



28th SCEM

Symposium on Construction Engineering and Management / International Conference



June 27, 2024

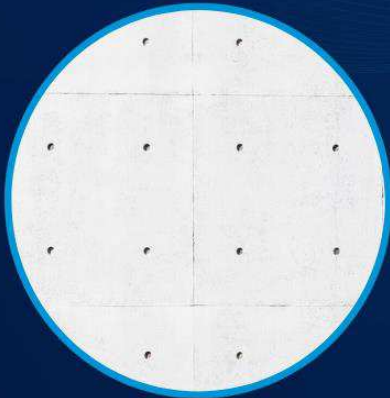
● —————
大會手冊
暨論文摘要集
Conference Manual





漢源實業股份有限公司

專注在系統模板的專家
十多年工程經驗，絕對經得起市場考驗



平整表面



品質優良



專業團隊



積木式組裝



豐富經驗

榮獲金峰獎 十大傑出企業及十大傑出創新研發

榮獲台灣建築中心認證「優良新工法」

台中市北屯區崇德路二段250號9樓
www.eante.com.tw

TEL: 04-22490531
FAX: 04-22490539

義力營造股份有限公司

優良廠商／優良營造業
金安獎、金質獎 雙獎特優

義呈實諾 力呈卓越

創立於民國八十三年・甲等綜合營造業

深耕台灣，致力鑽研土木、環境、建築、區段徵收、開發工程，秉持追求全員工安、品質提升的精神，在誠信踏實的經營態度之下，堅守營建道德崗位，各項工程實績屢獲優良工程金安獎、公共工程金質獎

土木工程

整地・道路・排水橋梁・隧道
護坡・植生景觀・管線工程

建築工程

辦公大樓・廠辦新建
特殊建築・集合住宅

環境工程

掩埋廢棄物分類清除・土壤污染改良
污水處理・復育工程・廢棄物分類機械製造

區段徵收

區段徵收工程
土地重劃・公設工程施工

開發工程

工業園區開發
社區開發・租售管理



卓越 || 誠信 || 安全 || 技術 || 品質

義力營造股份有限公司



義呈實諾 力呈卓越

土木工程

整地・道路・排水橋梁・隧道
護坡・植生景觀・管線工程

建築工程

辦公大樓・廠辦新建
特殊建築・集合住宅

環境工程

掩埋廢棄物分類清除・土壤污染改良
污水處理・復育工程・廢棄物分類機械製造

區段徵收

區段徵收工程
土地重劃・公設工程施工

開發工程

工業園區開發
社區開發・租售管理



大雅系統交流道|國道1號增設南下出口及北上入口匝道



中沙大橋|全國最大跨河橋梁圍堤改水換底補強

優良廠商

優良營造業

金安/金質獎

雙獎特優

卓越

誠信

安全

技術

品質

TEL:(04)2435-0568

FAX:(04)2435-0569

公司地址：

臺中市北屯區軍福11路553號1樓

郵箱：earth.powerld@msa.hinet.net

網址：www.earthpower.com.tw

同仁子女
港洲與您共同栽培

join us !!



→ 生育津貼:每一胎\$20,000元

→ 0~3歲:每月補助\$5,000元
享領36個月共\$180,000元

→ 幼稚園 — 至大學補助\$560,000元
至博士補助\$860,000元

總補助金額
出生到博士
共**106萬**

其他福利

- ✓ 生日禮金、年節及年終獎金
- ✓ 員工推薦獎金
- ✓ 年度優良員工及年度最佳新人獎金
- ✓ 工程階段及完工獎金
- ✓ 員工及直系眷屬結婚禮金
- ✓ 喪、傷、病住院之慰問金
- ✓ 健康檢查、員工旅遊、教育訓練、員工餐敘

- 67年 公司創立,原名中港營造。
- 71年 因應業務擴充,更名為港洲營造有限公司。
- 78年 港洲營造升級為甲等營造。
- 90年 承攬統包工程,開啟由設計至施工之全方位服務。
- 98年 成立財團法人港洲教育基金會,回饋社會。
- 100年 榮獲「世界不動產聯合協會」之全球卓越建設獎
榮獲內政部營建署優良營造殊榮。

截止至110年 共獲得
金質獎 **4** 座、金安獎 **1** 座



麗明營造股份有限公司
40758 台中市西屯區府會園道169號4樓
www.best-giving.com

☎ 電話 04-22559888
☎ 傳真 04-22556299

公司簡介

— Company Profile

明營造為國內大型綜合營造廠之一，2023年天下雜誌2000大服務業調查工程承攬類排名第8名，年營業收入新台幣202億元。知名個案如臺中國家歌劇院、國立故宮博物院南部院區、高雄展覽館、巨大集團全球營運總部、屏東榮民總醫院等承攬個案皆取得相當優異之表現，深得業主之信賴與肯定。

福利制度

—welfare system

- 勞健保/團體保險（定期壽險及意外險）/6%勞退
- 年終獎金及結案獎金、紅利獎金
- 三節禮券、生日禮券、免費電影票
- 國外旅遊補助、國內旅遊、尾牙
- 年度免費健康檢查
- 內部教育訓練、外訓費用補助
- 子女獎學金
- 子女生育補助
- 證照津貼



佐登妮絲城堡



台中國家歌劇院

加入我們



第 28 屆營建工程與管理學術研討會暨國際會議
The 28th Symposium on Construction Engineering and
Management / International Conference

會議手冊
Conference Program
2024.06.27

主辦單位
國立雲林科技大學營建工程系
國立雲林科技大學營建工程系友會
台灣營建管理學會

序

第 28 屆「營建工程與管理學術研討會暨國際會議」由國科會工程處土木水利學門指導，國立雲林科技大學營建工程系、國立雲林科技大學營建工程系友會及台灣營建管理學會共同主辦，勞動部勞動及職業安全衛生研究所、義力營造、慶耀工程、中國土木水利工程學會共同協辦。本研討會旨在透過營建工程與管理研究成果之發表，提升學術研究水準並促進學術與實務之知識經驗交流。

研討會涵蓋 11 大主題，包括人工智慧與大數據應用、永續營建與智慧城市、設計與施工管理、營建材料與品質管制、工程法律與爭議處理、營建資訊科技、BIM 建築資訊模型、工程進度與成本管理、防災與風險管理、工程採購與民間參與及其他營建工程與管理相關課題。本屆研討會論文收稿近 200 篇(中文論文 147 篇、英文論文 46 篇，中英文論文比例為 76%：24%)，論文收稿篇數、中文論文及英文論文篇數均屬歷年之最，充分展現了本領域的學術與實務發展熱度。本研討會實際收錄的 138 篇論文(通過率約為 73%)透過 20 個場次進行口頭發表，另有 33 篇論文採用海報方式展現。獲大會特優論文與優選獎者，將受邀投稿中國土木水利學刊的營管研討會特刊。此外，研討會特別邀請國立台灣科技大學營建工程系暨國科會土木水利工程學門召集人周瑞生講座教授以及義力營造黃東光經理進行學術與實務專題演講，分享土木水利學門營建管理未來發展方向與營建產業安全管理之實務經驗。

「營建工程與管理學術研討會暨國際會議」自 1997 年開辦至今已邁入第 28 週年，本屆研討會能順利舉行，首先感謝政府部門機構及眾多業界工程顧問公司、綜合營造業及專業營造業之經費補助與慷慨贊助，也感謝各大學校院相關系所教授們協助主持會議審稿論文。最後，誠摯感謝所有師生與產官界先進的踴躍且熱情之參與。你們的全力支持使得營建工程與管理領域的優秀研究創意與成果，得以透過本研討會相互交流、散播流傳，進而提升我國營建工程與管理之學術與實務水準。

主任委員 陳維東 教授
副主任委員 黃盈樺 教授
潘乃欣 教授
劉述舜 教授
蔡宗潔 副教授

共同敬上

Foreword

The 28th "Symposium on Construction Engineering and Management and International Conference (2024 SCEM)" is advised by the NSTC's Civil & Hydraulic Program, jointly organized by the Department of Civil & Construction Engineering at National Yunlin University of Science and Technology, the Alumni Association of the Department of Civil & Construction Engineering at National Yunlin University of Science and Technology, and the Taiwan Construction Management Association. It is co-organized by the *Institute for Labor, Occupational Safety & Health, Ministry of Labor, Earth Power Construction, Glory Scafform Engineering, and Chinese Institute of Civil & Hydraulic Engineering*. The conference aims to enhance the academic research standards and promote industry-academia cooperation and exchange through the presentation and communication of research findings in construction engineering and management.

This conference covers 11 major themes, including Artificial intelligence and big data, Sustainable construction and smart cities, Plan, design, and construction management, Construction materials and quality control, Construction laws and dispute resolution, Information technology in construction, BIM (Building Information Modeling), Project schedule and cost management, Disaster prevention and risk management, Construction procurement and public private partnerships, other topics related to construction engineering and management. The number of paper submissions and the number of English papers were the highest ever, with nearly 200 paper submissions (147 Chinese papers and 46 English papers, with a ratio of 76%:24%). A total of 138 papers (with an acceptance rate of 72%) were presented orally in 20 sessions, and another 33 papers were presented by posters. In addition, the outstanding and the excellent papers will be invited to the special issue of the China Journal of Civil Engineering and Hydraulics. The seminar invited Dr. Jui-Sheng Rayson Chou, Chair Professor of the Civil & Construction Engineering Department at National Taiwan University of Science & Technology / Convener of the NSTC's Civil & Hydraulic Program, and Mr. Tung-Kuang Huang, Manager of Earth Power Construction. They delivery lectures on the future direction of the development of the construction management of the NSTC's Civil and Hydraulic Engineering Program, as well as the experience of the safety management of the construction industry, respectively.

The SCEM is celebrating its 28th anniversary. We thank the government, professional engineering consulting firms, the comprehensive construction enterprises and the specialized construction enterprises for their support and the professors who reviewed the papers and hosted the conference. Finally, we thank all the professors, students, and professionals in the industry and government for their contributions to the conference. Thanks to you, we can share and spread the best research ideas and results in construction engineering and management. This helps improve the academic and practical levels of construction engineering and management in Taiwan.

Regards,

Conference Chair, Prof. Wei-Tong Chen

Conference Co-Chair, Prof. Ying-Hua Huang

Prof. Nai-Hsin Pan

Prof. Shu-Shun Liu

Prof. Tsung-Chieh Tsai

目錄 Contents

序 Foreword.....	i
目錄 Contents	iii
• SEC 00 About Conference.....	1
與會須知 Important Notices	1
會場各樓層配置 Venue Plan.....	4
• SEC 01 Conference Program	6
大會議程 Agenda.....	8
• SEC 02 Keynotes	12
特邀演講來賓 Keynote Speakers	14
• SEC 03 Conference Paper Abstracts.....	18
Session A1	20
Session B1.....	30
Session C1.....	40
Session D1	50
Session E1	59
Track 2 Papers (11:30—12:30)	69
Session A2	69
Session B2.....	75
Session C2.....	81
Session D2	87
Session E2.....	92
Track 3 Papers (13:30-14:55).....	98
Session A3	98
Session B3.....	106
Session C3.....	114
Session D3	122

Session E3	129
Track 4 Papers (15:10—16:35)	137
Session A4	137
Session B4.....	145
Session C4.....	153
Session D4	161
Session E4.....	168
Poster Papers.....	176
• SEC 04 Organizers and Sponsors	205
籌備委員會 Organizing Committee	207
指導單位 Adviser.....	208
主辦單位 Organizers.....	210
協辦單位 Co-organizers.....	212
贊助廠商 Sponsors.....	214
學術委員 Conference Committee.....	218
研討會工作人員 Student Members of Organizing Committee	221



00

About Conference

2024 SCEM



28

27



國立陽明交通大學



國立中央大學
National Central University

26

25



臺灣大學
National Taiwan University



23

24



國立臺灣科技大學
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



國立臺北科技大學
TAIPEI TECH National Taipei University of Technology

22

21



YunTech
國立雲林科技大學
National Yunlin University of Science & Technology



19

20



國立成功大學
National Cheng Kung University



國立宜蘭大學
National Ilan University

18

17



國立臺灣科技大學
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

15

16



臺灣大學
National Taiwan University

14

13



11

12



國立中央大學
National Central University

10

9



TAIPEI 國立臺北科技大學
TAIPEI TECH National Taipei University of Technology



7

8



臺灣大學
National Taiwan University



國立成功大學
National Cheng Kung University

6

5



YunTech
國立雲林科技大學
National Yunlin University of Science & Technology



國立交通大學
National Ocean University

3

4



國立中央大學



國立中央大學
National Central University

2

1



臺灣大學
National Taiwan University

與會須知

大會事宜

1. 請各與會者踴躍參與開閉幕典禮、各場次會議及瀏覽海報發表區。
2. 大會設有服務台於國際會議廳一樓門口處，各與會者若有任何問題可至服務台詢問工作人員。
3. 發表之得獎論文將由中國土水學會遴選後，受邀投稿至中國土水營管特刊。
4. 與會者名牌背面皆附有數個 QR 碼，包含議程、意見回饋及路線指引等資訊，供有需要之與會者方便查詢。

各場次發表注意事項

1. 各場次會議室內均安排一位大會工作人員，若會議有任何問題，可直接詢問工作人員。
2. 每篇論文發表時間為 8 分鐘，問答環節(Q&A) 2 分鐘，各場次工作人員將會提醒發表者與主持人剩餘時間。
(發表時 6 分鐘響短鈴提醒並舉牌告示，發表 8 分鐘分鐘長鈴並舉牌告示結束論文發表，10 分鐘響長鈴並舉牌告示結束問答)。
3. 每位發表人報告以 8 分鐘為限。如必要時，經主持人同意，可酌予延長報告時間或調整報告順序。
4. 每場發表結束後可開放提問 2 分鐘，或依主持人指示，待該場次所表結束後才進行評論及現場提問。
5. 如為每場開放現場提問 2 分鐘，請主持人負責掌控現場提問之流程。
6. 提問時，發言者請先告知姓名與學校/服務單位，每場發表以每人 1 次為原則。
7. 每間會議室均提供一台電腦於講桌上，發表人於發表時統一使用大會提供之電腦進行簡報。
8. 發表人及主持人請遵守議程上之發表開始時間，請勿遲到。
9. 發表人請遵守規定之發表時間，並請主持人注意控制時間。
10. 會議期間請全程參與避免中途離席，且關閉電子通訊器材或調為靜音及震動。
11. 為尊重智慧財產權，研討會全程禁止錄音、拍照、錄影、直播等。
12. 每場會議結束前，請發表人及主持人一同合照留念。

Conference Notices

Conference Matters:

1. We encourage all participants to actively engage in the opening and closing ceremonies, as well as the various conference sessions.
2. An Information desk will be available at the entrances of the International Conference Hall. If you have any questions or concerns, please feel free to approach the staff at the service counters.
3. The winning papers will be invited to be submitted to the Special Issue on Soil and Water Management published by Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering.
4. The back of the attendees' name tags will feature several QR codes that provide access to relevant information such as the agenda, map directions, and feedback forms. These QR codes are provided to facilitate easy access to information for attendees who may need it.

Guidelines of Presentations in Each Session

1. Each conference room will have a conference staff member assigned. If you have any questions or issues during the session, you can directly approach the staff member for assistance.
2. The allocated time for each paper presentation is 8 minutes, followed by a 2-minute Q&A session. The session staff will remind presenters and session chairs of the remaining time (a short bell will ring and a sign will be displayed at 6 minutes to indicate the remaining time for the presentation, a long bell will ring and a sign will be displayed at 8 minutes to indicate the end of the presentation, and a long bell will ring and a sign will be displayed at 10 minutes to indicate the end of the Q&A session).
3. Each presenter is limited to 8 minutes. If necessary, with the approval of the session chair, the presentation time may be extended, or the presentation order may be adjusted.
4. After each presentation, there will be a 2-minute Q&A session, or as directed by the session chair, comments and questions will be addressed after all presentations in the session.
5. After each presentation, there is a 2-minute question period, during which the session chair is responsible for managing the flow of live questions.
6. When asking a question, please first state your name and your institution/organization. Each person is limited to one question per

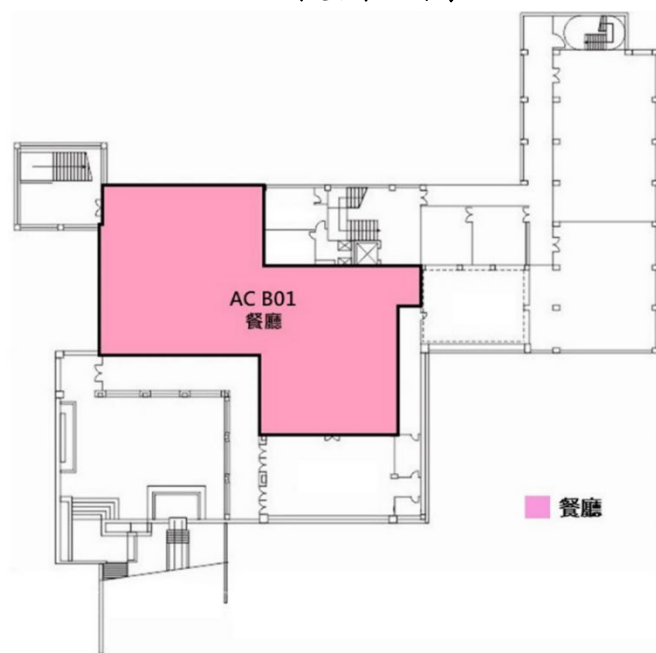
presentation.

