重新设计电子健康记录系统以支持发展中国家

Jean Marie Tshimula, [1,2,4] **D'Jeff K. Nkashama,** [1,2] **Kalonji Kalala,** [1,3] **Maximilien V.Dialufuma,** [1,7]**Mbuyi Mukendi Didier,** [1,6,8] **Hugues Kanda,** [1] **Jean Tshibangu Muabila,** [1,5] **ChristianN. Mayemba**[1,91]数据勘探与价值化研究小组（Greprovad） [2]舍布鲁克大学[3]渥太华大学电子与计算机工程系 [4]TÉLUQ大学 [5]巴黎-萨克雷大学LISV-UVSQ实验室 [6]金沙萨大学 [7]蒙特利尔行为医学中心，CIUSSS-NIM/UQAM/Concordia [8]蒙科莱医院生物医学研究部，金沙萨 [9]金沙萨大学解剖病理学系
contact@greprovad.org

arXiv:2302.01281v1 [cs.CY] 31 Jan 2023

摘要

电子健康记录（EHR）已成为医疗保健生态系统中的重要工具，可向获授权的临床医生提供患者健康相关信息，以便更好地进行治疗。尽管大多数发达国家都在利用电子健康记录来改善医疗保健系统，但在发展中国家，借助计算机化的患者医疗保健信息系统来支持临床决策和公共卫生仍面临挑战。本文提出了一种适用于发展中国家的新型电子健康记录架构——该架构促进包容性，并为所有社会阶层和社会经济地位的人群提供量身定制的解决方案。我们的架构设想了一种无需互联网（离线）的方案，使医疗机构之间能够开展医疗事务，并在地理位置偏远、服务不足的农村地区存储电子健康记录。此外，我们还探讨了如何利用人工智能处理匿名的健康相关信息，以制定更完善的公共卫生政策并开展监测。

1 引言

电子健康记录（EHR）系统以数字格式提供安全、集成的患者及人群电子存储健康信息集合（Odekunle 等人，2017年；Kukafka 等人，2007年；Akanbi 等人，2012；Adetoyi 和 Raji，2020年；Kavuma，2019年；Kohli 和 Tan，2016年）；它全面呈现患者的健康史，旨在消除手写记录的可读性问题；实现远程访问健康记录；促进在疾病发展早期进行干预、改善患者护理和治疗效果；提高效率并降低成本；以及改进账单处理程序（Schmitt 和 Wofford，2002年；Erstad，2003年）。电子健康记录系统的潜在优势推动其在发达国家及部分新兴国家得到广泛采用（Black 等人，2011年）。

尽管大多数发达国家都在利用电子健康记录来改善其医疗保健系统，但在发展中国家，利用计算机化的患者医疗保健信息系统支持临床决策和公共卫生仍面临挑战。一些发展中国家，包括撒哈拉以南非洲地区，在医疗服务中仍主要采用纸质系统，而非计算机化的患者管理系统（Odekunle 等人，2017年；Akanbi 等人，2012年；Adetoyi 和 Raji，2020年；Kavuma，2019年；Kohli 和 Tan，2016年）。缺乏电子健康记录系统可能会导致患者健康数据管理方面的问题，进而难以通过为临床医生提供决策支持来提高患者护理质量和安全性。例如，患者 P 居住在城市 X，前往同一国家的城市 Y，并在逗留期间生病。由于 Y 市的临床医生 C 无法获取患者 P 更多的健康数据，(i) 为 P 提供的治疗方案可能会因其既往健康问题而引发一些重要问题；(ii) 给 P 开具的药物可能会忽视其病史。用药错误可能给患者造成沉重的经济负担、带来副作用，并导致不可逆的后果；用药错误的类型繁多。有些错误可能较轻微，另一些则可能导致不良事件，引发并发症并提高死亡率（Bates 和 Slight，2014年；Forster 等人，2008年）。然而，电子健康记录系统有望减少处方错误和药物不良相互作用（Chaudhry 等人，2006年），并在急诊护理期间提供病史数据（Stiell 等人，2003年）。这些数据提供重要的病史详情，让临床医生有更多依据来判断哪种治疗最适合患者的问题，以及何时应予以实施。我们提出这个问题："在发展中国家的背景下，如何用电子健康记录系统取代纸质系统？"一项研究指出了阻碍电子健康记录系统在发展中国家广泛采用的一些因素。已确定的因素包括……

