

面向医学数字资源长期保存的信息包封装模式研究^{*}

范云满

田丙磊

(中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所 北京 100020) (中电数据服务有限公司 北京 100088)

杨晨柳 王 蕾 姚宽达 方 安 王 茜

(中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所 北京 100020)

〔摘要〕 阐述 3 种典型的信息包封装模式基本原理并对 3 种模式进行对比分析。结合医学数字资源长期保存需求, 提出面向语义化的医学数字资源封装模式, 为长期保存仓储关联数据的形成、长期保存规划中的保存管理提供基础支撑。

〔关键词〕 开放档案信息系统; 封装模式; 医学数字资源; 长期保存

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.06.011

Study on the Information Package Encapsulation Mode for Long-term Preservation of Medical Digital Resources FAN Yun-man, Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China; TIAN Binglei, China Electric Data Services Co. Ltd., Beijing 100088, China; YANG Chenliu, WANG Lei, YAO Kuanda, FANG An, WANG Qian, Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China

〔Abstract〕 The paper expounds the basic principles of three typical information package encapsulation modes and makes a comparative analysis of them. According to the long-term preservation requirements of medical digital resources, it proposes a semantic-oriented encapsulation mode of medical digital resources, provides basic support for the formation of associated data for long-term preservation and the preservation management in long-term preservation planning.

〔Keywords〕 Open Archival Information System (OAIS); encapsulation mode; medical digital resources; long-term preservation

〔修回日期〕 2021-01-06

〔作者简介〕 范云满, 助理研究员; 通讯作者: 方安, 研究馆员。

〔基金项目〕 中国医学科学院医学与健康科技创新工程服务“一带一路”战略先导科研专项“卫生信息服务研究”(项目编号: 2017-I2MB&R-10); 国家人口与健康科学数据共享服务平台后补助项目“人口与健康科学数据长期保存”(项目编号: NCMIKD07N-201905); 国家人口与健康科学数据共享服务平台后补助项目“协同工作系统”(项目编号: NCMI-KD03N-201905)。

1 引言

1.1 研究背景

随着 DNA 测序技术和电子病历的推广应用,医学数据呈现快速增长趋势,这些数据是开展医学研究的重要基础,而数据采集和获取具有难度大、成本高等特点^[1],因此为提供医学研究数据来源,确保数字资源在经过长时间保存后可查找、可访问、可解释、可使用,医学数字资源长期保存十分重要,而数据资源封装是长期保存活动中的关键环节。开放档案信息系统(Open Archival Information System, OAIS)模型对信息包封装模式给出指导性原则,然而该原则没有提供统一标准,针对医学领域数字资源需要在此基础上进一步深入分析,以构建满足实际需求的信息包封装模式。

1.2 信息包概述

根据 OAIS 定义,信息包以多层包裹、层层封装的形式进行组织。内侧是数字资源内容信息和保存描述信息,两者共同组成信息包内核,且该内核自身具有描述信息;外侧是对于信息包的描述信息,内外侧构成完整信息包。此外按照数字对象长期保存生命周期的不同阶段,OAIS 将信息包分为提交信息包(Submission Information Package, SIP),存档信息包(Archival Information Package, AIP)和分发信息包(Dissemination Information Package, DIP),其中 SIP 是数字资源提供者提供数字资源时的信息包;AIP 是 SIP 经过长期保存应用系统摄入仓储后长期保存的信息包;DIP 是仓储对外提供服务时的信息包。

2 研究现状

2.1 长期保存信息包封装方面

叶丽^[2]分析了基于 OAIS 信息模型的信息包不同封装策略。在对 AIP 模型以及相关标准 JATS、PREMIS、METS 分析的基础上,付鸿鹄、吴振新和王玉菊^[3]提出一个 AIP 封装模型。在对比几种主流

信息包封装模式和方案的基础上,吴振新、李文燕和蒋世银^[4]对信息包中起源信息提出封装建议。国家图书馆制定数字资源长期保存的信息封装标准规范与应用指南^[5]。美国亚利桑那大学图书馆推荐用 PDF/A 作为文本信息数字化长期保存的推荐标准^[6]。

