



# 機廠界面管理之智慧化 — 以 AppSheet 整合 RAG 與 LLM 應用研究

陳懿佐／國立高雄科技大學營建工程系 副教授

鍾增煌\*／台灣世曦工程顧問股份有限公司高工處 計畫經理

本研究以維修機廠（Maintenance Depot）為例，建置一套基於雲端應用平台 AppSheet 的土建標／核心機電標的界面會議資料系統，以解決大型工程專案中跨界面協作與資訊整合困難的問題。系統透過會議資料模組進行界面協調事項的紀錄，並以檔案儲存模組管理資訊需求單（RFI，Request for Information）及相關文件，使會議紀錄與文件資訊資料得以有效串聯。相較於傳統關聯式資料庫系統，本架構具有建置與維護簡便的優勢，適合快速導入於專案監造或施工管理流程中。

為進一步推動知識管理及決策支援之智慧化，本研究將結構化資料庫輸出為 Key-Value JSON 格式，並整合至大型語言模型（LLM）之檢索增強生成（Retrieval-Augmented Generation, RAG）架構。透過此方法，不僅能進行會議歷程的知識彙整，亦可針對尚待解決之界面問題進行分類與追蹤，提供更精準的決策支援。研究成果顯示，此系統能有效提升專案界面管理效率，並展現低程式碼平台結合生成式人工智慧於營建工程資訊管理之應用潛力。

關鍵詞：界面管理、生成式人工智慧、檢索增強生成、雲端應用平台

## 前言

大型專案的界面協調會議紀錄承載了大量界面管理資訊，不僅可於執行階段提供即時決策支援，亦是後續設計、採購、施工規劃與監造等階段進行經驗回饋與知識傳承的重要依據。然而，傳統會議紀錄多以非結構化文本保存，未能系統性地轉化為決策支援資訊與可追溯之知識，致使其在治理與傳承上的潛力受限<sup>[1]</sup>。在大型專案中，特別是涵蓋土建標與核心機電標的跨界面協作情境，議題數量龐大、界面關係複雜且變動頻繁；若僅依人工彙整與個別工程師的經驗，往往難以有效連結會議紀錄與 RFI（Request for Information）之間的關係，亦不易形成可追溯之管理知識。

既有關於專案管理資訊系統（PMIS）與工程紀錄分析的研究<sup>[1,2]</sup>已凸顯資料驅動管理的重要性，然而在

實務操作上，標註、分類與知識抽取多仍仰賴人工完成。近年雖有會議管理與智慧排程工具問世，能一定程度提升資訊整合效率，但普遍缺乏將會議紀錄加以結構化的機制，因此難以為專案管理者提供具行動性且可追溯的洞見<sup>[3,4]</sup>。此外，在專案全生命週期（提出、處理過程、決議、結案）RFI 常分散於不同文件與版本之中，缺乏與會議議題、參考文件及附件之間的系統性連結，進一步造成治理知識不易累積與實質應用。

為回應上述缺口，本研究提出一個兼顧「輕量導入」與「知識化運用」的界面會議資料架構。首先，建置基於雲端應用平台 AppSheet 的界面會議資料系統，後端以存放於 Microsoft OneDrive 的 Excel 檔案作為輕量化關聯資料表，並設計會議議題、RFI、處理過程、附件與參考文件等模組；同時，以土建標的工作分解結構（WBS）及核心機電標系統別作為分類標籤，建立跨模組且可追溯的資料關聯性。接下來，透

\* 通訊作者，wisely.chung@gmail.com

過撰寫 Python 程式進行資料清理與彙整，將多資料表依其資料結構輸出為 Key-Value JSON 的結構化文本；再整合大型語言模型（LLM）的檢索增強生成（RAG）架構，以達成議題知識彙整、相似案例檢索、未決事項追蹤、合規對映與熱點分析等決策支援功能。

透過資料結構化與標籤化保存會議資訊，並結合 LLM + RAG 技術，將非結構化文本轉化為可追溯且可評量的管理知識。研究貢獻如下：

1. 開發一套以工作分解結構（WBS）為標籤的會議紀錄資料庫，將文本紀錄與核心機電系統別加以連結；
2. 設計一個 WBS-based RAG 決策支援機制，將會議紀錄轉化為高品質、可追溯之管理報告；
3. 透過大型工程專案的實務驗證，展示本架構在資訊轉譯效率、決策品質與治理知識累積上的提升，為營建管理的數位轉型提供兼具實務可行性與學術價值的解決方案。

