

文章编号: 1004-4353(2018)01-0079-04

基于 Petri 网的门诊就医流程模型优化分析

应丽, 王丽丽, 刘祥伟

(安徽理工大学 数学与大数据学院, 安徽 淮南 232001)

摘要: 为减少患者就医排队时间, 实现医院和患者之间相对的利益达到最大化, 本文给出了基于 Petri 网的门诊就医流程模型的优化分析方法. 首先, 给出门诊就医流程的 Petri 网模型, 通过实际的门诊就医情况分析流程模型中库所和变迁之间的交互关系, 找出模型中存在的问题; 然后, 通过增加相关的控制结构对模型进行优化, 并通过分析说明了流程模型优化的有效性.

关键词: Petri 网; 门诊就医流程; 优化

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Optimization analysis of outpatient service process based on Petri net modeling

YING Li, WANG Lili, LIU Xiangwei

(College of Mathematics and Big Data, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: In order to reduce the patient's queuing time and to maximize the relative benefits between hospital and patient. This paper presents a method of optimization analysis for outpatient medical process model based on Petri net. Firstly, the Petri net model of outpatient medical treatment is given, and the interaction between the place and transition in the process model is analyzed by the actual outpatient situation, and the problems in the model are found. Then, the model is optimized by adding related control structures, and the effectiveness of process model optimization is illustrated by analysis.

Keywords: Petri net; outpatient service process; optimization

0 引言

门诊是医疗工作的第一线, 是直接对病人进行诊治、咨询、体检、预防保健的场所, 其服务的好坏、质量的高低、收费是否合理等都会影响医院的信誉和地位; 因此, 提高门诊的工作效率以及医疗质量已成为各级医院管理工作中的重要环节. Petri 网是分布式系统的建模和分析工具, 它不仅便于描述系统中进程或部件的顺序并发、冲突以及同步等关系, 而且有利于分析系统的各种结构性质以及各种动态性质, 如可达性、可逆性、活性、有界性等.

目前, 国内外很多学者对行为轮廓建模的优化问题进行了研究, 例如: 文献[1]介绍了 Petri 网的基本原理和基本分析方法, 以及这些原理和方法在实际中的应用; 文献[2]介绍了将两个业务流程模型事物的驱动关系合并成一个单一的过程模型, 并优化了该模型, 优化后的模型可应用于技术分析和挖掘过程等方面; 文献[3]介绍了一种抽象方法, 在该方法中一旦将相关活动组进行聚合, 就会派生出抽象模型

收稿日期: 2017-09-20

作者简介: 应丽(1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为 Petri 网.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61402011); 安徽省自然科学基金资助项目(1508085MF111); 安徽省高校自然科学基金重点资助项目(KJ2016A208)

的活动控制流依赖关系;文献[4]提出了基于 Petri 网可达性的生产流水线系统优化分析方法,解决了自动化生产过程中出现的次品问题,能够提高生产率和产品合格率;文献[5]介绍了一种 Petri 网可达性检查技术,并给出了利用组合性来提高 Petri 网性能的一些具体例子;文献[6]总结了我国门诊流程优化中普遍存在的一些问题,在结合国内外经验的基础上,提出了完善我国门诊流程的对策. 基于上述研究,本文以 Petri 网行为轮廓为基础,提出了一种门诊就医流程的优化模型.

1 基本概念

首先给出与本文密切相关的一些概念.

定义 1^[3](流程模型) 设一个六元组 $PM = (A, G, F, s, e, t)$ 是一个流程模型,其中:

- 1) A 为一个有限的非空的活动集, G 为一个有限的网关集;
- 2) $N = A \cup G$ 为一个有限的节点且 $A \cap G = \emptyset$;
- 3) $F \subseteq N \times N$ 为流关系, (N, F) 为一个连通图;
- 4) $\cdot n = \{n' \in N \mid (n', n) \in F\}$ 和 $n^* = \{n' \in N \mid (n, n') \in F\}$ 分别表示一个节点 $n \in N$ 的前集与后集;
- 5) $s \in A$ 为一个最初的活动, $e \in A$ 为一个最终的活动;
- 6) $t : C \mapsto \{\text{and, or, xor}\}$ 连接每一个网关的类型.