7. A computer will be provided in each session room. Presenters are requested to use the computer provided by the conference for their presentations.
8. Presenters and session chairs are kindly requested to adhere to the scheduled presentation start time and avoid any delays.
9. Presenters are requested to adhere to the allocated presentation time, and session chairs are advised to control the timing.
10. Please participate in the conference for the entire duration and avoid leaving in the middle of sessions. Additionally, please switch off or set electronic communication devices to silent mode.
11. In order to respect intellectual property rights, recording, photography, video recording, live streaming, and similar activities are strictly prohibited throughout the conference.
12. Before the conclusion of each session, please take a group photo with the presenters and session chair for a memento.

會場各樓層配置 Venue Plan

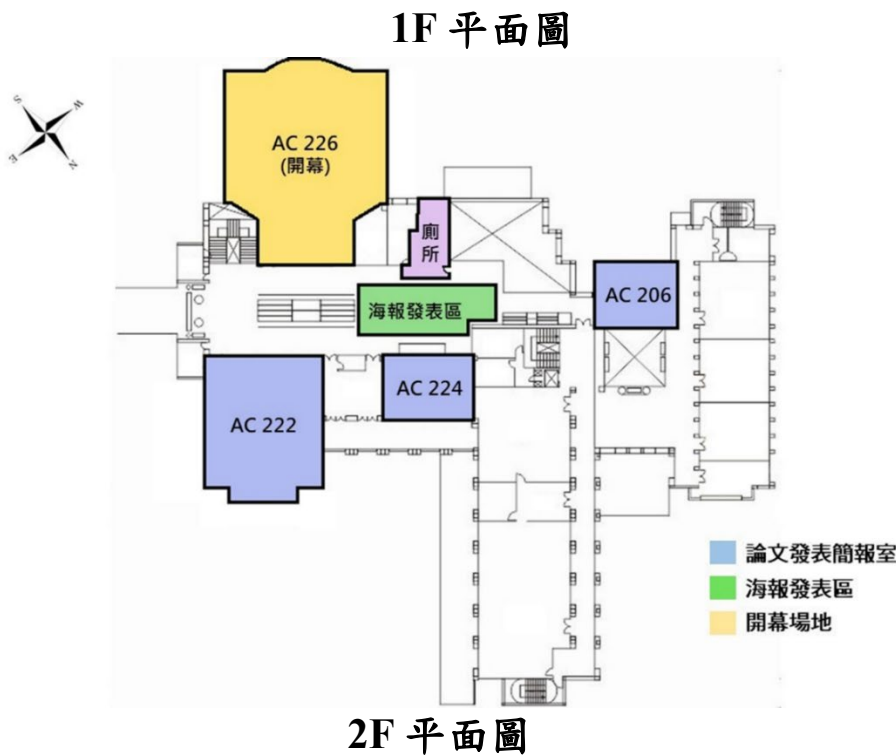
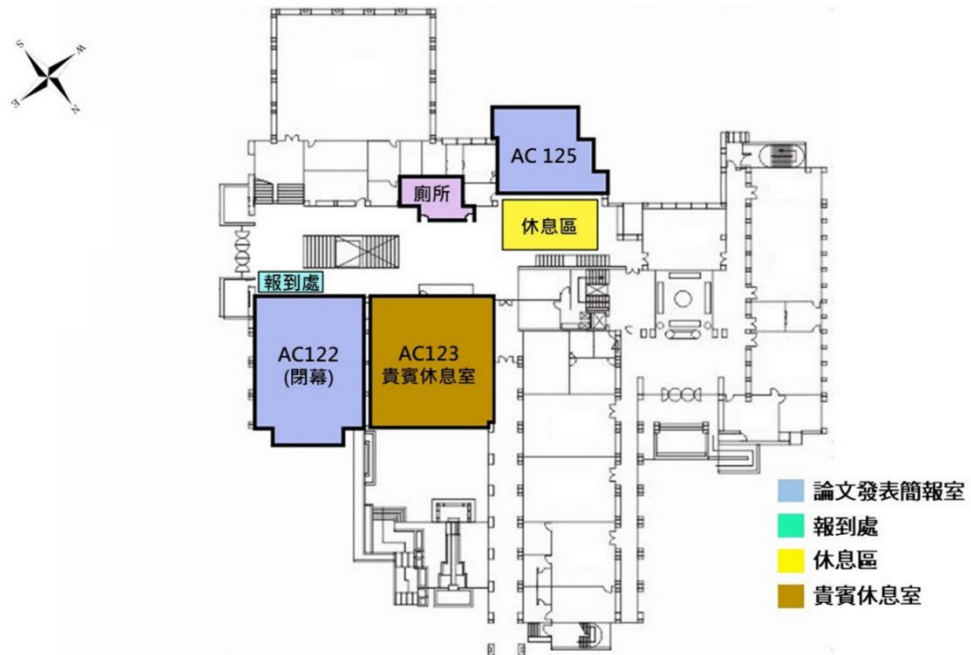


校園地圖



B1F 平面圖

會場各樓層配置 Venue Plan





01

Conference Program

2024 SCEM

大會議程

時間：2024/06/27(四)

地點：國立雲林科技大學 國際會議廳

*會議代碼對應領域請見下頁

時間	活動(地點)					
08:10－13:30	參與人員報到 (1F 服務台)					
08:30－10:20	A1 (AC122)	B1 (AC125)	C1 (AC224)	D1 (AC206)	E1 (AC222)	
10:25－10:35	開幕典禮、貴賓及主辦單位致詞 (AC226)					
10:35－11:25	特邀專題演講 【土木水利工程管理之研究發展—國際視野與本土實踐】 周瑞生 台灣科大講座教授/國科會土木學門召集人 【營建工程科技化減災研討—以國 1 大雅系統交流道為例】 黃東光 義力營造股份有限公司 土木工程部經理 (AC226)					論文海 報展示 與投票 (2F)
11:30－12:30	A2 (AC122)	B2 (AC125)	C2 (AC224)	D2 (AC206)	E2 (AC222)	
12:30－13:20	午餐時間					
13:30－14:55	A3 (AC122)	B3 (AC125)	C3 (AC224)	D3 (AC206)	E3 (AC222)	
14:55－15:10	下午茶時光					
15:10－16:35	A4 (AC122)	B4 (AC125)	C4 (AC224)	D4 (AC206)	E4 (AC222)	
16:40－17:00	閉幕典禮 頒發感謝狀 頒獎 交接儀式					

附註：貴賓室(AC123)

午餐空間(ACB01)

會議代碼對應論文主題		
場次(地點)	<論文發表時段 1> 08:30—10:20	會議主持人
A1 (AC122)	人工智慧與大數據應用	余文德 教授
B1 (AC125)	永續營建與智慧城市	陳博亮 教授
C1 (AC224)	設計與施工管理	張智元 教授
D1 (AC206)	其他營建工程管理相關課題	黃盈樺 教授
E1 (AC222)	防救災與風險管理&永續營建與智慧城市	柯千禾 教授 馬宏恩 博士
場次(地點)	<論文發表時段 2> 11:30—12:30	會議主持人
A2 (AC122)	設計與施工管理	潘乃欣 教授
B2 (AC125)	營建材料與品質管制	林建良 教授
C2 (AC224)	防救災與風險管理	林楨中 博士
D2 (AC206)	工程法律與爭議處理	王裕仁 教授
E2 (AC222)	工程進度與成本管理	曾惠斌 教授
場次(地點)	<論文發表時段 3> 13:30—14:55	會議主持人
A3 (AC122)	營建資訊科技	謝孟勳 教授
B3 (AC125)	BIM 建築資訊模型	王維志 教授
C3 (AC224)	工程進度與成本管理	楊亦東 教授
D3 (AC206)	工程採購與民間參與	謝定亞 教授
E3 (AC222)	人工智慧與大數據應用	陳柏翰 教授
場次(地點)	<論文發表時段 4> 15:10—16:35	會議主持人
A4 (AC122)	營建資訊科技	陳介豪 教授
B4 (AC125)	BIM 建築資訊模型	林祐正 教授
C4 (AC224)	其他營建工程管理相關課題	黃忠發 教授
D4 (AC206)	防救災與風險管理	楊立人 教授
E4 (AC222)	營建材料與品質管制	鄭明淵 教授

Agenda

Time : Thursday, Jun.27.2024

Location : International Conference Hall, YunTech

***Please refer to the next page for session code corresponds to topic**

Time	Location					
08:10—13:30	Registration (1F Information Desk)					
08:30—10:20	A1 (AC122)	B1 (AC125)	C1 (AC224)	D1 (AC206)	E1 (AC222)	
10:25—10:35	Opening Ceremony, VIPs and Organizers' Remarks (AC226)					Poster Display & Vote (2F)
10:35—11:25	Keynote Speech 【Research and Development of Civil and Hydraulic Engineering Management - International Perspective & Local Practices】 By Dr. Jui-Sheng Chou Chair Professor NTUST / Convener of C&HD, NSCE 【Construction Technology for Disaster Prevention - A Case Study of Daya System Interchange】 By Tung-Kuang Huang Division Manager of Civil Engineering, Earth Power Construction Co., Ltd. (AC226)					
11:30—12:30	A2 (AC122)	B2 (AC125)	C2 (AC224)	D2 (AC206)	E2 (AC222)	
12:30—13:20	Lunch Time					
13:30—14:55	A3 (AC122)	B3 (AC125)	C3 (AC224)	D3 (AC206)	E3 (AC222)	
14:55—15:10	Coffee Break					
15:10—16:35	A4 (AC122)	B4 (AC125)	C4 (AC224)	D4 (AC206)	E4 (AC222)	
16:40—17:00	Closing Ceremony Certificates of Appreciation Presentation of Paper Awards Handover Ceremony					

VIP Room (AC123)

Dining Space (ACB01)

Session Code Corresponds to Topic		
Session (Location)	<Track 1> 08:30—10:20	Host
A1 (AC122)	Artificial intelligence and big data	Prof. Wen-Der Yu
B1 (AC125)	Sustainable construction and smart cities	Prof. Bor-Liang Chen
C1 (AC224)	Plan, design, and construction management	Prof. Chih-Yuan Chang
D1 (AC206)	Others	Prof. Ying-Hua Huang
E1 (AC222)	Disaster prevention and risk management & Sustainable construction and smart cities	Prof. Chien-Ho Ko Dr. Hew Cameron Merrett
Session (Location)	< Track 2> 11:30—12:30	Host
A2 (AC122)	Plan, design, and construction management	Prof. Nai-Hsin Pan
B2 (AC125)	Construction materials and quality control	Prof. Chien-Liang Lin
C2 (AC224)	Disaster prevention and risk management	Dr. Chen-Chung Lin
D2 (AC206)	Construction laws and dispute resolution	Prof. Yu-Ren Wang
E2 (AC222)	Project schedule and cost management	Prof. Hui-Ping Tserng
Session (Location)	< Track 3> 13:30—14:55	Host
A3 (AC122)	Information technology in construction	Prof. Ma-Chine Hsie
B3 (AC125)	Building information modeling	Prof. Wei-Chih Wang
C3 (AC224)	Project schedule and cost management	Prof. I-Tung Yang
D3 (AC206)	Construction procurement and public private partnerships	Prof. Ting-Ya Hsieh
E3 (AC222)	Artificial intelligence and big data	Prof. Po-Han Chen
Session (Location)	< Track 4> 15:10—16:35	Host
A4 (AC122)	Information technology in construction	Prof. Jieh-Haur Chen
B4 (AC125)	Building information modeling	Prof. Yu-Cheng Lin
C4 (AC224)	Others	Prof. Chung-Fah Huang
D4 (AC206)	Disaster prevention and risk management	Prof. Li-Ren Yang
E4 (AC222)	Construction materials and quality control	Prof. Min-Yuan Cheng

02

Keynotes

2024 SCEM



周瑞生 講座教授

Chair Professor Jui-Sheng Rayson Chou

國立臺灣科技大學講座教授兼任總務長暨新竹分部分部主任

國科會土木水利工程學門召集人

Chair Professor, Department of Civil & Construction Engineering, NTUST

Dean of General Affairs & Director of Hsinchu Campus, NTUST

Convener of the Civil & Hydraulic Program, NSTC

演講主題 Lecture Topic

土木水利工程管理之研究發展—國際視野與本土實踐

Research and Development of Civil and Hydraulic Engineering Management - International Perspective & Domestic Practices

學歷 Education

Ph.D., The University of Texas at Austin, USA

經歷 Experience

- Program Chair, Civil and Hydraulic Engineering Program, Department of Engineering and Technologies, National Science and Technology Council, Taiwan (2024-Present)
- Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology (2021-Present)
- Dean for General Affairs, National Taiwan University of Science and Technology (2021-Present)
- Director of Hsinchu Campus Division, National Taiwan University of Science and Technology (2021-Present)
- Merit Research Fellow, National Science and Technology Council, Taiwan (2023-2026)
- Council Member, Taiwan Reliability Engineering Society, Taipei, Taiwan (2023-2026)
- Distinguished Professor/Professor/Associate Professor/Assistant Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology (2008-2020)



黃東光 經理

Manager Tung-Kuang Huang

義力營造股份有限公司 土木工程部經理

Division Manager of Civil Engineering, Earth Power Construction Co., Ltd.

演講主題 Lecture Topic

營建工程科技化減災研討—以國 1 大雅系統交流道為例

Construction Technology for Disaster Prevention – A Case Study of Daya System Interchange

學歷 Education

M.S., National Kaohsiung First University of Science and Technology, Taiwan

經歷 Experience

- Manager, Earth Power Construction Co., Ltd.
(2021-Present)
- Vice President, Hong Jie Construction Co., Ltd.
(2019-2020)
- Supervisor, Earth Power Construction Co., Ltd.
(2018-2019)
- Manager, Te Chang Construction Co., Ltd.
(2016-2018)
- Manager, Wei Ju Construction Ltd.
(2015-2016)
- Project Manager, Chun Yuan Construction Co., Ltd.
(1990-2015)

[illegible]

[illegible]



03

Conference Paper Abstracts

2024 SCEM

 **YunTech**
國立雲林科技大學
National Yunlin University of Science & Technology

28

27



26

25



23

24



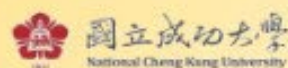
22

21



19

20



18

17



15

16



14

13



11

12



10

9



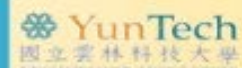
7

8



6

5



3

4



2

1



Session A1

會議時間：08:30-10:20 主持人：余文德教授

Time: 08:30-10:20 Host: Prof. Wen-Der Yu

主題：人工智慧與大數據應用

Topic: Artificial intelligence and big data

- 基於遷移式學習之水土保持構造物延壽評估系統之研究
林昱翔、潘乃欣、蔡穎聰
- 影像字幕生成在工地危害描述應用之初探
李承翰、余文德、蕭文達
- 營建業永續報告書 GRI 準則與財務績效之關聯性分析
朱詠恩、高明秀、王世旭、王維志
- 使用結合網路犯罪調查演算法的異質集成模型和 DBSCAN 聚類演算法來預測房屋出售價格
黃柏睿、高明秀、阮玉梅、王維志
- 應用數據驅動技術探討橋梁構件劣化之研究
蘇芩湘、洪鈺婷、張芷盈、張冀蕎、陳致霖
- 導入區塊鏈技術的公共建築碳交易激勵機制演化博弈分析
高定凱、麻效銘、林藝馨
- 基於區塊鏈技術的建築碳核查管理研究
徐錦濤、彭銳、林藝馨
- 以無人機建立即時自動化橋梁裂縫影像辨識系統
蔡宜真、曾韶順、曾惠斌、林宏益、張陸滿
- 應用空拍空間特徵辨識及都市街景開窗率辨識於建築能源預測之框架
程品鈞、林之謙

基於遷移式學習之水土保持構造物延壽評估系統之研究

林昱翔¹、潘乃欣²、蔡穎聰^{3*}

^{1,3} 國立雲林科技大學營建工程系，研究生

² 國立雲林科技大學營建工程系，教授

* M11216013@yuntech.edu.tw

臺灣地區河川及溪流的沖蝕現象嚴重，經常受到颱風、地震等天然災害的影響，再加上山坡地的過度開發，導致水土流失的問題更加嚴重。為了減少災害發生，興建大量水土保持設施；然而，許多構造物已年久失修，急需進行檢查和整修。為了改進巡查效率、提高決策客觀性，以及優化相關單位維護資源的配置。本研究致力於建立一套水土保持構造物延壽評估系統，這套系統以互動網頁之方式整合了無人機(UAV)、人工智慧(AI)和資料庫等技術，實現水土保持設施的巡檢、劣化樣態辨識、耐久性評估和維護方式建議的多功能合一，以供水土保持設施維護人員參考。

研究結果顯示，所訓練出的模型在辨識水土保持構造物劣化樣態方面具有優異的成效。耐久度評估模式能夠精確判斷構造物的狀況，並提供相應的延壽修繕建議，整個評估系統的建置不僅能夠有效地協助維護人員，同時確保水土保持構造物能夠更長久地發揮其機能。

關鍵字：無人機、水土保持構造物、遷移式學習

影像字幕生成在工地危害描述應用之初探

李承翰^{1*}、余文德²、蕭文達³

¹ 朝陽科技大學營建工程系，研究生

^{2,3} 朝陽科技大學營建工程系，教授

* s11215613@gm.cyut.edu.tw

營造工地存在各類危害情境，嚴重威脅勞工之生命安全。根據統計資料，營造業在全球重大職災中佔比最高，有效辨識並處理工地危害是避免職災最有效的方法。隨著電腦視覺技術的發展，工地普遍安裝了 CCTV 攝影機，然而，目前的工地 CCTV 安全控制主要仍依賴人工監看，無法實現全天候、全覆蓋的安全監控，致使有危害監看的空窗期之產生。為克服此一限制，本研究引入影像字幕生成技術 (Image Captioning) 來進行工地危害情境的辨識與描述。本研究首先使用 Inception v3 深度學習網路進行移轉式學習，以辨識工地危害場景和物件；其次，透過 GRU 遞迴式深度學習網路生成危害描述句，使其自動識別影像中的內容並自動生成相應的文字描述；最後，採用 BLEU 性能指標進行網路效能評估。初步測試結果顯示，本研究提出的方法對於建築工程工地危害場景的影像描述具有可行性，此成果意味著以機器學習技術取代人工進行工地安全監看之可行性，對於提升建築工地安全具有重要意義。通過自動識別及描述危害情境，能夠及時發現潛在的安全隱患，以保障工人之生命財產安全。未來研究可以持續增加訓練資料，並探索如何結合更多先進技術，以提升建築工地安全監控的效率和精準度。

