

安全行動健康 (mHealth) 應用程式整合區塊鏈的可用性因素、模型與框架的系統回顧

Irum Feroz 博士¹和 Nadeem Ahmad 博士²

¹博爾頓大學藝術與創意科技學院學系，英國博爾頓、

²巴基斯坦伊斯蘭堡 Iqra 大學 H-9 校園電腦與科技學系：Nadeem Ahmad，電子郵件：nadeem.ahmad@ieeee.org

DOI: <https://doi.org/10.30953/bhty.v7.357>

Keywords: blockchain, mobile health applications, systematic literature review, usability frameworks, usability standards and models

摘要

本系統性文獻探討影響行動健康（應用程式在老年人中）採用的關鍵可用性因素，並找出目前可用性模型中的不足，包括 ISO 9241-11、Nielsen 的啟發式，以及 Panicoideae、Aristidoideae、Chloridoideae、Micrairoideae、Arundinoideae、Danthonioideae。本篇文獻也探討了區塊鏈技術在加強移動醫療應用程式中多模態醫療資料系統的潛在作用。在六個資料庫中進行全面搜尋，共找到 1,073 項研究，其中 60 項符合納入標準。我們透過主題綜合分析研究，找出成功的關鍵因素 (RQ1)，並透過比較分析評估現有架構的限制 (RQ2)。促進 mHealth 採用的關鍵因素包括易用性、效率、防錯、可學習性、可記憶性和使用者滿意度。區塊鏈整合是改善資料安全性、互操作性和使用者信任度的可行方法，尤其是對於使用複雜、多模態健康資料的老年人而言。RQ2 的結果突顯了可用性模型中的不足，例如缺乏針對特定年齡的多模態互動、錯誤恢復和資料隱私的指導。這些結果強調有必要定義新的可用性框架，並納入區塊鏈，以滿足老年人在移動醫療應用程式中的獨特需求，同時支援安全和無障礙的醫療管理。

簡明語言摘要

本檢討探討行動健康應用程式與區塊鏈的整合。本研究探討對使用者友善的老年人行動健康應用程式，並探討區塊鏈如何改善這些應用程式的資料系統。在分析了 60 項研究後，研究人員找出了採用資訊科技的關鍵因素，包括易用性、效率、防錯和使用者滿意度。研究人員發現，區塊鏈可增強 mHealth 應用程式的資料安全性、互通性和信任度。此外，現有的可用性模型缺乏長者特定的指導，特別是針對處理移動醫療應用程式中的錯誤和隱私。這些研究結果突顯出需要一個專為老年人量身打造的新可用性架構，整合區塊鏈以確保安全、易用且人性化的醫療照護管理。

提交：2024 年 10 月 31 日；接受：2024 年 11 月 26 日；發表：2024 年 12 月 16 日

M在 Android 和 iOS 應用程式商店中，有超過 100,000 個行動醫療 (mHealth) 應用程式可供使用，而且這個數字還在持續增加中。

¹這些行動健康應用程式在預防、早期偵測、篩檢及公眾教育方面都有相當大的助益。²舉例來說，英國推出了一款症狀追蹤應用程式，用以收集 COVID-19 症狀的自我報告，即使是未接受檢測的個人也能藉此識別出陽性病例³。

⁴目前的數位健康趨勢，包括移動健康，著重於利用行動技術賦予病患、消費者、臨床醫師和研究人員權力，以改善整體健康成果。^{5,6}在醫院、醫科學生和專職醫療人員中廣泛應用的移動醫療應用程式，有助於快速傳播健康資訊、新聞和重要更新。⁷⁻⁹這些應用程式透過追蹤健身、飲食、糖尿病管理和藥物依從性的工具，推廣健康的生活方式和支援慢性疾病管理，從而加強醫療照護和促進公共健康。2020 年，移動醫療市場的價值約為 400 億美元，估計 2021 年到 2028 年的年成長率為 17.7%，這主要是由於移動醫療能夠改善病患的生活方式和醫療成果¹⁰。

根據最近的分類，行動健康應用程式可分為追蹤、通訊、決策支援、教育、認知和監控等領域。¹¹這些分類反映了行動健康應用程式如何滿足使用者和醫療照護提供者的需求，協助醫師選擇針對特定健康狀況量身打造的應用程式 (如表 1 所示)。¹²相較於傳統的醫療照護程序，行動醫療應用程式可強化資料收集、¹³改善照護服務、促進病患參與，並可重新即時監控藥物和健康指標。

¹⁵許多應用程式在開發過程中對品質或以使用者為中心的設計 (UCD) 關注不足，導致可用性不佳，尤其是對老年人而言。¹⁶整合在移動醫療應用程式中的區塊鏈技術提供了一些解決方案。

區塊鏈的分散式安全框架可以增強資料安全性、確保患者隱私，並提高多模式醫療資料系統的互操作性。透過讓使用者能夠控制自己的資料，並促進醫療保健平台之間的無縫資料交換，區塊鏈可以增加信任度、透明度，以及使用者對移動醫療應用程式的整體參與¹⁷。

因此，在多模式資料系統中整合區塊鏈可以解決基本的可用性問題，特別是對於透過多個數位平台管理複雜健康狀況的老年人而言。這種創新方法強調了移動醫療在提供高效、安全的醫療保健解決方案，以及為更廣泛、更多參與者重新定義數位醫療的潛力。

目標

本文獻回顧的主要目的是介紹有關移動健康應用程式、可用性準則以及歐盟 (EU) 採用健康資訊技術標準的研究，特別著重於多模式醫療資料系統中的區塊鏈整合。本研究針對下列研究問題進行探討：

問題 1: 成功因素

考慮到老年人獨特的需求、偏好和限制，有哪些關鍵的成功因素能促進他們採用行動醫療應用程式，以及區塊鏈技術如何支援這些因素？

問題 2: 現有可用性的缺口

在現有的行動健康應用程式可用性模型與指導方針中，尤其是關於這些應用程式在多模組資料環境中對老年人的採用、可用性與安全性方面，有哪些不足之處？

本文將針對移動健康應用程式的可用性框架和指導方針進行全面的系統性文獻回顧 (SLR)，重點在於老年人的採用，以及區塊鏈技術在增強可用性、安全性和資料互通性方面的作用。

接下來將討論審查的資格準則，包括納入與排除參數、資訊來源、選擇過程、資料項目，以及審查中使用的綜合方法。本研究深入討論 RQ1，探討的主題包括：對於 mHealth 應用程式中數位介入的接受度與依從度、歐洲健康資訊技術可用性準則，以及開發行動應用程式的主要可用性標準與框架。

此外，本節還討論了 RQ2 的綜合結果，並探討了一些關鍵問題，包括與年齡相關的可用性挑戰、區塊鏈整合中的文化多樣性、UCD 中區塊鏈潛力的實證需求，以及綜合可用性框架的差距。

結果部分依據系統回顧與元分析的偏好回報項目 (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses, PRISMA) 指南，針對 RQ1 和 RQ2 詳細介紹研究選擇、特徵、個別研究結果和綜合結果。

表 1. 最常見的移動健康應用程式類別

參考資料	定義行動健康應用程式類別的來源	類別
Ventola CL.(2014) ¹⁸	醫療照護專業人員使用行動健康裝置與應用程式的情況	<ul style="list-style-type: none"> • 資訊管理 • 參考與資訊收集 • 時間管理 • 臨床決策 • 健康記錄維護與存取 • 病患監控 • 溝通與諮詢 • 醫學教育訓練 • 醫療資訊參考
Burke, L. 等人 (2015) ¹⁹	適用於 iOS 裝置開發人員的行動醫療應用程式觀點	<ul style="list-style-type: none"> • 藥物或醫療資訊資料庫 • 決策支援 • 追蹤工具 • 醫療計算機
產業, N (2015) ²⁰	IMS 醫療保健資訊學研究所 (2015), 移動醫療應用程式分類	<ul style="list-style-type: none"> • 醫療照護提供者/保險 • 用藥提醒與資訊 • 婦女健康與懷孕 • 特定疾病 • 健身 • 生活方式與壓力
Barton AJ (2012) ⁽²¹⁾	皇家熱帶學會 (Royal Tropical Institute) 將八個移動醫療應用區域定性為	<ul style="list-style-type: none"> • 飲食與營養 • 教育與認知系統 • 照護點支援與診斷 • 病患監測 • 疾病與流行病 • 緊急醫療回應系統 • 健康資訊系統 • 數位學習 • 醫療融資應用程式

討論研究結果，並建議未來的研究方向，以提升行動健康對老年人的可用性與安全性。

總的來說，這篇評論對於行動健康應用程式的可用性提供了寶貴的見解，並強調了對於適應性架構的需求，以符合年長使用者的特殊需求和資料安全性期望。

方法

本文針對行動健康應用程式、可用性架構和可用性準則進行 SLR，特別著重於整合區塊鏈技術以增強多模組醫療資料系統

的安全性和資料互通性。共分析了 60 項相關研究，以探索可用性評估框架、指導方針、模型和設計因素。研究發現，有兩種核心方法對任何軟體應用程式的成功

Irum Feroz 等人
可用性和使用者經驗 (UX)。可用性著重於軟體的效率、效能和使用者滿意度，而使用者經驗則是透過各種回饋方法（包括問卷調查）來評估使用者的觀感和情緒反應。

資格標準 (第 2 節)

本系統性回顧包括檢視行動醫療可用性和資料安全性的研究，並在適用的情況下整合區塊鏈的角色。我們考慮了來自同業評論期刊、會議和權威可用性標準（例如：透過維也納協定的國際標準化組織 (ISO) 標準、歐盟指導方針）的研究。在模擬環境中進行的研究不在考慮之列，因為它們不能完全代表真實世界的應用情境。本檢討的資格

本檢討的資格標準如表 2 所示。

表 2. 本檢討的資格標準

納入標準	定義
可用性焦點	討論或評估 mHealth 應用程式可用性因素的研究，包括針對一般人口或老年人的研究。 探討區塊鏈在改善行動健康系統中的資料安全性、互通性和使用者信任度的研究會優先納入。
研究類型	同行評審的期刊文章和會議記錄，以及與可用性相關的 ISO 和 EU 標準或準則。
時間範圍	1992 年至 2023 年間發表的研究，以確保能同時捕捉可用性和資料安全性的最新進展和歷史發展。
語言	僅納入英文研究，以維持資料詮釋與評估的一致性。
線上可用性	研究僅限於可線上存取的研究，以確保檢閱的便利性與可重複性。
排除標準	定義
模擬環境	排除在模擬、非現實世界環境中進行的研究，以確保對真實使用者情境的適用性。
非英語刊物	非英語研究因翻譯困難而排除在外，以確保所有檢閱內容皆可直接詮釋。
技術開發重點	排除只著重於技術開發而沒有考慮可用性評估或終端使用者互動因素的研究。