定义 2^[1](变迁发生规则) 一个四元组 $PN = (P, T; F, M_0)$ 称作 Petri 网,当且仅当:

- 1) $N = (P, T, F)$ 为一个网;
- 2) $M : P \rightarrow Z^+$ 为标识(或状态)函数, M_0 对于变迁是初始标识;
- 3) 发生规则:
 - ① 变迁 $t \in T$ 可以发生,当且仅当对 $\forall s \in \cdot t : M(s) \geq 1$, 记作 $M[t >]$;
 - ② 在标识 M 下使能的变迁 t 发生后,得到一个新的标识 M' (记为 $M[t > M']$), 则有

$$M'(s) = \begin{cases} M(s) - 1, & \text{若 } s \in \cdot t - t^* ; \\ M(s) + 1, & \text{若 } s \in t^* - \cdot t ; \\ M(s), & \text{其他.} \end{cases}$$

定义 3^[1](可达性) 已知 Petri 网 $PN = (P, T; F, M)$, 如果存在 $t \in T$, 使 $M[t > M']$, 则称 M' 为从 M 直接可达的. 如果存在变迁序列 t_1, t_2, \dots, t_k 和标识序列 M_1, M_2, \dots, M_k 使得

$$M[t_1 > M_1][t_2 > M_2] \cdots [t_{k-1} > M_{k-1}][t_k > M_k],$$

则称 M_k 为从 M 可达的. 从 M 可达的一切标识的集合记为 $R(M)$.

定义 4^[7](行为轮廓) 设 (N, M_0) 是一个网, 初始标识为 M_0 . 将所有关系的集合称为网系统的行为轮廓, 记作 $BP = \{\rightarrow, \rightarrow^{-1}, +, \parallel\}$, 对任给的变迁对 $(t_1, t_2) \in (T \times T)$ 满足下面关系:

- 1) 若 $t_1 > t_2$ 且 $t_2 \not> t_1$, 则称严格序关系, 记作 $t_1 \rightarrow t_2$;
- 2) 若 $t_1 \not> t_2$ 且 $t_2 > t_1$, 则称严格逆序关系, 记作 $t_1 \rightarrow^{-1} t_2$;
- 3) 若 $t_1 \not> t_2$ 且 $t_2 \not> t_1$, 则称排他关系, 记作 $t_1 + t_2$;
- 4) 若 $t_1 > t_2$ 且 $t_2 > t_1$, 则称交叉序关系, 记作 $t_1 \parallel t_2$.

2 基于 Petri 网的门诊就医流程模型优化分析

在现实生活中, 门诊的就医流程是指患者到医院门诊就医的全过程. 图 1 为普通门诊就医流程模型 Petri 网结构图, 图中 6 个重要组成部分为: 挂号、就诊、收费、检查、取药、治疗. 由图可知: 患者到院 t_1 发生, 由此引发 t_2 或 t_3 (t_2 和 t_3 是排他关系), 然后发生 t_4 和 t_5 (挂号). 完成 t_5 后, 引发 t_6 , 并产生一个排他关系, 记作 $t_7 + t_8, t_7 + t_9, t_8 + t_9$. 患者可以选择 t_7, t_8, t_9 其中一种就诊方式, 但患者无论选择哪种就

诊方式都要接着去发生 t_{10} 、 t_{11} (t_{10} 和 t_{11} 是严格序关系). t_{10} 和 t_{11} 发生后产生一个排他关系, 记作 $t_{12} + t_{13}$, $t_{12} + t_{17}$, $t_{13} + t_{17}$. 若患者选择发生 t_{12} , 则看病结束; 若选择发生 t_{13} , 则患者必须接着发生 t_{14} 、 t_{15} 、 t_{16} 才能检查结束, 然后手持检查单返回就诊医生处并且按照之前的流程去完成新一轮的就诊; 若选择发生 t_{17} , 则在发生 t_{19} 后结束就诊或再接着发生 t_{18} 、 t_{19} 之后结束就诊. 由以上可以看出, 患者如按图 1 模型就诊, 存在多次排队现象, 如挂号、收费、检查等.