## 研究方法

首先建置一個以 AppSheet 雲端應用平台 為基礎之界面會議資料系統，使用者可於開會過程中直接透過行

動裝置操作開會介面，完成議題新增與紀錄輸入。所有資料即時同步至 Microsoft OneDrive 儲存的雲端 Excel 資料表，作為後端的輕量化關聯資料庫。此設計可兼顧現場操作的便利性與資料集中管理的需求，避免傳統以 Word 或 Excel 個別檔案方式紀錄會議內容，造成版本分散與資訊追溯困難的問題，後再將資料轉換至 LLM + RAG 進行人工智慧之決策支援應用，系統流程如圖 1。

## 系統介面

本研究利用雲端應用平台 AppSheet 建構界面協調會議資料系統，其特色在於以雲端資料表為後端資料庫，並透過低程式碼工具快速生成互動式介面，供專案團隊於會議中即時檢索、更新與追蹤資訊。系統主要界面設計如下：

### 會議展示頁面（議題檢索與詳細內容）

如圖 2 所示，左側清單呈現所有會議議題（RFI），使用者可快速瀏覽並點選特定議題。右側畫面則顯示該議題的詳細資訊，包含中文與英文之問題描述、契約依據以及回覆內容。此設計使會議參與者能即時掌握每一項界面議題的背景脈絡與決策依據，減少因資訊分散所造成的溝通落差。



圖 1 系統流程圖

RFI Table			-01-0001	
RFI_NO	管制情形	WBS1_ID		
01-0001	CLOSE	0370		
01-0002	CLOSE	0326		
0524	CLOSE	0376		
0525	CLOSE	0326		
3526	CLOSE	0370		
0527	CLOSE	0370		
0528	CLOSE	0370		
0529	CLOSE	0370		
0530	CLOSE	0373		
0537	CLOSE	0373		
01-0003	CLOSE	里程碑		

Subject_E	Dimensions of RH Steel Beams for girder pit track support suggestion
Description_C	依 標契約圖說、 概念設計(詳參考資料)，機坑處軌道支撐型鋼尺寸為250x250，是否已符合 需求？
Description_E	According to the contract drawing and concept design (Refer to the Reference), the dimensions of RH Steel Beams for girder pit track support is 250x250. Does this meet the requirements?
Reply_C	依據合約第7.2冊第3條規定 「承商之設計應以左營機車廠已證實的軌道系統為基礎，並以第14冊圖說為細部設計基礎。所有材料、軌道及道岔組件應與現有系統相同，除非本文件另有說明。」以及第4條的要求「所有材料及軌道/道岔組件應與左營機車廠既有系統相同，或應在合同中另行說明。軌道工程所用材料，經過當保養後，應達到與現有系統相同之使用年限」。 依據 維修部門提供之信息，除 噴塗軌採用 250x250mm規格之H型鋼外，其餘檢修廠檢修軌道均採用300x300mm之H型鋼。

圖 2 會議展示頁面：界面議題清單與詳細內容呈現

會議展示頁面（辦理情形清單）

如圖 3 所示，系統可進一步展開並檢視與 RFI 相關的行動項目（Action Table），並依時間順序顯示各項辦理情形。包含「辦理日期」及「行動描述」等資訊，使決策單位能追蹤辦理進度、責任單位及結案情況。透過此模組，使用者能清楚掌握議題處理歷程，並在會議中確認是否需進一步追蹤或支援。

會議展示頁面（文件超連結）

如圖 4 所示，系統將 RFI 相關之附件（Attachment Table）與引用文件（Ref\_DOC Table）透過超連結方式整合於畫面中。使用者可直接點擊連結，開啟原始檔案或版本紀錄，如初始 RFI 文件、回覆信函、設計圖說或契約條文等。此設計確保資訊的一致性與即時性，避免傳統需人工比對與查找的困擾，亦能提高審查及決策效率。

系統透過 AppSheet 的即時展示與互動特性，將議題資訊、處理歷程與文件資料有效串聯，使界面協調會議得以兼顧透明性、可追溯性與高效率，進一步支持專案管理與決策需求。

資料庫架構

為了有效支援工程界面管理過程中的資訊追蹤與決策支援，本研究設計一個關聯式資料庫架構（詳圖 5）。該架構以 RFI（Request for Information）資料表為核心，並透過多個關聯式資料表記錄相關的行動項目、附件、引用文件、狀態、參與單位、核心機電系統別以及工作分解結構（WBS）。此設計能夠確保專案中各項紀錄具備完整性、可追溯性與結構化特徵，進而提升後續檢索增強生成（RAG）的應用價值。資料欄位說明如表 1。