EU：歐洲聯盟；ISO：國際標準化組織；ISO：透過維也納協定的國際標準化組織；mHealth：行動健康。

資訊來源

為了進行文獻回顧，我們在多個線上資料庫和研究資料庫中進行了徹底的搜尋。目標是找出對醫療照護應用程式可用性有重大貢獻的論文。我們搜尋了下列圖書館資料庫：

1. **Springer Link** (<https://link.springer.com/>)
2. **Wiley InterScience** (www.interscience.wiley.com/)
3. **Elsevier Science Direct** (<https://www.sciencedirect.com/>)
4. **Google Scholar** (<https://scholar.google.com/>)
5. **ACM 數位圖書館** (www.portal.acm.org/dl.cfm)
6. **IEEE Xplore** (<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>)

該策略的檢索字串以布林運算符 (AND, OR) 組合。搜尋策略與關鍵字在資料庫中的命中率如表 3 所示。之所以選擇這些資料庫，是因為它們全面涵蓋了醫療照護技術和可用性研究。每個資料來源都經過徹底的探究，以確保能找出有關移動醫療應用程式、可用性架構和相關設計因素的相關研究。

搜尋策略

我們使用結構良好的搜尋策略來重新檢索相關研究。搜尋詞彙經過精心挑選，並使用布林運算符 (AND、OR) 進行組合，以最大化搜尋結果的相關性。本研究使用的關鍵字和搜尋詞彙和如表 4。

此搜尋策略適用於上述「資訊來源」中列出的所有資料庫，並根據各資料庫的搜尋引擎調整搜尋條件，以確保取得最佳結果。未針對性別、特定

表 3. 本研究使用的搜尋詞彙

類型	類別	關鍵字
1	行動健康應用程式	<ul style="list-style-type: none"> • 行動健康應用程式 • 電子健康 • 移動健康素養 • 行動健康應用程式評估 • 醫療應用程式 • 移動醫療應用評估指標
2	可用性框架	<ul style="list-style-type: none"> • 可用性評估 • 啟發式評估 • 可用性框架 • 可用性框架評估
3	可用性指導方針	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 可用性指導方針 • 尼爾森指引 • 移動健康應用指引 • 互動設計指引

健康狀況或應用程式類型。這確保了 mHealth 可用性評估的廣泛代表性。

健康；ISO：透過維也納協定的國際標準化組織；mHealth：行動健康

。運用搜尋策略後，共有 1,073 篇論文被認為可能相關。我們審閱了這些論文的標題和摘要，以評估其與研究主題的相關性。使用 EndNote 參考文獻管理軟體識別並刪除重複的文章，結果剔除了 396 篇重複的文章。因此剩下 677 篇文章進行下一階段的篩選。

表 4. 本研究使用的關鍵字及搜尋詞彙

搜尋字串	關鍵字
行動健康應用	行動健康應用程式、電子健康、行動健康素養、行動健康應用程式評估、醫療應用程式、行動健康應用程式評估指標。
可用性架構	可用性評估、啟發式評估、可用性架構、可用性架構評估。
可用性準則	ISO 可用性指導方針、Nielsen 指導方針、mHealth 應用程式指導方針、互動設計指導方針、使用者經驗。

eHealth: 電子健康; ISO: 透過維也納協定的國際標準化組織; mHealth: 行動健康。

選擇程序

本系統性文獻回顧的篩選過程採用結構化的方法。最初，透過前述的全面性搜尋策略確認了 1,073 項研究。將參考文獻匯入 EndNote，重複的文獻會自動移除。這個過程將文章數量減少到 677 篇獨特的研究。

篩選過程分為多個階段：

第 1 階段：標題篩選

所有 677 篇論文的標題均由兩位獨立的審查員進行審查，以評估其與研究主題的相關性。第一階段的目的是排除明顯與行動健康醫療可用性、老年人群或可用性架構/模型無關的論文。在此階段之後，有 607 篇論文被保留作進一步檢閱，有 70 篇論文因為標題不相關或有誤導性而被剔除。

第二階段：摘要篩選

對剩餘的 607 篇論文的摘要進行檢視。這個階段的目的是在於剔除沒有明確討論評估行動健康應用程式可用性的現有或新穎架構的論文。在這個階段中，有 421 篇論文被剔除，因為這些論文只著重於個別的應用程式設計，而沒有對可用性架構、模型或準則進行重要的討論。因此，有 186 篇論文進入全文檢閱階段。

第三階段：全文檢閱

根據預先定義的包含與排除標準，對剩餘 186 篇論文的全文版本進行評估。在這個階段中，我們徹底檢查了研究方法、所討論的可用性參數，以及與研究目標的相關性。其中，126 篇論文被排除在外，因為它們沒有評估可用性框架或模型，或者沒有解決移動醫療應用的關鍵可用性參數。最後有 60 篇論文被納入系統回顧。

PRISMA 流程圖（圖 1）說明了整個選擇過程，其中顯示了識別、篩選、資格評估和最終納入的步驟。這個詳細的流程確保只有最相關的研究才會被納入綜述。

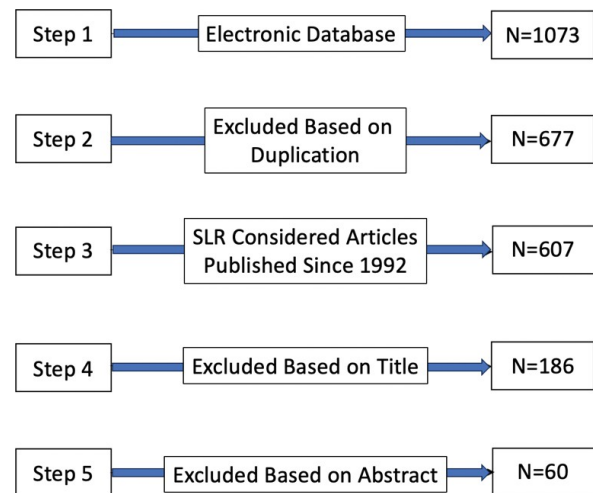


圖 1. 主要論文的篩選流程。

資料項目

本檢討所關注的主要結果是可用性指標，這些指標對於評估移動醫療應用程式的使用者友善度、安全性和有效性至關重要，尤其是在整合區塊鏈的多模組醫療資料系統中。主要的資料項目包括錯誤預防，評估應用程式的設計是否能減少使用者的錯誤、提供清楚的錯誤訊息，以及支援使用者從錯誤中復原。這在區塊鏈系統中尤其重要，因為在區塊鏈系統中，資料項目是不可變的，而糾正錯誤可能需要額外的步驟。

另一個重要指標是可學習性度量，即衡量新用戶瀏覽和操作應用程式的難易程度，重點在於數據隱私設定和交易透明度等區塊鏈相關功能。評估可學性的研究檢視了使用者在區塊鏈整合環境中的上線體驗，以及瞭解這些系統獨特功能所需的時間。

其他主要資料項目包括可記憶性，反映使用者在一段時間未使用後，回想起如何使用應用程式的能力。這項指標對於可能間歇性與 mHealth 應用程式互動的年長族群特別重要，尤其是當他們需要管理以區塊鏈為基礎的權限或存取控制時。使用者

滿意度是另一項重要結果，通常透過調查、問卷或定性回饋收集，捕捉應用程式的整體體驗，以及影響正面或負面觀感的特定區塊鏈功能，例如資料控制和安全性透明度。最後，效率則是以完成應用程式中的任務所需的時間和精力來衡量，包括瀏覽區塊鏈資料驗證過程中所需的時間和精力。高效率的設計對於移動醫療應用程式至關重要，因為它會直接影響使用者的參與和持續使用。

除了主要的可用性指標之外，還收集了次要的資料項目，以提供移動醫療可用性的全面背景，特別是在區塊鏈整合的系統中。這些項目包括參與者的特徵，例如年齡、性別、認知能力和體能，並特別關注老年人，因為他們在管理區塊鏈安全的健康資料時可能有獨特的可用性需求。

每項研究中評估的特定移動健康應用程式類型都有記錄，涵蓋的領域包括健身追蹤、慢性疾病管理、心理健康支援和用藥依從性，特別是這些應用程式結合區塊鏈技術來處理安全資料的地方。這種分類方式有助於找出每種健康應用程式特有的可用性挑戰，尤其是在跨互聯平台處理敏感的多模態健康資料時。

另一項次要資料是研究情境或環境，指出評估是在臨床環境、真實世界環境或遠端測試中進行。這種情境提供了不同環境如何影響可用性的洞察力，特別是當區塊鏈功能（例如，安全資料分享）是一項關鍵功能時。

其他可用性相關因素，包括系統可靠度、導覽簡易度和資料安全性，都被重新記錄。區塊鏈被評估為提高資料安全性和使用者信任度的機制，特別是在隱私控制和防篡改資料儲存方面。對應用程式的信任是一個關鍵因素，因為區塊鏈的去中心化結構提供了透明度，促進了使用者的信心，尤其是在敏感的健康應用程式中。最後，評論記錄了每項研究中引用的特定可用性框架和模型，例如 ISO 9241-11、Nielsen 的啟發式方法，以及 Panicoideae、Aris-tidoideae、Chloridoideae、Micrairoideae、Arundinoideae、Danthonioideae (PACMAD)，比較它們對區塊鏈整合的老年人 mHealth 應用程式的適應性。

透過有系統地收集和分類這些主要和次要資料項目，本檢討提供了區塊鏈化 mHealth 應用程式可用性的全面觀點。此方法

強調可用性框架與準則的潛在改進，以符合區塊鏈整合醫療資料系統中年長使用者的資料安全性與可及性需求。

綜合方法

本系統性文獻綜述旨在解決兩個研究問題：RQ1，識別採用移動醫療應用程式的關鍵成功因素；RQ2，分析現有移動醫療應用程式可用性模型和指南的差距，重點在多模組醫療資料系統中的區塊鏈整合。每個問題都透過結構化的綜合流程來處理，包括主題分類和比較分析。此方法旨在提煉 60 項選定研究的結果，以確保全面檢視可用性參數、資料安全性需求及其對於 mHealth 應用程式設計的影響，尤其是針對使用區塊鏈化多模組健康資料系統的老年人。

問題 1 綜合

RQ1 涉及採用移動健康應用程式 (RQ1) 和區塊鏈整合的關鍵成功因素。針對 RQ1，我們依據特定標準挑選研究，以確保能夠了解老年人使用移動醫療應用程式的關鍵可用性成功因素，尤其是在能夠從多模組醫療資料系統的區塊鏈整合中獲益的情況下。只有直接評估可用性參數（例如易用性、效率、錯誤預防、可學習性、可記憶性和使用者滿意度）的研究才被納入。提供這些因素的定量或定性評估的研究被優先納入，以提供老年人在採用行動醫療應用程式時所面臨的可用性問題的全面觀點，特別是那些需要安全且可互操作的資料管理的應用程式。