關鍵字：關鍵字安全、危害辨識、影像字幕、情境語意

營建業永續報告書 GRI 準則與財務績效之關聯性分析

朱詠恩^{1*}、高明秀²、王世旭³、王維志⁴

¹ 國立陽明交通大學土木工程系，碩士生

² 國立陽明交通大學土木工程系，助理教授

³ 中華民國陸軍軍官學校土木工程系，副教授

⁴ 國立陽明交通大學土木工程系，教授

*dennischu.en10@nycu.edu.tw

本研究探討營建業如何依據全球永續性報告協會（GRI）準則編寫永續報告書，並利用機器學習分析這些準則與企業財務績效之間的關聯。以中鼎工程公司為案例，研究其永續報告書的撰寫方法及內容，並整理 52 家台灣上市營建企業依循 GRI 準則的情況，分析 GRI 準則與財務績效（EPS、ROE、ROA 及 Income）之間的關聯。研究方法包含兩部分：首先，針對中鼎工程永續報告書進行深入解析，整理其 GRI 準則索引及報告內容與 GRI 準則的對照；其次，搜集 52 家營建企業的 GRI 準則依循數據及財務績效數據，利用線性回歸、K-近鄰演算法及隨機森林等機器學習模型進行分析。

研究結果顯示，隨機森林模型在預測財務績效方面表現最佳，並鑑別出對財務績效有顯著影響的十大 GRI 準則特徵。這些特徵包括：確定給付制義務與其他退休計畫、氣候變遷風險與機會、組織內部的能源消耗量等。最後，本研究建議企業在撰寫永續報告書時，應重點關注上述特徵，以提高報告書的品質並促進財務績效提升。總結來看，依循 GRI 準則編寫的永續報告書能夠對營建業公司的財務表現產生正向影響，並有助於企業達成永續發展的目標。

關鍵字：營建業、永續報告書、GRI 準則、財務績效、機器學習分析

使用結合網路犯罪調查演算法的異質集成模型和 DBSCAN 聚類演算法 來預測房屋出售價格

黃柏睿^{1*}、高明秀²、阮玉梅³、王維志⁴

¹ 國立陽明交通大學土木工程系，研究生

² 國立陽明交通大學土木工程系，助理教授

³ 明新科技大學土木工程與環境資源管理系，助理教授

⁴ 國立陽明交通大學土木工程系，教授

* yc311612113.en11@nycu.edu.tw

預測房屋價格一直是相當基礎但重要的議題，近年來房屋交易市場的供需失衡、房屋市場未來走向與人民的居住問題與房屋價格皆高度相關，若能夠精準預測房屋價格則可以更加靠近許多議題的解決方法。因此我們期望發展一個適用於精準預測台灣房價的方法，對此本研究瀏覽大量過往文獻後提出了一個集成機器學習（ML）模型，其中包括了 DBSCAN 聚類演算法用以清理數據集中的極端值，成功地讓 RMSE 指標平均下降了 57%，最高降幅達到了 66%。透過比較 6 個 ML 模型的預測結果挑選優秀模型，最終經由 CIA 演算法高效並精準為模型超參數配置其組合。該集成模型的預測誤差百分比僅為 3.91%，較原本 ML 模型的結果提升了 15%。本研究自行收集並完善處理的數據集共備有 13 個輸入特徵與 1 個輸出值（房屋出售價格），其中包含我們自行添加一個關於房屋物件的附近機能與位置的非線性特徵。本研究主要貢獻有三，一為提供了具備完整處理與框架的數據集，讓未來的研究得以容易參照與使用內容與架構；二為參考房地產領域的重要理論並依此創建了一複雜的非線性特徵，提升了研究的深度與廣度；三為提出創新且合理的研究模式，集成了兩個演算法與 ML 模型，不僅提供了極高的預測準確度，亦為該領域研究的發展帶來許多嘗試與突破。

關鍵字：機器學習模型、集成模型、房屋價格分析、元啟發式演算法、聚類演算法

應用數據驅動技術探討橋梁構件劣化之研究

蘇芩湘¹、洪鈺婷²、張芷盈³、張冀蕎⁴、陳致霖^{5*}

^{1,2,3,4} 國立屏東科技大學 土木工程系，專題生

⁵ 國立屏東科技大學 土木工程系，助理教授

*waynechen@mail.npust.edu.tw

國道高速公路多數橋梁的橋齡逐漸增加，橋梁本身狀況的劣化引起了廣泛關注，利用相關的數據驅動分析技術，可以更有效地評估和預測橋梁的劣化情況，並且提供策略維護指導建議，本研究採用隨機森林（RF）機器學習模型分析國道重點監控橋梁構件的劣化程度（D 值）位置，以提升檢測效能和維護策略的精確性，研究結果顯示，多數橋梁的劣化程度 D 值介於 2 至 3 之間，並證實高公局透過有效的管理措施，成功將劣化情況控制在可接受的範圍內。透過結果驗證分析顯示，隨機森林（RF）模型在辨識橋梁劣化位置上預測較佳，遠超過 K 最近鄰（KNN）和支持向量機（SVM）分類器。此外，本研究分析結果不僅節省資源和人力，還能提供準確的橋梁未來劣化位置趨勢預測，對橋梁維護管理上具有實質的貢獻。

關鍵字：橋梁劣化、數據驅動技術、隨機森林、K 最近鄰、支持向量機分類器

導入區塊鏈技術的公共建築碳交易激勵機制演化博弈分析

高定凱¹、麻效銘²、林藝馨^{3*}

¹ 東南大學土木學院，本科生

² 東南大學土木學院，研究生

³ 東南大學土木學院，副教授

*yihsinlin@seu.edu.cn

公共建築碳交易是一個複雜的系統，各方利益相關者的策略選擇會受到不同因素的影響，導入區塊鏈技術的公共建築碳交易激勵機制，將會影響其策略選擇。由於區塊鏈平台的構建到實際應用需要很長時間的測試和驗證，因此本文利用演化博弈模型，從定量分析參與主體在導入區塊鏈的公共建築碳交易激勵機制下的演化策略，討論初始意願、區塊鏈效用、補貼獎勵、聲譽獎勵和懲罰對各方行為的影響。通過演化博弈與仿真分析，探索區塊鏈技術和激勵機制對公共建築碳交易中參與主體行為策略的影響。研究結果表明，區塊鏈技術和激勵機制的導入，不僅能夠提高企業參與碳交易市場的意願，而且還能縮短整個系統達到穩定的時間。因此，本文提出公共建築碳交易的獎勵機制，加強對違規企業的懲罰，以及促進區塊鏈技術與現有碳交易系統的整合。這些措施可以有效激勵第三方機構和公共建築業主積極且合法地參與碳交易市場。本文的主要貢獻：（1）全面梳理了公共建築碳交易的流程、問題及需求，豐富了公共建築碳交易相關研究成果，有助於開展更有針對性的管理工作；（2）將演化博弈應用於區塊鏈技術和激勵機制的效果檢驗，擴大了公共建築碳交易演化博弈的研究範圍。

基於區塊鏈技術的建築碳核查管理研究

徐錦濤¹、彭銳²、林藝馨^{3*}

^{1,2} 東南大學土木學院，研究生

³ 東南大學土木學院，副教授

*yihsinlin@seu.edu.cn

建築碳核查在評估建築控排企業當年的碳排放量，並對次年的碳配額分配和相關低碳政策的制定過程，扮演著至關重要的角色。然而，受到信息不對稱、監管與追責困難以及激勵不足等問題，因此造成中國大陸的建築碳核查工作推進緩慢。基於此，本研究在建築碳核查管理流程中導入區塊鏈技術，以期優化建築碳核查管理效果。本研究採用設計科學研究法，梳理當前建築碳核查管理流程、管理問題及管理需求；設計基於區塊鏈技術的建築碳核查管理平台。最後，部署擬議平台並實現平台功能，以及分析平台的性能和評估平台的實用性。研究結果表明：（1）建築碳核查管理問題主要是在於報告品質、核查流程、信息不對稱、監管、信息化平台等方面，進而管理需求主要是數據保護、信息公開、強化監管以及流程優化等方面；（2）區塊鏈技術與建築碳核查管理需求具有高度適配性，擬議平台在功能和性能上滿足使用要求，實用性評估也證實了平台的有效性。本研究的主要貢獻為：（1）全面梳理建築碳核查管理問題和需求，豐富了建築碳核查管理研究範圍；（2）導入區塊鏈技術到建築碳核查管理中，促進參與方協同治理，為建築碳核查管理問題提供一種新的解決方案。

以無人機建立即時自動化橋梁裂縫影像辨識系統

蔡宜真^{1*}、曾韶順²、曾惠斌³、林宏益⁴、張陸滿⁵

¹ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，研究生

² 立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，博士生

³ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，教授

⁴ 國立高雄大學電機工程學系，助理教授

⁵ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，名譽教授

*r11521718@ntu.edu.tw

在建築物和橋梁的生命週期中，營運階段佔用了絕大部分的時間和資源，尤其是後續的維護和定期檢修。因此，如何更有效地管理和監測它們成為一個重要議題。傳統的檢測方法依賴目視檢測，需要大量時間和人力成本。

隨著 AI 技術和深度學習算法的發展，無人機 (UAV) 和影像辨識的結合提供了解決方案。無人機具高機動性和大面積偵查能力，能有效解決位置不便和工作效率問題。然而，傳統的無人機應用僅限於拍攝影像，後續的影像處理和辨識需額外人力和時間成本，且缺乏即時性。

本研究利用 ROS (Robot Operating System)，結合無人機和影像辨識模型，建立即時的裂縫辨識系統。此系統將無人機捕獲的影像匯入開發板上的 ROS 系統，經過一系列影像處理步驟後，輸入已訓練好的影像辨識模型進行裂縫辨識。辨識結果即時儲存並向使用者發出警示通知，實現裂縫檢測和通報功能的即時化和高效化。

本研究通過先進技術手段，達成即時裂縫影像辨識系統，提高建築物和橋梁監測作業的效率和安全性，滿足社會需求。

關鍵字：ROS (Robot Operating System)、深度學習、影像辨識

應用空拍空間特徵辨識及都市街景開窗率辨識於建築能源預測之框架

程品鈞^{1*}、林之謙²

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系，教授

*R11521708@ntu.edu.tw

在淨零碳排的實踐路徑中，當前能源消耗的問題是首當其衝需要改善的。其中，建築物的能源消耗佔據了全球能源消耗的很大比例，並且隨著經濟與人口發展，都市建築的能源消耗已然成為當中最重要的一部分。能源效率評估、能源效率基準、建築物翻新等等有效的規劃與研究都需要準確的能源消耗資訊。然而，由於商業與隱私等等原因這些資訊相當缺乏且成本過高，在城市規模尤加困難。本研究提出了基於視覺辨識的方法來建模並預測都市建築能源消耗，該方法使用容易取得的公開遙感資料（空拍圖以及街景圖）作為建模資料來源。建模過程收集了紐約曼哈頓 13000 多筆建築物資料，透過數個影像辨識模型得到每棟建築物的相關參數，並對空拍圖及街景圖的目標參數辨識結果進行驗證評估。本研究提出了一個自動化且低成本的城市規模建築物能耗建模的框架，並實現了影像資料的辨識。影像辨識成果可以自動取得建築物周鄰空間參數與建築特徵如開窗率與高度，並且辨識結果經過驗證。基於資料來源的泛用性，該框架未來的發展有望建立跨城市甚至跨國家區域的建築能耗模型。

關鍵字：能耗預測、影像辨識、機器學習、決策支援

Session B1

會議時間：08:30-10:20 主持人：陳博亮教授

Time: 08:30-10:20 Host: Prof. Bor-Liang Chen

主題：永續營建與智慧城市

Topic: Sustainable construction and smart cities

- 人工智慧於營建及永續智慧城市研究之回顧與分析
黃上恩、曾仁杰
- 自駕車外部人機介面對於行人信任程度與穿越道路行為之影響
于子軒
- 歐盟碳邊境調整機制對企業碳管理效益的效益實證
賴王澤鎡、荷世平
- 利用電動公車車隊與車聯網方法最佳化大台北地區電網能源管理之初探
王竣平、詹澄潔
- 再生能源與儲能系統在微電網中之整合研究
鍾明宏、荷世平
- 應用 Fuzzy AHP-TOPSIS 從淨零排放需求探討隧道施工核心項目
詹峯、紀乃文、林利國
- 線型營建工程碳管理結合構造單元之新研究—以捷運之牆構件為例
范馨文、陳立憲、申永順
- 台灣木工機械業永續發展策略與減碳作為
黃逸嫻、荷世平
- 運用 4D BIM 於場鑄與預鑄 T 型涵洞興建及減碳效益之比較
張美智、黃積明、張芸翠、謝尚賢

人工智慧於營建及永續智慧城市研究之回顧與分析

黃上恩^{1*}、曾仁杰²

¹ 國立陽明交通大學土木工程系，研究生

² 國立陽明交通大學土木工程系，教授

* snhuang.en11@nycu.edu.tw

永續發展已成為顯學，在這波浪潮下，各行各業都需要制定相應的應對措施，營造業也不例外，由於產業特性相對複雜，又有高汙染與高碳排的問題，導致營造業的轉型進度緩慢。為了加速永續轉型，需要借助新技術，並將永續智慧城市作為實現永續性的最終目標，因此本文旨在探討人工智慧在營建業中的應用以及智慧城市各方面的發展現況及未來挑戰，首先，使用 Web of Science 的核心資料庫進行關鍵字搜尋，找出 AEC 產業中與永續發展相關的文獻，以文獻的出版年分、期刊類型、永續發展目標等分類進行分析，探討背後的原因，接著使用 Vosviewer 探討文獻關鍵字的共現關係，將過往分為四大主題：永續性的設計跟管理、建築熱舒適與能源管理、工程碳排放及環境評估、材料性能。確定目前的研究範疇後，根據高被引用論文的樣本為基礎，探討人工智慧於營造業的應用，說明營造業跟智慧城市的關聯，帶進智慧城市的能源、基礎設施、資訊技術、交通等議題，評估智慧城市的指標與未來挑戰。人工智慧為營造業注入新動能，推動其向數位化和智能化轉型。而營造業則是智慧城市建設的重要組成部分，未來將相互促進都市的發展、相輔相成，共同邁向更加可持續的未來。

關鍵字：永續智慧城市、營建業、人工智慧

自駕車外部人機介面對於行人信任程度與穿越道路行為之影響

于子軒^{1*}

¹ 勞動及職業安全衛生研究所，研究發替代役助理研究員

*.jeff217025817@gmail.com

自駕車作為快速發展中的科技，在未來很有可能改變目前的交通形式，使得交通環境成為混和交通。多篇研究顯示，若要讓社會享受自駕車帶來的好處，就必須讓各類型的交通參與者所信任、接受並且進而願意使用自駕車。根據調查結果，在自駕車處於早期上路階段的美國，大眾目前對於自駕車仍存在懷疑與不信任。有必要了解提升信任且促進安全的解決辦法。本研究透過實驗性研究，試圖了解不同的自駕車外部人機介面與不同的駕駛行為是否會影響行人的信任程度與穿越道路行為。透過虛擬實境建置城市內道路場景，使受試者在穿越道路時與自駕車互動。在左方與右方靠近的自駕車中，會出現安裝有三種外部人機介面與表現出兩種駕駛行為。道路上，會出現有行人穿越道與沒有行人穿越道。此外，在實驗中會出現 8 次的自駕車失效事件，目的為觀察是否有過度信任現象。實驗共招募 32 名受試者。藉由分析實驗中取得的穿越道路行為、眼動資料與主觀信任評量，來了解行人在不同情境中對自駕車的信任程度。結果顯示，手勢設計的外部人機介面在主觀評分上有最好的表現，並且有最短的等待時間，勝過 LED 設計與無安裝介面。並且失效事件並不會在短期影響信任，反而是風險隨著時間下降了。研究成果可供未來自駕車相關研究與人機互動設計做為參考。

關鍵字：虛擬實境、自駕車外部人機介面、行人安全、自動化信任

歐盟碳邊境調整機制對企業碳管理效益的效益實證

賴王澤銘^{1*}、荷世平²

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系，教授

* R11521714@ntu.edu.tw

本研究以水泥、鋼鐵、鋁、化肥、氫氣及電力產業為研究對象，探討歐盟碳邊境調整機制（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）對於企業碳管理的有效性，並分析企業碳管理與財務數據間的關係，最後亦分析企業碳管理與永續評分之關聯。從氣候風險的角度出發，以企業永續發展作為理論基礎，本研究進一步解析環境氣候規範的來源、目的及其實施策略。通過綜合文獻回顧與計量實證分析，針對包含 138 家企業的樣本集，透過縱橫資料檢定，對歐盟 CBAM 的影響及其相關理論進行了深入探討。該研究利用了科學嚴謹的方法論，以求對歐盟 CBAM 的效果與企業碳管理行為之間的關係有一個清晰的論證和理解。研究成果顯示，無論企業是否受到歐盟 CBAM 的影響，其碳排放強度均有所下降。然而，受歐盟 CBAM 影響的企業在減少碳排放的程度上顯著高於未受歐盟 CBAM 影響的企業。此外，受歐盟 CBAM 影響的企業在資產報酬率（ROA）上的表現也優於未受影響的企業。總而言之，本研究認為各國在制定環境規範時應更加迅速，並通過試行階段持續進行調整和完善，為企業提供充足的準備時間，從而降低企業的適應成本。這不僅可幫助企業在經濟增長中考慮到環境保護的重要性，還可以促進在追求經濟利益的同時，實現對地球環境的永續責任。