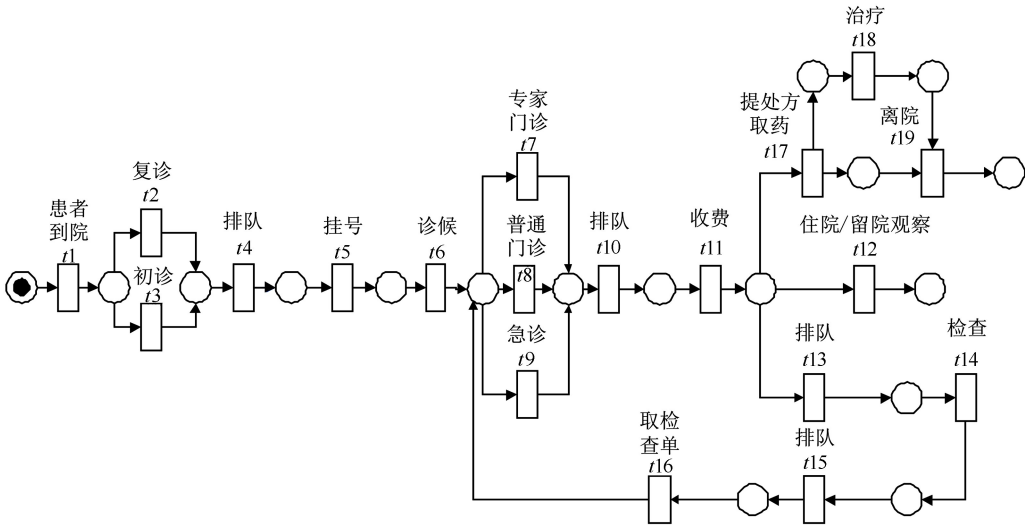


图 1 普通门诊就医流程模型 Petri 网结构图

目前,许多医院实施了一卡通就诊系统,其流程结构如图 2 所示. 由图可以看出,一卡通不仅能为患者就诊提供方便,而且可以减少医院负担,有利于实现社会效益的最大化.

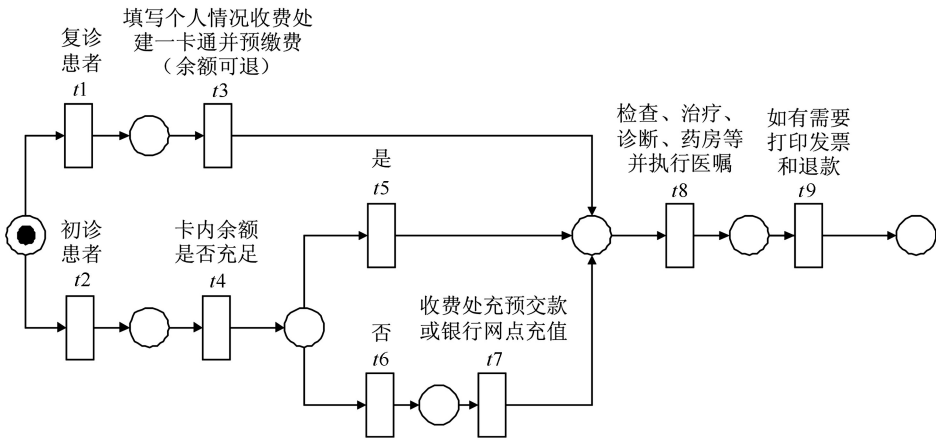


图 2 一卡通系统的流程结构

针对图 1 所出现的问题进行建模优化时,本文主要考虑了患者看病长时间排队这一方面,所建优化模型如图 3 所示. 为了减少患者排队的时间,本文在模型上增加了变迁 t_4 、 t_5 、 t_8 、 t_9 . 若患者是复诊病人,先选择发生 t_4 (下午复诊),这样就不需要再接着发生 t_6 、 t_{12} 、 t_{13} , 直接就诊即可; 若患者先选择发生 t_5 (上午复诊),则需要按照图 1 的流程进行就医. 若患者是初诊病人,首先发生 t_9 , 由此产生一个排他结构 (记作 $t_{10} + t_{11}$), 若选择 t_{11} , 则可直接发生 t_{20} ; 若选择发生 t_{10} , 则需按照图 1 的流程进行就医. 由图可知, 无论是发生 t_2 或 t_3 , 增加变迁 t_8 (建一卡通) 后, 使得要在图 1 中发生的 t_{10} 、 t_{11} 只需在图 2 中发生 t_{17} 即可, 以及要在图 1 中发生的 t_{15} 、 t_{16} 只需要在图 2 中发生 t_{21} 即可. 由以上可以看出, 增加控制结构 t_4 、 t_5 、 t_8 、 t_9 即可以实现门诊就医流程的优化, 减少患者排队的时间, 提高看病效率.