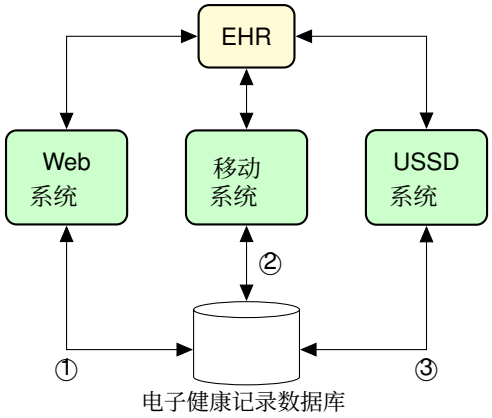


图 1：针对发展中国家情境定制的电子健康记录系统架构图。

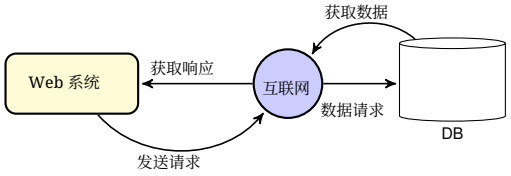
包括但不限于采购和维护成本高、电力供应不足以及互联网连接不佳（Odekunle 等人，2017年）。因此，本文提出了一种电子健康记录架构，以应对前文提及的因素。

我们认为，照搬工业化国家模式实施电子健康记录系统，可能无法在发展中国家的环境中正常运行并提供解决方案。要在发展中国家实施电子健康记录系统，除上述问题外，我们还应对医疗保健领域中与社会包容、歧视和社会经济地位相关的问题。无论个人收入或生活水平如何，每个人都有资格接受健康监测。我们提出了一种简单的架构，用于实施能够促进包容、并为所有社会阶层提供量身定制解决方案的电子健康记录系统。拟议架构考虑了互联网覆盖、电力和基础设施问题，并预设了规避这些问题的替代方案。更值得注意的是，我们的架构提出了一种无需互联网的替代方案（离线解决方案），以便在医院和诊所内进行医疗交易，并在地理位置偏远且互联网服务不足的农村地区存储电子健康记录。需要注意的是，该离线解决方案不要求使用相对昂贵的终端设备（如计算机、平板电脑和智能手机）来建立医疗机构之间的连接。该解决方案旨在弥合医疗保健领域的不平等，使资源有限的医疗机构能够使用其拥有的任何类型的移动电话访问电子健康记录系统。此外，拟议架构还预见利用人工智能来改善公共卫生政策和监测，包括：（i）监测提示疾病暴发的模式，（ii）根据症状、医疗记录和一段时间内的治疗情况预测疾病，以及（iii）提供药物推荐。

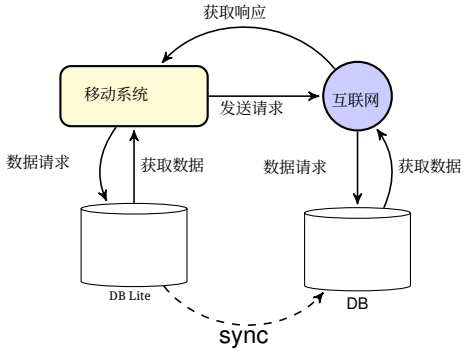
本文其余部分安排如下。第2节简要概述相关工作。第3节介绍拟议架构。我们将在第4节讨论拟议架构的范围、挑战与机遇，并在第5节阐述伦理考量。最后，我们将在第6节总结全文并展望未来方向。