對於 RQ1，我們使用主題綜合法來識別和分析與老年人採用行動健康相關的重複出現的可用性主題，同時也考慮到區塊鏈增強資料安全性和透明度的潛在影響。資料準備工作包括對每項研究的可用性參數進行分類，包括易用性、效率、防錯、可學習性、可記憶性和使用者滿意度。圍繞這些參數組織研究，可集中分析特定設計功能和區塊鏈整合資料管理如何有助於提高使用者參與度和滿意度，從而增進老年人對移動健康應用程式的信任。此主題綜合揭示了區塊鏈如何支援與多模式健康資料進行安全、透明的互動，從而解決共同的可用性挑戰，並提高老年人對應用程式的持續採用。

²²世界衛生組織(WHO)將移動健康(mHealth)定義為「透過行動裝置,如行動電話、個人數位助理、病患監控裝置,以及其他無線裝置所支援的醫療與公共衛生實務」。²³例如,全球觀察電子健康計畫(Global Observation eHealth program)強調了移動健康應用程式在提供相關健康資訊,以及監控輔助醫療與支援人員健康狀態的角色。²⁴移動健康應用程式的主要目的是透過支援生活方式管理、營養、日常活動、體能鍛鍊和用藥依從性來簡化使用者的生活。²⁵然而,許多移動健康應用程式在開發時並未充分考慮終端使用者的需求,⁽²⁶⁻²⁸⁾因為他們經常忽略使用者的需求,也沒有讓使用者參與設計過程、根據 Wildenbos 等人的研究,行動健康應用程式有助於各方面的福祉,例如監控日常活動、健身和疾病管理。³⁰然而,可用性問題在許多移動醫療應用程式中普遍存在,⁽³¹⁾原因是缺乏全面的可用性參數。

³²現有的可用性模型和指南經常忽略與年齡相關的認知和生理上的限制,比如記憶力和視覺敏銳度的下降。³³例如,在可用性評估中被廣泛使用的Nielsen模型並沒有明確地將可記性作為一個可用性參數來考慮,而可記性對於老年人來說是特別重要的,因為他們可能很難回憶起複雜的交互。³⁴缺乏具體的指導方針來適應這些與年齡相關的限制導致了次優的可用性和在老年用戶中的低採用率。³⁵老年人可能需要更多的時間和精力來學習如何有效地使用移動醫療應用程序,他們對應用程序的界面和內容的滿意度對於持續參與至關重要。³⁶缺乏考慮這些可用性維度的全面指南阻礙了老年人成功採用和持續使用移動醫療應用程序。此外,現有的可用性模型和指導方針可能無法充分解決老年人在使用行動健康應用程式時的隱私和安全疑慮³⁷。

在多模式醫療資料系統中整合區塊鏈,有助於解決上述幾項挑戰,尤其是在支援行動醫療應用程式中的使用者控制與資料安全性方面。許多應用程式忽略了年長使用者的獨特需求,他們在登入程序、瀏覽介面、接受適當指導、管理複雜的資料更新,以及確保資料安全等方面經常遇到困難。

³⁸區塊鏈的分散式框架提供安全、防篡改的資料管理,可解決隱私問題並簡化資料存取。藉由實現安全、可互操作的跨裝置資料分享,區塊鏈可支援使用者信任,並促進移動健康應用程式的易用性,這對於管理複雜、多模態健康資料的老年人尤其有利。

從文獻回顧中可以明顯看出,現有的可用性模型和指導方針,例如 Nielsen、^{34,39}Shneiderman、⁴⁰Preece、^{41,42}Shackel 和 Constantine、⁴³以及 ISO 標準⁴⁴,並沒有包含可用性的所有方面。⁴⁵在本研究的背景下,區塊鏈整合可以通過安全管理健康資訊技術,以及解決易用性、效率、用戶滿意度、動機、接受度、信任度和使用信心等關鍵成功因素來增強可用性。

本研究的問題 1 旨在找出促進老年人採用行動健康應用程式的關鍵成功因素。文獻顯示,雖然行動健康應用程式在健康與福祉管理上扮演著重要的角色,但許多可用性問題都源自於設計階段對終端使用者的考量不足。此外,現有的可用性模型缺乏針對老年人的全面指引。因此,年長使用者採用行動醫療的關鍵成功因素應優先考量可用性參數,例如防錯、可學習性和可記憶性。此外,區塊鏈在改善資料安全性、透明度和互操作性方面的潛力,可以強化易用性、效率、使用者滿意度、動機、接受度、信任度和信心,讓行動健康應用程式更適合老年人。

移動健康應用程式中數位介入的接受度與堅持性

行動醫療應用程式的可用性對於數位介入的接受度與依從度有重大影響。設計友善、直覺且容易使用的行動健康應用程式,對於迎合廣泛的聽眾而言至關重要。主要的可用性因素包括導覽的簡易性、簡明的指示、高效率的任務完成以及吸引人的介面。⁴⁶將區塊鏈整合到這些系統中可以進一步提升使用者的信任度,特別是透過資料透明度和隱私權控制,這對於老年人的持續參與是非常重要的。區塊鏈的安全資料框架可以降低與移動健康應用程式相關的學習曲線、

增加對數位介入的接受度和持續性。

行動健康應用程式的接受度在很大程度上取決於感知到的可用性。⁴⁷反之，可用性差往往會導致使用者感到挫折、困惑，甚至最終放棄使用該應用程式。²⁹因此，可用性測試和迭代設計流程對於識別和解決可用性問題、確保移動醫療應用程式滿足不同使用者的需求至關重要。透過在整個開發過程中納入使用者回饋，開發人員可以創造出符合使用者期望的應用程式，提高接受度，並促進對數位干預的堅持。區塊鏈增強的安全功能可進一步解決使用者對隱私權的疑慮，這對於鼓勵長期使用（尤其是老年人）至關重要。

數位介入的依從性與行動健康應用程式的可用性息息相關。當應用程式容易導覽、提供清楚的指示，並提供無縫的使用者經驗時，個人就更有可能是持續參與干預並遵守規定的方案。提醒、個人化通知和進度追蹤等直覺式功能可以促進定期使用，並為使用者提供成就感，從而進一步提高依從性。⁽³⁸⁾區塊鏈技術可以確保資料安全、透明，並可供使用者存取，使他們能夠有效管理自己的健康資料，從而支持這些依從性因素。透過認知可用性和區塊鏈在促進依從性方面的作用，開發人員可以優化移動健康應用程式，以支援使用者達到經證實的健康結果，並持續參與數位健康干預⁴⁶。

歐洲健康資訊技術可用性指南 歐盟積極支持透過可攜式和可穿戴裝置進行個人化健康照護。歐盟採納了世界衛生組織 (WHO) 對移動醫療 (mHealth) 的定義，並將其擴展至包括生活方式和健康應用程式，這些應用程式可連接醫療裝置或感應器，透過短訊服務和遠距醫療服務提供個人指導、健康資訊和用藥提醒⁽⁴⁸⁾。

為了應對在病患照護和臨床使用中不斷增加的移動醫療應用，歐盟委員會發表了一份綠皮書，以解決歐洲境內與移動醫療應用相關的挑戰。2014 年 4 月，歐盟委員會展開對話，邀請醫療照護專業人員、病患、組織和產業代表參與，以收集有關採用行動醫療的挑戰和障礙的見解。該綠皮書列出了影響健康資訊技術採用的關鍵因素，包括資料保護、濫用藥物、濫用醫療服務和濫用藥物等。

該綠皮書列出了影響健康資訊技術應用的關鍵因素，包括資料保護、患者安全、平等存取、互操作性、責任、資料可靠性、國際合作和品質標準。區塊鏈技術作為多模態醫療資料系統的一部分，可透過增強資料安全性、互操作性和患者信任度，在解決上述幾個因素方面發揮關鍵作用。

資料保護與大資料

根據《歐盟基本權利憲章》第 8 條和《歐盟運作條約》第 16(1) 條，保護個人資料（包括健康資料）是歐洲的基本權利。隨著移動健康應用的快速發展，區塊鏈提供了一種安全、分散的數據管理方法，降低了未經授權訪問和洩漏的風險。⁴⁸在大數據背景下，區塊鏈可以提供一個防篡改系統，確保數據的安全性和完整性，以解決歐盟對安全收集健康相關數據的關注。區塊鏈在透明、安全的資料處理方面的潛力與《2012-2020 年電子健康行動計劃》（eHealth Action Plan 2012-2020）相契合，該計劃強調在健康研究和創新中保護大數據。

病患安全

歐洲議會的「2012-2020 年電子健康行動計劃」強調福祉和移動健康應用程式的重要性，並呼籲建立明確的法律框架，以確保其安全發展。在全球 97,000 多項移動健康應用程式中，區塊鏈可透過提供所有健康資料交換的不可變記錄，改善病患安全。由於目前的移動醫療應用程式通常缺乏開發流程和醫療準則遵守情況的相關資訊，因此這種透明度可以向使用者保證資料的來源和可靠性，這是非常重要的。以透明度為重點的安全準則可藉由區塊鏈進一步強化，以確保移動健康資料的可驗證完整性。

平等存取與互操作性

歐盟意識到，移動醫療應用程式的全部潛力尚未在歐洲醫療保健領域發揮出來。區塊鏈的分散性可實現平台間的互操作性，支援醫療保健提供者和患者之間的無縫資料交換，尤其是跨成員國的資料交換。根據第 2011/24/EU 號指令開發的 eHealth Network 可增強移動醫療系統的互操作性，以維持整個歐洲的高品質醫療服務。區塊鏈整合可為資料交換提供統一、安全的架構，尊重病患權利，並促進跨國平等取得健康資訊，從而支援這項計畫。

責任、償付模式與研究

有限的創新與寥寥可數的報銷模式，是阻礙移動醫療應用成為主流醫療照護解決方案的主要障礙。國家法規經常將報銷限制於親自就診，妨礙了移動醫療的採用。區塊鏈可確保可追蹤的資料交易，減少設備故障、IT 專業知識或使用者錯誤所造成的責任歧義，從而解決責任問題。區塊鏈的透明結構可為移動醫療應用程式開發提供法律清晰度，支持專業人士、開發商和製造商確立與應用程式相關風險的明確責任和義務。

有些行動健康應用程式深受消費者歡迎，例如健身與健康應用程式，但仍需進行研究，以確定這些應用程式是否能提供使用者有用的資訊。應持續針對行動健康應用程式進行研究與創新，並應持續涵蓋更廣泛的病患安全層面。移動健康應用程式的資金在地平線 2020⁽⁵⁰⁾ 歐盟的研究資金調用中被列為優先項目。

存取與國際合作

⁵¹ 區塊鏈的安全基礎設施可在建立經驗分享平台、讓企業家參與和推進移動醫療方面發揮重要作用。區塊鏈可進一步強化歐盟現行的移動醫療應用程式資料隱私準則，確保開發人員遵守隱私守則和資料保護要求，這對建立用戶信任至關重要。區塊鏈透過資料的不可變性和使用者對資料分享的控制，提供額外的安全性，確保符合歐盟的隱私權行為準則。