2.2 医学数据保存方面

Ohno - Machado L、Sansone S、Alter G 等^[7]收集 76 个医学仓储数字资源,按照流行病学研究、蛋白质、表型、基因表达、核苷酸序列、临床试验等 16 大类进行组织,包含文本、图片、专有格式(如 CT 扫描)等复杂数据格式。美国国立卫生研究院(National Institutes of Health, NIH)发布的医学数字资源保存白皮书可用于指导机构在科研活动中的数据收集和保存^[8]。欧盟第七框架下的 ENSURE 项目致力于探索一种能够以较低成本长期保存卫生保健、临床试验和金融部门数据的方法^[9]。ENSURE 项目利用本体方法,借鉴 DICOM、NIE 模型作为信息包封装模型,将数字资源表达为本体实例^[10]。为解决药品记录领域复杂数字对象长期保存问题,Stancic H、Pavlina K 和 Rajh A 等^[11]采用 eCTD 文件格式与 METS 相结合的方法构建 AIP 中的数字对象模型。综上,相关研究已在元数据封装标准方面对信息包封装模型进行探索。生物医学领域相关研究注重数据的组织分类,缺乏对医学领域信息包封装模型的研究。本文通过对比分析提出一种适合于医学数字资源的封装模式,以期指导研究实践。具体研究思路为:以 OAIS 对信息包的封装模式为基础,调研数字资源长期保存实践项目和软件,对其信息包封装模式进行分析,结合保存实践提出基于语义的医学数字资源长期保存信息包封装模式。

3 典型信息包封装模式

3.1 分层封装

3.1.1 概述 采用的模式是信息包内实体数据分层保存,在每层中保存相应元数据对其描述。依据

分层方式可以分为简单分层和模型分层。

3.1.2 简单分层 信息包中的文件根据具有明显分类特征的信息,如期刊年卷期等分层。哈佛大学图书馆为解决电子期刊长期保存问题的 E-Journal Archive 项目中,信息包为固定的 3 层文件夹架构,每个期刊作为 1 个信息包,包含多个期文件夹,其下包含多个篇文件夹,实体数据包含在篇文件夹中,每个层级都有元数据文件描述本层的信息^[12]。英国国家档案馆将历史资料扫描为 JPEG2000 文件进行长期保存^[13]。信息包中的实体文件按照 department、piece、item 不断分层,直至实体文件;包含技术元、环境元数据的元数据文件与实体文件处于同一层级。

3.1.3 模型分层 定义一个通用模型,3 种信息包依据该模型扩充实现不同模型。E-ARK (European Archival Records and Knowledge Preservation)^[14]是欧盟委员会在其竞争力和创新框架计划下的 ICT 政策支持计划共同资助的项目,旨在实现泛欧范围内长期保存数据内容保存、获取的一致性并为政府和机构提供基础设施。E-ARK 中定义了一个统一的信息包模型 (CSIP),该信息包采用层级文件夹,将元数据和实体数据放在不同文件夹中^[15]。3 种信息包遵循 CSIP 形式,按照数据资源生命周期扩展不同元数据和数据内容。SIP 包含原始数据资源信息,AIP^[16]中包含 SIP,同时将 SIP 整个生命周期内迁移、转化等衍生数据都封装其中。DIP 则扩充对外服务的元数据信息^[17]。

3.1.4 小结 分层封装的信息包物理存储上采用 TAR 或 ZIP 文件,包的名字为通用唯一标识符 (Universally Unique Identifier, UUID) 或具有唯一特征的标识符;逻辑结构层次清晰,自身具有分层描述功能;适用于文献、档案等数据资源长期保存,在很多长期保存项目中采用^[18-21]。

3.2 独立文件封装

3.2.1 概述 该模式将信息包封装成一个具有独立的、特定格式的文件,在文件内划分不同区域,分别保存描述元数据和实体数据。依据文件物理结构的不同,分为松耦合和紧耦合封装。

