一种基于 UML 的智能导检系统设计方法*

李 婧[1,2] 汪 鸿[1,2] 孙玉良[1,2]

([1] 湖北省中医院 武汉 430061 [2] 湖北中医药大学附属医院 武汉 430061)

〔摘要〕 **目的/意义** 探索建立带有智能导检功能的系统，为检验患者提供智能引导。**方法/过程** 以检验科患者为调查对象，采用调查问卷获取并分析患者难点、痛点，利用 Enterprise Architect 软件、统一建模语言设计导检系统的用例图、时序图、部署图等，以测定尿微量蛋白肌酐比为例，设计智能导检系统知识库，依据评价问卷结果优化智能导检系统。**结果/结论** 基于统一建模语言的智能导检系统设计方法可行，智能导检系统形式得到广泛认同，为推进结构化、智能化、知识化电子病历，提升医疗质量提供新思路。

〔关键词〕 统一建模语言；智能；引导；检验

〔中图分类号〕R-058 〔文献标识码〕A 〔DOI〕10.3969/j.issn.1673-6036.2023.09.012

Method Design of an Intelligent Guidance and Inspection System Based on Unified Modeling Language

LI Jing[1,2], *WANG Hong*[1,2], *SUN Yuliang*[1,2]

([1] *Hubei Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuhan 430061, China*; [2] *Hubei University of Chinese Medicine Hospital, Wuhan 430061, China*)

〔**Abstract**〕 **Purpose/Significance** To explore the establishment of a system with intelligent guidance and inspection function to provide intelligent guidance for patients. **Method/Process** Taking patients of the department of laboratory medicine as the investigation objects, questionnaires are used to obtain and analyze the difficulties and pain points of patients. The use case diagram, time sequence diagram and deployment diagram of the system are designed by using Enterprise Architect software and unified modeling language (UML), and the knowledge base of the system is designed by taking the determination of urinary microprotein creatinine ratio as an example. The system is optimized according to the results of evaluation questionnaires. **Result/Conclusion** The design method of an intelligent guidance and inspection system based on UML is feasible, and the system has been widely recognized, which provides a new idea for promoting structured, intelligent and knowledgeable electronic medical record (EMR) and improving medical quality.

〔**Keywords**〕 unified modeling language; intelligence; guidance; verification

1 引言

随着人工智能技术的快速发展，国家卫生健康委员会从多个方面推进智能产品在医疗卫生行业应用的相关研究，从医疗服务、医疗智能应用和医院智能管理等方面提出具体要求[1-3]。赖文娟等[4]基于德尔菲法构建一套医院智能化护理评价指标体系。刘永斌等[5]介绍上海市儿童医院通过建设基于临床辅助决策支持系统的电子病历平台，实现智能知识助手、儿童智能用药、智能辅助诊疗等特色临床决策支持服务。近年来，深度学习在医学领域的应用、医学大数据应用于安全分类分级、结构化电

〔修回日期〕 2023-04-05

〔作者简介〕 李婧，硕士，主管技师，发表论文 5 篇。

〔基金项目〕 国家自然科学基金资助项目（项目编号：82204989）。

子病历研究等成为热点[6-10]，为智能技术在医学领域的应用提供思路。检验科在多数人印象中只是临床辅助科室，受检者获得检验报告后，面对专业性极强的医学术语，在检测指标含义、下一步就诊方向、医院科室分布等方面往往存在大量疑问，经常在检验科窗口咨询，增加检验人员压力，导致检验效率降低且受检者就诊体验较差。随着受检者数量和检验内容不断增加，如何使服务流程化、智能化，合理引导受检者就诊是检验科面临的现实问题。鉴于此，本研究结合湖北省中医院已有检验数据库和相关软件，提出基于统一建模语言（unified modeling language，UML）的智能导检系统设计方法，以提高受检者满意度和检验服务质量。