關鍵字：CBAM、EU CBAM、永續

利用電動公車車隊與車聯網方法最佳化大台北地區電網能源管理之初探

王竣平^{1*}、詹澄潔²

¹ 國立臺灣大學土木工程系，研究生

² 國立臺灣大學土木工程系，副教授

*wangchinpin@gmail.com

台北市面臨電力短缺問題，因此發展自主性能源，如屋頂太陽能板，變得至關重要。隨著 2023 年法規修訂，屋頂太陽能在台灣新建住宅中將被大量應用。然而，太陽能發電的不穩定性成為一大挑戰。為了解決這一問題，本研究結合台北市交通局在 2030 年前全面電動化公車的計畫，我們提出了一種利用電動公車車隊優化屋頂太陽能發電充電時間表以及與市電系統互動的模型，這樣的模型在理論上可以解決電動公車可能帶來的電量壓力外，更可以將電動公車作為一種可用的移動電池資源。

本研究會先對台北地區的發電情況以及各項成本進行回溯，並提出最佳化模型。在本研究的數據探討中，我們發現透過電動公車晚上對於電網系統的回充，有助於穩定系統中缺乏的綠色電能，同時運用時間電價等充電系統回電令公車營運業者有利可圖。

本研究提出之系統能初步來導入城市中的能源管理系統，以利我們優化資源分配，對未來智慧城市的能源進行更好的規劃。本研究在結果上對電動公車因應能源管理需求進行排程規劃，並得到系統初步能擁有的一周減載量以及換算減碳量。

關鍵字：能源管理系統、最佳化模型、車聯網系統、再生能源、溫室氣體減排

再生能源與儲能系統在微電網中之整合研究

鍾明宏^{1*}、荷世平²

¹ 國立台灣大學土木工程系營建管理組，研究生

² 國立台灣大學土木工程系營建管理組，教授

*p10521702@ntu.edu.tw

能源在現代生活中扮演著不可或缺的角色，自第一次工業革命以來，能源推動了機械和生產效能的巨大提升，從蒸汽機到電力，再到資訊技術的發展，每一次工業革命都依賴於能源的供給。然而，現今的能源供應主要來自於燃煤、石油、天然氣和核能，這些能源的使用卻帶來了二氧化碳排放和全球暖化等環境問題。核能雖然被視為乾淨能源，但其核廢料和輻射污染問題仍是各國的困擾。在化石燃料有限且會產生碳排放的背景下，再生能源的發展成為解決能源問題的重要途徑。

台灣的電力系統主要依靠火力發電，並輔以水力和核能發電。為響應政府的「非核家園」政策及全球乾淨能源的倡議，台灣近年來積極開發再生能源。然而，台灣夏季炎熱，民生用電需求高漲，常處於限電危機。此外，電動車的普及也將顯著增加未來的電力需求。台灣在 2035 年計劃實現機車全面電動化，2040 年汽車全面電動化，這將進一步加重電力供應的壓力。2021 年台灣兩次大停電事件，凸顯了備載容量不足的問題，讓國民對電力供應是否充足產生疑慮。

為確保電力穩定供應，台灣的電力主要供應工業區、科技園區及交通運輸，其次是中小型工業用戶，最後才是民生用電。地球的能源有限，台灣缺乏傳統能源，能源幾乎全部依賴進口。因此，科技發展帶來便利的同時，我們需要在能源消耗、生活便利及環境保護之間取得平衡。穩定的電力供應是提升國家工業生產力的必要條件，減少傳統能源消耗並保護環境，再生能源的運用成為解決之道。

本研究針對民生用電用戶，探討如何建立輔助主電網的系統，以再生能源為主要供電來源，結合儲能系統來解決再生能源間歇性供電的缺點，達到減碳且不造成電力不足的目標。研究旨在設計出一個可行的再生能源系統，確保穩定供電，同時減少對環境的負面影響。

關鍵字：再生能源、儲能系統、智慧微電網

應用 Fuzzy AHP-TOPSIS 從淨零排放需求探討隧道施工核心項目

詹峯^{1*}、紀乃文²、林利國³

¹ 國立臺北科技大學土木與防災所，碩士生

² 國立臺北科技大學土木工程系，助理教授

³ 國立臺北科技大學土木工程系，兼任教授

*athlom4138@gmail.com

世界隨著工業化高速發展，在人們不斷地增加碳排放量的同時，頻繁的聖嬰現象、反聖嬰現象等極端氣候不斷地在世界各地發生。台灣處於菲律賓、歐亞大陸板塊相互擠壓的複雜地形，在極端氣候伴隨而來的強降雨、土石流等災害更容易在地質敏感地帶造成極大災害。實踐減碳、淨零排放可減緩極端氣候所帶來災害，本研究試圖從災害發生最源頭因素-極端氣候，以減碳、淨零排放的思維在隧道施工階段找尋能夠再次降低碳排的管理、施工方式及其他綜合措施、策略等進行分析，找出具可行性核心對策項目。結合 Fuzzy AHP 及 TOPSIS 可用於探討減碳、淨零排放核心項目之系統化決策模式。首要步驟是確認隧道施工減碳、淨零排放可行項目，並利用 Fuzzy AHP 求解淨零排放的權重，然後以 TOPSIS 排列隧道施工減碳、淨零排放可行項目的順序，並確認隧道施工減碳、淨零排放可行項目之最優先執行核心項目。研究結果「工程耐久設計與材料，延長設施使用時間」最為重要，具體有效的方法建議有下列三點：(1)使用耐久性材料。(2)品質控制與施工監督。(3)以桁型鋼支撐代替 H 型鋼支撐，配合新奧工法施作。

關鍵字：Fuzzy AHP、TOPSIS、淨零排放

線型營建工程碳管理結合構造單元之新研究—以捷運之牆構件為例

范馨文^{1*}、陳立憲²、申永順³

¹ 國立臺北科技大學土木工程系，研究生

² 國立臺北科技大學土木工程系，教授

³ 馬偕醫學院，副教授

* t110428504@ntut.edu.tw

鑒於國際和本土永續發展的趨勢，營建業在全球與台灣的能耗與碳排放均約占四成，對環境產生重大影響。本文研究聚焦於營造階段之資源（水泥、鋼材等）進行碳盤查，特別是預鑄與場鑄材料的蘊含碳。研究首先檢視既有方法學的三項必要條件（功能單位、活動數據、碳排係數），並針對交通部與環境部相關水泥基質材料資訊未載明或待揭露處提出改善建議。以捷運隔間牆為例，碳排係數在未載明或待揭露情境下，其碳排放量變異範圍約為 3~60%。本方法可應用於設計階段之碳排放量預估，亦可於施工階段進行一級數據盤查。案例結果顯示，設計階段 RC 牆與施工階段空心磚牆之單位碳排放量分別為 330 與 229 (kgCO_{2e}/m³)。

將正確盤查並快速擴散至其他工程案例，本研究研創結構材料為主的「樂高模組型」構造單元，解決營建業碳管理面臨的困難，並同步實現盤查及減碳。使用 SimaPro 9.4.0.1 生命週期評估軟體（含 IPCC 2021 GWP 100 v1.01 方法學），計算碳排放及環境衝擊（ReCiPe(H) 2016 方法學）與單位物料成本環境衝擊評估。結果顯示 RC 牆與空心磚牆在終點指標分別為 9.07 與 5.85 (Pt/m³)，單位物料成本環境衝擊評估分別為 2.30E-03 與 2.19E-03 (Pt/元)。這些評估結果可作為其他營建工程的相對計量比較與後續改善之依據。

關鍵詞：牆構造單元、捷運工程、生命週期評估、碳盤查、環境衝擊

台灣木工機械業永續發展策略與減碳作為

黃逸嫻^{1*}、荷世平²

¹ 國立台灣大學土木系營建工程與管理組，研究生

² 國立台灣大學土木系，教授

* callista0425@gmail.com

從台灣政府於 2021 年宣布「台灣 2050 淨零轉型」施政總目標後，透過公、私部門、公協會等推動台灣淨零轉型，一時之間，減少碳排放與永續議題鋪天蓋地席捲而來，減碳與永續議題可謂資訊爆炸，然而各產業對於永續及淨零碳排放議題之回應狀況與進程差異頗大，科技業、金融業及上市櫃公司等大型公司對於相關議題可能早已瞭若指掌且已經將永續目標納入經營策略甚至減碳議題也早已有所因應，但對於傳統中小企業而言，資金、規模與人才相對不足，對於永續策略及減碳議題仍有諸多猶豫甚至不明白之處，而未有具體因應對策或實踐，而碳盤查、ESG 評等、ISO 認證、ESG 報導準則、綠色金融、碳交易、碳關稅及永續倡議...等，太多的訊息也造成業者的碳焦慮，且每一項減碳及與 ESG 有關的項目，又有多種標準、評等與報導準則，到底何種標準才是好的或是對的，也莫衷一是。而台灣中小企業幾乎以出口為主，出口國之碳關稅法規也一直推陳出新，稍一未注意，就需全盤再重新瞭解，對於中小企業界著實是一大負擔。筆者身處傳統木工機械製造業，在資源、資金及人才都相對缺乏的產業，有必要將與氣候變遷相關之議題做一有系統的研究與整理，以期提供業者有一清晰的參考指南，並探討台灣木工機械業者對於推動永續策略及減碳作為之動機及原因，以提供給有意推動永續經營及減碳作為之木工機械業者做為實踐之參考。

關鍵字：永續、減碳、優勢策略

運用 4D BIM 於場鑄與預鑄 T 型涵洞興建及減碳效益之比較

張美智^{1*}、黃積明²、張芸翠³、謝尚賢⁴

^{1, 2, 3} 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

⁴ 國立臺灣大學土木工程學系，教授

* p11521714@ntu.edu.tw

本研究以台灣電力公司地下電纜 T 型涵洞為例，運用 4D BIM 建置方法(如®Autodesk Revit、®Microsoft Project、®Microsoft Visio、®Microsoft Excel、®Bentley Synchro)及環境部產品碳足跡計算相關工具，綜合評估比較場鑄與預鑄工法在材料、施工、進度、成本、碳足跡等五大面向上之差異性及效益。經量化評估二種工法，除了成本上二工法相當以外，其餘四項指標預鑄工法均發揮顯著效益，其中在製造過程中更可減少約 30%之碳排放，足可確立未來台電公司土建構造物之減碳策略方針，以因應 2050 淨零排放政策。

關鍵字：4D BIM、地下電纜 T 型涵洞、預鑄工法、產品碳足跡、減碳策略方針

Session C1

會議時間：08:30-10:20 主持人：張智元教授

Time: 08:30-10:20 Host: Prof. Chih-Yuan Chang

主題：設計與施工管理

Topic: Plan, design, and construction management

- 安全管理系統有效性之關鍵成功因素排序研究-以 JRW 為例
石明璋
- 應用生成式 AI 打造沉浸式室內裝修體驗 -以廚房系統櫃為例
張鎧丞、馮重偉
- 自動化噴漆流程系統的設計與實施
戴翊茜、馮重偉、張堡盛
- 建立雲端日誌系統以提升營建工程管理效能之研究
陳懿佐、程怡嘉
- 住宅窗口設計之建築性能多目標最佳化
王菁、楊亦東
- 預測設計變更引發之進度延遲-應用解讀式機器學習推論模式
鄭宇倫、鄭明淵
- 同步提升技術於大跨度鋼網殼結構之應用：以臺北大巨蛋為例
吳卓穎、蘇明朝、曾惠斌
- 基於貝葉斯網路的裝配式建築預製構件生產碳排放優化研究
孟之贊、何春玲、祁神軍
- 以減碳策略為基礎導入統包設計之研究-以某新建廠房為例
潘銘仁、莊坤諺、詹澄潔、曾惠斌

安全管理系統有效性之關鍵成功因素排序研究-以 JRW 為例

石明璋

國立中央大學土木工程學系，博士

lee@ceci.org.tw

日本鐵道產業於 2005 年 4 月發生福知山線重大脫軌事故後，積極推動安全管理系統(以下簡稱 SMS)，西日本旅客鐵道公司(以下簡稱 JRW)在經歷十餘年持續改善相關作為，於 2015 年開始導入安全管理系統第三者評估制度，並於 2022 年提出五項改善內容(第三方 2021)，確保其所建立安全管理系統有效性，建構具自主管理的
安全文化。

本研究藉由 JRW 執行經驗與成效，做為我國導入 SMS，落實自主管理與提升正向安全文化的寶貴經驗。故以上述五項內容為依據，作為主要關鍵成功因素(Key Success Factors ,以下簡稱 KSF)。並綜整日本及台灣的 SMS 要項(運研所 2019)，歸納出 18 個次要關鍵成功因素。在研究方法上，考量鐵路行車安全需處理多面向的目標，與具複雜性的決策情境處理。採用多準則決策分析(Multiple Criteria Decision Making，以下簡稱 MCDM)方法，幫助識別和評估不同 KSF 間的關聯性和排序，為決策提供系統性的支援，從而制定更完善的應對策略，提升安全有效性(蔡欣志 2016)。

經研究鐵路行車 SMS 之主要關鍵成功因素排序為：1.組織氣氛改善，2.安全管理體制的強化及提高有效性，3.風險評估的改善與提升，4.安全管理體制監查的有效性提升，組織內外溝通流程的改善。

關鍵字：安全管理系統、關鍵成功因素、西日本旅客鐵道公司

應用生成式 AI 打造沉浸式室內裝修體驗-以廚房系統櫃為例

張鎧丞^{1*}、馮重偉²

¹ 國立成功大學土木工程系，研究生

² 國立成功大學土木工程系，副教授

* N66114607@gs.ncku.edu.tw

文章首先分析當前室內裝修的需求與限制，探討潛在用戶的資料需求和功能期望。在室內裝修設計流程中，應用生成式 AI 可以加速設計方案的生成，快速應對客戶需求，並產生相應的 2D 設計圖像。這些技術不僅符合用戶的期望和功能需求，還能根據設計內容，解析並加速虛擬模型的建置過程，進一步優化現行虛擬環境在室內裝修的應用。

研究方法包括設計廚房系統櫃的組合，建立 BIM 模型，並將其實施到虛擬互動平台。利用 AI 生成多樣的廚房櫃體設計方案後，進行建模解析並加速建模流程，允許用戶在虛擬環境中根據個人喜好進行尺寸調整和選擇。該平台結合了用戶界面設計和建模工具，使用戶能在虛擬環境中檢視並即時修改設計方案，提供定制化的解決方案。

實驗結果顯示，利用生成式 AI 進行廚房櫃體設計顯著提高了設計效率和用戶滿意度。用戶可以在短時間內從多個潛在設計中選擇或調整以符合其需求，顯著節省設計和決策時間。

本研究強調了生成式 AI 在提升室內裝修設計過程中的潛力，尤其是在提供定制化方案和優化虛擬模型建置方面的重要性。未來的研究可以進一步探索將 AI 技術與虛擬現實（VR）結合，以增強設計的沉浸感和互動性。

關鍵字：室內裝修設計、虛擬實境、生成式人工智慧

自動化噴漆流程系統的設計與實施

戴翊茜^{1*}、馮重偉²、張堡盛³

¹ 國立成功大學土木工程系，研究生

² 國立成功大學土木工程系，副教授

³ 國立成功大學土木工程系，博士生

* aq237357429@gmail.com

在傳統營造業面對勞動力短缺和操作風險的挑戰下，自動化技術的應用顯得尤為關鍵。本研究旨在透過有效整合自走車和機械手臂兩大獨立系統，開發出一套全自動化的噴漆流程。這項創新流程不僅提高了施工效率，也大幅減少了對人力的依賴。由於缺乏現場真實地圖情況下，本研究利用建築資訊模型（BIM）中能轉換虛擬點雲數據之方式，生成精確的二維導航地圖，這種方法充分利用了現有的 BIM 資訊，節省了設備成本和時間，大幅簡化了前期準備工作，提升了整體效率。此外，本研究使用混合實境技術（MR）進一步優化流程設定，這不僅提升了操作的精確性，也增強了機器人系統的自主運行能力。

通過機器人操作系統（ROS）的高效應用，實現了自走車與機械手臂之間的高效串接與協同作業。這種系統整合的成功實施，展示了自動化技術在解決建築行業現場操作問題中的巨大潛力。以噴漆工程為例，自動化流程的實施不僅提升了作業效率，更確保了現場作業的安全性。本研究的成果顯示，透過技術整合與創新應用，可以有效解決建築行業中的許多挑戰，為相關工業領域提供了新的發展方向。未來，這些技術有望被廣泛應用於更多工業自動化領域，進一步推動行業的技術進步與創新。

關鍵字：全自動化、建築資訊模型、機器人系統、混合實境技術

建立雲端日誌系統以提升營建工程管理效能之研究

陳懿佐¹、程怡嘉^{2*}

¹ 國立高雄科技大學營建工程系，副教授

² 國立高雄科技大學營建工程系，研究生

* F112106109@nkust.edu.tw

在營建業中，行動裝置運用在營建專案中已變得越來越普遍，儘管利用行動裝置協助管理為工地現場帶來了方便性並提高工作效率，但先前研究所開發之系統主要著重於資料收存的角色，缺乏對施工項目與其使用人、機、料之間具體關聯性的紀錄與分析功能，無法產出對成本控制與資源有效分配的管理資訊或績效指標。