3.2.2 松耦合封装 将实体数据封装为一个特定格式的文件,元数据以 XML 等格式存放。SIARD (Software Independent Archiving of Relational Databases) 是瑞士联邦档案馆开发的一种用来存储关系数据库的格式。每个 SIARD 文件是一个 ZIP 文件包,包含记录数据库内容的文件和 XML 格式元数据,前者一般是每个数据库表生成一个 XML 文件,可包含表示数据库大对象 (BLOB/CLOB) 的文本文件和二进制文件^[22],后者为机器可处理的结构化元数据,记录数据库表结构及其关系。

3.2.3 紧耦合封装 将实体文件和元数据文件耦合为一个文件。ARC 被互联网档案馆 (Internet Archive, IA) 和许多图书馆采纳并用来存储数以十亿的数字对象^[23]。ARC 文件包含一个单行标题,简短地描述文件内容及其长度,下一行是文件内容。WARC 文件包含一个或多个 WARC 记录,每个记录包含一个声明字段,后面是记录的内容块和两个换行符,内容块可以是任意格式资源。为解决 ARC 描述字段单一问题,WARC (Web ARC)^[24]对 ARC 进行扩展。WARC 已经在 LOCKSS^[25]项目中采用。声明字段即为后面数据内容的元数据字段,通过这种方式使得元数据、数据内容以键值对方式呈现,同时对实体文件采用二进制方式保存,WARC 得到很多机构支持,如英国图书馆、法国图书馆等采用 WARC 格式保存数 PB 文件并衍生出相关软件^[26]。标准格式数据单元 (Standard Formatted Data Units, SFDU) 是美国宇航局空间科学数据协调档案馆 (NASA Space Science Data Coordinated Archive, NSSDCA) 用来解决数据交换、互操作问题的数据格式,由多个标签-数值-对象组成^[27]。2008 年 NSSDCA 在 SFDU 基础上提出 XFDF (Xml Formatted Data Unit)^[28]。医学数字影像和通讯 (Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM) 是一个医学影像和相关信息的国际标准,定义了医学影像在数据交换和临床应用方面的格式^[29]。

3.2.4 小结 独立文件封装是面向非结构化、流式数据的存储格式。SIARD 是一种专门面向数据库存储的文件格式,为实现数据库长期保存提供思路;WARC 格式是具有代表性的独立文件封装格

式,在很多机构长期保存项目中采用。作为 OAIS 模型的提出者, NSSDCA 提出的 SFDU 和后续改进的 XFDU 具有代表意义, DICOM 可以用作医学影像存储标准。

3.3 语义化封装的信息包

3.3.1 概述 语义化封装模式借鉴 OAIS 信息包逐层包裹的封装方式,包含实体、保存元和描述元数据以及整个包的元数据,是结构化的体现;同时将元数据的描述载体由 XML 变为 RDF 三元组,使得对信息包的描述呈现语义化,具有自我描述能力。语义化封装经过结构化(半语义化)、语义化逐步走向完善的过程。

3.3.2 结构化封装模式 DAITSS^[30]是佛罗里达图书馆自动化中心开发的一个长期保存存储库应用程序,供佛罗里达州数字图书馆使用。RXP (Repository Exchange Package) 是佛罗里达图书馆自动化中心 TIPR 项目中设计的一种用于 OAIS 仓储之间数据交换的信息包封装模式,使用 METS 和 PREMIS 生成结构元数据和保存元数据^[31]。DAITSS 和 RXP 都将实体文件放在信息包内,每个实体文件对应相应的元数据文件,元数据文件以 METS、PREMIS 描述;同时内部也附有整个信息包的描述元数据信息。