資料的有效性和可靠性

為了解決資料有效性和可靠性的問題，歐盟於 2016 年 2 月制定了具體的指導方針，約有 20 個組織參與其中，以制定移動醫療資料品質的標準。區塊鏈能夠為所有互動創建不可變的、帶有時間戳記的記錄，支持資料驗證，確保儲存在移動醫療應用程式中的健康資料是可靠且可驗證的。此系統可強化歐盟在健康應用程式中建立一致、高品質資料管理實務的目標，確保醫療服務提供者和病患依賴精確的資料進行醫療決策。

移動醫療與健康應用程式的品質標準

歐盟 2016 年資訊與通訊技術 (ICT) 標準化滾動計劃包括

移動醫療應用程式的品質標準，涵蓋功能性、可用性和可靠性。區塊鏈可透過保護應用程式開發和使用者互動週期中的每個步驟，確保隱私性和透明度，進一步提升這些標準。英國標準協會 (British Standards Institution) 制定了 PAS 277:2015，建議在整個開發生命週期中，必須符合功能性、可用性、隱私性和安全性等品質準則。區塊鏈提供資料完整性、可驗證性和分散式控制，確保移動健康應用程式符合可靠性、效能和安全性的高標準，從而提升這些標準的合規性。

產品安全

歐盟委員會正在探索調整數位應用程式產品安全框架的方法，包括針對行動健康應用程式的安全性進行公開諮詢。區塊鏈整合可保護移動醫療系統中的醫療資料，確保資料的真實性，並降低軟體篡改或未授權資料變更的風險，從而有助於產品安全。

支持地平線 2020 研究

Horizon 2020 優先為移動醫療創新、大數據和健康數據中的數位安全提供研究資金，為將區塊鏈整合到安全的健康數據系統中奠定了基礎。區塊鏈可支援歐盟的研究目標，提供安全管理大量健康資料的強大平台，進而提升移動醫療應用程式的安全性、隱私性和功能性。將歐盟政策指導方針和區塊鏈功能納入移動健康應用程式的簽章和開發，為病患和醫療照護提供者解決安全性、可用性和透明度問題，將有益於醫療照護資訊科技的採用。

從可用性指南與模型中找出參數

在這個主題中，研究可用性標準和參數 (metrics)，以了解在發展一個全面的可用性框架時應該包含什麼。可用性標準和參數的目的是找出有助於創建用戶友好型應用程式的因素。Preece 強調可用性是建立在觀察、實驗和測試用戶的基礎上的。⁵² 國際標準組織將可用性定義為「在特定的使用情境下，特定的用戶能夠有效、高效、滿意地使用產品達到特定目標的程度」。

在過去的 35 年中，⁵³ 提出了各種可用性模型。其中一個基礎模型是由 Shneiderman 在他的《用戶設計》(Designing the User) 一書中提出的。

在 1992 年出版的《介面》⁴⁰中，他列出了介面設計的八條金科玉律，包括力求一致性、為經常使用的使用者提供捷徑、提供資訊性的回饋、設計對話框以產生封閉感、提供簡單的錯誤處理、允許簡易的動作逆轉、支援內部控制點，以及減少短期記憶負荷。這些準則是以開發人員的集體經驗為基礎，目的在於創造直覺且可靠的介面。

1994年，Nielsen^{34,39}提出了五個基本的可用性指標--效率、滿意度、可學習性、記憶力和錯誤處理--並認為這五個指標對軟體設計是非常重要的。在這之後，Preece 等人⁴¹提出了包括效率、有效性和樂趣的分類，後來又擴展到靈活性、通過性和可學習性⁽⁴²⁾。這些不斷演進的模型強調了創建以用戶為中心的應用程式的重要性，這些應用程式既有功能性又容易使用。

ISO 進一步將可用性定義為「特定使用者在特定情境下，使用產品達到特定目標的滿意度、有效性和效率」⁽⁴⁴⁾。區塊鏈技術提供安全、分散的資料處理方式，並改善使用者對敏感健康資訊的控制，從而提供提升這些可用性模型的機會。舉例來說，區塊鏈的可變性和透明度與可用性目標非常吻合，可培養使用者的信任，並使多模式健康資料平台之間的互動一致且安全。

ISO 9241-11 可用性標準

ISO 9241-11 標準建立於 1998 年，提供了一個衡量可用性的框架，可透過分解的可用性測試來評估可用性。

屬性，例如效能、效率和滿意度。每個元件都分為可衡量和可驗證的子元件。區塊鏈整合可透過確保每次使用者互動的資料完整性和安全性來強化此模型，這對涉及敏感健康資料的移動醫療應用程式尤其有利。區塊鏈的分散式框架可確保可用性適應不同的使用情境，考慮到使用者、任務、設備和環境等可能影響產品可用性的因素（圖 3）。透過在這些情境中保護資料，區塊鏈可支援開發以信任為基礎的應用程式，讓使用者能夠安全自主地管理資料，符合 ISO 的特定情境可用性原則。

Georgson 和 Staggers⁴⁷利用 ISO 9241-11 標準，在猶他州大都會地區的 18 家基層醫療診所的 2317 名糖尿病患者中進行可用性測試。該研究評估了任務表現、滿意度和效率，並將這些結果與使用者特徵相對應。平均滿意度為 80.5 分，顯示可用性良好，但仍有改善的空間。研究還強調了人口差異，例如男性和年輕參與者的任務完成率較高。將區塊鏈技術整合到此類移動醫療系統中，可提供安全可靠的健康資料存取，並支援以病患為中心的個人健康記錄控制，從而提高可用性。區塊鏈的透明、不可篡改的資料管理與 ISO 強調的針對特定使用者需求和情境量身打造的可用性不謀而合，因為它能促進信任並支援 mHealth 應用程式內的安全互動。



圖 2. 可用性目標與使用者經驗⁴²

ISO 9126-1 可用性標準

ISO 9126-1 標準著重於軟體產品品質，定義了內部/外部品質以及使用中的品質。它區分了軟體可用性的六個內部與外部品質因素，如圖 4 所示。ISO 9126-1 標準缺乏對可用性參數的考量，例如可記憶性、可學習性和錯誤處理，而區塊鏈在這些領域可以發揮重要作用。區塊鏈的資料驗證及完整性安全框架可提高外部品質，確保健康應用中的資料可靠性，從而補充 ISO 9126-1 標準的不足。這項功能對於需要跨多種裝置分享可靠資料的移動醫療應用程式尤其有用。

區塊鏈也可以透過加強移動健康應用程式中的資料安全性和錯誤復原，解決其他可用性模型（例如 Nielsen 的可用性模型）中指出的可用性缺口。

舉例來說，區塊鏈的分散式總帳提供錯誤追蹤的稽核記錄，可支援錯誤預防與復原，這對於管理敏感健康資料的使用者而言，是非常重要的可用性層面。此外，像 Condos 等人⁵⁴提出的行動商務應用程式模型，強調內容、資訊架構和防錯等可用性層面，也能從區塊鏈中獲益，確保安全、一致的資料存取，並降低使用者在各種環境下與這些應用程式互動時的認知負擔。

移動目標問題度量 (MGQM) 模型由 Basili 等人於 1994 年提出，⁵⁵並由 Hus-sain 和 Kutar 擴展⁵⁶ 紮根於 ISO 9241-11 標準，並根據有效性、效率和滿意度來評估可用性。它通過引入六個具體的可用性特徵來擴展這些基礎參數：準確性、吸引力、功能、安全性、所需時間和滿意度。

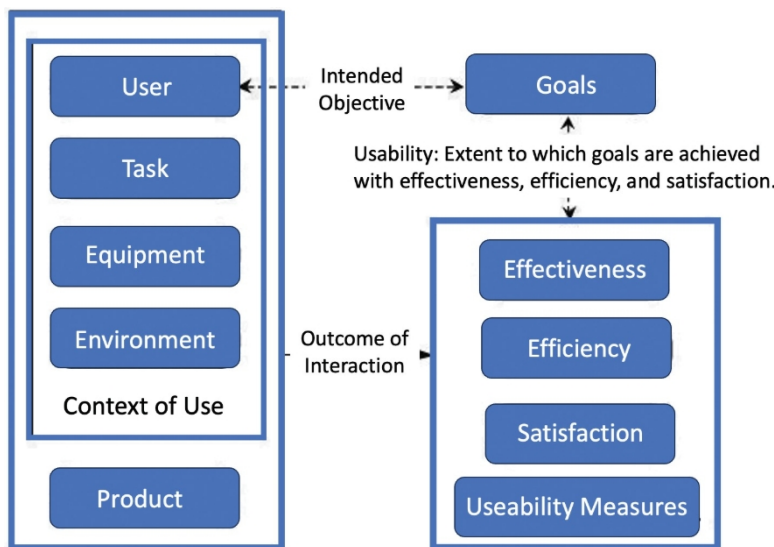


圖 3. ISO 9241-11 可用性框架。ISO：透過維也納協定成立的國際標準化組織。

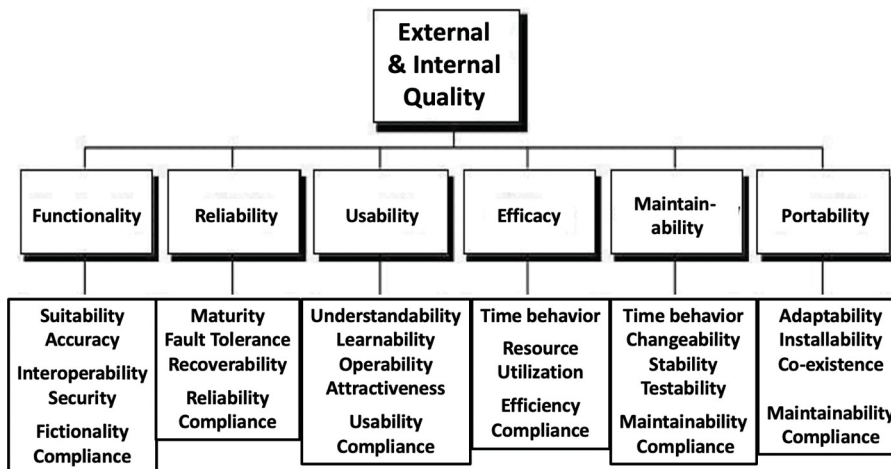


圖 4. ISO 9126-1 可用性架構 2.

