集中不同应用场景下预约程序的后台逻辑,科学地统筹协调医院检查资源。本文结合上海市胸科医院平台建设情况,分析符合医疗要求的智能分配规则,构建预约模型和仿真算法,推算最优预约资源池设定,实证研究平台对检查预约情况的影响。虽然研究对象属于专科医院,相比综合医院检查类型较少,但是仍然可以得到一定启示。实践表明平台缩短了检查前等候时间,提升患者满意度,有利于医院管理者发现流程中的潜在问题,统筹安排预约资源,根据变化趋势进行动态调整。随着提升服务质量理念的不断深入,建设公共预约平台已成为医院的共识,也为将来区域医疗协同奠定技术基础。

## 参考文献

- 金丹, 奈存剑, 任宇飞, 等. 医院检查预约流程优化与设计 [J]. 中国医院管理, 2017, 37 (6): 47-49.
- Rohan D S, Sylvia K, Laik M N. Predicting Appointment Misses in Hospitals Using Data Analytics [J]. MHealth,

2017 (3): 12.

- 柏志安, 朱振华, 徐彦栋. 智能电子综合预约系统的应用 [J]. 中国数字医学, 2017, 12 (7): 61-63.
- Bakker M, Tsui K L. Dynamic Resource Allocation for Efficient Patient Scheduling: a data-driven approach [J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2017, 26 (4): 448-462.
- 殷璐. 大型三甲医院一站式医技预约管理平台的实现与应用 [J]. 科技创新导报, 2017, 14 (34): 139-141.
- Bhadoria R S, Chaudhari N S, Tomar G S. The Performance Metric for Enterprise Service Bus (ESB) in SOA System: theoretical underpinnings and empirical illustrations for information processing [J]. Information Systems, 2017 (65): 158-171.
- 金仲夏. 精细化管理实现精准检查预约 [J]. 中国卫生, 2017 (7): 86-87.
- 刘广军, 刘超, 黄震, 等. 一种面向 MRI 检查预约的调度优化算法 [J]. 机电一体化, 2018, 24 (9): 55-60.
- 王腾飞, 耿娜. 基于随机规划的日间手术预约调度研究 [J]. 工业工程与管理, 2018, 23 (5): 148-155.
- 黄培. 基于集约化的综合检查预约平台的构建及思考 [J]. 南京医科大学学报 (社会科学版), 2012, 12 (2): 118-120.