3.3.3 语义化的封装模式 Fedora (the Flexible Extensible Digital Object and Repository Architecture) 是康奈尔大学和弗吉尼亚大学图书馆联合研发的用于存储、管理和分发复杂数字对象的可扩展软件。Fedora 在版本 4.0 以前,按照 FOXML (Fedora Object Model) 封装信息包,元数据以 XML 为载体,元数据文件和实体数据文件打包成一个文件。在版本 4.0 以后, Fedora 将信息包封装为一个容器,容器内可以包含容器或者非 RDF 资源(实体数据);元数据采用 RDF 三元组描述;实体数据不再存储在

信息包内部,可以灵活地存储在文件系统内,利用统一资源标识符 (Uniform Resource Identifier, URI) 表明存储位置。RODA 是一个基于 Fedora 4 构建的一个面向服务的仓储软件^[32]。RODA 中 SIP 封装成一个 ZIP 包,实体数据在信息包内部,相应的保存元数据和描述元数据以及整个包的元数据都打包在内,符合 OAIS 信息包封装模型要求。

3.3.4 小结 RXP 是一种用于仓储之间信息交换的封装规范,不是严格意义的长期保存信息包封装模式,但是为长期保存仓储之间的信息交换机制提供实现思路。RODA 设计开源工具 RODA - In, 支持生成符合 RODA、BagIt 格式的信息包^[33]。元数据采用 XML 文件为载体,形成非语义化、非关联数据;数据文件包含在信息包内部,不便于长期保存过程中后续处理。采用 RDF 三元组描述元数据,形成关联数据,是一种语义化的封装模式。语义化封装实现元数据和实体数据的分离,利于长期保存活动的开展,适用于各类数据资源保存。

3.4 封装模式对比分析

对上述封装模式进行对比分析,见表 1。分层封装采用 METS、PREMIS 等元数据标准;独立文件封装模式采用自定义元数据标准,封装模式本身具有较强的独立性;语义化封装采用 METS、PREMIS 等元数据标准,使信息包封装模式更具有通用性、易读性。3 种封装模式的信息包都采用以 ZIP 或 TAR 压缩文件夹的形式,实体数据存在信息包内部,只有 Fedora 以及 RODA 的 AIP 包采用 RDF 描述后使实体数据变为一种资源可以存放在仓储文件系统中。分层封装中除 E - ARK 项目外封装模式比较简单,但层次划分明确,适合文献、档案等资源的保存;独立文件封装模式文件独立、完整,适合保存非文本类信息;语义化封装模式由于具有语义化的特点,适合多种数据保存。

表 1 封装模式对比

封装模式	子分类	逻辑视图	物理视图			代表项目/格式
		利用元数据标准	实体数据位置	信息包文件格式	校验和	
分层封装	简单分层	METS	内部	ZIP	MD5	哈佛 E – Journal
		自定义元数据标准	内部	TAR	SHA – 256	英国国家档案馆
独立文件封装	模型分层	METS	内部	TAR	SHA – 256	E – ARK
	松散耦合	自定义元数据标准	内部	WARC	无	LOCKSS
		自定义元数据标准	内部	ZIP	无	SIARD
	紧耦合	自定义元数据标准	内部	支持自定义	无	SFDU, DICOM
		XFDU	内部/外部	ZIP	无	XFDU
语义化封装	结构化	METS、PREMIS	内部	ZIP、TAR	SHA – 1, MD5	DAITSS
		METS、PREMIS	内部	tar, gz	OpenPGP	RXP
	语义化	METS、PREMIS	内部	ZIP	MD5	Fedora3
		METS、PREMIS	外部	–	MD5	Fedora4
		METS、PREMIS、EAD – Component	外部	ZIP	MD5 SHA	RODA

4 基于语义的医学数字资源信息包封装模式

4.1 医学数字资源信息包封装需求

医学数字资源包括医学文献、网页数据、临床数据和科研数据等多种类型^[34]。医学文献数据的元数据是结构化数据，实体数据属于非结构化数据；网页数据是非结构化数据；临床和科研数据既有结构化数据，也有非结构化数据，以及二进制数据。需要针对不同数据采取不同封装模式：医学文献采用分层封装，药品记录采用 SIAD，医学影像采用 DICOM 格式独立文件。在数据存储方面，实体数据文件需要放在文件服务器或云存储服务器中，管理元数据以关系数据存放在关系数据库中，同时为形成长期保存的关联数据，描述元数据和保存元数据需要以 RDF 形式语义存储在 RDF 数据库中。