2 相关工作

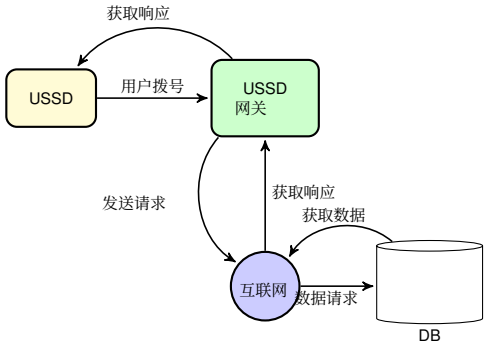
研究人员考察了存储患者数据的定性与定量方法，并报告称，电子存储与索引系统是管理医疗记录的更适宜方法（Kohli 和 Tan，2012）。为管理患者数据，许多研究探讨了发展中国家背景下电子健康记录系统的实施与采用问题（Adetoyi 和 Raji，2020年；Odekunle 等人，2017年；Akanbi 等人，2012；Kavuma，2019年；Akwaowo 等人，2022；Sood 等人，2008年；Fraser 等人，2005；Syzdykova 等人，2017年；Kamadjeu 等人，2005；Sabi 等人，2018年）。例如，Adetoyi 和 Raji（2020年）提出了一个设计框架，旨在将电子健康记录纳入撒哈拉以南非洲的医学信息学；Kamadjeu 等人（2005）则在喀麦隆城市基层医疗保健实践中试用了电子健康记录系统。Jawhari 等人（2016年）通过考察系统、人员、流程和产品等因素，研究了撒哈拉以南非洲贫民窟的电子健康记录部署；这些因素对其实施成败至关重要。他们还指出，在资源受限环境中使用电子健康记录，在知识和学习机会方面存在差距。类似地，Kavuma（2019年）评估了撒哈拉以南非洲电子病历系统的实施情况，并依据一组既定指标评估了其可用性。尽管（Adetoyi 和 Raji，2020年；Kamadjeu 等人，2005）提出的电子健康记录系统采取了有效策略，使医疗保健人员能够快速访问患者数据，以支持医疗服务，但仍有许多因素影响其采用。（Odekunle 等人，2017年；Sabi 等人，2018年；Akwaowo 等人，2022）的研究指出了阻碍撒哈拉以南非洲广泛采用电子健康记录系统的一些因素，包括基础设施匮乏、停电以及互联网



(a) Web 应用：依赖互联网的系统



(b) 在离线和在线环境下运行的基于移动设备的电子健康记录系统



(c) 使用非结构化补充业务数据的电子健康记录系统

图 2：模块级拟议架构示意图

覆盖问题（Odekunle 等人，2017年）。本文提出一种能够应对这些因素的架构，并提供一种无需互联网即可访问电子健康记录系统的解决方案，使其对上述因素的依赖相对较小。其背后的理念是促进电子健康记录在医疗服务中的应用，让所有人都能无一例外地使用电子健康记录系统，包括贫民窟和农村地区的居民，无论其社会经济地位如何，并应对医疗保健领域的不平等现象。

互联网的地理限制是非洲发展面临的一项重要挑战（Counted 和 Arawole，2016年）。研究发现，人口统计和社会经济因素以及配套基础设施，也是影响互联网普及的重要因素（Rodríguez-Castelán 等人，2021年）。在发展中国家，人们通常使用移动宽带互联网来接入互联网，以获取孕产妇健康支持、识别假药并使用数字健康融资平台（Holst 等人，2020年）。在医疗保健环境中，互联网可以帮助临床医生快速访问患者数据并确定合适的治疗方案。由于基础设施不足会减缓电子健康记录普及，我们提出的架构提供了一种简单的解决方案，可弥合医疗保健领域的不平等。该解决方案的独特之处在于利用短代码等技术[1]以及非结构化补充业务数据（USSD），[2]通过移动电话访问电子健康记录系统。USSD 是一种通信协议，移动设备借此与网络服务提供商通信。USSD 可用于访问各种服务，例如查询账户余额或订阅服务。人们可以通过 USSD 访问电子健康记录，但通常需要建立一个系统，让医疗服务提供者通过 USSD 在电子健康记录系统中录入和更新信息，并向系统发送 USSD 请求来访问患者记录。在患者或医疗服务提供者无法使用计算机或智能手机，或互联网连接不稳定的情况下，这种方式可能很有用。