簡單。MGQM 模型利用定性和定量可用性指標，為評估移動健康應用程式提供了一個全面的框架。在 MGQM 框架中整合區塊鏈技術，可確保資料交易的安全性、可驗證性和防篡改性，從而提高資料的安全性和準確性（MGQM 的兩個核心指標）。這項強化功能可提高使用者信任度與資料完整性，特別是對於在多模式平台上管理敏感健康資料的老年人而言。

PACMAD 可用性模型

PACMAD (People At the Centre of Mobile Application Development) 可用性模型是為了解決早期可用性模型的局限性而開發的⁽⁵⁷⁾與傳統模型不同，PACMAD 整合了 ISO 和 Nielsen 的可用性屬性，增加了認知負荷作為移動應用的關鍵可用性因素。該模型確定了影響整體可用性的三個主要組成部分 - 用戶、任務和使用情境。由於區塊鏈的透明結構可簡化安全資料處理，因此整合區塊鏈可減少資料驗證及存取所需的心力，從而支援 PACMAD 的認知負荷考量。這對老年人尤其有利，因為它提供安全、受控的健康資訊存取，無須重複驗證，降低認知負荷。

在行動應用程式中，「使用情境」尤其重要，因為使用者可能會在不同的環境和任務中存取行動健康應用程式。區塊鏈的分散式架構可透過安全地跨裝置共用資料來適應這些不同的情境，同時維持使用者對資料權限的控制，這與 PACMAD 對於效能、效率、滿意度、可學習性、可記憶性、錯誤管理和認知負荷的重視相符，總和如圖 5 所示。區塊鏈支援的透明度和安全性可以增強錯誤管理和可記憶性，讓使用者有信心隨著時間的推移重新使用行動健康應用程式。因此，在 MGQM 和 PACMAD 等可用性模型中整合區塊鏈，可加強移動健康應用程式的可用性，滿足依賴安全、互操作性和用戶友好介面進行健康管理的用戶的特定需求。

PACMAD 模型將七種屬性描述為效能、效率、滿意度、可學習性、可記憶性、錯誤和認知負荷。所有這些特性對應用程式的可用性都有很大的影響。

效能：使用者在特定情境下完成任務所需的時間稱為有效率。要檢查這些任務是否能在指定時間內完成，有效率是非常重要的。

效率：效率是指快速、準確地完成專案的能力。此功能可讓使用者輕鬆使用應用程式。效率可以透過下列方式衡量完成任務的時間和完成任務的擊鍵數。

滿意度：滿意度的過程是以使用者為基礎，如果給定的軟體讓使用者使用起來很舒適，而且完全符合成本效益。這是針對個別使用者在使用應用程式後的滿意度而做的。為了詢問使用者的評價，我們通常會使用問卷調查。

學習能力：從研究調查中，我們注意到⁵⁸使用者平均花費 5 分鐘或更少的時間來學習使用行動應用程式。如果一個應用程式不完整，而使用該應用程式的使用者面臨不同的問題，他們可能會直接選擇不同的應用程式。這個特性是由 Nielsen 提出的。

可記憶性：研究還發現，行動應用程式的使用率很低，每個月只使用一次，有 50% 的參與者使用過應用程式。因此，使用者不容易回想起如何使用應用程式。可記憶性也是 Nielsen 可用性模型所建議的。

錯誤：Nielsen 的定義是，用戶在使用一個系統的過程中犯較少的錯誤，如果用戶犯了錯誤，他們能夠很容易地從錯誤中改進。可用性模型 PACMAD 考慮了錯誤的性質以及發生的頻率，因此可以防止這些錯誤在未來的應用中發生。

認知負荷：要使用應用程式，用戶的認知負荷是不可或缺的。可用性的一般概念是，使用者可以在沒有外部協助的情況下輕鬆完成任何任務。

⁵⁸開發一個能有效服務於不熟悉科技的目標族群（例如老年人或殘障人士（如身體殘障或認知障礙，如老年癡呆症））的自我導向應用程式尤其困難。對這些使用者而言，可用性變得非常重要，因為行動健康應用程式必須直覺且容易使用。Brown 等人⁴⁵強調了妨礙對行動健康技術進行徹底可用性測試的兩個主要挑戰。第一個挑戰是行動裝置的限制，包括緩慢的作業系統、低解析度螢幕、缺乏傳統的輸入裝置（例如滑鼠或鍵盤），以及不一致的連線性。第二個挑戰是移動醫療技術的快速發展，超越了終端使用者測試資源和軟體的發展速度。

行動應用程式開發的可用性架構架構 貢獻 邁向 管理 可
 用性 評估 透過 呈現 一個 有結構的

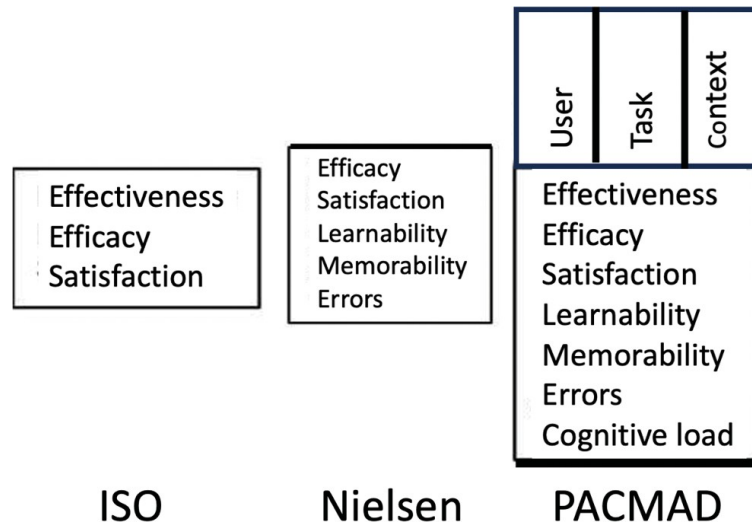


圖 5. PACMAD 模型與其他可用性模型的比較。ISO：通過維也納協議的國際標準化組織；PACMAD：移動應用開發中的人為中心。

對影響可用性的因素以及這些因素之間的關係進行概念化。行動應用程式的可用性架構有助於發展綜合的可用性評估，其中包含可用性目標、指導方針、衡量標準和問題。一個框架也可以透過提供結構工具，例如問卷和數據，來幫助可用性的評估。Kaufman 等人⁵⁹指出，框架被認為是一套原則(例如假設、結構、品質標準，以及引導研究與開發的想法)與策略(例如實作指導方針、設計啟發法，以及協助開發過程以提高電子健康科技品質的方法)⁶⁰。一些現有的框架⁶¹，例如健康資訊科技可用性評估模型(ITUEM)，是由 Yen 在 2010 年提出的⁶²，主要目的是找出先前可用性模型的缺口與問題。根據 Brown III 等人的研究⁴⁵，健康資訊可用性評估模型(Health-ITUEM)架構提供了了解與移動健康科技相關的可用性問題與障礙。作者使用 Health-ITUEM 架構中的九個概念，例如錯誤預防、完整性、記憶性、資訊需求、彈性/客製化、可學習性、表現速度和適應性，來評估行動健康應用程式的可用性，並建立資料分析代碼^(63,64)。

⁶⁵另一個框架是資訊系統再研究(Information System Re-search, ISR)，它被用來作為設計移動健康應用程式的指南。²⁷ISR 框架是一個迭代的過程，包括功能需求識別、需求評估、快速原型和使用者介面設計，這些技術都被用於

的開發過程。它包含三個循環，即相關性(其中重點在於獲取終端使用者)、嚴謹性(識別技術)和設計(涉及以可用性為基礎的方法)。ISR 架構也指出，以使用者為中心的設計流程對於設計行動醫療應用程式是有效的。^{27,28}MGQM 定義使用者目標，⁵⁵將目標細化為問題，並定義度量，提供回答問題的資訊。⁶⁶Wildenbos 等人在 2018 年提出了一個針對老年人的移動醫療應用程式可用性分析框架，他們的分析指出，可學習性和視覺敏銳度差是影響老年人採用移動醫療應用程式動機的最常見問題。⁶⁷在這方面，現有的行動健康應用程式可用性指南的評估並沒有處理與年齡相關的認知限制、作為心理建構的動機問題、感知(例如螢幕上的小字體)⁽⁴⁶⁾，以及老年人常有的身體障礙⁽⁶⁵⁾，這些問題都會造成技術的不被採用。

⁶⁷Jiajie 和 Mu-hammad 在 2011 年提出了一個統一的 EHR 可用性框架，該框架基於任務、用戶、表現和功能(TURF)等四個重要的可用性組成部分。⁶⁸作者指出，可用性不僅可以在一個連貫的統一框架下被科學地定義，而且應該被客觀和系統地測量。本研究界定了如何使用 TURF 來

本研究界定了如何使用 TURF 來改善 EHR 的可用性並提高效率。在接下來的章節中，我們將介紹相關研究中存在的不足。

問題2 綜述

RQ2涉及現有可用性模型和指南中存在的差距。在RQ2中，研究的选择基于他们对数字健康应用相关的可用性模型和指南的评估，重点是ISO 9241-11、Nielsen启发式方法和PAC-MAD模型等框架。當這些架構應用在數位健康應用程式時，特別是針對老年人的應用程式時，那些強調其特定缺口或限制的研究會被優先選出。這項選擇允許進行比較分析，以評估現有模型在滿足或無法滿足老年人可用性需求方面的表現。

我們對這些模型進行了結構化的比較分析，以評估它們在解決行動健康應用程式中老年人獨特的可用性需求方面的優勢和限制。資料準備工作包括依據所評估的可用性模型來組織研究，並擷取關於每個模型的優點、限制和對行動健康的適用性等關鍵資訊。這樣的組織方式可以直接比較不同的架構，並將重點放在可用性方面，例如錯誤預防、可學習性、多模態互動以及認知負荷管理。比較綜合找出了現有模型中缺乏對年長使用者具體指導的領域，為如何調整或擴充可用性框架作品以更好地滿足這類人群的需求提供了啟示。

在移動醫療應用程式中整合區塊鏈，可透過增強資料安全性、簡化使用者驗證程序，以及支援無縫互操作性（所有這些都有助於提高可用性），解決其中一些已確定的差距。舉例來說，ISO 9241-11 強調效能、效率和滿意度，但卻缺乏以使用者為中心的資料控制和透明度的具體規定，而區塊鏈可讓使用者安全地管理和追蹤跨平台存取其健康資料的情況，從而改善這些要素。區塊鏈的安全、分散式架構支援對資料的信任和控制在對於可能對數位健康系統的隱私和安全性有所疑慮的老年人來說至關重要。Nielsen 的啟發式方法提供了可用性的基本原則，包括錯誤預防和使用者滿意度，但在解決多模態互動和針對老年人需求的自適應性支援方面仍有不足。區塊鏈透明、防篡改的資料處理方式可減少這些問題，確保設備間安全的資料交換，並實現一致、可追溯的互動，從而支援易用性，並減少與健康管理相關的認知負擔。

資訊。

PACMAD 模型結合了認知負荷的考量，並符合區塊鏈簡化資料處理的潛力，尤其是在需要多種裝置和安全受控資料互動的情況下。區塊鏈簡化資料管理流程的能力可幫助減少認知負荷，讓老年人更容易使用行動健康應用程式，並改善他們的整體可用性體驗。