為進一步提升雲端日誌系統的管理功能與效益，本研究採用 Azure SQL Database 建立資料庫，對施工項目與資源進行資料儲存，且整合預定時程表之 WBS 和工作項目，將日誌資料標籤化，可進行更多資料分析，掌握目前專案績效以利於制定決策。並利用 AppSheet 開發使用者介面，以按鈕或選單方式輸入資料且開發自動計算進度與工期的功能，使工程師於填報時更加的高效與方便。接著，Power BI 與 AppSheet 進行連結，自動同步資料，生成雲端報表，達成數據實時更新、視覺化、資訊共享及績效評估等功能，提升施工團隊溝通與合作的效率。最後，利用 Excel 撰寫 VBA，自動產出符合工程會格式之施工日誌報表。此架構透過資料整合與管理技術，提高了營建業的資料處理效率和資源配置的準確性，增加了工地管理的透明度，並為專案管理人提供有用的數據，確保決策的即時與有效性。

關鍵字：施工日誌管理、行動裝置應用、決策支援

住宅窗口設計之建築性能多目標最佳化

王菁^{1*}、楊亦東²

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

*M11105102@mail.ntust.edu.tw

全球暖化日益嚴重，氣候變遷逐日加重，永續與環保議題逐漸受到重視，陸續出現了永續綠色建築與淨零碳排建築設計。以打造出對地球友善為出發點的建築設計，並讓人類舒適健康的環境空間做為主要考量。

此時能夠計算物理環境的模擬分析就成為重要的工具之一，讓建築師有更完整的評估參考，進而做出設計決策。但目前實務的建築設計過程中，時常因為時間、技術與成本的限制，導致無法在能用最少成本修改設計的初期設計階段進行性能模擬分析，這可能導致更大的修改成本或選擇較差的環境設計方案。且在建築設計過程當中，時常需要同時考慮較多的環境因子，在進行設計決策時需要考量所有的設計面向，進而做出一個權衡的決定，而非單一的設計目的。

本研究目標在於設計過程中考慮多個環境因素，並在設計決策時做出權衡。本研究將使用建築性能模擬（Building Performance Simulation, BPS）計算環境性能進行多目標最佳化，以產生最多重要決策的初期設計階段當作使用階段。透過 Rhino 參數化建模的方式，以「建築量體座向」、「立面窗牆比」為設計變數，使用 Grasshopper 的插件 Ladybug 與 Honeybee 來計算空間自主採光量（sDa）的室內採光品質、計算能源利用強度（EUI）的能源消耗量與計算自適應模型（ACM）的熱舒適度。並使用 Galapagos 與 Octopus 插件來進行多目標最佳化的成果比較。

本研究選用社會住宅做為操作案例進行工具比較，測試專案透過此評估工具得到的成果。在案例操作中，說明 Octopus 會從較不佳的結果開始尋找，但會逐漸與 Galapagos 的答案靠近，而 Galapagos 的平均解皆較佳。成果顯示，可在前期設計階段進行更完整的評估，提供建築師最佳的環境性能策略以建造出永續的建築。

關鍵字：建築性能模擬、參數化建模、多目的最佳化、採光、能耗、舒適度

預測設計變更引發之進度延遲-應用解讀式機器學習推論模式

鄭宇倫^{1*}、鄭明淵²

¹ 國立台灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立台灣科技大學營建工程系，教授

* aaron50116@gmail.com

專案進度延誤是營建業普遍關注的問題，變更是造成延誤的主要原因之一。這些變更會導致額外的重新施工，進而增加成本並延長工期，因此，管理和控制工程變更對於整個專案的成果具有至關重要的影響。

工期的展延對於顧問公司和廠商的利益具有直接影響，因此確立一個被普遍認可的工期調整標準是行業中的一個重要問題。隨著變更的發生，眾多影響工期的因素需被仔細評估，如變更工項數量、增減工程費等，這些因子的準確識別是確保預測模型有效性與精準度的基礎。首先透過收集與分析過往文獻，並使用相關性分析來確定最具影響力的因子。

本研究開發了一種新穎的機器學習模型，該模型整合了基於人工智慧的模型（OT）、統計重採樣方法（Bootstrap）和啟發式演算法（OMA）。允許使用者透過改變輸入變數值來預測目標輸出值。

第三部分在原有的 ORF 模型基礎上加上信賴區間（CI）的預測，CI 不僅能輸出預測值，還提供了一個穩健的信賴區間，可以幫助決策者評估最壞情況下的可能性，使預測結果更具解釋性和可操作性。

綜合上述部分，本研究建構出一套變更管理控制模式，透過訓練機器學習模型預測展延的工期天數及其信任區間。基於該模型輸出結果來提供工程參與方一個公正且實際的工期展延天數標準。

關鍵字：工程變更、機器學習、工期預測、信賴區間

同步提升技術於大跨度鋼網殼結構之應用：以臺北大巨蛋為例

吳卓穎^{1*}、蘇明朝²、曾惠斌³

^{1,2} 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

³ 國立臺灣大學土木工程學系，教授

*R11521707@ntu.edu.tw

傳統通常以單元吊裝進行大跨度鋼構屋頂的施工，此工法需於高空進行大量焊接，對於大跨度曲面網格結構而言，於工人安全、焊接品質、工期等方面管控尤其不易。而液壓同步提升工法能將大部分結構於地面組裝再利用提升設備一次安裝至定位，雖能克服傳統工法的缺點，但其在同步提升控制、多吊點提升及撓度控制等方面面臨規劃或施工的困難。故本研究藉由臺北大巨蛋案例，分析其成功應用提升工法之對策，包含吊點配置、分次提升、同步控制的策略、空中高程校正方法等，因該案例為不對稱大型網殼結構，故吊點配置與高程校正之方法皆不同於以往的提升案例，大巨蛋成功以提升技術獲得施工效益，能提供未來相關工程作為參考。

關鍵字：液壓提升、鋼網殼、同步控制

基於貝葉斯網路的裝配式建築預製構件生產碳排放優化研究

孟之贊¹、何春玲^{2*}、祁神軍³

¹ 華僑大學土木工程學院，本科研究生

^{2,3} 華僑大學土木工程學院，副教授

* clho@hqu.edu.cn

中國於 2020 年提出“雙碳”目標，鼓勵各領域開展低能耗、低碳排的技術，而建築業向節能環保低耗能方向發展是必然趨勢，相較于傳統的建築施工，裝配式建築具備實現綠色施工、節約資源、提高施工效率等優勢，成為建築領域工業化與智慧化的新模式。本文聚焦於裝配式建築預製構件生產階段，從人工、材料、機械三個維度梳理混凝土預製構件生產過程中碳排放影響因素，通過模型分析推理對碳排放影響程度，並針對不同影響因素對社會、企業、個人等多角度提出優化建議。研究依據指標體系模型來構建貝葉斯網路模型並進行參數學習。通過調整貝葉斯網路不同節點的參數值來推理分析，並找出影響程度較大的因素。研究發現，不同維度的影響因素均對裝配式建築的預製構件生產製造過程中碳排放造成一定影響，其中機械維度影響最大，材料維度次之，人工維度最小；故提升機械設備運行效率、採用節能環保機械設備、實現機械自動化，將有助於預製構件減碳的重要手段。

關鍵字：裝配式建築、混凝土預製構件、碳排放量、貝葉斯網路、生產優化

以減碳策略為基礎導入統包設計之研究-以某新建廠房為例

潘銘仁^{1*}、莊坤諺²、詹澄潔³、曾惠斌⁴

¹ 國立臺灣大學土木工程系營建管理組，碩士生

² 國立臺灣大學土木工程系營建管理組，博士候選人

³ 國立台灣大學土木工程營建管理組，副教授

⁴ 國立台灣大學土木工程營建管理組，教授

* P10521712@ntu.edu.tw

摘要

工業化積極發展推動了商業化和資訊化興起，而人類大規模焚燒化石燃料和廢棄物將大量二氧化碳排放到大氣中，引發全球暖化。如何減少基礎建設項目（如土木工程）所產生的高碳排放並持續推動工程，是營建領域專業人士必須面對的課題，只有制定並實施有效的減碳策略，才能實現目標。

大型鋼構或預鑄構件等特殊營建工程相繼而生，更多高層、超高量體設計案逐漸出現。由於國內大環境面臨缺工缺料等情況，及相關營建法規與市場上對低碳排的要求，如何滿足成本考量、工程進度與低碳排量將為關鍵議題。

本研究將利用國內外的研究成果與相關資料，結合平衡計分卡四大主構面、專案管理 13 學門子構面等因素，運用平衡計分卡，建立預判決策因子，擬訂問卷，與負責統包工程決策、計畫與執行之各層級專家進行訪談，透過 AHP 層級分析法，探討影響工程統包設計關鍵因素、權重及預先防制與管理的作法，再藉由專家訪談建立績效評量指標，並導入施工中某國營事業之地下二層，地上六層之工業廠房案例，分析不同設計方案(場鑄、預鑄、鋼構)策略與預估碳排放量，透過實例工地減碳設計策略之研析，將作為未來新建工程執行減碳策略成效之參據，進而提升整體工程品質。

關鍵字：減碳平衡、計分卡、專案管理、預鑄

Session D1

會議時間：08:30-10:20 主持人：黃盈樺教授

Time: 08:30-10:20 Host: Prof. Ying-Hua Huang

主題：其他營建工程管理相關課題

Topic: Others

- 應用結構方程模式剖析台灣營建安全管理實施之驅動因素—以小型營造廠為例
洪馨妤、陳維東
- 數位科技於營建職業安全管理之應用
古語嫻、陳維東
- 社會住宅 PCM 在基本設計審查階段之學生需求特性研究
吳祐欣、張智元
- 利用時間序列分析技術輔助品質成本推估模式建立之研究—以柔性鋪面工程為例
馮天揚、王翰翔
- 以生命週期盤查方法分析土木工程溫室氣體排放
許瀚文、黃培荏、林鎮洋、邱逸文
- 基於全景圖像的視因子分析與街景評價指標及方法統整
郭銘晉、詹澄潔
- 預鑄構件結構健康監測系統之初步研究-以預鑄樓梯振動感測監控為例
林威丞、莊坤諺、陳俊樹、曾惠斌
- 企業特性對漂綠行為之影響實證：全球性研究
李家淇、荷世平
- 外籍移工職業災害統計分析研究
李婉甄、蔡依璇、劉祐綱、劉國青

應用結構方程模式剖析台灣營建安全管理實施之驅動因素

—以小型營造廠為例

洪馨妤^{1*}、陳維東²

¹ 國立雲林科技大學營建工程系，研究生

² 國立雲林科技大學營建工程系，教授

* ashley3495016@gmail.com

根據我國重大職業災害統計資料顯示，營造業佔全產業重大職災的近一半。而中小型營造工程所發生的重大職災死亡人數約佔整體營造業的 60-70%，這些中小型營造工程通常涉及微型、臨時性作業。為了加快工作效率，這些工程在安全衛生設施方面因陋就簡，而在資源有限的情況下小型營造廠難以配備足夠的安全設施和人力，也使得工地發生職業災害的機率增加。

因此根據相關文獻分析近年來營建安全管理實施之驅動因素，強調了使用領先指標來評估安全措施的效果的重要性，並整理出 26 項營建安全驅動因素，包括角色和職責、管理層承諾、項目管理等；而研究流程包括文獻整理、問卷設計、資料蒐集、統計分析等步驟，並使用了結構方程模型來進行相關分析，這些方法的應用有助於深入理解營造廠安全管理的重要因素及其對勞工安全的影響。

結果分析指出，安全政策和人員角色對於現場執行影響力偏低是因為現場的狀況不是固定不變，另外分析發現現場執行中項目管理、危害識別與控制、安全檢查這三個子構面因素分數最高，而這三項都是在強調現場執行中定期檢查和維護的重要性。而現場管理分數最低，可能是因為而現場管理屬於管理基本設施，但真正發生勞安事故都不是這些基本設施造成的，定期檢查才最為重要。

關鍵字：結構方程模式、營建安全管理、小型營造廠

數位科技於營建職業安全管理之應用

古語嫻^{1*}、陳維東²

¹ 國立雲林科技大學營建工程系，研究生

² 國立雲林科技大學工程科技研究所/營建工程系，特聘教授

* vivi5305240@gmail.com

近年來數位科技發展快速，被應用在各種領域的成效顯著，其於營造業職業安全管理亦展現了極大潛力。惟相關研究仍欠缺具體的成效分析，遑論從工程施行角度探究其具體落實之效益。本研究探討數位科技於我國營造業職業安全管理之發展趨勢，透過分析法令的演變，釐清職業安全衛生領域的政策發展。其次，以某金安獎獲獎工程為研究對象，探討台灣營造工程導入數位科技的實務做法，並訪談五個金安獎獲獎工程專案成員，以梳理出營造業職業安全衛生管理的應用效益，進而提出建議以供未來營造工程運用數位科技之參酌。

關鍵字：營建安全管理、數位科技、工地管理、工程案例

社會住宅 PCM 在基本設計審查階段之學生需求特性研究

吳祐欣^{1*}、張智元²

¹ 逢甲大學土木工程學系，大學生

² 逢甲大學土木工程學系，教授

* yosin0226@gmail.com

社會住宅是近年來國家政策工程項目中重要的一環，本研究旨在探討社會住宅 PCM(Professional Construction Management)對大學生入住之誘因及需求，藉以提供 PCM 在先期規劃作業或統包工程案設計審查時，得以對大學生的需求特性稍獲認知或掌握。研究對象為中部地區逢甲大學日間部，以及夜間在職進修部的學生為調查範圍，共回收 366 份有效問卷。問卷內容包括基本資料、社宅認知、硬體需求因素與軟體需求因素，整體 Cronbach's α 值為 0.838，KMO 則值為 0.815，其信效度頗佳。

研究結果發現，受調者有 65.3 % 具備租屋經驗，目前 51.6 % 處於租屋中狀態，學校宿舍供應量仍顯不足，大學生須向傳統窳陋租屋環境妥協，社會住宅的規劃在環境與租金皆比市場租屋現況具備優勢，受調者也有 50 % 有意願入住社會住宅(李克特五點量表得分數 4 分以上)。硬體環境中獨立衛浴洗曬衣、機車位與公消安合格是最在意的部分，是否有公共閱讀與討論空間反而不在意；軟體環境部分則在意是否有明確生活公約、不用追垃圾車、水電合理計價、免費網路等項目；能否養寵物、代收包裹、有人力保全或與開放他人同住則未明顯在意。

關鍵字：社會住宅、基本設計、PCM、大學生、先期規劃

利用時間序列分析技術輔助品質成本推估模式建立之研究

馮天揚^{1*}、王翰翔²

¹ 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，研究生

² 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，副教授

* yang201507@gmail.com

品質成本是指與品質相關活動的總成本，是衡量品質管理績效的一項重要指標，儘管有許多研究文獻強調了營建工程專案中品質成本的重要性，但國內卻鮮有文獻探討品質成本模型於營建工程中的相關應用。而品質成本之歷史資料多具備時間序列資料之特性，然而過往之研究受限於研究方法，僅能呈現已經發生之品質事實，無法詮釋具時序特性之成本資料背後所蘊含之意義。因此本研究旨在建立以時間序列分析技術輔助之品質成本估算方法，並透過蒐集國內外時間序列之文獻、選擇適當的時間序列模型等方法來建立品質成本推估模型，同時以前置研究所採用之柔性鋪面工程案例品質成本資料進行實際案例分析。研究結果顯示，本研究所建立之模型對該案例之預測效能尚可，但其結果不夠穩定，需要後續研究利用其餘時間序列品質成本資料進行驗證並提高模型預測準確度；此外於模型分析過程中輸出之趨勢與季節性之視覺化結果可以讓使用者清楚了解其品質成本走向的變化與各年的季節性變動，透過與先前研究之成果相比，證實了該視覺化結果的正確性，而且對整體走向的呈現與產出效率都優於前置研究之成果。

關鍵字：品質成本、時間序列分析、自迴歸整合移動平均模型、python

以生命週期盤查方法分析土木工程溫室氣體排放

許瀚文^{1*}、黃培荏²、林鎮洋³、邱逸文⁴

^{1,2} 國立臺北科技大學土木與防災研究所，研究生

³ 國立臺北科技大學土木工程系，教授

⁴ California Polytechnic State University Natural Resources Management & Environmental Sciences,
Professor

* ucramhsu@gmail.com

隨著全球對環境保護的關注度日益增加，營建業面臨著日益嚴重的可持續發展挑戰，根據聯合國氣候變化專門委員會 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 所公告，營建業所產生之相關能源消耗量約佔全球 40%。(IPCC), 2023) 因此，為實現建築行業的可持續發展，深入了解建築工程中各個階段的溫室氣體排放特徵並制定有效的減碳策略至關重要。

本研究致力於透過計算工具了解台灣土木工程中不同階段及材料的溫室氣體排放當量。透過國內外文獻整理，彙整國內外對於土木工程材料、運輸與機具的溫室氣體排放係數。透過本計畫所設計之工具運算從設計階段了解土木工程中各階段之材料與施工所產生的溫室氣體排放當量。研究過程中，首先介紹針對國外生命週期盤查應用於工程溫室氣體排放計算，瞭解並評估方法及其使用難易度。而後針對國內所公告現有土木工程材料生命週期盤查之溫室氣體排放當量做整理，包括政府部門所公告之係數及國內研究文獻整理，並了解各項材料的盤查方式與排放當量單位與係數結果。並透過計算工具內的係數切換與國外生命週期盤查數據資料庫之比較，可用於案例分析我國與他國之間對於土木工程透過生命週期盤查方法所產生的排放當量之差異。

關鍵字：生命週期盤查、工程減碳、淨零排放、溫室氣體、工程溫室氣體盤查

基於全景圖像的視因子分析與街景評價指標及方法統整

郭銘晉^{1*}、詹澄潔²

¹ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，副教授

* r11521730@ntu.edu.tw

在臺灣，都市更新因建物老化等因素而成為熱門討論議題。但現行都市規劃鮮少以居民的主觀感受為出發點。此外，目前關於街景幾何形態的研究主要集中在技術性分析，如能源消耗和熱島效應，從居民的景觀偏好角度進行的研究則相對較少。尤其是涉及街道環境的感受和景觀偏好的相關研究在國內相當稀缺，並且缺乏針對三維景觀模擬和參數化的研究。