4.2 面向语义化的医学数字资源信息包封装模式

4.2.1 封装模式框架 提出一种面向语义化的封装模式，逻辑组织结构，见图 1。遵循 OAIS 信息包层层封装策略，最内层是对数据提供者给出的原始数据封装，分为描述性元数据和数据流，前者根据数字资源种类不同，采用不同描述性元数据方案，

如文献采用 <JATS>，临床数据中的医学影像采用 <DICOM>。SIP 中封装元数据信息如指引、上下文、来源和固化信息等，并将上述信息以 <PREMIS> 封装，形成保存元数据；最后以 <METS> 将 SIP 和保存元数据封装成 AIP。

4.2.2 面向医学数字资源的扩充 为满足医学数字资源信息包封装要求，在数字资源描述元数据中扩充数字资源的标引主题词，增加医学主题词表 (MeSH)、中文医学主题词表 (CMesh)、循证医学临床分类 (EBMC)、循证医学研究类型 (EBMS)；对数字资源的学科分类进行重新定义，包含医学综合、一般理论、预防医学与卫生学、基础医学、临床医学、内科学、外科学、妇产科学、儿科学、肿瘤学、神经病学与精神病学、皮肤病学与性病学、外国民族医学、特种医学、药学和其他等。

4.2.3 小结 本封装模式的优点在于以最小化的代价将数字资源封装成能够长期保存的 AIP；通过对主题词表的扩充和学科分类的重新定义使本封装模式具有医学数字资源特色；关键性元数据（描述元和保存元数据）的语义化存储为形成数字资源的关联数据提供先决条件；数据流与元数据的分离使长期保存过程中的保存管理（格式迁移等）更加便捷。

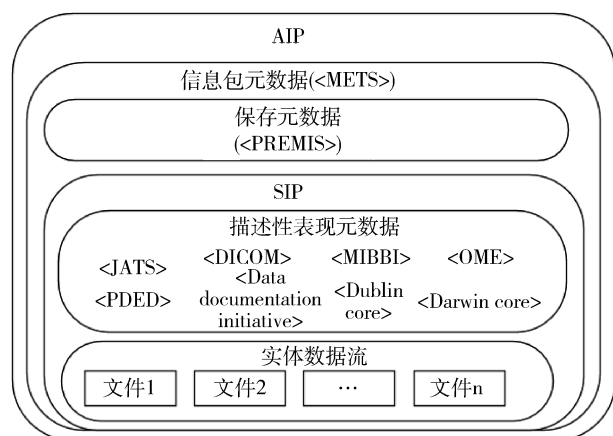


图 1 基于语义的医学数字资源信息包

5 结语

本文首先对比分析信息包封装模式，调研相关具有代表性、影响力较大的项目/软件。结合医学数字资源长期保存实践需求，提出面向语义化的医学数字资源信息包封装模式。该模式以数据提供者给出的原始数据为基础，采用层层封装的策略，形成描述元、保存元数据。在描述性表现元数据中扩展用于数据标引的主题词表，重新定义学科分类，满足医学数字资源长期保存需要。该模式不但以最低代价在遵循 OAIS 信息包概念前提下实现信息包封装，而且通过元数据的 RDF 语义存储、实体数据与元数据分离方式为后续长期保存仓储关联数据形成以及长期保存规划中的保存管理提供有利条件。