總的來說，比較綜述強調需要調整現有的可用性架構，以滿足老年人獨特的可用性需求。許多移動健康應用程式的設計並沒有充分考慮到終端使用者，²⁶⁻²⁸而且研究顯示在設計過程中缺乏使用者的參與。根據 ISO 標準的定義，可用性包含「特定使用者在特定環境中達成特定目標的效能、效率與滿意度」。這對於確保使用者能有效地執行任務是非常重要的，因為對於介面的不滿會影響市場的接受度。⁴⁰區塊鏈整合提供了一個有前途的解決方案，它增強了數據安全性、透明度和用戶控制，從而有可能解決現有框架中持續存在的許多可用性挑戰。

與年齡相關的可用性問題

在目前的市場上，大多數的行動裝置都使用觸控螢幕技術，從傳統的實體按鈕過渡到觸控螢幕，這對許多使用者來說可能會造成困惑，尤其是老年人。雖然以螢幕為基礎的按鈕和不顯示圖示在現代設計中很有效，但它們通常未針對殘障人士進行最佳化。³⁰研究發現了老年人在與移動技術互動時的特定能力和限制，從而建議了可以更好地滿足這類人群需求的關鍵設計原則。將這些洞察力融入介面設計中，開發人員就能創造出對老年人而言更容易使用、更友善的應用程式⁶⁵。

區塊鏈技術可透過提供簡化且安全的資料互動，進一步提升老年人的可用性，這對於維持使用者對移動健康應用程式的信任至關重要。例如，區塊鏈的跨親屬、分散式架構降低了傳統資料管理系統的複雜性，讓年長使用者可以安全地管理健康資料，而無需複雜的驗證步驟。這種設計方法可支援使用者的獨立性，並將認知負荷降至最低，使行動健康應用程式更適合處理與年齡相關可用性問題的老年人。

文化多樣性與區塊鏈整合

文化多樣化的環境在識別常用功能和管理多種語言的應用程式方面帶來了額外的挑戰。⁶⁵Kim等人認為，在設計有效的系統時，文化可用性和其他可用性因素一樣重要。⁶⁹Ahmad等人的研究⁽⁷⁰⁾強調了許多移動健康應用程式中可用性問題的重要性，並強調需要全面的可用性框架來滿足年長使用者的獨特需求。另一個重要的因素是使用者參與設計過程。Saparamadu 等人⁷¹和 Duque 等人⁷²等人的研究強調，讓老年人參與行動健康應用程式的開發與設計，可以更符合他們的需求與偏好。藉由讓年長使用者參與整個開發週期，開發人員可以深入瞭解他們的需求與挑戰，從而獲得更多以使用者為中心的應用程式，這些應用程式也更有可能是被採用。

設計人員必須考慮文化規範、社會影響、信仰、趨勢與觀念，才能創造出對使用者友善、具文化適應性的應用程式。^{27,73}研究顯示，語言差異可能導致軟體開發必須進行重大的技術調整，突顯出對適應性與情境感知解碼的需求。⁷⁴區塊鏈技術可以支援這些多樣化的需求，它提供了一個標準化但安全的資料管理框架，可以容納多語言介面和特定文化的互動，增強跨文化可用性，並降低與本地化相關的技術複雜性。

區塊鏈的去中心化特性也能提供一致、安全的資料結構，在不同的文化和語言環境下都能存取，有助於解決後端相容性問題。這種通用的資料格式可以促進市場解決方案適應不同的使用者基礎，提高可及性，並確保移動健康應用程式適合各種文化背景。

UCD和區塊鏈的潛力缺乏實證證據 Khan和Donthula指出，雖然UCD提高了產品的商業成功，但需要更多的研究來量化其經濟效益，例如增加銷售額、客戶忠誠度和用戶參與度。區塊鏈的整合可以補充UCD，增加一層符合UCD原則的安全性和資料透明度，支持使用者對移動健康應用程式的信任和參與。區塊鏈可實現安全、以使用者為中心的資料

控制，允許最終用戶對其健康資訊擁有更多自主權，同時保持其資料的隱私性和完整性。

探索UCD和區塊鏈對產品成功、用戶滿意度和信任度的綜合影響的研究，可以為優化UCD的實施提供寶貴的見解。區塊鏈透明且由用戶控制的資料管理框架可進一步支援UCD方法，促進協作開發流程，優先滿足數位健康解決方案中最終用戶的需求。

缺乏全面的可用性架構

Saleh和Ismail強調在不同的系統和情境中需要一致的可用性指南和標準，包括互動、視覺和內容設計標準，以及ISO 9241可用性評估和改進標準。他們認為，結合這些元素將有助於設計者創造出有效、高效和令用戶滿意的系統⁷⁵。

Gupta 等人³¹強調了評估移動醫療應用的一個主要挑戰：儘管移動醫療具備改善健康結果的潛力，但卻缺乏專門針對移動醫療的全面可用性架構。他們指出，對於有效的品質模型和移動醫療的可用性架構缺乏共識，這使得評估這些應用程式和確保它們符合使用者需求變得複雜。作者呼籲進一步研究，找出最適用的可用性架構，以支援以使用者為中心的行動健康應用程式設計。³¹表 5 強調了行動健康應用程式的研究缺口，包括以使用者為中心的包容性設計、全面的可用性架構，以及針對老年人量身打造的指引等需求。它也指出目前評估模式的限制，例如高成本和有限的使用者投入。

在可用性框架中整合區塊鏈，可透過提供安全、透明的資料管理以及跨裝置的一致標準，解決其中一些挑戰。區塊鏈的分散式方法可提升使用者對健康資料的信任與控制，支援不同使用者情境下的可用性，並開發更可靠、以使用者為中心的行動健康解決方案。

⁴⁶這樣的框架應該包含可用性模型、指導方針、特徵和目標。這樣才會有效⁷⁵。

表5: 文献中发现的研究空白

相關研究	發現的差距
Khan K, and Donthula S (2019) ²¹	仍然需要進一步研究以使用者為中心的設計如何促進有用應用程式的開發。
Liew MS等人(2019) ⁷⁶	需要找出有關行動應用程式包容性設計、主題專家評估和消費者回饋的差距。
Schnall R 等人, 2016 ⁷³	作者提出的 ISR 框架為設計移動健康應用程式提供了一些指引。ISR 架構的主要缺點是耗時耗力且成本高昂。
Wildenbos 等人 (2015) ³⁰	現有的移動醫療指南並未解決與行動介面複雜性相關的障礙, 這對老年患者造成了問題。需要找出有關行動應用程式包容性設計、專家評估及消費者回饋的差距。
Yen PY, and Bakken S. (2012) ⁶³	研究人員和開發人員需要使用自動評估工具來識別可用性障礙, 因為現有 73% 的人的研究是基於訪談和問卷來評估 mHealth 應用程式, 而訪談和問卷較容易出錯。
Saleh AM, and Ismail RB (2015) ⁷⁵	全面的可用性架構應該以可用性模型、指導方針、特性和目標為基礎。
Gupta 等人 (2014) ³¹	對於行動健康應用程式的評估, 主要的挑戰在於品質模型的選擇, 以及設計適當的全面可用性框架的不當支援。
Tahir R, and Arif F. (2014) ⁴³	根據文獻回顧, 現有的可用性模型或指導方針 (例如 ISO 標準) 並未涵蓋可用性的所有層面。
Brown 等人 (2013), ⁴⁵	提出健康資訊科技可用性評估模型的主要目的是找出先前可用性模型中的不足與問題。此架構的缺點在於幾乎沒有使用者參與資料收集的過程, 同時此架構也沒有經過測試。
Li C, et al. (2021) ⁷⁷	考慮到老年人獨特的需求與限制, 針對老年人的行動健康應用程式缺乏特定的可用性指導方針。
Hussain A, Kutar M (2012) ⁷⁸	現有的行動健康應用程式可用性模型往往無法充分解決老年人所面臨的認知限制與可及性挑戰, 因而妨礙了其採用與可用性。
Slade M, Oades L, and Jarden A (2017) ¹⁶	目前的移動健康應用程式可用性框架並未充分考慮老年人的社會與情緒方面的經驗, 這可能會影響他們使用這些應用程式的動機。

ISR: 資訊系統研究; mHealth: 行動健康。

ISR: 資訊系統研究; mHealth: 行動健康。移動健康應用程式的每項功能都應該量身訂做, 以符合使用者的實際需求、期望和特徵, 在移動健康設計中推廣更多以使用者為中心的方法⁴⁶。

研究結果

研究選擇

研究的篩選過程是依照 PRISMA 流程圖 (圖 1) 所列出的結構化篩選與資格標準進行。在多個資料庫中進行綜合搜尋, 發現 1,073 條記錄。去除重複記錄後, 根據標題和摘要篩選出 677 條獨立記錄。其中有 491 條記錄因不符合最初的納入標準而被剔除, 剩下 186 篇全文文章進行詳細評估。根據預先定義的資格標準進行進一步評估後, 排除了 126 項研究, 主要原因包括缺乏對可用性的關注、不相關的人口 (非較年長的成人) 或對 mHealth 應用程式的重視程度不足。最後, 有 60 項研究符合所有納入標準, 並被篩選出來進行綜合, 以解決與可用性因素和差距相關的研究問題。

與可用性因素相關的研究問題, 以及現有架構中的缺口。

研究特徵

所選的研究發表於 1992 年至 2023 年間, 顯示出對於行動健康應用程式的重視程度不斷演進, 尤其是在改善老年人的健康管理、慢性疾病監控、心理健康支援和生活方式保健方面。從地理位置來看, 這些研究包括來自北美、歐洲和亞洲的重大貢獻。樣本規模差異很大, 定性研究中的焦點小組規模較小, 定量研究規模則較大, 有些研究涉及數以千計的臨床或觀察參與者。

研究設計包括不同的方法, 例如定性評估、受控實驗、可用性測試和橫斷面調查。大多數的研究集中在可用性參數, 例如學習能力、防錯能力和使用者滿意度, 而有些研究則特別評估老年人使用行動健康應用程式的依從性和保留率。此外, 有幾項研究參考了特定的可用性架構, 例如 ISO 9241-11、Nielsen 的啟發式和 PACMAD 模型、

等特定的可用性架構，以檢視現行模型在應用於行動健康時的可用性缺口。

表 6 總結了個別研究的主要發現，說明每項研究如何有助於找出成功的關鍵因素，以及針對老年人的行動健康應用程式在可用性上的差距。研究結果與特定的可用性參數對應，包括易用性、可學習性、防錯、效率和滿意度。

個別研究結果

表 7 歸納了個別研究的主要發現，強調每項研究如何有助於了解老年人行動健康應用程式的關鍵成功因素和可用性缺口。每項研究的發現都對應到特定的可用性參數，例如易用性、可學習性、防錯、效率和滿意度。

表 3 提供了現有文獻中發現的行動健康應用程式研究缺口摘要。主要的差距包括需要進行 UCD 研究、包容性設計評估，以及針對認知、無障礙性和情感需求的全面可用性架構 (尤其是針對老年人)。此外，還強調了目前評估模式的缺點，例如高成本、使用者參與有限以及過時的架構。