The screenshot displays the 'Interfaces' application interface. On the left, a table titled 'RFI Table' lists various RFI items with columns for 'RFI\_NO' and 'Status'. The main panel shows details for RFI '-01-0001', including its 'R\_Date' (2025/2/7) and a list of 'Related Action\_Tables'. These actions are listed with 'Action\_Date' and 'Action\_Description', showing a timeline of events from January to March 2025. At the bottom, there is a section for 'Related Status\_Tables'.

圖 3 會議展示頁面：界面議題之辦理情形清單

This screenshot shows the same 'Interfaces' application but with a different RFI selected, '-01-0001'. The 'Related Attachment\_Tables' section is now visible, listing various file types such as 'RFL\_Initial', 'RFL\_Reply\_Letter(1)', and 'RFL\_Reply(1)'. A red box highlights the 'RFL\_Initial' entry, and a red label '文件超連結' (File Hyperlink) points to it, indicating that clicking this link will lead to the original document. The 'Status' at the bottom is also shown as 'CLOSE'.

圖 4 會議展示頁面：界面議題之附件文件超連結

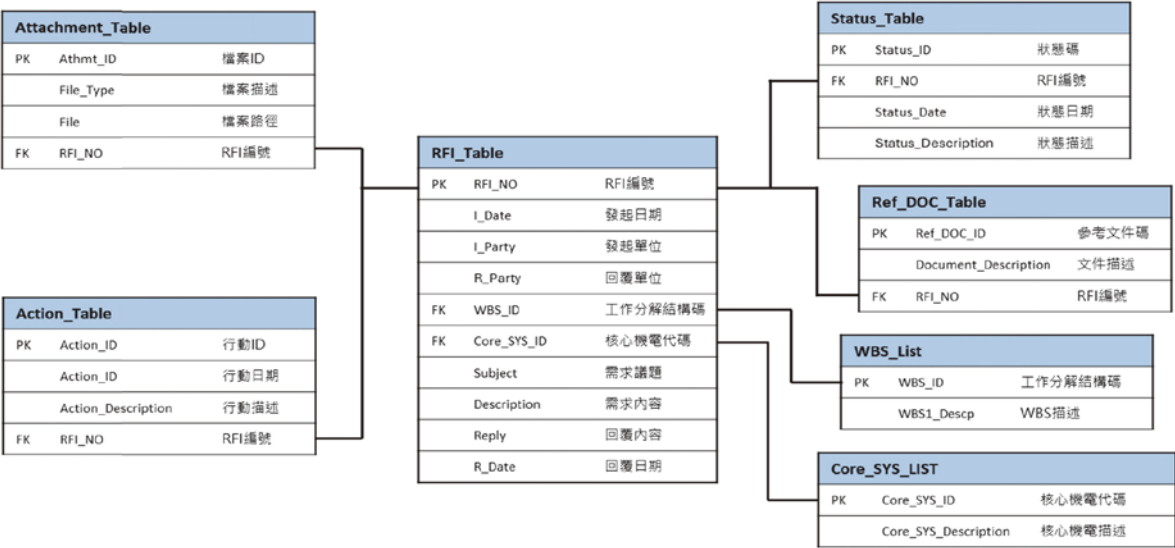


圖 5 資料架構圖

表 1 資料庫欄位說明

資料表名稱	簡要說明	欄位說明
RFI_Table	儲存 RFI 主檔資訊，包含提出單位、受理單位、狀態及關聯系統	- RFI_ID (PK) - Title - Initiator_Party_ID (FK → Party_List.Party_ID) - Receiver_Party_ID (FK → Party_List.Party_ID) - Core_SYS_ID (FK → Core_SYS_LIST.Core_SYS_ID) - WBS_ID (FK → WBS_List.WBS_ID) - Status_ID (FK → Status_Table.Status_ID) - Created_Date - Closed_Date - Summary
Action_Table	紀錄 RFI 對應的行動項目與責任單位	- Action_ID (PK) - RFI_ID (FK → RFI_Table.RFI_ID) - Owner_Party_ID (FK → Party_List.Party_ID) - Due_Date - Status_ID (FK → Status_Table.Status_ID) - Completed_Date - Note
Attachment_Table	儲存 RFI 相關之附件檔案與版本資訊	- Attachment_ID (PK) - RFI_ID (FK → RFI_Table.RFI_ID) - Ref_DOC_ID (FK → Ref_DOC_Table.Ref_DOC_ID) - File_Name - File_Type - File_URL - Version - Uploaded_Date
Ref_DOC_Table	紀錄引用之設計文件或規範條文	- Ref_DOC_ID (PK) - Doc_Type - Clause_No - Version - File_URL
Status_Table	紀錄 RFI 或 Action 狀態	- Status_ID (PK) - Status_Description
Party_List	紀錄專案參與單位與角色	- Party_ID (PK) - Party_Name - Role
Core_SYS_LIST	紀錄核心機電或土建系統別分類	- Core_SYS_ID (PK) - Core_SYS_Name
WBS_List	紀錄工作分解結構	- WBS_ID (PK) - WBS_Name