2 资料与方法

2.1 一般资料

分别随机选取 2022 年 1－5 月、6－10 月检验科患者 5 237 例、4 750 例为调查问卷样本和评价问卷样本，满足下列条件：年龄均匀分布在 18～70 岁；文化程度均匀分布在小学至研究生；近 3 年在三级甲等医院至少有过一次检验科就诊经历。调查问卷内容主要包括：是否能大致看懂检验报告、是否知道危急值和异常值含义、是否能够根据检验报告大致推断自己病情、是否知道下一步该做何检查、是否知道下一步该去哪个科室问诊、其他意见和建议等。评价问卷内容主要包括：导检形式是否满意、导检内容是否有用、导检是否正确、导检是否提高就诊效率、其他意见和建议。

2.2 方法

统计分析调查问卷结果，作为导检系统设计的主要输入，采用 Enterprise Architect 软件完成从需求分析、模型设计到测试和维护的整个软件开发过程[11]，利用 UML 设计导检系统的用例图、时序图、部署图等[12-14]，最后结合检验科实际工作，以尿微量蛋白肌酐比检测为例，采用传统检验报告与导检系统并行的方法，收集评价问卷结果，作为改进优化依据。

2.3 统计学处理

对调查问卷和评价问卷，采用传统统计方法，剔除无效问卷，统计每项指标结果数量及其百分比。

3 结果

3.1 调查问卷结果

共发出调查问卷 5 237 份，剔除未按要求填写、填写不完整以及不符合要求的问卷 178 份，有效调查问卷结果，见表 1。

表 1 调查问卷结果（n=5 059）

指标	结果（是）	百分比（%）
能看懂检验报告	32	0.63
知道危急值和异常值含义	28	0.55
能大致推断自己病情	112	2.21
知道下一步该做何检查	167	3.30
知道下一步该去哪个科室问诊	156	3.08
其他意见和建议	634	12.53

绝大部分受检者获得检验报告后，对报告中具体指标的含义、危急值和异常值以及需要进一步做何检查不清楚，多数知道持检验单回之前问诊的科室请医生解答，但在此过程中，特别是中老年人群疑惑重重，加深对医院就诊流程的不满。634 份调查问卷提出的其他意见和建议主要分为 3 类：一是在检验窗口增加专门负责检验单解答的导医台；二是在检验科走廊增设负责自动答疑的机器人；三是在检验单上增加检验知识库二维码，供受检者扫码后掌握自己历史检测数据和解答相关疑问。

3.2 导检系统设计

3.2.1 用例图 用例模型描述智能导检系统规划功能，表示用户与系统之间交互的离散单元。智能导检系统用例描述其全部功能，包含读取检验结果、知识库检索、一致性检验等，见图 1。