本研究深入回顧了使用三維建模軟體和全景圖像進行視覺因子分析的方法，並進行了手動驗證以確保其精確性和實用性。研究不僅整合了街景評價的多種方法和項目，也指出當前在臺灣街道實際環境下的研究限制。透過地理資訊系統和Rhino3D等模擬軟體，我們有效利用開源建築資料進行了三維建模和視野分析。此外，本研究的廣泛文獻回顧不僅加深了對街景圖像獲取及其分析的理解，還彙總和評估了街景景觀偏好的多項評價項目，如安全性、美觀性、壓迫感和生動感等，並肯定了虛擬實境技術在提供景觀臨場感和互動性方面的有效性及便利性。這一研究不僅填補了學術與實踐上的空白，也為推動以居民感受為中心的都市規劃提供了參數化的依據和研究方法的建議。

關鍵字：居民主觀感受、街景景觀偏好、三維建模與視覺分析

預鑄構件結構健康監測系統之初步研究-以預鑄樓梯振動感測監控為例

林威丞^{1*}、莊坤諺²、陳俊樹³、曾惠斌⁴

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，碩士生

^{2,3} 國立臺灣大學土木工程學系，博士生

⁴ 國立臺灣大學土木工程學系，教授

*r11521709@ntu.edu.tw

本研究為針對預鑄RC樓梯建立結構健康監測之流程及方法，透過現地案例分別進行微振量測及敲擊測試兩種試驗，並將收集之振動感測資料進行二種分析，一為利用 FFT 快速傅立葉轉換與 FIR 有限脈衝濾波器處理，得到樓梯振動感測之頻譜圖；二為透過 SSI 系統識別法進行模態分析，求得樓梯之自然頻率及阻尼比。

第二階段以有線元素軟體 SAP2000 建置受監測之預鑄 RC 樓梯模型，進行模態分析及地震歷時分析，建立健康狀態的樓梯模型模擬比較基準，並模擬破壞不同構件或端部接合處，觀察記錄其自然頻率變化，比較樓梯破壞狀態與健康狀態下之自然頻率變化之關係。地震歷時分析則得模擬預鑄 RC 樓梯受地震力作用下的破壞機制，找出最可能受力破壞的點位。

針對預鑄RC樓梯的結構健康監測之研究鮮少，而本研究提供了建立適合預鑄樓梯振動感測監控之流程及方法，透過實地量測並經訊號處理得到之自然頻率，與 SAP2000 模擬結果，得以建立健康狀態的樓梯模型模擬比較基準，提供後續學術據以探討精進預鑄 RC 樓梯之結構健康監測的系統性建置。

本研究提供模擬預鑄RC樓梯在不同構件壞損時，比較破壞狀態與健康狀態下之自然頻率變化之關係，並透過地震歷時分析，找出易損傷的樓梯端部接合部件及構件，以評估並增進其結構健康監測用於安全管理之可行性。

關鍵字：預鑄構件、結構健康監測、預鑄鋼筋混凝土樓梯

企業特性對漂綠行為之影響實證：全球性研究

李家淇^{1*}、荷世平²

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系，教授

* R11521715@ntu.edu.tw

近年來，企業社會責任（CSR）的環保聲明成為了公眾辯論的焦點，尤其是企業在揭露與實踐間的不一致現象——ESG 漂綠行為。本研究旨在探討與分析企業特性如何影響其從事漂綠行為，進一步了解企業特性間如何交互作用並在漂綠行為上產生影響。本研究結合文獻回顧、理論架構構建以及計量實證分析法，使用來自全球 2412 家企業 2013 年至 2023 年間的資料，經由縱橫資料集之統計檢定，對漂綠行為的定義、影響因素及相關理論進行了全面梳理與探討。研究發現企業規模、公司年齡、財務限制、獨立董事比例和治理結構密度與漂綠行為呈現顯著負相關，CEO 雙重性則呈現顯著正相關，而企業年齡與企業規模的調節效應揭示了更複雜的反向交互關係，為這一領域的未來研究提供了新的方向。最終，本研究不僅深化了對企業漂綠行為的理解，也為企業治理與環境及社會行為之間關係的進一步探討提供了堅實基礎。透過持續的研究與跨學科合作，期望能提供更多實用見解，協助企業實現社會及環境目標，並為學術界甚至政府政策提供指導。

關鍵字：漂綠、永續 ESG、計量分析、實證研究

外籍移工職業災害統計分析研究

李婉甄¹、蔡依璇²、劉祐綱³、劉國青^{4*}

¹ 臺灣大學環境與職業健康科學研究所，助理教授

^{2,3} 臺灣大學環境與職業健康科學研究所，博士生

⁴ 勞動部勞動及職業安全衛生研究所職業安全研究組，副研究員

* danlie@mail.ilosh.gov.tw

移工勞動安全與職業衛生政策及實務發展，為各國面臨之重要挑戰之一。我國為亞洲地區高收入國家，與歐美各國面臨類似的挑戰；因此，本計畫目標透過職災統計、文獻蒐集國內外對於外籍移工預防職災之措施等，提出相關落實方案，以供相關勞動檢查機構與事業單位參考。從我國勞保職災給付統計結果可看出：1.按職災千人率區分，整體以外籍移工職災千人均率高於本國籍，但有逐年下降趨勢；2.按行業別區分，以給付人次計算本國籍及外國籍職災均集中於製造業，但換算給付千人率後，外籍移工在多個行業別的職災給付千人率高於本國勞工；3.按國籍別區分，職災給付無論其性別、給付類型，皆以越南居多，尤其在傷病給付中，越南之給付人次比例更是其他國家的三倍以上；4.按職災事故原因、國籍別比較，菲律賓籍、泰國籍、越南籍及印尼籍移工之勞保傷病、失能給付均以被夾、被捲占大宗，而給付人次以越南籍最高；傷病、失能給付比率則以印尼籍為主；死亡給付人次同樣以被夾、被捲、越南籍為主，而給付比率則發現各國籍有其主要之事故原因；研究統計結果提供相關預防職業災害對策參考。

Session E1

會議時間：08:30-10:20 主持人：柯千禾教授、馬宏恩博士

Time: 08:30-10:20 Host: Prof. Chien-Ho Ko and Dr. Hew Cameron Merrett

主題：防救災與風險管理&永續營建與智慧城市

Topic: Disaster prevention and risk management & Sustainable construction and smart cities

- **Fire Disaster Preparedness and Building Safety Policy in a Highly Populated City: A Case Study of Lagos, Nigeria**
Joseph Remir Eklou, Han-Hsiang Wang
- **Optimized Wavelet-Enhanced Ensemble Learning Framework for Multi-Horizon Energy Consumption Prediction**
Dani Nugraha Limantono, Jui-Sheng Chou
- **Sustainability and resilience analysis of retrofitted buildings**
Rahma Permata, Szu-Yun Lin
- **A Novel Arctic Tern Optimized Weighted Feature Regression System for Scour Depth Prediction Around Bridge Piers**
Asmare Molla, Jui-Sheng Chou
- **Timely Fall Risk Level Classification for Workers on Construction Sites through Optical-Inspired Hybrid Deep Learning**
Deyla Viola Natalia Soegiono, Min-Yuan Cheng
- **Assessing Regional Sustainability in Thailand: A Comparative Analysis of Environmental, Social, and Economic Indicators**
Chutikarn Prasertsrithong, Cathy C.W. Hung
- **Analyzing Regional CO2 Emissions Embodied in Trade of Indonesia's Construction Activities Using MRIO Approach**
Hansel Henderson Wongso, Cathy C.W. Hung
- **Investigate the influence of different reflection wall material on microclimate**
Shun-Yu Yang, Oi-Man Hip, Anh-Vu Le, Ying-Chieh Chanl
- **Model-driven Carbon Emissions Estimation Framework for Prefabricated and Conventional Building Construction**
Thomas Nguyen, Jacob Lin

Fire Disaster Preparedness and Building Safety Policy in a Highly Populated City: A Case Study of Lagos, Nigeria

Joseph Remir Eklou^{1*}, Han-Hsiang Wang²

¹ PhD Student, Department of Civil Engineering, National Central University, Taoyuan, Taiwan.

² Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Central University, Taoyuan, Taiwan.

*josepheklou1@gmail.com

Disaster preparedness and compliance with building safety policies concerning fire risks are issues generally taken for granted in Lagos State, Nigeria. Occupants of residential buildings in the state are ill-prepared to manage fire risks. These dire situations set the stage for potential injury, death and loss of property in the event of a fire outbreak. This study investigated the influence of building safety policy on fire disaster preparedness in Lagos. A quantitative method using a survey design was employed in this study. Data samples were collected from 145 residents with a proportionate random sampling technique. Statistical approaches such as confirmatory factor analysis and regression were used to analyze the research data. Existing literature show that very little is currently known about the magnitude at which building safety policy affects fire disaster preparedness in the state. Findings from this study aim to fill this knowledge gap and provide insights for effectively managing fire risks in residential buildings.

Keywords: Disaster Preparedness; Building Safety Policy; Urban Fire Disaster

Optimized Wavelet-Enhanced Ensemble Learning Framework for Multi-Horizon Energy Consumption Prediction

Dani Nugraha Limantono^{1*}, Jui-Sheng Chou^{2**}

¹Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

²Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*m11105816@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

Predicting energy consumption across multiple time horizons is crucial for various reasons, including operational planning, maintenance scheduling, environmental sustainability, economic planning, and infrastructure development. Highly accurate forecasts of energy consumption can help plant operators meet these goals. This study introduces a novel hybrid wavelet model that combines artificial intelligence models, wavelet transform, and metaheuristic optimization algorithms to predict energy consumption from an hour to a year ahead. The challenge of forecasting energy consumption time series data lies in addressing trends, noise, non-linearity, and localized fluctuations. To tackle these challenges effectively, wavelet transform is integrated into the model. Ultimately, a bio-inspired metaheuristic algorithm, Jellyfish Search (JS), is employed to optimize the hyperparameters of the proposed model, minimizing prediction error. The remarkable results demonstrate the effectiveness of the wavelet transform and Jellyfish Search algorithms in enhancing the robustness of the learning algorithms. The best-performing models, JS-W-CatBoost and JS-W-LightGBM, outperform other hybrid deep learning models, achieving MAPE values of 0.73%, 5.59%, 7.74%, 7.66%, and 8.05% for forecasts an hour, day, week, month, and year ahead, respectively. This study is the first to develop an optimal hybrid wavelet model by combining wavelet transform and metaheuristic algorithms with artificial intelligence models.

Keywords: Energy Consumption Prediction; Time-Series Deep Learning; Convolutional Neural Network; Wavelet Transform; Metaheuristic Optimization

Sustainability and resilience analysis of retrofitted buildings

Rahma Permata^{1*}, Szu-Yun Lin²

¹Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

²Assistant Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*d11521021@ntu.edu.tw

The seismic vulnerability of aging buildings, especially during earthquakes, poses significant risks that result in substantial financial losses and environmental impacts, contributing to global warming. This study evaluates seismic losses, economic implications, and environmental consequences for retrofitted reinforced concrete structures. Our analysis quantifies seismic losses by utilizing the Performance-Based Seismic Design (PBSD) framework and adopting FEMA P-58 procedures. Retrofit costs are evaluated by examining material quantities and associated activities multiplied by unit prices. Environmental impacts are assessed based on earthquake-induced damage, measured in carbon emissions and embodied carbon. Additionally, the research employs life cycle assessment (LCA) to measure carbon emissions throughout the construction process, encompassing production, construction, and disposal phases, including material manufacturing, transportation, and waste generation. A case study focuses on a three-story reinforced concrete school building and examines retrofit strategies like column expansion and composite columns. The findings suggest retrofitting significantly reduces seismic loss estimation, representing repair cost and repair time. The expenses related to retrofitting depend on material usage; as a result, the cost of composite columns is higher than that of jacketing columns due to the construction of new columns. Moreover, the carbon emissions and embodied carbon released from earthquake-induced damage are higher than those released from construction activities. Overall, this research emphasizes the crucial role of retrofitting in enhancing building resilience to natural disasters, mitigating financial losses, and promoting environmental sustainability. The comprehensive approach provides valuable insights for policymakers, engineers, and stakeholders in formulating effective seismic risk mitigation strategies.

Keywords: Seismic Loss; Sustainability; Resilience; Economic Assessment; Retrofitted Building

A Novel Arctic Tern Optimized Weighted Feature Regression System for Scour Depth Prediction Around Bridge Piers

Asmare Molla^{1*}, Jui-Sheng Chou^{2**}

¹ Ph.D. Candidate, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*d10805805@mail.ntust.edu.tw

**jchou@mail.ntust.edu.tw

This paper introduces a novel Arctic tern optimized (ATO) weighted feature regression system designed to predict scour depth around bridge piers, aiding civil engineers. To enhance performance metrics, the ATO method optimizes all hyperparameters within the weighted feature least squares support vector regression (WFLSSVR) models. Validation of this approach includes a comprehensive assessment through two case studies, which involve analyzing field data and scour depth data at complex pier foundations. The results demonstrate that ATO-WFLSSVR's reliability outperforms other models in key performance metrics. Specifically, for the field data, ATO-WFLSSVR achieves a MAPE of 20.92% and an R-value of 0.9435; for scour depth data at complex pier foundations, it records a MAPE of 6.49% and an R-value of 0.9384. This study contributes to developing an innovative optimization algorithm, the Arctic tern optimizer (ATO), showcases proficiency in solving high-dimensional optimization problems and introduces a user-friendly graphical interface system. This tool is a promising resource for civil engineers to estimate and manage bridge scour depth. Further testing and evaluation of ATO-WFLSSVR across diverse datasets involving more complex scenarios are recommended.

Keywords: Scour Depth at The Bridge; Metaheuristic Algorithm; Artic Tern Optimizer (ATO); Machine Learning; Least Squares Support Vector Regression

Timely Fall Risk Level Classification for Workers on Construction Sites through Optical-Inspired Hybrid Deep Learning

Deyla Viola Natalia Soegiono^{1*}, Min-Yuan Cheng²

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*deylahan@gmail.com

Fall accidents significantly contribute to the fatality rate in construction. Accurately predicting risk level classifications allows for proactive mitigation of these risks, thereby reducing the number of accidents. However, due to the complexity and vast amount of data, conventional methods may be insufficient. Therefore, this study combines the proficiency of NNs with high-dimensional data and the sequential data processing capabilities of GNNs to enhance predictive models for construction falls. Specifically, for this research's objectives, NNs process time-independent variables, while GNNs handle time-dependent variables. To further improve performance, the Optical Microscope Algorithm (OMA) is employed as an optimization process. OMA aims to optimize the hybrid NN-GNN's architecture parameters and output weights.

The proposed model classifies fall risk levels into low risk, medium risk, and high risk on construction sites based on hazardous areas and metabolic heat load severity. The factors contributing to metabolic heat load severity include the worker's physique, heart rate, and Wet Bulb Globe Temperature (WBGT). The classification performance evaluation metrics—accuracy, precision, recall, and F1 score—obtained by the hybrid NN-GNN achieved higher values than its base models, which are the original NN and original GNN, at 91.65%, 91.99%, 91.65%, and 91.61%, respectively. However, employing OMA to optimize the hybrid NN-GNN model improves the performance to a higher level, with an accuracy of 92.98%, precision of 93.17%, recall of 92.98%, and F1 score of 92.96%. These results demonstrate that OMA-NN-GNN outperforms its base models and is reliable for fall risk level detection, thereby reducing fall-related accidents on construction sites.

Keywords: Fall Accidents; Classification; Deep Learning; Graph Neural Network; Optimization

Assessing Regional Sustainability in Thailand: A Comparative Analysis of Environmental, Social, and Economic Indicators

Chutikarn Prasertsrithong¹, Cathy C.W. Hung^{2*},

¹ Bachelor's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Assistant Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*hungcathy@mail.ntust.edu.tw

The urgent actions for sustainable development and a low-carbon economy are needed to tackle environmental degradation and socio-economic impacts due to human activities. Regional disparities, dissimilar economic structures, and local sustainable strategies may lead to different spatial and temporal variability in terms of sustainable development. This study evaluates regional sustainable development across Thailand's diverse contexts from 2012 to 2021, utilizing region-specific indicators and the Entropy Weight Method with decoupling analysis. Through an extensive review, 18 indicators encompassing environmental, economic, and social dimensions are selected to represent regional sustainability performance. The findings revealed a general upward trend in the Sustainable Development Index (SDI) across 5 evaluated regions over the examined period, with significant improvements noted in Bangkok & Vicinity. Yet, the Northern and Southern regions exhibited discontinuous growth due to severe environmental degradation, mainly caused by air pollution. The results implied that regional sustainability performance and decoupling effects are dissimilar, most of the upward trends of regional SDIs were driven by social aspects, but disrupted by environmental impacts.

Keywords: Sustainability Indicators; Thailand; Regional Sustainability Development

Analyzing Regional CO₂ Emissions Embodied in Trade of Indonesia's Construction Activities Using MRIO Approach

Hansel Henderson Wongso^{1*}, Cathy C.W. Hung^{2**}

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Assistant Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*m11005837@mail.ntust.edu.tw

**hungcathy@mail.ntust.edu.tw

Indonesia is a country made up of several island and the trade between islands are intensive, not to mention the international trade. Interregional and international trade in goods and services may lead to additional transportation and emissions, but unavoidable under the era of globalization and industrial cluster. It is essential to analyze the production-based and consumption-based CO₂ emissions for 6 regions under Indonesia in 2016 through multiple-dimension comparisons to get insight into the construction related emissions spatially among major emitters. The findings reveal the construction-related emissions of 6 islands are much greater compared with other sectors mainly driven by the strong final demand. The regional consumption-based CO₂ emissions of construction activities are all greater than production-based CO₂, indicating interregional and international trades are essential to meet the regional construction-related demand. A much larger gap between two principle emissions are found in Java and Papua & Maluku region due to international imported goods and services. Among all emitters of construction emissions, utilities, mining & quarrying, and industrial sectors are responsible for consumption-based emissions.