資料清洗說明

在完成資料蒐集與雲端集中管理後，本研究設計一套 Python 程式流程，用以自動化轉換及結構化會議紀錄資料。此流程會從 Excel 資料表中讀取多個工作表，並依據核心系統（Core）、WBS、RFI 請求項目及其追蹤行動（Action）的層級邏輯，建立一個五層階層式的結構化 JSON 檔案。

在處理過程中，系統會自動偵測不同專案可能存在的欄位名稱差異（如 RFI 主鍵可能標記為 RFI\_NO、RFI\_ID 或 RFI\_Key），並具備容錯機制以確保跨專案資料的一致性。此外，針對 RFI 與狀態紀錄（Status）之間的一對多關係，程式會僅保留「每個 RFI 最新的一筆狀態說明」，確保資料能反映即時進度。若狀態描述未直接存在於狀態表中，則會再透過輔助對照表補齊，避免遺漏資訊。

最後，該流程會整合相關回覆與後續行動紀錄（Action），並依據 Core → 1<sup>st</sup> WBS → 2<sup>nd</sup> WBS → RFI → Action 的階層結構輸出成 JSON 檔案。此結構化結果不僅提升資料的檢索性與可追溯性，亦為後續大型語言模型（LLM）及檢索增強生成（RAG）提供高品質的輸入資料。

從結構化 JSON 到 LLM + RAG 的決策支援流程

本研究在完成會議資料之結構化與標籤化後，將輸出的 JSON 檔案作為大型語言模型（LLM）與檢索增強生成（RAG）架構的核心資料來源。JSON 中包含核心系統別（Core System）、工作分解結構（WBS）、RFI 主要資訊、最新狀態以及行動項目等多層級資訊，透過這樣的結構可確保資料之間具備明確的層次與關聯性，完

成的 JSON 檔嵌入 RAG 系統操作介面詳圖 6。

進入 RAG 流程後，系統會依據使用需求（例如：查詢歷程、待辦追蹤、摘要彙整重點或結案界面報告）檢索出最相關的 RFI 內容與附件，並由生成式人工智慧進一步整合，形成具條理且可追溯的報告。這些報告能以摘要、清單、表格或圖表的形式呈現，使管理者快速掌握關鍵議題與決策依據，系統生成內容詳圖 7。

此外，本架構在報告中保留資料來源索引（例如 RFI 編號、相關附件與引用條文），確保分析結果具備可驗證性與透明度。此流程不僅提升了資訊彙整與決策支援的效率，也避免了過度依賴人工經驗的問題，為大型專案的界面管理提供一種結構化、知識化與智慧化的解決方案。

成果說明

透過前述的資料庫架構與 JSON 結構化處理，系統能將會議紀錄、RFI 主檔、行動項目、狀態紀錄與附件文件進行有效整合，並在 LLM 的輔助下生成具條理性與可追溯性的決策支援資訊。（僅部分摘要，機敏內容以“\*”呈現）