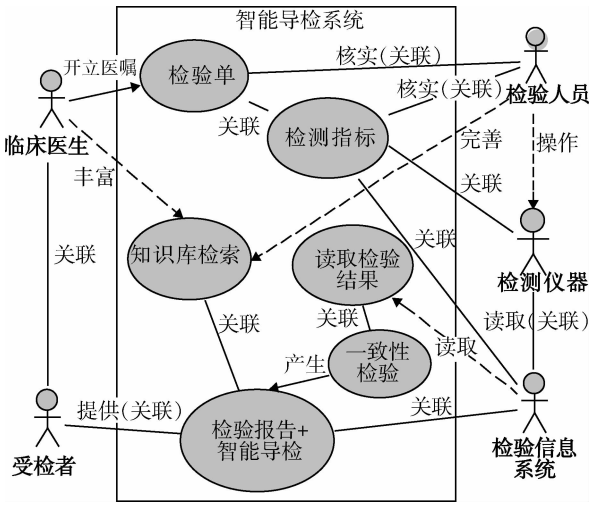

图 1　智能导检系统用例

3.2.2　序列图（图 2）

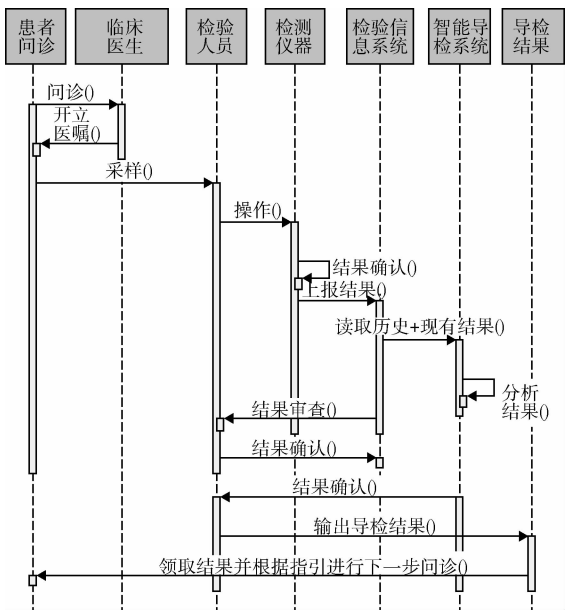

图 2　智能导检系统序列

序列图提供对象交互随时间变化的图形化描述，通常用来描述执行者、对象和组件，及其在用例执行过程中彼此之间的交互。智能导检系统序列图典型表示一个单独的用例情形或事件流。描述患者从问诊到获得导检结果的全过程，是对智能导检系统的行为随时间变化而进行的建模和描述，提供随时间变化智能导检系统在对象间传递消息的时序，消息流对应一个类和对象支持的方法和事件。

3.2.3　交互概述图　交互概述图融合活动图和序列图，使交互部分容易与判断点和流程结合，是活动图的一种形式。交互概述图介绍了两种新元素：交互发生——出现危急值和异常值；交互元素——替代流程。即表示当所有检测结果均正常时，按照正常流程直接输出结果，当检测结果出现危急值、异常值或者系统故障时，智能导检系统启动替代流程，见图 3。

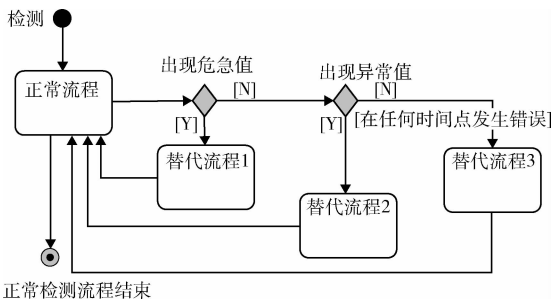

图 3　智能导检系统交互概述

3.2.4　交互组件图　组件图显示智能导检系统组件之间的依赖、通信、位置和其他条件关系，见图 4。组件数据预处理模块、一致性检验模块等都可以对科室现有检验信息系统提供接口，即向其他组件和类提供服务的可见入口点，并使之可以适用于其他的组件和类。在智能导检系统中，随着系统功能扩展，在数据预处理模块可能会接入人工采集数据、科研仿真数据等，组件中可能会添加智能审核模块等。

3.3　实例分析

以尿微量蛋白肌酐比（the urinary ratio of albumin to creatinin，ACR）检测为例，依据《中国糖尿病肾脏疾病防治临床指南》，基于 ACR、肾小球滤过率（glomerular filtration rate，GFR）、糖化血红蛋白（hemoglobin A1C，HbAlc）、葡萄糖（glucose，Glu）等建立糖尿病肾病的智能导检基础知识库[15]，见图 5。与图 5 对应的智能导检检索表，见表 2。