3 拟议架构

我们提出了一种适用于发展中国家的电子健康记录系统管理架构。该架构提高了临床医生在城市、地理位置偏远且医疗服务不足的地区以及农村地区获取患者数据的能力。图1 展示了拟议架构，其中包括一个集中式数据库（电子健康记录数据库），以及基于 Web、移动设备和非结构化补充业务数据的电子健康记录系统。本节介绍架构中的各个子系统（组件），并讨论其具体作用以及正常运行所受的限制。

3.1 模块1：基于 Web 的电子健康记录系统

基于 Web 的电子健康记录系统（WES）允许临床医生通过任意设备的浏览器访问患者医疗记录，包括计算机和智能手机。如图2a所示，WES 可以

[1]了解通用短码：其用途、管理与策略要素：https://identitypraxis.com/2006/09/01/understanding-the-common-short-code-its-use-administration-and-tactical-elements。访问日期：2023年1月2日[2]USSD（非结构化补充业务数据）：https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/USSD。访问日期：2023年1月2日

托管在具有不间断互联网连接的服务器上。需要注意的是，WES 与电子健康记录数据库之间的通信也通过互联网进行。交互始于 WES；例如，如果临床医生希望访问患者的处方记录，首先应提供用于身份验证的凭据。临床医生成功登录后，系统会通过互联网将其请求发送至网络服务器，随后网络服务器查询电子健康记录数据库，以获取 WES 请求的数据。最终，网络服务器将请求的信息返回给 Web 应用。WES 的优势之一是提供了更加友好的界面。它可以显示不同类型的数据，包括医学扫描影像等图像。然而，我们注意到，WES 的架构严重依赖互联网，将其作为唯一的通信渠道。因此，WES 只能用于那些能够负担计算机、互联网和服务器的医院。在发展中国家的背景下，WES 似乎并不是一个合适的解决方案，因为它持续需要互联网和电力。

3.2 模块2：基于移动设备的电子健康记录系统

与 WES 不同，基于移动设备的电子健康记录系统（MES）仅允许通过移动设备访问电子健康记录。图2b 展示了 MES 的运行方式。MES 中的交互与 WES 略有相似；主要区别在于 MES 的移动性以及离线工作的能力。互联网不稳定（或无法使用）以及发展中国家频繁停电，都会妨碍医院正常运营。因此，我们建议 MES 嵌入一个名为*DB Lite*的轻量级数据库。没有互联网时，电子健康记录可以存储在本地数据库中。互联网连接建立后，系统会通过同步过程将本地存储的数据传输到集中式数据库；同步过程旨在确保 DB Lite 和集中式数据库中的数据都是最新的。由于 MES 需要智能手机，并且部分依赖互联网才能正常运行，因此对于无力承担智能手机和互联网订阅服务费用的医疗机构而言，使用 MES 可能会面临挑战。

3.3 模块 3：基于非结构化补充业务数据的电子健康记录系统

USSD（非结构化补充业务数据）是全球移动通信系统蜂窝网络使用的一种通信协议，用于在移动电话与网络中的应用程序之间发送文本消息。它允许用户访问各种服务，例如银行业务和信息服务。用户只需在手机键盘上拨打代码并按照提示操作即可。USSD消息通过与语音通话相同的信道传输，但与短消息服务（短消息服务）文本不同，它不需要建立专用连接。这使得USSD能够更快速、更高效地在移动电话与服务器之间传输基于文本的数据（Zhou 等人，2015年；Lakshmi 等人，2017年）。