從界面會議結案之內容依土建結構列出對設計之反饋

WBS: 0370 \*\*\*

• OCS

1. RFI: \*\*\*-00527

摘要：\*\*\* 請求提供 \*\*\* 施工圖，以確保界面需求納入土建設計。已確認核心機電標於 2024/5 取得之圖面為最新圖面，未辦理進版。

反饋：設計圖面需保持更新，並應明確標示界面需求，以確保施工過程中的準確性和一致性。



圖 6 RAG 系統嵌入 JSON 檔案

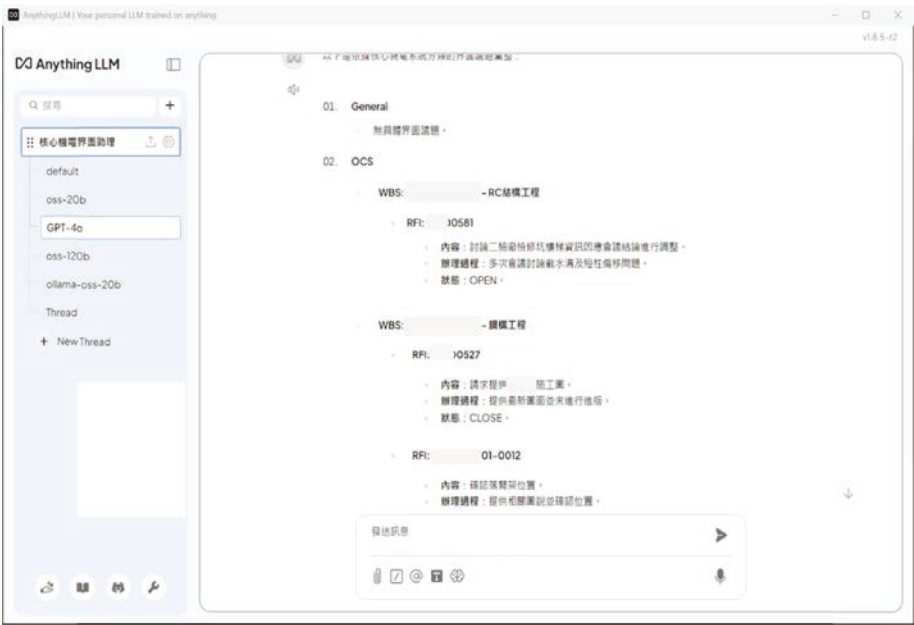


圖 7 RAG 系統生成內容

2. RFI: \*\*\*-01-0012

摘要：關於落臂架位置的確認。提供了相關圖說以確認安裝位置，並補充了支撐主吊線及接觸線的拉索支撐點的距離修正資訊。

反饋：在界面位置確認時，提供詳細且準確的圖說非常重要，以支持安裝準確性，並減少施工過程中的不確定性。

3. RFI: \*\*\*-01-0013

摘要：FIXING BRACKET 位置確認。提供圖說以確認 B 及 C Line 處的 FIXING BRACKET 是否位於柱中心，並提供其他兩處明確安裝位置。