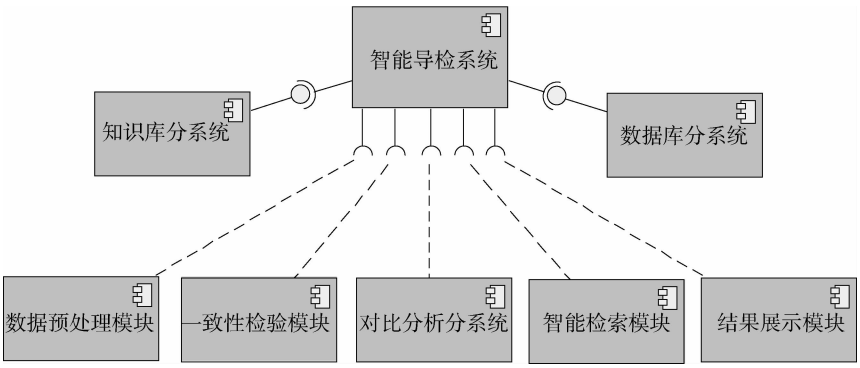

图 4　智能导检系统交互组件

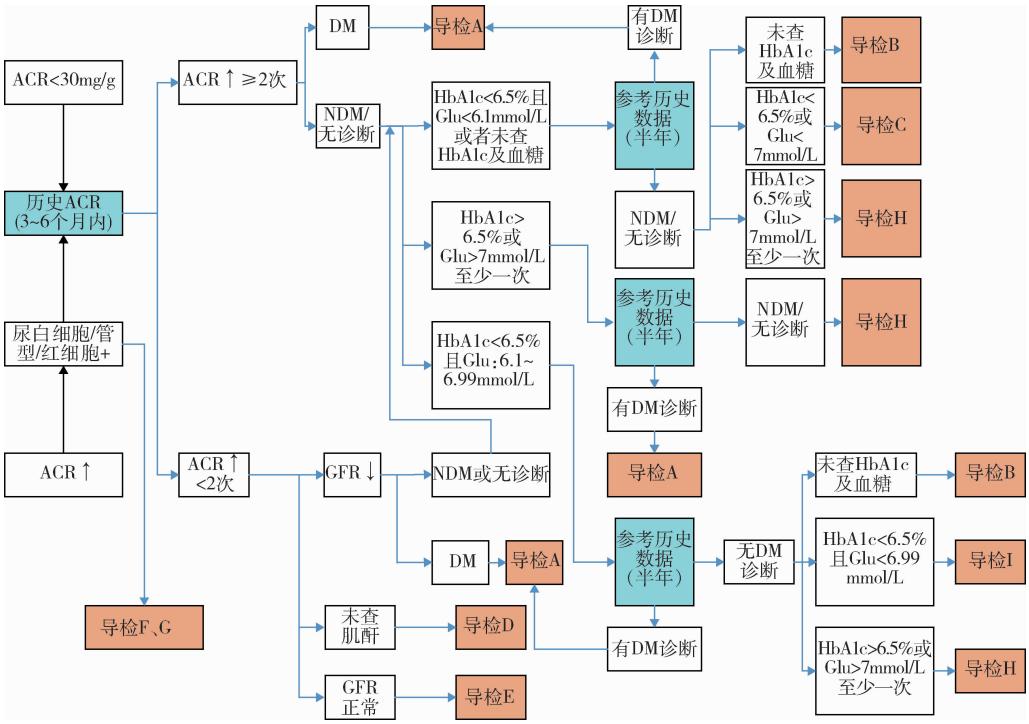

图 5　糖尿病肾病智能导检基础知识库

表 2　糖尿病肾病智能导检内容

导检名称	导检内容	科室/楼层
导检 A	建议进行眼底检查排除糖尿病可能	门诊 3 楼肾病科或门诊 4 楼眼科
导检 B	建议继续监测血糖	门诊 3 楼内分泌科
导检 C	建议定期监测微量白蛋白尿	门诊 3 楼肾病科
导检 D	建议进行肾功能检查	门诊 3 楼肾病科
导检 E	建议继续监测 ACR，排除糖尿病可能	门诊 3 楼内分泌科
导检 F	建议复查尿常规、ACR	门诊 3 楼肾病科
导检 G	建议尿常规检查	门诊 3 楼内分泌科
导检 H	建议进行眼底检查等相关检查	门诊 3 楼肾病科或门诊 4 楼眼科
导检 I	建议进行 OGTT 检查	门诊 3 楼内分泌科