参考文献

- 1 杨晨柳, 方安, 钱庆, 等. 面向人口健康科学数据长期保存的元数据模型构建 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2020, 29 (9): 22 - 28.
- 2 叶丽. 基于 OAIS 信息包的电子文件元数据封装策略研究 [J]. 档案学研究, 2007 (4): 54 - 57.
- 3 付鸿鹄, 吴振新, 王玉菊. 长期保存存档信息包的研究与构建 [J]. 国家图书馆学刊, 2014 (6): 77 - 84.
- 4 吴振新, 李文燕, 蒋世银. 基于 OAIS 信息模型的起源信息封装策略研究与应用 [J]. 图书情报工作, 2017, 61 (18): 113 - 118.
- 5 童庆钧, 郑小惠, 杨东波. 国家数字图书馆长期保存信息包封装标准规范与应用指南 [M]. 北京: 国家图书

- 6 Han Y. Beyond TIFF and JPEG2000: PDF/A as an OAIS submission information package container [J]. Library Hi Tech, 2015, 33 (3): 409 - 423.
- 7 Ohno - Machado L, Sansone S, Alter G, et al. Finding Useful Data Across Multiple Biomedical Data Repositories Using DataMed [J]. Nature Genetics, 2017, 49 (6): 816 - 819.
- 8 National Institutes of Health. Records Management Record Keeping [EB/OL]. [2020 - 10 - 14]. <https://oma.od.nih.gov/DMS/Pages/Records - Management - Record - Keeping.aspx>.
- 9 Braud M, Edelstein O, Rauch J, et al. ENSURE: long term digital preservation of health care, clinical trial and financial data [C]. Lisbon: 10th International Conference on Preservation of Digital Objects (iPRES), 2013.
- 10 Kiefer S, Schäfer M, Rauch J. A Semantic Approach for Digital Long - term Preservation of Electronic Health Documents [J]. Studies in Health Technology and Informatics, 2012 (180): 265 - 269.
- 11 Stancic H, Pavlina K, Rajh A. Long - term Preservation Solution for Complex Digital Objects Preserved as Archival Information Packages in the Domain of Pharmaceutical Records [C]. Gosier: eTELEMED 2011, The Third International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine, 2011.
- 12 Geller M. Submission Information Package (Sip) Specification [EB/OL]. [2020 - 06 - 17]. <http://xml.coverpages.org/HarvardSIP - Spec01 - 200112.pdf>.
- 13 Archives T N. Preserving Digital Records Guidance [EB/OL]. [2020 - 06 - 17]. <https://www.nationalarchives.gov.uk/information - management/manage - information/preserving - digital - records/guidance/>.
- 14 Paulic A. European Archival Records and Knowledge Preservation (E - ARK) Project. Goals and Achievements: an overview [J]. Atlanti, 2015, 25 (1): 237 - 244.
- 15 Anderson J, Anderson D, Kaminski J, et al. E - ARK Final Report [EB/OL]. [2020 - 06 - 17]. <https://research.brighton.ac.uk/en/publications/e - ark - final - report>.
- 16 Bredenberg K, Faria L, Ferreira M, et al. Specification for Archival Information Packages [EB/OL]. [2020 - 07 - 02]. <http://earkaip.dilcis.eu/>.
- 17 Thirifays A, Lux Z, Škofljanec J, et al. E - ARK Dissemination Information Package (DIP) Final Specification [EB/OL]. [2020 - 06 - 17]. https://researchportal.port.ac.uk/portal/files/8791280/E_ARK_D5.3.pdf.
- 18 Hindal S, Harriet W E. The Norwegian Archive, Library