Keywords: Indonesia; CO₂ emissions Embodied in Trade; Multi-regional input output; Construction sector

Investigate the influence of different reflection wall material on microclimate

Shun-Yu Yang ¹, Oi-Man Hip ², Anh-Vu Le ³, Ying-Chieh Chan^{1,4*}

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Bachelor's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Ph.D.'s Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

⁴ Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*ychan@ntu.edu.tw

Urban Heat Island (UHI) effects in cities have led to the development of various mitigation methods. One such method involves changing the reflective properties of wall materials to reduce the absorption of solar radiation by walls, thereby decreasing the UHI effect. Although materials with different reflective properties have been developed, research on the extent of their impact remains limited. This study conducts Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations to assess the differences in air temperature (AT) and mean radiant temperature (MRT) caused by walls with varying reflective properties and to determine the distance affected by these reflective walls. The results show that high-reflective wall materials increase AT and MRT in street canyons. This is because sidewalks and roads, which have low albedo, absorb the reflected radiation from the walls, thus increasing AT and MRT. The findings suggest that UHI mitigation methods involving increased wall reflection should be complemented with changes in other materials to reduce radiation absorption, ultimately mitigating the UHI effect.

Keywords: Microclimate; ENVI-met; Urban Planning

Model-driven Carbon Emissions Estimation Framework for Prefabricated and Conventional Building Construction

Thomas Nguyen^{1*}, Jacob Lin²

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Assistant Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*nvanthong1999@gmail.com

This paper presents a comprehensive framework for estimating carbon emissions in building construction using conventional cast-in-place and prefabricated methods. Utilizing Building Information Modeling (BIM) for accurate quantity takeoffs, the study aligns construction elements with MasterFormat codes to determine resource requirements and calculates carbon emissions based on a combination of embodied material emissions, process emissions, and transport emissions. The framework was applied to the Civil Engineering Research Building (CERB) at National Taiwan University, and results indicate that while both methods have similar concrete usage, prefabricated construction exhibits higher steel use and diesel consumption, leading to increased carbon emissions. However, it eliminates the need for formwork, reducing emissions in that aspect. This study provides valuable insights for industry stakeholders, highlighting the environmental impacts of different construction methods and supporting informed decision-making towards sustainable building practices.

Session A2

會議時間：11:30-12:30 主持人：潘乃欣教授

Time: 11:30-12:30 Host: Prof. Nai-Hsin Pan

TRACK 2

主題：設計與施工管理

Topic: Plan, design, and construction management

- **Risk management in design phase of Design-Build power plant projects**
Duc Thang Bui, Szu-Yun Lin
- **以數位雙生技術為基礎建構遠端塔吊作業之架構**
石馨宇、馮重偉
- **教學型大樓碳管理功能單元探討**
丁嘉靖、詹澄潔
- **Leveraging Generative AI and BIM to Review MEP Design – A Case Study of Plumbing**
Adrian Rivaldi Kanggara, Chung-Wei Feng
- **A Review of Recent Applications of Value Engineering in Construction Application**
Melati Balla Rantelembang, Marthinus Edward Yordy Danny Foeh and Wei-Tong Chen

Risk management in design phase of Design-Build power plant projects

Duc Thang Bui^{1*}, Szu-Yun Lin²

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Assistant Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*thangbd.vncc@gmail.com

Design risk can greatly affect the success project or otherwise of design-build projects. This study presents the identification of design risk factors in design-build power plant projects and its ranking based on level of impact and level of possibility. A total of 37 design risk factors were identified, reviewed from previous literature researches and from in-depth interviews with experienced construction expertises in Vietnam. A survey questionnaire of level of impact and possibility of design risk using a five-point Likert scale was sent to 150 individuals operating in the construction. This yielded 106 valid responses for data analysis. Exploratory factor analysis showed that these factors could be categorized into six groups: risk of design team lack of capacity and experience, risk of improper design scheme, risk of design team lack of responsibility, risk of inefficient document review and poor cooperation between stakeholders, risk of change and requested by owner, and risk of disagreement and misunderstand by owner. The findings contribute to enhancing Design-Build stakeholders' understanding and awareness of risks during design phase, thereby taking specific design risk management activities to minimize risks and achieve better project results.

Keywords: Exploratory Factor Analysis; Design Risk; Design-Build; Power Plant Projects

以數位雙生技術為基礎建構遠端塔吊作業之架構

石馨宇^{1*}、馮重偉²

¹ 國立成功大學土木工程系，研究生

² 國立成功大學土木工程系，副教授

* N66111374@gs.ncku.edu.tw

本研究旨在設計一個支持遠端操作的數位雙生架構，透過實時監控和映射現地環境變動，有效減少塔吊作業中的事故發生率。首先，研究深入分析了傳統塔吊作業中存在的風險與挑戰，並根據塔吊作業的具體需求，設計了一套操作者介面。這一介面允許操作員在遠端安全地控制塔吊，同時通過數位雙生技術確保操作的高度精確性和實時反應。

本研究選擇了合適的感測器和技術，設計出碰撞檢測和運轉警戒範圍偵測，以提升遠端操作的精確度和實時監控能力。這些技術的整合不僅使操作人員能夠獲得精確的環境模型，還能夠適應不斷變化的工程環境，從而大幅提升作業的安全性和效率。

最終，操作介面的實用性和效果是通過現地塔吊司機的使用和反饋來驗證。透過這些反饋，研究證明了操作人員在無需直接接觸塔吊的情況下，能夠安全有效地完成作業，顯著降低了高風險作業的事故發生。這一研究不僅提供了一種新的操作模式，也為建築行業的安全管理和技術創新開闢了新的可能性。

關鍵字：塔吊作業、虛擬實境、數位雙生

教學型大樓碳管理功能單元探討

丁嘉靖^{1*}、詹滢潔²

¹ 國立台灣大學土木工程學系，研究生

² 國立台灣大學土木工程學系，副教授

* R11521703@g.ntu.edu.tw

近年來由於全球暖化議題，國際標準組織 (ISO) 提出生命週期評估 (Life-cycle assessment, LCA) 評估產品環境因素和影響的相關依據，由於建築產業是高度複雜的且代表著重大的社會責任和資源投資，使得建築業有別於其他工業化產業，對於標準量化生命週期具有相當大的挑戰。在 LCA 中比較兩個或多個不同的產品系統時，功能單元的定義和評估邊界的選擇困難，導致建築業內實施的功能單元 (Functional unit, FU) 有顯著差異，研究透過不同教學大樓碳管理分析找出可能適用的教學型大樓功能單元，及設計相關問卷探討大眾對於教學型大樓功能單元的需求，整合探討與分析教學型大樓 LCA 中適合使用的功能單元狀態，提供教學型大樓的功能單元最佳依據，提出教學型大樓所有 LCA 的功能單元的潛力。

關鍵字：教學型大樓、碳管理、LCA 生命週期評估、FU 功能單元

Leveraging Generative AI and BIM to Review MEP Design – A Case Study of Plumbing

Adrian Rivaldi Kanggara^{1*}, Chung-Wei Feng²

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.

² Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.

*n66117215@gs.ncku.edu.tw

Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) systems are the most complex and tedious scopes aspects in construction. Besides, it is also error-prone due to the large amount of data that will lead to time and cost overrun. While numerous studies have addressed these issues using Building Information Modeling (BIM) and heuristic methods that focused on designing phase, the application of Artificial Intelligence (AI) remains underexplored. In this paper, a generative AI approach was developed to enhance the quality and efficiency of design review. By leveraging the AI ability to extract and analyze textual information and machine learning to identify clash, we propose a streamlined design process. The purpose of this paper is to develop a new approach that combines the ability of generative AI to provide information and BIM to improve and simplify the review process of a design. BIM is used as an application to model, review, and modify the design. A model was developed to demonstrate and prove the effectiveness of generative AI, machine learning, and BIM to improve and simplify the process of reviewing model. The plumbing section which is prone to redesign due to clash is used as a study case. The study aims to provide a new perspective for reviewing model designs, showcasing the potential of combining AI and BIM to solve complex construction problems.

Keywords: Generative AI; MEP; Clash Detection; Plumbing; Autonomous

A Review of Recent Applications of Value Engineering in Construction Application

Melati Balla Rantelembang^{1*}, Marthinus Edward Yordy Danny Foeh², Wei-Tong Chen³

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

² Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

³ Distinguished Professor, Graduate School of Engineering Science and Technology, Department of Civil & Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

*melatimlt@gmail.com

Value Engineering (VE) is a strategic approach aimed at reducing construction costs by eliminating unnecessary design elements. However, VE's focus on cost reduction can overlook performance and quality aspects crucial for sustainability. Additionally, rigid selection criteria and subjective evaluation methods hinder optimal solution identification. Despite its effectiveness in cost savings, VE lacks systematic reuse of knowledge from previous studies, leading to mixed outcomes. This study aims to enhance understanding and development of VE in the construction industry by addressing three objectives: (1) identifying current VE practices, (2) demonstrating VE's applicability, and (3) identifying areas for further development. A systematic literature review of 70 papers from 2009 to 2024, using content analysis, underscores the critical role of the VE Job Plan in providing a structured framework for cost-efficient project execution. The findings reveal VE's extensive applicability in building, transportation, waterworks, industrial, urban park, and public projects. Key themes in VE research, such as performance and impacts, strategy, affecting factors, and application status, highlight cost savings as a primary benefit. The development and utilization of advanced VE tools, including the Original VE approach, VE-KMS, RETRIEVE, and innovative technologies like FAST and Chief-Screen 1.0, significantly enhance project efficiency, effectiveness, and sustainability. This research contributes to the construction industry by offering a comprehensive overview of VE practices and tools, ultimately enhancing project efficiency and reducing costs. It also emphasizes the need for future research to explore new methodologies and approaches to further advance VE practices and address evolving industry challenges.

Keywords: Value Engineering; Construction; Systematic Review

Session B2

會議時間：11:30-12:30 主持人：林建良教授

Time: 11:30-12:30 Host: Prof. Chien-Liang Lin

TRACK 2

主題：營建材料與品質管制

Topic: Construction materials and quality control

- 整合 IPA 分析、80/20 法則及長尾理論探討公共工程雲端系統之改善-地方行政機關角度
楊子俞、曾仁杰
- 應用生成式預訓練轉換器於「施工品質管理標準表」審查自動化之研究
陳懿佐、簡怡慧
- 鋼構廠房安裝問題研究
張婷貽、蔡宗潔
- 考量碳費之低碳高性能混凝土最適經濟性與多目標配比設計之研究
趙希秀、鄭明淵
- 溫拌劑對於轉爐石瀝青混凝土成效性質及製程碳排放分析
曾正吉、黃隆昇

整合 IPA 分析、80/20 法則及長尾理論探討公共工程雲端系統之改善

-地方行政機關角度

楊子俞^{1*}、曾仁杰²

¹ 國立陽明交通大學工學院工程技術與管理組學程，研究生

² 國立陽明交通大學工學院工程技術與管理組學程，教授

* as52369874@gmail.com

公共工程雲端系統前身為公共工程標案管理系統，目的為整合不同機關的填報系統，使承辦人不須因不同補助單位或代辦單位而填報多種系統，但整合其他功能更新為公共雲端系統後，工程項目仍舊與原系統別無二致，有些工程查核的重要項目仍無相關欄位。

本研究以某地方行政機關近 10 年的工程查核紀錄，將重複的優缺點歸納出數項項目因子，並以問卷調查訪問項目重要程度。工程查核的項目為工程施工時的重要項目，而系統則較注重工程發包時招決標的內容，盼能透過問卷調查 IPA 分析釐清各項目於四象限之改善順序，並且運用 80/20 法則篩選上級管考項目，及長尾理論從 80% 中篩選地方行政機關自我管控的項目，決定欄位改善的層級使系統更有效率，供上級機關管考以外亦能在雲端留下重要資訊，以利工程進行及後續案情查詢。

關鍵詞：公共工程雲端系統、80/20 法則、工程查核、IPA 分析、長尾理論

應用生成式預訓練轉換器於「施工品質管理標準表」審查自動化之研究

陳懿佐¹、簡怡慧^{2*}

¹ 國立高雄科技大學營建工程系，副教授

² 國立高雄科技大學營建工程系，碩士生

*F112106108@nkust.edu.tw

本研究提出一個基於生成式預訓練轉換器(GPT)的施工品質管理標準表審查系統，旨在解決當前施工品質管理標準表頻繁出現項目缺漏及內容與規範不符的問題，為施工廠商提供一個預審查施工品質管理標準表的系統，透過自動化的審查，快速辨識與施工規範不符之處，並生成審查報告書，使施工廠商可根據審查報告書的建議，提前進行相應的修改，從而大幅提升規範引用正確性及品質管制系統的有效性。在系統設計上，使用輕量級 Web 應用框架(Python Flask)進行系統介面設計，並通過編寫程式碼連接至 GPT 應用程式介面(API, Application Programming Interface)，當系統接收到用戶上傳的施工品質管理標準表後，能即時辨識文件與施工規範不符之處，並提出具體的修改建議。

為了驗證系統的有效性，以碎石級配工程進行案例研究，結果顯示，系統能夠在短時間內審查用戶上傳的施工品質管理標準表是否符合施工規範，並能自動生成一份審查報告書。因此本研究提供了一種創新的方法，使施工廠商能在正式提交文件前預先了解潛在的問題並進行修改，從而提高文件的品質並降低錯誤與缺失的發生。

關鍵字：施工品質管理標準表、自動化、生成式預訓練轉換器(GPT)

鋼構廠房安裝問題研究

張婷貽^{1*}、蔡宗潔²

¹ 國立雲林科技大學營建工程系，研究生

² 國立雲林科技大學營建工程系，副教授

* tyc66660@gmail.com

在營建工程產業中，鋼結構已被廣泛運用，鋼構其中一大優勢在於興建迅速，但實際施工時卻有許多意料外之問題待解決，因此拖延了工期。

減少問題最有效的方法便是確實執行各工項的品質管理，欲找出管理的重點則需將問題分析歸納。本研究利用故障樹分析(FTA)分析“鋼構廠房安裝構件需要修改”的原因，經由定性分析檢視並完善故障樹模型，接著以台灣某天然氣發電廠裡其中一棟電機鋼結構廠房為案例，套用故障樹分析統計此案例興建過程中各種施工情況，在統計結果中，“製造不良”為出現錯誤的情況裡機率最高的。再使用問卷調查統計各種導致事件出現故障的原因之底事件機率，在各種原因事件中機率最高為“因趕工導致現場施工不良的情況”，統計問卷調查結果，“鋼構廠房安裝構件需要修改”機率高達 0.3925。

本研究希望利用分析方法統計並且比較各種原因的重要性，提供鋼結構產業界參考、留意容易導致錯誤發生的環節，期望未來在鋼結構廠房現場吊裝時更加順利與進步。

關鍵字：鋼結構、廠房安裝、故障樹分析

考量碳費之低碳高性能混凝土最適經濟性與多目標配比設計之研究

趙希秀^{1*}、鄭明淵²

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

*jason01781731@gmail.com

營建業為世界上造成地球暖化的主要產業。其中混凝土又為營建業碳排放量的大宗，因此探討低碳混凝土配比，減少 CO₂ 的排放量以降低營建產業對環境的衝擊，為目前非常重要的課題。

本研究擬結合 Optical Microscope Algorithm (OMA)、Neural Network (NN)與 Bidirection Gated Recurrent (BiGRU)三技術，創新發展一演化式深度機械學習模型 (OMA-NNBiGRU)，目前一般 AI 推論模式均假設案例之屬性為獨立，而 OMA-NNBiGRU 突破以往限制，將獨立與相依屬性資料同時納入考量。本模式結合 NN 與 BiGRU，分別處理 HPC 配比材料中之獨立與時序性資料，再應用 OMA 搜尋 NNBiGRU 模式中之最佳化參數，以有效提升 HPC 抗壓強度預測之準確度。

在滿足抗壓強度需求條件下，應用 OMA-NNBiGRU，結合 OMA 搜尋，求解 HPC 最適配比與成本，包括：(1)最低碳排放量之配比設計與成本(2)不考量碳費之最經濟性配比設計(3)考量碳費之最經濟性配比設計

不同 HPC 配比會產生不同的抗壓強度、CO₂ 排放和成本。這些因素之間存在多目標權衡問題。本研究擬創新發展多目標光學顯微鏡演算法 (MOOMA) 針對符合強度限制之 HPC 配比設計，尋找強度、CO₂ 與成本三者之柏拉圖效率前緣。最後本研究將首度嘗試採用複迴歸分析方法，求得無異曲面來反映設計者之三維決策風險偏好，然後求得柏拉圖效率前緣與無異曲面二者之切點，進而建立按設計者風險偏好之低碳 HPC 最適配比設計模式。