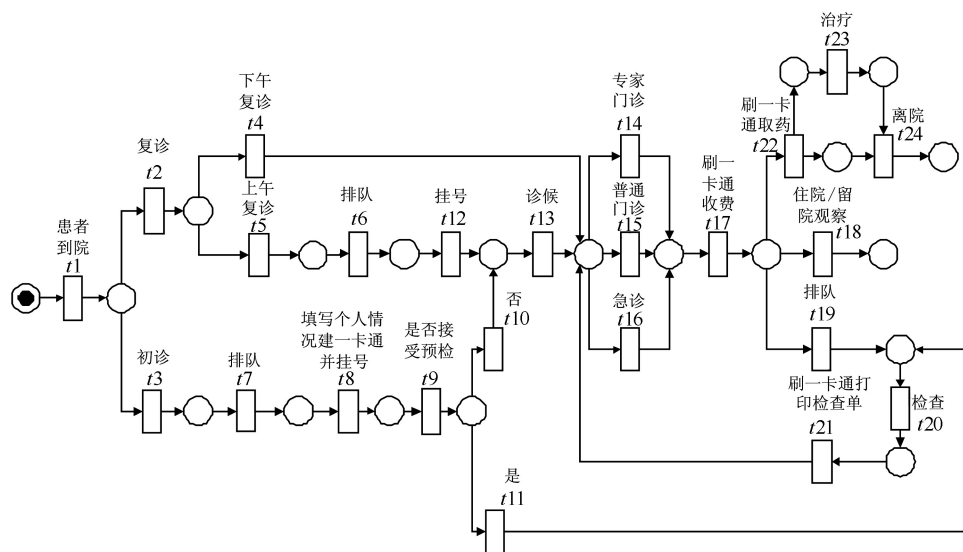


图 3 门诊就医流程优化模型 Petri 网结构图

3 结束语

本文基于对 Petri 网及流程模型研究,通过增加多个相关的控制结构对医院就诊流程进行优化,减少了患者看病排队的时间,能够提高医院的工作效率.但本文优化模型对于由某些主观因素引起的患者看病需长时间排队的问题仍无法给出最优的解决方式,因此今后还需要对模型进一步优化,实现门诊就医流程在任何情况下都能为患者减少排队时间.

参考文献:

[1] 吴哲辉. Petri 网理论[M]. 北京:机械工业出版社,2006:6-22.

[2] Weidlich M, Mendling J, Weske M. Efficient consistency measurement based on behavioural profiles of process models[J]. Software Engineering IEEE Transactions, 2011,37(3):410-429.

[3] Smirnov S, Weidlich M, Mendling J. Business Process Model Abstraction Based on Behavioral Profiles[M]. Service-Oriented Computing. Springer Berlin Heidelberg, 2010:1-16.

[4] 黄伍,刘祥伟,王丽丽. 基于 Petri 网可达性的生产流水线系统优化分析[J]. 辽东学院学报(自然科学版),2016,23(3):216-219.

[5] Sobociński P, Stephens O. Penrose: Putting Compositionality to Work for Petri Net Reachability[M]. Algebra and Coalgebra in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, 2013:346-352.

[6] 朱衍馨,李晓华,翁志强. 大型医院门诊工作的难点与思考[J]. 医学研究生学报, 2013,26(5):517-519.

[7] Jensen M T. Improving robustness and flexibility of tardiness and total flow-time job shops using robustness measures[J]. Applied Soft Computing, 2001,1(1):35-52.

[8] Weidlich M, Polyvyanyy A, Desai N, et al. Process compliance measurement based on behavioural profiles[C]// International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Springer-Verlag, 2011:499-514.

[9] Armas-Cervantes A, Baldan P, Dumas M, et al. Diagnosing behavioral differences between business process models[J]. Information Systems, 2016,56(C):304-325.