采用非结构化补充业务数据的电子健康记录架构，可让医疗服务提供者通过非结构化补充业务数据发送简单的文本命令，访问和管理患者数据，并与医疗保健系统交互；即使在互联网连接有限的地区也能实现（见图2c）。(i) USSD网关充当移动网络与电子健康记录系统之间的接口，负责接收来自移动电话的非结构化补充业务数据请求、解析请求，并将其发送至电子健康记录系统进行处理。(ii) 电子健康记录服务器存储和管理患者的电子健康记录。它接收来自USSD网关的请求，进行处理，并返回相应的响应。(iii) 电子健康记录数据库存储电子健康记录及其他相关数据，例如患者人口统计信息、药物、过敏史和病史。(iv) USSD菜单系统为移动用户使用非结构化补充业务数据访问电子健康记录系统时提供交互式菜单。用户可以通过该菜单浏览不同选项，并选择合适的选项来执行特定任务，例如查看病史或申请处方续配。(v) 安全层负责确保移动电话与电子健康记录系统之间传输数据的机密性和完整性。该层可能包括加密和身份验证等措施。

基于USSD的电子健康记录系统（UES）相较于WES和MES的一大优势是，它可在任何类型的移动电话上使用，甚至包括无法接入互联网的功能手机；这意味着它有望覆盖更广泛的用户群体，包括互联网接入可能受限的农村地区或低收入地区用户。USSD是一种非常简单、易用的技术，只需具备使用手机键盘的基本知识即可；因此，即使用户不太懂技术，也能轻松浏览和使用电子健康记录系统。USSD通信通过无线电波传输，且不会存储在

设备上，因此与WES和MES相比，它相对不易受到黑客攻击或数据泄露的影响。我们认为，UES可作为一种合适的解决方案，帮助在地理位置偏远、服务不足的地区及农村地区推广电子健康记录系统的使用，因为它对资源和基础设施的需求较少。

4 讨论

本文提出了一种适用于发展中国家的新型电子健康记录架构，该架构由三个子系统组成。我们讨论了各个子系统的优势，并说明所提出的架构如何促进包容性，为所有社会阶层和社会经济地位的人群提供适用的解决方案。我们表明，WES 和 MES 依赖互联网以及计算机、智能手机和服务器等基础设施；即使 MES 具有离线选项，可将电子健康记录数据存储在本地，并进一步将这些数据同步到集中式数据库，仍然如此。MES 的一个局限是，只有在本地存储的电子健康记录完成同步后，集中式数据库才会得到完整更新。在某些情境下，这可能会造成严重问题。例如，假设患者 P被收治入院 H1，其电子健康记录存储在H1的一台设备中。出于医疗原因，医院 H1 决定将P 转送至医院 H2 接受更专业的护理。医院 H2 可能难以查阅患者 P近期的电子健康记录，并因同步问题而无法提供医疗干预。虽然 WES 和 MES 适用于较为理想的情境，但我们已证明，由于停电频繁、互联网连接不稳定，这些系统并不适合发展中国家。我们认为，UES 能够弥合医疗保健领域的不平等，让互联网或技术基础设施有限地区的人们也能查阅自己的健康记录和其他医疗保健信息。与 WES 和 MES 类似，UES 能帮助医疗服务提供者更全面地制定治疗决策，从而降低出错或误诊的风险。UES 的优势之一是能够以较低成本查阅健康记录，并可通过让医疗服务提供者查阅患者完整的病史，改善服务不足人群所获得的医疗质量。UES 还能通过支持医疗服务提供者之间共享医疗记录及其他医疗保健信息，帮助服务不足人群降低医疗保健成本。这有助于避免重复检查及其他不必要的医疗程序，对于可能无力承担多次就诊或医疗程序费用的患者而言，这一点尤为重要。使用非结构化补充业务数据（USSD）构建电子健康记录系统也存在一些潜在缺点，包括可通过 USSD 传输的数据量有限，以及不支持多媒体内容。