- and Museum Authority - our role in a society based on knowledge and culture [J]. Library Review, 2004, 53 (4): 207-212.
- 19 Kärberg T. Digital Preservation of Knowledge - a theoretical - practical research at the National Archives of Estonia [EB/OL]. [2020-06-17]. <https://dspace.ut.ee/handle/10062/54614>.
 - 20 Van Garderen P. Archivematica: using micro - services and open - source software to deliver a comprehensive digital curation solution [EB/OL]. [2020-06-17]. <https://ipres-conference.org/ipres10/papers/vanGarderen28.pdf>.
 - 21 Tilbury J, Verdegem R, Cochrane E. Building a User Group for a Digital Preservation Product [EB/OL]. [2020-06-17]. <https://osf.io/6tyba/>.
 - 22 Archives S F. SIARD (Software Independent Archiving of Relational Databases) [EB/OL]. [2020-07-13]. <https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000426.shtml>.
 - 23 Burner M, Kahle B. Arc File Format [J]. Retrieved April, 1996 (2): 2006.
 - 24 International Standardization Organization. ISO 28500: 2009 Information and Documentation - WARC file format [EB/OL]. [2020-06-17]. <https://www.iso.org/standard/44717.html>.
 - 25 Reich V, Rosenthal D S H. LOCKSS (Lots of Copies Keep Stuff Safe) [J]. New Review of Academic Librarianship, 2000, 6 (1): 155-161.
 - 26 曲云鹏. 网络存档文件格式 WARC 研究 [J]. 图书馆学研究, 2014 (24): 20-25.
 - 27 International Standardization Organization. ISO 14961: 2002 [EB/OL]. [2020-06-17]. <https://www.iso.org/standard/34701.html>.
 - 28 Duncley M, Ronen S, Henis E A, et al. Using XFDD for CASPAR Information Packaging [J]. OCLC Systems & Services: International Digital Library Perspectives, 2010, 26 (2): 80-93.
 - 29 Wiggins R H, Davidson H C, Harnsberger H R, et al. Image File Formats: past, present, and future [J]. RadioGraphics, 2001, 21 (3): 789-798.
 - 30 Caplan P. DAITSS, an OAIS - based Preservation Repository [EB/OL]. [2020-06-17]. https://www.researchgate.net/publication/239761555_DAITSS_an_OAIS_based_preservation_repository.
 - 31 Caplan P, Kehoe W, Pawletko J. Towards Interoperable Preservation Repositories (TIPR): Proceedings of the 2010 Roadmap for Digital Preservation Interoperability Framework Workshop [C]. Gaithersburg: Association for Computing Machinery, 2010.
 - 32 Faria L, Ferreira M, Castro R, et al. RODA: a service - oriented repository to preserve authentic digital objects [EB/OL]. [2020-06-17]. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/9408/2/OR09-0.3.pdf>.
 - 33 Ramalho J C, Pereira A, Ferreira M, et al. RODA - in: a generic tool for the mass creation of submission information packages [C]. Lisbon: 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2017.
 - 34 胡佳慧, 杨晨柳, 方安, 等. 医学数字资源长期保存实践与分析 [J]. 中国数字医学, 2019, 14 (12): 95-98.

(上接第 51 页)

- 9 吴传芳, 席明霞, 谭创, 等. 护理质量智能化管理系统的构建与应用 [J]. 中国卫生质量管理, 2017, 13 (5): 81-83.
- 10 许燕. 国内外护理信息化实践现状 [J]. 中国护理管理, 2010, 10 (5): 11-14.
- 11 Yarcheski A, Mahon N E. Characteristics of Quantitative Nursing Research from 1990 to 2010 [J]. Journal of Nursing Scholarship, 2013, 45 (4): 405-411.
- 12 Dougherty L, Sque M, Crouch R. Decision - making Processes Used by Nurses during Intravenous Drug Preparation and Administration [J]. Journal of Advanced Nursing, 2012, 68 (6): 1302-1311.
- 13 Hsiao H J, Li Y C, Chen Y L, et al. Critical Factors for the Adoption of Mobile Nursing Information Systems in Taiwan: the nursing department administrator's perspective [J]. J Med Syst, 2009, 33 (5): 369-377.
- 14 Sharony R, Katz A, Ovsyehcer L. A Comprehensive Computerized Medical Record System for the Pacemaker Cardiology Clinic [C]. Jerusalem: Computers in Cardiology, IEEE, 1989.
- 15 谢小燕, 马军华, 刘茂英, 等. 护理文书质控信息系统的建立与应用 [J]. 中国卫生质量管理, 2013, 9 (5): 23-24.
- 16 井立强, 王艳萍, 焦敬义, 等. 基于 CDSS 临床知识库应用与实践 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2015 (2): 176-182.