注：OGTT 为口服葡萄糖耐量试验（oral glucose tolerance test）。

智能导检系统根据表 2 和图 5 的知识库，在图 2 智能导检系统“分析结果”节点，对检测结果和历史数据进行一致性检验和对比分析，给出智能导检结果，经检验人员确认后，生成带导检信息的检验报告，供患者查询。除提供下一步检验建议外，还可根据患者需求，添加检测指标解释、患者注意事项、相关疾病预防知识等内容。

3.4 评价问卷结果

共发出评价问卷 4 750 份，收回有效问卷 4 369 份，统计结果，见表 3。

表 3 评价问卷结果（n=4 369）

指标	结果（是）	百分比（%）
导检形式是否满意	4 187	95.83
导检内容是否有用	4 032	92.29
导检是否正确	3 978	91.26
导检是否提高就诊效率	4 110	94.07
其他意见和建议	542	12.41

从评价问卷结果可以看出，90% 以上患者赞同智能导检系统的形式、有用性、正确性和导检内容。其中，不认同的原因主要集中在以下方面：一是部分患者因为有多张检验报告给出的导检结果有差异，不知所措；二是少量患者（48 例）因习惯性不看检验报告，直接去找开具检验单的医生，盲目认为智能导检系统无用；三是智能导检系统阈值设置太敏感，导致部分患者（89 例）病情不严重而被指引到不同科室问诊。542 份评价问卷提出优化建议，主要集中在以下方面：一是增加人工智能机器人按需讲解检验报告；二是增加语音导检功能，即患者获得检验报告后，手机扫码便能够听到相关就诊意见和建议；三是增加跨医院的科室智能指引、专家挂号智能指引等。

4 讨论

4.1 基于 UML 设计智能导检系统的优势

从试运行结果看，基于 UML 的智能导检系统的作用主要体现在 3 个方面：检验人员无须面对临检窗口大量且重复的咨询问题；减轻了临床医生工作压力，提高医疗效率，改善医疗质量；提升患者就医体验，提高问诊效率，达到有的放矢，同时辅助改善医患关系。

选择 UML 2.0 中的类、对象、合成元素、包、组件、布局、使用案例、通信、序列、交互概述、行为、状态、时序、分析、定制中的相关图表元素，通过 Enterprise Architect 软件构建严格可追踪的智能导检系统模型，相比于传统设计方法，一是能够为用户、开发和应用团队打造先进的软件建模方案，可以配备包括分析人员、测试人员、项目经理、品质控制和部署人员等的工作团队；二是可扩展性更强，能够在统一规范下，快速与智能审核系统、智能电子病历等进行融合，进一步提升医疗效率，确保正确的用药剂量，对患者进行长期跟踪治疗有促进作用，能够进一步降低医疗风险。

4.2 智能导检系统的作用

以尿微量蛋白肌酐比检测结果为例，选择 ACR、GFR、HbA1c、Glu 等，建立智能导检基础知识库，基于 5 059 份调查问卷，掌握患者难点和痛点，在智能导检系统中，添加楼层、科室和检测项目等指引，为患者提供更多有价值的参考信息。当前，中国智能导检系统的实践应用尚处于探索阶段，本文采用调查问卷方法对比分析 4 369 份评价问卷，结果表明智能导检系统是提升医疗服务质量的尝试，得到绝大部分患者的好评。亟需大力推进结构化、智能化、知识化电子病历，整合信息孤岛，实现电子病历智能化引导，进一步减少医疗差错，提升医疗质量。