綜合結果

RQ1: 識別採用行動健康應用程式的關鍵成功因素 RQ1 的主題綜合識別了幾個對於老年人採用和持續使用行動健康應用程式至關重要的可用性因素。關鍵因素包括易用性、效率、防錯、可學習性、可記憶性、使用者滿意度、動機、接受度、信任度，以及對應用程式使用的信心。研究一致顯示，具備簡單導覽、直覺式版面設計及年齡友善視覺元素的應用程式，會帶來更高的滿意度與參與程度。透過簡化的工作流程和最少的

對於可能對複雜介面的耐心或認知能力有限的老年人來說，透過簡化工作流程和最少的任務步驟來達到的效率尤其重要。

將區塊鏈技術整合至移動醫療應用程式中，可透過提供安全、由使用者控制的資料管理，進一步提升這些可用性因素，從而建立對應用程式使用的信任與信心。區塊鏈的透明、分散式架構透過提供防篡改的資料管理來支援防錯功能，讓使用者能夠驗證資料的正確性，並確保不同裝置間的資料完整性。這種安全性可減少使用者的挫敗感，並提升信心，尤其是對於關心隱私与安全性的年長使用者而言。將可用性與區塊鏈的資料安全功能優先結合，可以創造出一種 UCD，鼓勵使用者持續參與，並促進老年人的有效健康管理。

RQ2: 分析現有可用性模型和指導方針的不足 RQ2 的比較分析發現了目前的可用性模型，包括 ISO 9241-11、Nielsen 的啟發式方法和 PACMAD，在應用於移動健康應用時的幾個限制。現有的模型通常缺乏針對特定年齡的指導，也無法解決關鍵的可用性問題，例如多模式支援 (例如語音指令和觸覺回饋)、錯誤復原和資料隱私。研究表明，雖然這些框架提供了基本的可用性原則，但它們並沒有為改善老年人可用性的功能提供具體建議，例如可調整字體大小、簡化介面和適應性幫助工具。區塊鏈整合可透過提供安全、分散的資料管理，改善使用者對敏感資訊的信任和控制在其中一些缺口。區塊鏈的防篡改資料結構可確保所有資料互動都是透明且可追蹤的，從而支援錯誤復原，這對於關注隱私和資料安全的老年人來說尤其有利。此外，由於區塊鏈能夠在各種裝置之間進行一致的資料存取，因此能夠促進多模態的資訊交流。

表 6. 個別研究的主要結果

參考文獻	研究結果
Feroz I, Ahmad N (2022) ⁵	簡單、標示清楚的圖示可減少老年人的認知負荷，進而提高任務完成率，並且更容易使用。
Ahmad N (2014) ²⁹	導航和高效的工作流程提高了使用者的滿意度，也讓使用者更常使用應用程式。
Ahmad 等人 (2015) ⁹	一致的佈局和熟悉的視覺提示提高了可記性，最大限度地減少了不使用一段時間後重新學習的需要。
Harrison R, Flood D, Duce D (2013) ⁵⁷	ISO 9241-11 架構在移動醫療應用程式中的評估顯示，雖然它支援一般可用性指標，但缺乏對錯誤復原的具體指導。
Feroz I (2023) ⁶⁷	對 Nielsen 的啟發式方法進行評估，發現在解決與年齡相關的可用性需求方面存在差距，例如針對老年人的視力敏銳度調整和簡化導航。

互動選項，支持可用性框架擴大其範圍，以包括對年齡敏感的、無障礙的移動醫療設計。

討論與未來工作

此 SLR 強調行動健康應用程式支援福祉的各個層面，但在防錯、可學習性和可記憶性等參數上卻面臨可用性的挑戰。這些差距對於老年人來說尤其棘手，因為他們對資訊與通訊科技的熟悉程度可能有限，這影響了他們對行動健康應用程式的採納與持續使用⁽⁷⁴⁾。

現有的行動應用程式可用性指導方針⁷⁶缺乏專門針對行動健康的完整架構，尤其是考慮到老年人需求的架構。⁴⁶將區塊鏈整合到這個框架中，可以提供安全、由使用者控制的資料管理，以及透明、防詐騙的記錄，從而大幅提升可用性。區塊鏈的功能可確保資料的準確性和可追蹤性，建立信任並減少使用者對安全性的焦慮，從而支援防錯功能。

未來的工作應該探索可用性框架，將這些可用性原則與區塊鏈的安全功能結合，讓年長使用者可以放心地與行動健康應用程式互動。這種方法可以創造出更容易使用、以使用者為中心的行動健康解決方案，提高老年人的參與度和健康成果。

經費來源

本研究不涉及任何資金。

利益衝突

作者之間沒有利益衝突。

貢獻者

Irum Feroz 女士對 SLR 貢獻良多，經過徹底的分析，她選出了 60 篇論文。她研究了可用性因素、模型和框架。她發現了 IT 採用中的重要因素。她還發現了重要的研究缺口，強調了新興趨勢和有待進一步調查的潛在領域，並提供了寶貴的見解，引導未來的研究方向。Nadeem Ahmad 先生負責綜合研究問題，並遵循 PRISMA 指南。他還參與了移動健康應用程式與區塊鏈技術的整合。

所有作者都批准了該手稿，並同意將其提交給 Blockchain in Healthcare Today。

資料可用性聲明 (Das)、資料分享、可重複性和資料庫

本研究中提供的資料可由相關作者取得。

生成文本或相關技術的應用

本文編寫過程中未使用人工智慧及相關技術。

鳴謝

我們衷心感謝英國樸次茅斯大學 (University of Portsmouth) 提供的支持和有利環境，大大幫助我們順利完成這項研究。該學院提供的資源、基礎設施和學術鼓勵對於推進我們的工作非常寶貴。

參考文獻

1. Pires IM, Marques G, Garcia NM, Flórez-Revuelta F, Ponciano V, Oniani S. A research on the classification and applicability of the mobile health applications. *J Pers Med*.2020;10(1):11. <https://doi.org/10.3390/jpm10010011>
2. Asadzadeh A, Kalankesh LR. COVID-19 流行病中行動健康解決方案的範圍。 *Inform Med Un-locked*.2021;23(100558):100558. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100558>
3. Drew DA, Nguyen LH, Steves CJ, Wolf J, Spector TD, Chan AT. 快速實現移動技術的 COVID-19 即時流行病學。 *bioRxiv*. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.02.20051334>
4. Istepanian RS, Alanzi T. Mobile Health (m-Health): evi-dence-based progress or scientific retrogression biomedical in-formation technology. Elsevier; 2020.
5. Feroz I, Ahmad N. Usability based rating scale (UBRS) for evaluation of mobile health (mHealth) applications. *HCI and beyond: advances towards smart and interconnected environments*. 第 2 冊。
6. Marques ICP, Ferreira JJM. 健康領域的數位轉型：45 年演進的系統回顧。 *Health Technol (Berl)*.2020;10(3):575–86. <https://doi.org/10.1007/s12553-019-00402-8>
7. Vinay K, Vishal K. 醫科學生與專業人員的智慧型手機應用程式。 *Nitte Univ J Health Sci*. 2013;3(1):59-62.
8. Jebraeily M, Fazlollahi Z, Rahimi B. 醫科學生最常使用的智慧型手機應用程式及其使用障礙。 *Acta Inform Med*.2017;25(4):232. <https://doi.org/10.5455/aim.2017.25.232-235>
9. Mohapatra D, Mohapatra M, Chittoria R, Friji M, Kumar S. 移動設備在醫療保健和醫學教育中的應用範圍。 *Int J Adv Med Health Res*. 2015;2(1):3. <https://doi.org/10.4103/2349-4220.159113>
10. 按組件 (可穿戴設備、移動醫療應用程式)、按服務 (監測服務、診斷服務)、按參與者、按區域和分類預測的 2024-2030 年移動醫療市場規模、份額和趨勢分析報告。 *Grandviewresearch.com* [2024 年 1 月 2 日引用]。網址：<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/mhealth-market>