我们的架构旨在构建电子健康记录系统，以应对（Adetoyi 和 Raji，2020年；Kamadjeu 等人，2005；Jawhari 等人，2016年）所述的局限性，促进社会包容，并推动发展中国家的电子健康记录普及。发展中国家的许多医疗服务提供者可能不熟悉电子健康记录系统的使用，因此提供培训和支持有助于确保他们能够有效使用这些系统（Akwaowo 等人，2022；Odekunle 等人，2017年；Fraser 等人，2005）。

除了存储和处理电子健康记录数据之外，我们还可以利用人工智能（AI）分析电子健康记录数据，以多种方式为公共卫生政策和监测提供支持。人工智能的一种潜在用途是分析电子健康记录中包含的大量数据，识别其中可能与公共卫生相关的模式和趋势。这有助于公共卫生官员发现潜在的健康威胁，并采取适当行动来预防或减轻其影响。在公共卫生监测领域，人工智能的另一种用途是结合电子健康记录数据与人口密度、旅行模式和天气状况等其他因素进行分析，从而预测并预防传染病暴发（Yang 等人，2022；Schwartz 等人，2019年；Ayala Solares 等人，2020年；Wong 等人，2018年）。通过识别症状或诊断相似的患者群体，人工智能模型可以帮助公共卫生官员预测疫情可能在何时何地暴发，并采取措施加以预防。此外，人工智能还可用于优化有限公共卫生资源（如疫苗和药物）的分配，通过分析电子健康记录数据，确定哪些患者最需要这些资源。总体而言，在电子健康记录中应用人工智能有助于提高公共卫生政策和监测工作的成效，尤其是在数据和资源获取可能受限的发展中国家。

5 伦理考量

关于电子健康记录系统，有一些重要的伦理考量需要关注。必须确保患者信息始终得到保密和保护——

。这意味着，电子健康记录的访问权限应仅限于获授权的医疗保健人员，并应采用加密和安全身份验证等措施来保护患者数据。患者享有隐私权；也就是说，未经患者同意，不得分享个人信息，并且应采取措施防止未经授权者访问患者数据。患者有权知晓哪些人可以访问其个人数据，并能控制谁可以查看和使用这些数据（Ozair 等人，2015年；Genes 和 Appel，2013年）。

请注意，电子健康记录数据有助于改进公共卫生政策，并使政府或卫生组织能够及时作出决策。为此，患者数据应进行匿名化和汇总。必须确保无法通过逆向工程推断出患者的个人信息。在按地理区域进行数据分析时，我们建议排除人口密度极低的地理区域，以避免从汇总数据中泄露个人信息。

6 结论

本文提出了一种针对发展中国家具体情况设计的新型电子健康记录架构。拟议架构考虑了发展中国家的互联网、电力及基础设施缺乏等问题，并提供了适用于地理位置服务不足地区和农村地区的解决方案。我们展示了该架构如何促进社会包容，并讨论了如何利用基于拟议架构所产生数据的人工智能，帮助提高发展中国家公共卫生政策和监测工作的成效。此外，我们还讨论了处理患者数据时应采取的一些措施和伦理考量。未来，我们希望构建人工智能模型，利用元数据诱导的对比学习来（i）在电子健康记录系统中提供药物推荐；以及（ii）从电子健康记录数据中学习患者表征，以预测多重用药的危险情况，并发现多重用药结果中的社会人口学偏差。

致谢

作者感谢 MoiseMbikayi、René Manassé Galekwa、Senghor Abraham Gihonia 和 Cady Nyombe Gbomosa 对早期草稿提出的有益讨论和意见。

参考文献

Oluyemi E. Adetoyi 和 Olayanju A. Raji。2020年。撒哈拉以南非洲医疗记录信息学中纳入用的电子健康记录设计。*Scientific African*，，7：e00304。

Maxwell O. Akanbi、Amaka N. Ocheke、Patricia A. Agaba、Comfort A. Daniyam、Emmanuel I. Agaba、Edith N. Okeke 和 Christiana O. Ukoli。2012。撒哈拉以南非洲电子健康记录的使用：进展与挑战。*J Med Trop*，，14(1)：1–6。