5 结语

针对检验科就诊患者的难点和痛点问题，利用 Enterprise Architect 软件、UML 设计导检系统，实现带有智能导检功能的检验单，为受检者提供智能引导。针对不同年龄段人群设计更具针对性的智能导检内容还存在一定缺陷。针对导检系统

试运行期间发现的问题，如何结合工作实际，结合同一患者多种检验报告形成综合导检建议，提高导检内容的精确性，努力实现机器人智能解答、医院智能引导和医疗知识智能普及，将是下一步重点研究方向。

参考文献

1 王士泉，李言生，苏明亮，等. 医疗人工智能产品应用效果的评估框架与流程研究［J］. 医疗卫生装备，2020，41（1）：62－65.

2 CHAN S，REDDY V，MYERS B，et al. Machine learning in dermatology：current applications，opportunities，and limitations［J］. Dermatology & therapy，2020，10（3）：365－386.

3 刘晶晶，张新颖，桂莉，等. 人工智能在军事医学中的应用现状及展望［J］. 医疗卫生装备，2021，42（4）：92－97.

4 赖文娟，林静静，丁小容. 医院智能化护理评价指标体系的构建［J］. 中华现代护理杂志，2020，26（25）：3433－3439.

5 刘永斌，魏明月，于广军，等. 基于临床决策支持的智能化电子病历集成平台建设与实践［J］. 中国医院，2017，21（8）：8－11.

6 龚尚瑾，渠鸿竹，方向东. 深度学习在医学影像学领域应用研究进展［J］. 医学信息学杂志，2020，41（7）：40－43.

7 LE BERRE C，SANDBORN W J，ARIDHI S，et al. Application of artificial intelligence to gastroenterology and hematology［J］. Gastroenterology，2020，158（1）：76－94.

8 刘莉，陈先来，李忠民，等. 精准医学大数据应用安全分类分级研究［J］. 医学信息学杂志，2021，42（1）：9－15.

9 SETHURAMAN N. Artificial intelligence：a new paradigm for pharmaceutical applications in formulations development［J］. Indian journal of pharmaceutical education and research，2020，54（4）：843－846.

10 JOHNSON K B，WEI W Q，WEERARATNE D，et al. Precision medicine，AI and the future of personalized health care［J］. Clinical and translational science，2021，14（1）：86－93.

11 戴一平. Enterprise Architect 在实验预约管理系统的建模研究［J］. 长春大学学报，2011，21（6）：35－40.

12 杨铨，辛华健. 基于 UML 建模技术的数字化制鞋生产信息管理与控制的实现［J］. 中国皮革，2022，51（7）：57－60.

13 孙志明. 基于 UML 的计算机软件开发方法研究［J］. 中国新通信，2022，24（12）：44－46.

14 顾涵文. 基于 UML 的知识分享系统设计与实现［J］. 科学技术创新，2022（7）：81－84.

15 田雅琼. 建立和评估尿微量白蛋白自动审核系统级糖尿病肾病的智能指引［D］. 汕头：汕头大学，2021.

《医学信息学杂志》版权声明

（1）作者所投稿件无“抄袭”、“剽窃”、“一稿两投或多投”等学术不端行为，对于署名无异议，不涉及保密与知识产权的侵权等问题，文责自负。对于因上述问题引起的一切法律纠纷，完全由全体署名作者负责，无需编辑部承担连带责任。（2）来稿刊用后，该稿包括印刷出版和电子出版在内的出版权、复制权、发行权、汇编权、翻译权及信息网络传播权已经转让给《医学信息学杂志》编辑部。除以纸载体形式出版外，本刊有权以光盘、网络期刊等其他方式刊登文稿，本刊已加入万方数据“数字化期刊群”、重庆维普“中文科技期刊数据库”、清华同方“中国期刊全文数据库”、中邮阅读网。（3）作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付，不再另行发放。作者如不同意文章入编，投稿时敬请说明。

《医学信息学杂志》编辑部