11. Research2guidance.com 。 [cited 2024 Jan 02]. Available from: https://research2guidance.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2016/10/r2g-mHealth-App-Developer-Econom-ics-2016
12. Sezgin E, Özkan-Yildirim S, Yildirim S. Investigation of physicians' awareness and use of mHealth apps: a mixed method study. *Health Policy Technol.* 2017;6(3):251–67. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2017.07.007>
13. Ahmad N, Feroz I, Ahmad F. Creating synthetic test data by Generative Adversarial Networks (GANs) for Mobile Health (mHealth) applications. In *International conference on forth-coming networks and sustainability in the AIoT Era* 2024 Jan 27 (pp. 322-32). Cham: Springer Nature Switzerland.
14. Tomlinson M, Rotheram-Borus MJ, Swartz L, Tsai AC. 擴大移動健康：證據何在？ *PLoS Med.* 2013;10(2):e1001382. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001382>
15. Nouri R, R Niakan Kalhori S, Ghazisaeedi M, Marchand G, Yasini M. 評估移動健康應用程式品質的標準：系統性評論。 *J Am Med Inform Assoc.* 2018;25(8):1089-98. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy050>
16. Slade M, Oades L, Jarden A. *Wellbeing, recovery and mental health.* 劍橋大學出版社； 2017。
17. Costa VK, Sias Rodrigues A, Agostini LB, Machado M, Darley N, Cunha Cardosa R. The potential of user experience (UX) as an approach of evaluation in tangible user interfaces (TUI). In: *設計、使用者經驗與可用性。實務與案例研究。* Springer International Publishing, 2019; p. 30-48.
18. Ventola CL. 醫療照護專業人員的行動裝置與應用程式：用途與效益。 *P T.* 2014; 39(5):356-64.
19. Burke LE, Ma J, Azar KMJ, Bennett GG, Peterson ED, Zheng Y. 消費者使用行動健康預防汽車心血管疾病的前科學：美國心臟協會的科學聲明。 *循環。* 2015;132(12):1157-213. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000232>
20. 產業新聞。IMS 健康研究：患者採用移動醫療。健康 IT 答案。發表於 2015 年 10 月 6 日 [2024 年 1 月 04 日引用]。 Available from: <https://www.healthanswers.net/ims-health-study-patient-adoption-of-mhealth-2/>
21. Barton AJ. 行動健康應用程式的規範。 *BMC Med.* 2012;10(1). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-46>
22. Istepanian RSH, Pattichis CS, Laxminarayan S. Ubiquitous M-health systems and the convergence towards 4G mobile technologies. In: *M-Health.* Springer US; 2007:3-14.
23. Martínez-Pérez B, de la Torre-Díez I, López-Coronado M. 世界衛生組織針對最常見病症的 Mo-bile 健康應用程式：回顧與分析。 *J Med Internet Res.* 2013;15(6):e120. <https://doi.org/10.2196/jmir.2600>
24. 世界衛生組織。電子健康的全球擴散：實現全民健康涵蓋：第三次全球電子健康調查報告。世界衛生組織。
25. Khan K, Donthula S. Investigating motivational and usability issues of mHealth wellness apps for improved user experience. In: *智慧系統與運算的進展。* Springer Singapore; 2019:573-87.
26. Craven MP, Lang AR, Martin JL. 與研究人員共同開發行動健康應用程式：多利害關係人的設計考量。 In: *設計、使用者經驗與可用性。日常生活應用程式與服務的使用者經驗設計。* Springer International Publishing, 2014; 15-24.
27. Schnall R, Rojas M, Bakken S, Brown W, Carballo-Dieguez A, Carry M. A user-centered model for designing consumer mobile health (mHealth) applications (apps). *J Biomed Inform.* 2016;60:243–51. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.02.002>
28. Feroz I, Ahmad N, Iqbal MW. 行動健康應用程式的可用性評等表。 In: *2019 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET).* IEEE; 2019.
29. Ahmad N. *People centered HMI's for deaf and functionally illiterate users.* 博士論文，波茨坦大學。
30. Wildenbos GA, Peute LW, Jaspers MWM. 評估針對老年患者的移動健康工具可用性的框架。 *Stud Health Technol Inform.* 2015;210:783-7.
31. Gupta D, Ahlawat A, Sagar K. A critical analysis of a hierarchy based Usability Model. In: *2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I).* IEEE; 2014.
32. Amanda G, Layman CV. 檢視印尼人使用行動健康應用程式的意圖。 *Milestone J Strategic Manag.* 2022;2(2):103. <https://doi.org/10.19166/ms.v2i2.5924>
33. Heinz M, Martin P, Margrett JA, Yearn M, Franke W, Yang H-I. 老年人對科技的看法。 *J Gerontol Nurs.* 2013;39(1):42–51. <https://doi.org/10.3928/00989134-20121204-0>
34. Nielsen J. *可用性工程。摩根考夫曼； 1994 [於 2024 年 11 月 30 日引用]。* Available from: <https://www.amazon.com/dp/0125184069?tag=useitcomusable1n>
35. Pfeil U, Zaphiris P, Wilson S. Older adults' perceptions and experiences of online social support. *Interact Comput.* 2009;21(3):159–72. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2008.12.001>
36. Selwyn N, Gorard S, Furlong J, Madden L. Older adults' use of information and communications technology in everyday life. *Ageing Soc.* 2003;23(5):561-82. <https://doi.org/10.1017/s0144686x03001302>
37. Sixsmith A, Sixsmith J. Ageing in place in the United Kingdom. 2008; 32(3):219-35. <https://doi.org/10.1007/s12126-008-9019-y>
38. Feroz I, Good A, Omisade O. Identification of critical success factors in adopting of health IT services from older people's perspective. Paper presented at. In: *2023 第三屆人機互動國際會議記錄。* 2023.
39. Kaplan K. 可用性 101：可用性簡介。 Nielsen Norman Group. [cited 2024 Jan 03]. Available from: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>.
40. Shneiderman B. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction.* Addison-Wesley; 1992。
41. Preece J, Benyon D. *Open University, a guide to usability: human factors in computing.* Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc; 1993.
42. Preece J. Citizen Science: New research challenges for human-computer interaction. *Int J Hum Comput Interact.* 2016;32(8):585–612. <https://doi.org/10.1080/10447318.2016.1194153>
43. Tahir R, Arif F. Framework for evaluating the usability of mobile educational applications for children. *數位資訊與無線通訊學會。* 2014; p. 156-70.
44. Alzahrani A, Gay V, Alturki R. The evaluation of usability in mobile applications. In: *第 40 屆國際商業資訊管理協會 (IBIMA) 會議記錄。* 2022; p. 23-4.
45. Brown W 3rd, Yen PY, Rojas M, Schnall R. Assessment of the Health IT Usability Evaluation Model (Health-ITUEM) for evaluating mobile health (mHealth) technology. *J Biomed Inform.* 2013;46(6):1080–7. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2013.08.001>
46. Feroz I. 為老齡人口設計和評估行動健康應用程式開發可用性指導架構。 Doctoral dissertation, University of Portsmouth. 2023.
47. Georgsson M, Staggers N. Quantifying usability: an evaluation of a diabetes mHealth system on effectiveness, efficiency, and satisfaction metrics with associated user characteristics. *J Am Med Inform Assoc.* 2016;23(1):5-11. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv099>

48. Commission E. Green Paper on Mobile Health (m-Health).2014.
49. Informatics I. Patient Apps for improved healthcare: from novelty to mainstream. In: IMS 健康照護資訊學研究所報告。2013.
50. Streitenberger W. The new EU regional policy: fostering research and innovation in Europe. 歐洲的地域凝聚力。 Pécs: Pécs: Hungarian Academy of Sciences, 2013; p. 36-45.
51. Kay M, Santos J, Takane M. mHealth: 透過行動技術開創健康新視野。世界衛生組織. 2011;64(7):66-71.
52. Preece J, Rogers Y, Sharp H. Interaction design: beyond human-computer interaction. John Wiley & Sons; 2002.
53. Adibi S, ed. 行動醫療：技術路線圖。2015th ed..Springer International Publishing; 2015.
54. Condos C, James A, Every P, Simpson T. Ten usability principles for the development of effective WAP and m-commerce services. *Aslib Proc.* 2002;54(6):345-55. <https://doi.org/10.1108/00012530210452546>
55. Caldiera VRBG, Rombach HD. 目標問題度量方法。 In: *Encyclopedia of software engineering.* 1994; p. 528-32.
56. Hussain A, Kutar M. Usability metric framework for mobile phone application. In: *Proc. Postgraduate Symp.* 2009; p. 978-82.
57. Harrison R, Flood D, Duce D. 手機應用程式的可用性：新可用性模型的文獻回顧與原理。 *J Inter-act Sci.* 2013; 1(1):1. <https://doi.org/10.1186/2194-0827-1-1>
58. Bertini E, Catarci T, Dix A, Gabrielli S, Kimani S, Santucci G. Appropriating heuristic evaluation for mobile computing. *Int J Mob Hum Comput Interact.* 2009; 1(1):20-41. <https://doi.org/10.4018/jmhci.2009010102>
59. Kaufman D, Roberts WD, Merrill J, Lai TY, Bakken S. Applying an evaluation framework for health information system design, development, and implementation. *Nurs Res.* 2006;55(Supplement 1):S37-42. <https://doi.org/10.1097/00006199-200603001-00007>
60. van Gemert-Pijnen JEWC, Nijland N, van Limburg M, Ossebaard HC, M Kelders SM, Eysenbach G. A holistic framework to improve the uptake and impact of eHealth technologies. *J Med Internet Res.* 2011;13(4):e111. <https://doi.org/10.2196/jmir.1672>
61. Halim MJ. 電子健康可用性矩陣：開發面向患者的電子健康技術可用性評估框架。 屯特大學； 2019。
62. Yen PY, Wantland D, Bakken S. Development of a Customizable Health IT Usability Evaluation Scale. *AMIA Annu Symp Proc.* 2010;917-21.
63. Yen PY, Bakken S. Review of health information technology usability study methodologies. *J Am Med Inform Assoc.* 2012;19(3):413-22. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2010-000020>
64. Cho H, Yen PY, Dowding D, Merrill JA, Schnell R. A multi-level usability evaluation of mobile health applications: a case study. *J Biomed Inform.* 2018;86:79-89. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.08.012>
65. Wildenbos GA, Peute L, Jaspers M. Ageing barriers influencing mobile health usability for older adults: a literature based framework (MOLD-US). *Int J Med Inf.* 2018;114:66-75.
66. Hussain A, Ferneley E. 移動應用程式可用性度量：目標問題度量 (GQM) 方法。 In: Paper presented at the proceedings of the 10th international conference on 資訊整合與網路應用程式與服務。 2008.
67. Vollmer Dahlke D, Ory M. 移動健康應用程式對老年人的使用與潛力，概述。 *老年心理學百科全書.* 2015; p. 1-9.
68. Zhang J, Walji MF. TURF: toward a unified framework of EHR usability. *J Biomed Inform.* 2011;44(6):1056-67. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2011.08.005>
69. Kim S, Choudhury A. 老年人與年輕人對於採用和使用活動追蹤器的態度比較。 *JMIR MHealth UHealth.* <https://doi.org/10.2196/18312>
70. Ahmad NA, Mat Ludin AF, Shahar S, Mohd Noah SA, Mohd Tohit N. 《老年人採用行動應用程式進行健康相關介入的意願、認知障礙與動機：範圍評論方案》。 *BMJ Open.* 2020;10(3):e033870. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-033870>
71. Saparamadu AADNS, Fernando P, Zeng P, Teo H, Goh A, Lee JMY. 以使用者為中心的健康專業人員 mHealth 應用程式設計流程：個案研究。 *JMIR MHealth UHealth.* 2021;9(3):e18079. <https://doi.org/10.2196/18079>
72. Duque E, Fonseca G, Vieira H, Gontijo G, Ishitani L. A systematic literature review on user centered design and participatory design with older people. In: 第 18 屆巴西計算系統中人類因素研討會論文集。 ACM; 2019.
73. Helbostad JL, Vereijken B, Becker C, Todd C, Taraldsen K, Pijnappels M. Mobile health applications to promote active and healthy ageing. *Sensors (Basel).* 2017;17(3). <https://doi.org/10.3390/s17030622>
74. Suastika K, Dwipayana P, Siswadi M, Tutty RA. 年齡是 2 型糖尿病和心血管疾病的重要風險因素。 In: *Tech.* 2012.
75. Saleh AM, Ismail RB. 行動應用程式可用性評估架構：迷你系統文獻回顧。 *全球教育高峰會 GSE.* 2015.
76. Liew MS, Zhang J, See J, Ong YL. 健康與保健行動應用程式的可用性挑戰：行動醫療專家與消費者的混合方法研究。 *JMIR MHealth UHealth.* 2019;7(1):e12160. <https://doi.org/10.2196/12160>
77. Li C, Neugroschl J, Zhu CW, Aloysi A, Schimming CA, Cai D. 針對老年人的行動健康應用程式的設計考量。 *J Alzheimers Dis.* <https://doi.org/10.3233/JAD-200485>
78. Hussain A, Kutar M. 使用 mGQM 評估手機 SatNav 應用程式的可用性. *Int J Comp Inf Syst Ind Manag Appl.*
79. Ahmad N, Shoaib U, Prinetto P. Usability of online assistance from semiliterate users' perspective. *Int J Hum Comput Interact.* 2015;31(1):55-64. <https://doi.org/10.1080/10447318.2014.925772>

版權所有：這是一篇開放存取的文章，依據創用 CC BY-NC 4.0 授權條款發佈，該授權條款允許他人發佈、改編、增強本著作的非商業性，以及以不同條款授權其衍生著作，但必須適當引用原著作，且使用為非商業性。請參閱：<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>