Christie Divine Akwaowo、Humphrey Muki Sabi、Nnette Ekpenyong、Chimaobi M. Isiguzo、Nene Francis Andem、Omosivie Maduka、Emem Dan、Edidiong Umoh、Victory Ekpin 和 Faith- Michael Uzoka。2022。发展中国家电子病历的采用——对尼日利亚医疗保健系统的一项多州研究。*Frontiers in Digital Health*，，(4)：1017231。

Jose Roberto Ayala Solares、Francesca Elisa Diletta Raimondi、Yajie Zhu、Fatemeh Rahimian、Dexter Canoy、Jenny Tran、Ana Catarina Pinho Gomes、Amir H Payberah、Mariagrazia Zottoli、Milad Nazarzadeh、Nathalie Conrad、Kazem Rahimi 和 Gholamreza Salimi-Khorshidi。2020年。《电子健康记录的深度学习：多种深度神经网络架构的比较综述》。生物医学信息学杂志，101：103337。

David W. Bates 和 Sarah P. Slight。2014年。用药错误：有何影响？梅奥诊所学报，，89(8)：1027–102。

Ashly D. Black、Josip Car、Claudia Pagliari、Chantelle Anandan、Kathrin Cresswell、Tomislav Bokun、Brian McKinstry、Rob Procter、Azeem Majeed 和 Aziz Sheikh。2011年。电子健康对医疗保健质量与安全的影响：系统性综述。《公共科学图书馆·医学》，，8(1)：e1000387。

Basit Chaudhry、Jerome Wang、Shinyi Wu、Margaret Maglione、Walter Mojica、Elizabeth Roth、Sally C. Morton 和 Paul G. Shekelle。2006年。系统综述：健康信息技术对医疗服务质量、效率和成本的影响。《内科学年鉴》，144(10):742–52。

A. Victor Counted 和 Joyce O. Arawole。2016年。“我们彼此相连，却受限”：互联网不平等以及非洲千禧一代作为创新参与者所面临的挑战。《创新与创业期刊》，5(1)。

Tricia L. Erstad。2003年。分析基于计算机的患者记录：文献综述。《医疗保健信息管理杂志》，17(4):51–7。

Alan J. Forster、Kwadwo Kyeremanteng、Jon Hooper、Kaveh G. Shojania 和 Carl van Walraven。2008年。重症监护病房中的不良事件对医院死亡率和住院时长的影响。*BMC HealthServices Research*，8:259。

Hamish S.F. Fraser、Paul Biondich、Deshen Moodley、Sharon Choi、BurkeW. Mamlin 和 Peter Szolovits。2005。发展中国家电子病历系统的实施。*Inform Prim Care*，13(2):83–95。

Nicholas Genes 和 Jacob Appel。2013年。电子健康记录中数据封存的伦理问题。*Camb QHealthcEthics*，22(4):365–72。

Christine Holst、Felix Sukums、Danica Radovanovic、BernardNgowi、Josef Noll 和 Andrea Sylvia Win-kler。2020年。撒哈拉以南非洲——全球数字健康的新兴沃土。《柳叶刀·数字健康》，2(4):160–162。

Badeia Jawhari、Dave Ludwick、Louanne Keenan、David Zakus 和 Robert Hayward。2016年。资源匮乏环境中电子病历实施的益处与挑战：前沿综述。*BMC* 医学信息学与决策制定，16(116):191–201。

Raoul M. Kamadjeu、Euloge M. Tapang 和 Roland N. Moluh。2005。在撒哈拉以南非洲的初级卫生保健实践中设计和实施电子健康记录系统：来自喀麦隆的案例研究。*InformPrim Care,*，13(3):179–86。

Michael Kavuma。2019。撒哈拉以南非洲实施的电子病历系统的可用性：证据文献综述。*JMIRHumFactors,*，6(1):e9317。

Rajiv Kohli 和 Sharon Swee-Lin Tan。2012。笔比手术刀更有力：采用电子病历的理由。*SouthAfricanJournalofIndustrialEngineering,*，23(2):191–201。