反饋：施工圖說應提供具體的安裝定位資訊，以確保施工準確性和符合設計要求。

• Signal

1. RFI: \*\*\*-00526

摘要：號誌設備與土木工程界面問題。主要涉及 \*\*\* 區域內號誌設備及土建單位之間的界面需求，包含嵌入式電纜槽、停車標誌板、轉發器與道旁號誌基礎等介面需求。

反饋：界面需求應明確標示於設計圖說中，並應提前與土建及使用單位進行協調，以避免施工時的衝突和設計更改。

2. RFI: \*\*\*-01-0008

摘要：應答器設備需求。經界面會議討論，確認道碴軌道不需要土建標預留結構，並考量基地使用單位不希望在通道內設置應答器

的需求。

反饋：設備需求應提前與使用單位確認，確保符合使用者需求，避免不必要的設計更改和施工調整。

依核心機電系統分類彙整尚未結案的 RFI，及摘要說明辦理情形

OCS

• RFI: \*\*\*-00581

1. WBS: 0370 \*\*\*- RC 結構工程

摘要：\*\*\* 要求調整 \*\*\* 檢修坑樓梯以供纜線槽安裝，涉及短柱位置調整及截水溝取消等問題。

辦理情形：已進行多次會議討論短柱偏移及截水溝問題，土建標仍在檢討中，並擬調整設計以預留空間。

• RFI: \*\*\*-00582

1. WBS: 0370 \*\*\*- OCS 連鎖安全門禁設備

摘要：確認 \*\*\* 樓梯及安全門數量，以確保安全門數量不影響 DSSLS 的界面數量。

辦理情形：土建標確認每個檢修平台僅有兩樘安全門，已提供相關設計圖說。

Signal

• RFI: NIS- \*\*\*-01-0016

1. WBS: 0326 軌道區工程 - OCS 基礎

摘要：因應新增 GW19，要求核心機電標提供其基礎型式及基礎類別。

辦理情形：尚待核心機電標提供相關資訊。

## 現在是 2025 年 9 月 13 日，依核心機電系統分類列出超過 2 個月未結案的 RFI

### OCS

- RFI: \*\*\*-00581

#### 1. WBS: 0370 \*\*\*- RC 結構工程

摘要：涉及 \*\*\* 檢修坑樓梯及纜線槽安裝的調整需求，自 2025 年 6 月 20 日發起，已超過 2 個月未結案。

### TRACK

- RFI: \*\*\*-00571

#### 1. WBS: 0370 \*\*\*- RC 結構工程

摘要：關於軌道線型與土建圖說間的設計界面，自 2025 年 5 月 16 日發起，已超過 2 個月未結案。

- RFI: \*\*\*-00572

#### 1. WBS: 0370 \*\*\*- RC 結構工程

摘要：要求調整 \*\*\* 軌道終端土建結構，自 2025 年 6 月 9 日發起，已超過 2 個月未結案。

- RFI: \*\*\*-00574

#### 1. WBS: 0370 \*\*\*- RC 結構工程

摘要：要求澄清土建結構與軌道線形的橫向偏移，自 2025 年 6 月 10 日發起，已超過 2 個月未結案。

## 結論與建議

### 結論

本研究針對大型工程專案中土建標與核心機電標的界面協調問題，建置一套結合 AppSheet 雲端應用平台與檢索增強生成（RAG）架構之決策支援系統。透過 AppSheet 為基礎的資料庫設計，將會議紀錄、RFI 文件、行動項目、狀態更新及附件檔案進行結構化整合，並藉由 Python 程式轉換為 Key-Value JSON，再導入大型語言模型（LLM）進行檢索增強生成（RAG），實現跨模組、可追溯的資訊運用。

研究成果顯示，本系統能有效將非結構化文本轉化為具結構化的管理知識，並生成包括 RFI 歷程追蹤、待辦追蹤、設計回饋與 RFI 摘要等多元化決策支援報告。此方法不僅提升了資訊使用效率，亦降低了管理決策對個人經驗的依賴，為專案治理與知識傳承提供具體助益。同時，透過 RAG 架構的應用，有效降低了大型語言模型產生「幻覺」（hallucination）的風險，確保生成內容的準確性與可追溯性。

### 建議

根據研究成果與實務應用觀察，提出以下後續研究與改進方向：

#### 1. 多元資料來源的擴充

未來可將系統延伸整合專案時程表、施工會議紀錄與契約文本，使決策支援資訊涵蓋更多維度，進一步提升跨界面管理的全面性與深度。

#### 2. 運算架構的在地化

本研究透過本地端電腦建置 RAG 架構，並以 OpenAI API 進行大型語言模型調用，已能避免完整資料上傳雲端的疑慮。未來可進一步嘗試導入開源大型語言模型，於本地端實現全封閉的運算環境，以確保資訊安全與合規性。

#### 3. 跨專案整合

當系統應用於多個專案時，可累積不同專案的界面管理紀錄，形成跨專案的資料庫，進而萃取出更完整且具策略性的界面管理模式。

#### 4. 專用大型語言模型的微調

隨著資料量逐步累積，可嘗試針對界面管理領域進行大型語言模型微調，發展出具備專業工程管理知識的專用模型，以提供更精準的回應與決策支援。

#### 5. 持續驗證與應用推廣

本研究已成功展示依據實際資料生成決策支援資訊的可行性。未來若能透過更多專案案例進行驗證，將可進一步推廣至產業應用，並作為數位轉型的重要基礎工具。

### 參考文獻

1. Aljassmi, H. and Han, S. (2013). Analysis of causes of construction defects using fault trees and risk importance measures. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(7), 870–880. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000653](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000653) United Arab Emirates University.
2. Le, C., Jeong, H.D., Le, T., and Kang, Y. (2020). Evaluating contractors' production performance in highway projects using historical daily work report data. *Journal of Management in Engineering*, 36(3), 04020007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000764](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000764)
3. Waszkiewicz, M. and Gumienny, G. (2021). Benefits of using IT systems in multi-sector projects: a case study of the Polish construction industry. *Procedia Computer Science*, 192, 4269–4278. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.359>.
4. M.E. Khatib, M. AlQurashi, S. AlHashemi, M. AlKetbi and S. AlHarmoodi, "Digital Platforms' Influence on Project Management," 2023 International Conference on Business Analytics for Technology and Security (ICBATS), Dubai, United Arab Emirates, 2023, pp. 1-7, <https://doi.org/10.1109/ICBATS57792.2023.10111200>. 