Rajiv Kohli 和 Sharon Swee-Lin Tan。2016。电子健康记录：信息系统研究人员如何助力医疗保健转型？*MIS Quarterly,*，40(3):553–573。

Rita Kukafka, Jessica S. Ancker, Connie Chan, Jo hn Chelico, Sharib Khan, Selasie Mortoti, Karthik Natarajan, Kempton Presley 和 Kayann Stephens。2007年。重新设计电子健康记录系统以支持公共卫生。*Journal of Biomedical In-formatics,*，40:398–409。

K. Krithiga Lakshmi、Himanshu Gupta 和 Jayanthi Ranjan。2017年。非结构化补充业务数据（USSD）——架构分析、安全威胁、问题与改进。*2017 Inter-national Conferenceon Infocom Technologies andUnmannedSystems (TrendsandFuture Directions)*。

FlorenceF. Odekunle、Raphael0.Odekunle 和 Srini-vasan Shankar。2017年。撒哈拉以南非洲为何在电子健康记录的采用方面落后，以及可能的在该地区提高其采用率的策略。《国际卫生科学图书馆期刊》，11(4):59–64。Fouzia F. Ozair、Nayer Jamshed、Amit Sharma 和 Praveen Aggarwal。2015年。电子健康记录中的伦理问题：概述。*PerspectClin Res.*，6(2):73–76。Carlos Rodríguez-Castelán、Rogelio Granguillhome Ochoa、Samantha Lach 和 Takaaki Masaki。2021年。西非的移动互联网采用。世界银行集团：贫困与公平全球实践局，政策研究工作论文*9560*。

Humphrey M. Sabi、Faith-Michael E.Uzoka、Kehbuma Langmia、Felix N. Njeh 和 Clive K. Tsuma。2018年。撒哈拉以南非洲大学云计算采用情境因素影响的跨国模型。*Information Systems Frontiers,*，20:1381–1404。

Karl F. Schmitt 和 David A. Wofford。2002年。财务分析项目表明，电子病历可带来明确的回报。*Healthc Financ Manage.,*，56(1):52–7。

John T. Schwartz、Michael Gao、Eric A. Geng、Kush S. Mody、Christopher M. Mikhail 和 Samuel K. Cho。2019年。机器学习在脊柱外科中的应用：基于电子病历。*Neurospine.*，16(4):643–653。

Sanjay P. Sood、Stacie N. Nwabueze、Victor W.A. Mbarika、Nupur Prakash、Samir Chatterjee、Pradeep Ray 和 Saroj Mishra。2008年。电子病历：比较发达国家和发展中国家的挑战。载于第*41*届夏威夷国际系统科学会议论文集。

Andrew Stiell、Alan J. Forster、Ian G. Stiell 和 Carl van Walraven。2003年。急诊科信息缺失的普遍程度及其对患者结局的影响。*CMAJ.,*，169(10):1023–8。

Assel Syzdykova、André Malta、Maria Zolfo、Ermias Diro 和 José Luis Oliveira。2017年。低资源环境下的开源电子健康记录系统：系统综述。*JMIR Med Inform*，5(4):e44。

Jenna Wong、Mara Murray Horwitz、Li Zhou 和 Sen- gwee Toh。2018年。利用机器学习从电子健康记录数据中识别健康结局。*Curr Epidemiol Rep*，5(4):331–342。

Xinyu Yang、Dongmei Mu、Hao Peng、Hua Li、Ying Wang、Ping Wang、YueWang 和 Siqi Han。2022。基于癌症患者电子健康记录的人工智能研究与应用：系统综述。*JMIRMed Inform*，10(4):e33799。

Munyaradzi Zhou、Marlien Herselman 和 Alfred Coleman。2015年。USSD技术：一种低成本资产

在补充公共卫生工作者的工作流程方面。生物信息学与生物工程会议，第 57–64 页。