關鍵字：抗壓強度預測、多目標最佳化、光學顯微鏡演算法、柏拉圖效率前緣、無異曲面

溫拌劑對於轉爐石瀝青混凝土成效性質及製程碳排放分析

曾正吉^{1*}、黃隆昇²

¹ 國立高雄科技大學土木工程系，博士班研究生

² 樹德科技大學建築與室內設計研究所，教授

* sheng@stu.edu.tw

轉爐石為煉鋼過程之副產品，以普遍使用於瀝青混凝土現地鋪設，並可提升資源利用價值，且其比重、硬度大、軋製後扁平率低，粒料構架可發揮聚溫及高承載能力，減少拌合熱能之損耗，達到節能減碳的目的。考量成效性質及碳排放量趨勢，本研究設定不同轉爐石添加比例、拌合溫度、溫拌添加劑等試驗參數，探討對於瀝青混凝土成效及碳排放趨勢。研究結果顯示，轉爐石取代比例增加則瀝青混凝土之回彈模數增加，且瀝青混凝土之回彈模數隨溫拌劑使用量增加而增加，顯示溫拌劑可促使瀝青膠泥有效包裹粒料能力。另外，轉爐石取代比例增加，瀝青混凝土之動態潛變值降低，提升瀝青混凝土抵抗疲勞應變。而瀝青混凝土之動態潛變值隨溫拌劑使用量增加而降低，耐久性、長期疲勞穩定性提升。以碳排放量試算分析，材料原料端級製程端碳排放量比較，轉爐石粗粒料可全取代可降低 4.79 kg-CO₂ e/T。傳統 150°C 拌合溫度，添加溫拌劑後，降低拌合溫度至 130°C、100°C，碳排放量分別降低 7.46kg-CO₂ e/T、18.65 kg-CO₂ e/T。然而，綜合考量拌合溫度降低至 130°C，仍可維持轉爐石瀝青混凝土工程性穩定，並且可降低在製程之碳排放量。

關鍵字：轉爐石、拌合溫度、碳排放量

Session C2

會議時間：11:30-12:30 主持人：林楨中博士

Time: 11:30-12:30 Host: Dr. Chen-Chung Lin

TRACK 2

主題：防救災與風險管理

Topic: Disaster prevention and risk management

- 建立室內裝修期間空氣品質連續監測之流程—總揮發性有機化合物、甲醛及懸浮微粒
鍾岳璋、詹澄潔
- 營建場域人員職災行為檢測改善之條件生成式非模態實例分割優化技術
陳琪蓉、周瑞生
- 透過腦電波感測和生理負荷評估營建業墜落職災風險
楊立楷、鄭明淵
- 以電力系統冗餘設計角度提升地震衝擊下之供電可靠度
邱宇辰、楊亦東
- 開發 BIM-based 建築工程風險管理平台之研究
陳則宇、林祐正

建立室內裝修期間空氣品質連續監測之流程— 總揮發性有機化合物、甲醛及懸浮微粒

鍾岳璋^{1*}、詹澄潔²

¹ 國立臺灣大學土木工程所營建工程與管理組，研究生

² 國立臺灣大學土木工程所營建工程與管理組，教授

* r11521717@ntu.edu.tw

隨著現今工業化和都市化的加速發展，傳統的國家安全議題已轉變為全球性的公共健康和環境問題，其中空氣汙染尤其特別嚴重。在台灣，政府於 2011 年制定了室內空氣品質管理法，成為全球第二個通過此類法律的國家，顯示了呼吸乾淨空氣被認為是基本人權的全球趨勢。

然而，往往忽略了室內裝修工程期間可能產生的高濃度污染，裝修後室內的揮發性有機化合物需要數週才能降至安全標準以下，更不用說裝修期間的空氣品質對於從業人員會是一個重大健康風險。因此，本研究旨在透過總揮發性有機化合物、甲醛及懸浮微粒之實地和密閉環境室的連續監測，來識別和減少這些風險，以保護室內裝修從業人員避免受到過度污染的影響。

經過兩個案場的實地測量及密閉環境室實驗，結果顯示特定的工項，如打鑿和油漆，PM2.5、PM10 和 TVOC 的濃度會明顯增加，有時遠超標準值。研究中也比較監測結果與現場從業人員認知上的差異，最後建立了一套簡易視覺化警示系統，能在濃度超標時及時警告施工人員。這項工作的重要性在於，瞭解裝修期間空氣品質的變化並建議採取適當的防護措施，以保護施工人員的健康安全，不僅提升了室內裝修安全性，也增強了公眾對於室內空氣品質重要性的認識，可以推動相關法規和標準的進一步發展。

關鍵字：室內裝修工程、總揮發性有機化合物、懸浮微粒、甲醛、室內空氣品質連續監測

營建場域人員職災行為檢測改善之條件生成式非模態實例分割優化技術

陳琪蓉^{1*}、周瑞生^{2**}

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，講座教授

*m11105113@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

營建工程的龐大量體，帶動許多產業發展，對於民生與經濟有不容小覷的影響力。經官方統計資料發現，施工作業期間的『墜落與滾落』為我國營造業最嚴重之職業災害發生類型，而又基於行為的安全(Behavior-Based Safety, BBS)管理研究顯示，大多數的事故成因皆可歸咎於不安全行為，唯有系統性的警示危險行為，才能減少事故、提升安全績效。現今場域習以監控設備輔助現場管理，若能強化現地施工過程的視覺管理技術，不僅可降低人力管理成本，也有助於減少墜落與滾落的發生。電腦視覺(Computer Vision, CV)係一種利用轉換影像特徵使電腦達成人類交付任務之技術，而隨著電腦運算力的提升帶動 CV 技術的廣泛應用與發展。然營建場域之場景複雜，伴隨人員變動性，對於倚賴影像的 CV 技術帶來些許的限制——即無法類似人眼可依過往經驗以部分物體感知其完整模樣或狀態，以單視角對被遮擋的物體進行透視，稱為非模態感知(Amodal perception)。爰此，當管理者未能親身在場巡視時，透過本研究提出之非模態實例分割(Amodal instance segmentation)技術，可使電腦視覺模擬人類非模態感知能力，達到完整輔助監測人員行動的效用。研究資料集採用 Site Object Detection Dataset 與自行拍攝之現地人員圖像，透過第一階段預處理資料集訓練 YOLOv8 實例分割模型，使其可精確快速的進行檢測與分割現場人員的遮罩，第二階段預處理將第一階段資料集產生的遮罩複製並自動加以遮蔽做為不可見遮罩生成模型的成對訓練資料；(不可見)遮罩生成模型則係以條件生成對抗網路(cGANs)實現，藉由改良模型 Pix2pix，訓練模型預測人像被遮擋的範圍；再利用實例分割模型與遮罩生成模型，生成不可見遮罩，達到非模態實例分割之任務；模型建構過程採用創新的朝聖行走啟發演算法(Pilgrimage Walk Optimization)優化取得訓練模型之超參數，藉以提升預測模型之精度。研究成果為營建場域人員職業災害的實時監控檢測，提供新穎的條件生成式非模態實例分割優化技術，降低影像遮擋對於採用電腦視覺預測工作人員在施工場域的作業安全檢查及防護預警通報的影響，減少墜落與滾落發生頻率。

關鍵字：營建場域高處墜落及滾落風險、電腦視覺、實例分割模型、條件生成對抗網路、非模態實例分割

透過腦電波感測和生理負荷評估營建業墜落職災風險

楊立楷^{1*}、鄭明淵²

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

*dog22829598@gmail.com

營建業長年屬高風險行業，依據勞動部資料顯示，營造業死亡率遠高於其他產業。在勞研所 113 年事故類型統計中，墜落、滾落佔營建業事故的 60.04%，成為主要事故類型。工作位置是墜落事故主因，常發生在屋頂、外牆施工架等位置。再者發生墜落的工項多為高空作業，時常暴露在熱環境下執行作業，勞工生理負荷相對較高。以前工人的心理狀態常被忽視，若是心理狀態不穩定，將會影響工地效率及勞工安全。

本研究針對營建業建築工程建構墜落風險評估模式，藉由區域風險、心理風險、生理風險求得墜落風險值。區域風險：蒐集勞動部歷年營建業墜落事故案例，統計墜落發生位置並歸類為危險區域，再利用建築資訊模型（BIM）識別標記開口位置和評估各位置區域風險等級。心理風險：透過腦波儀蒐集腦電波數據，將數據進行除訊預處理後，使用傅立葉轉換分析，計算重力頻率和功率譜熵，評估工人的心理風險等級。生理風險：使用美國勞動及職業安全衛生研究所及所 NIOSH 開發的熱危害評估模式 RALs/RELS，結合代謝熱與綜合溫度熱指數 WBGT 評估勞工每小時的工作/休息建議排程。最後使用心率感測器測量心率，並依據 Malchaire J 的代謝熱評估模式轉換為代謝熱，從而評估生理風險等級。本研究將區域風險、心理風險、生理風險建構墜落風險評估模式，即時評估勞工墜落風險等級，以利實施風險處置，降低墜落事故的發生。

關鍵字：墜落事故、危險區域、熱壓力、腦電圖、風險評估

以電力系統冗餘設計角度提升地震衝擊下之供電可靠度

邱宇辰^{1*}、楊亦東²

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，碩士生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

*M11105101@mail.ntust.edu.tw

地震災害可能對電力系統造成嚴重衝擊，隨著社會愈發仰賴電力，災後能否持續穩定供電將影響民眾基本生活，以及災害期間的緊急應變、救援工作。過去針對電力系統地震工程的研究，多針對電力設備與電力廠站的耐震能力為出發點；至於電力運行安全性的研究，則更重視電網面對突發事故的容錯能力。然而礙於地震工程與電力領域各有其專業性，過去少有同時考量電網耐震性與容錯能力的研究。故本研究希望結合兩者特性，藉由輸電設施裝置量能的擴充，提升整體電力系統對於地震衝擊的韌性，維持穩定供電的能力。首先利用地震參數與易損性曲線模擬震後電網的受損情形，再以電力潮流分析法計算電流重分配狀態，並評估何處設施出現電力超載。接著應用粒子群最佳化演算法(PSO)，尋找在滿足一定可靠度的條件下，總擴充容量最低的輸變電裝置擴充策略。研究案例針對大臺北地區 161kV 以上輸電系統，在山腳斷層發生規模 6.5 級的地震情境下進行模擬與最佳化擴充。結果顯示本研究所提出的分析模型與擴充策略，確實可幫助提升電力系統應對致災性地震的容錯能力與可靠度，提供決策者制定未來電力系統防震措施的參考。

關鍵字：電力系統、地震防範、供電可靠度、輸電擴充規劃、粒子群演算法

開發 BIM-based 建築工程風險管理平台之研究

陳則宇^{1*}、林祐正²

¹ 國立臺北科技大學 土木防災所營建管理組碩士班，研究生

² 國立臺北科技大學土木工程系，教授

* t109340107@ntut.org.tw

營建施工階段為期長達數年，如何有效率的對發生之風險做即時且整體性的管理一直是營建業的難題。實務上常以風險評估表及計劃書評估並擬定風險策略，並利用 LINE 等通訊軟體即時溝通或是紀錄施工現場照片，此外，許多工程會導入專案管理軟體，以文字、照片方式整合資訊以進行風險管理。然而上述做法對於風險位置的呈現常不夠直觀，未親臨現場的專案管理者難以快速理解具體情況，對於風險追蹤、溝通協作及資訊傳遞等方面存在侷限性。

本研究以建築資訊模型（Building Information Modeling, BIM）做延伸，建置風險資訊管理平台，以 BIM 模型顏色呈現風險階段，將風險事件化並賦予風險階段值以做獨立管理。為工程專案提供一個風險可視化管理方式，將追蹤控制的過程資訊化且以 3D 呈現，同時引入留言功能，作為審核及溝通機制。讓現場工程師及專案管理者能以留言方式雙向聯繫，透過平台追蹤並更新風險現況。本研究提出以 BIM 模型介面代替現今文字導向之風險管理方法，做為跨部門之間的協作工具。將風險紀錄、風險協作、風險控制、風險追蹤等過程整合至系統中，增加不同介面間風險管理協作的容易度，協助營造廠提升項目風險管理效率，優化協作及資訊傳遞效率，使風險管理變得更直觀且簡潔。

關鍵字：建築資訊模型、風險管理、資訊平台

Session D2

會議時間：11:30-12:30 主持人：王裕仁教授

Time: 11:30-12:30 Host: Prof. Yu-Ren Wang

TRACK 2

主題：工程法律與爭議處理

Topic: Construction laws and dispute resolution

- 以國外數量計算規則探討我國工程履約爭議中關於數量爭訟之研究-以土方工
項為例
王敬堯、楊亦東
- 營建工程工作物先行使用權責歸屬之研究
季翔渝、謝定亞
- 因疫情管制措施致影響施工生產力之研究
孫尚廷、謝定亞
- 營造業施工圖製作分工現況與其衍生爭議之探討
李承珏、黃忠發
- 公共工程履約爭議項目探索之研究-以變更設計為例
許喬茹、曾惠斌

以國外數量計算規則探討我國工程履約爭議中關於數量爭訟之研究

-以土方工項為例

王敬堯^{1*}楊亦東²

¹ 國立台灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

*wyaowang@gmail.com

本研究旨在以英國建築工程標準量計算方法(SMM7 1998)，中國《建設工程工程量清單計價規範》(GB 50500-2013)為研究方法論，檢討國內相關案例，參照英國、中國數量計算規則，試圖解決我國土方工程爭議項目中，關於漏項、數量短缺爭議。本研究發現，由於國內目前欠缺數量計算規則，設計圖規範說明不詳盡、詳細價目表、單價分析表中就施工順序、工項未明訂下，致生爭議，適用數量計算規則，有降低爭議的可能，本研究實證說明，建立數量計算規則於降低爭訟的環節上，係有正面效果。

關鍵字：爭議、估價、數量計算、調解、訴訟、仲裁

營建工程工作物先行使用權責歸屬之研究

季翔渝^{1*}、謝定亞²

¹ 國立中央大學營建管理研究所，研究生

² 國立中央大學營建管理研究所，教授

*shawncchi891026@gmail.com

在現行實務狀況下，工程案件須經過竣工、驗收、交付三個主要流程，定作人方能依此取得工作物使用之權利，然為因應定作人使用之需求，如：政策需求、協調其他廠商工程施作。定作人在一定情況下，仍然能保有未完成驗收卻先行使用或部分驗收使用之權利。參照政府採購法、政府採購法施行細則、工程契約範本中，皆有在驗收的項目之中提及如需先行使用，應先經過部分驗收或完全驗收，業主才能夠取得定作物的部分或全部使用權利，但相關條文中並未有細節性的規定，且有時會發生雙方並未事前約定之狀況，現階段對此種情況之處理，除了訴訟外，沒有其他更為便捷的處理流程，但由於先行使用而衍生出關於危險責任、權利義務、保險關係等問題，有時又具有緊急性，訴訟途徑不但曠日廢時，也會耗費大量司法資源，故本研究欲透過司法案例判決、現行實務觀點及專家訪談之方式，期能尋找出關於先行使用的固定處理流程或責任歸屬，作為日後訂立相關法規之依據。

關鍵字：瑕疵爭議、危險責任歸屬、先行使用

因疫情管制措施致影響施工生產力之研究

孫尚廷^{1*}、謝定亞²

¹ 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，研究生

² 國立中央大學土木工程學系，教授

* suntung10322@gmail.com

當前全球新型冠狀病毒疫情已對營建業產生了廣泛而深遠的影響，為控制病毒的傳播，各國紛紛實施了疫情管制措施之政策。本研究旨在探討這一特殊情況下，疫情管制措施對營建業施工工人生產力的影響，並進一步觀察疫情對施工人員出工率以及生產效率的影響。通過問卷調查以及專家訪談，確定生產力效率的差異以及提出檢討現有公共工程疫情工期展延補救措施的合理性，對疫情管制對生產力效率的影響完成有系統性的評估。基於這些發現，本研究根據分析成果，檢討現有公共工程疫情工期展延補救措施的合理性以解決由疫情影響下對工程進度的影響。在補償標準的制定中，確保施工項目的合理進行並減少相關成本損失。綜合上述，本研究提供了有關在疫情背景下疫情管制措施影響施工生產效率的實際數據，並提出了可能之解決方案以應對相關挑戰，有助於政府機關和相關機構制定出更有針對性的政策和標準。

關鍵字：新冠疫情、生產力、施工效率

營造業施工圖製作分工現況與其衍生爭議之探討

李承珏^{1*}、黃忠發²

¹ 國立高雄科技大學土木工程系，研究生

² 國立高雄科技大學土木工程系，教授

*F111141106@nkust.edu.tw

施工圖乃營造廠依據細部設計圖說後用於現場施工之依據，工地現場常見因介面整合不當而發生爭議或衍生損害，原因之一為施工圖之製作分工或審查過程權利義務不清，致引發爭端。藉由相關文獻及從業人員之訪談，以深入了解產業分工現況與潛在問題，並針對營造業、設計監造兩類對象進行問卷調查，研究主要發現：

- 1、營造端對於清圖之細緻度及整合圖說之能力，為製作嚴謹且完整施工圖說之基本要素。
- 2、根據調查顯示，營造端及設計監造端對施工圖之審查方式，整體而言，大致重點審查之比例皆高於仔細實質審查，審查之落實有待強化改善。
- 3、在研究樣本中有 41.3% 受測者曾遭遇過施工圖衝突衍生之爭議，而營造業受測者更是高達 50 % 曾發生過此類衝突。
- 4、當施工圖衍生爭議，其中 64.9% 可藉由變更設計解決；而若產生損害賠償，則多數由營造業(40.9%)或分包廠商負擔(25.3%)為主，甚少(3.9%)懲罰設計監造單位。

關鍵字：施工圖、工地現場施工製造圖、施工圖製作、爭議處理

公共工程履約爭議項目探索之研究-以變更設計為例

許喬茹^{1*}、曾惠斌²

¹ 國立臺灣大學土木工程學系營建與工程管理組，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系，教授

* inahsu1225@gmail.com

工程履約過程中隱含著眾多不確定因素及風險，當這些不確定因素及風險發生時，若所涉及範圍廣大且影響金額甚高時，則機關與承包商便不易達成共識，此時爭議便會發生。自司法院法學資料檢索系統及七法法學資料庫收集資料，設定109/01/01-112/12/31為資料期限，並且以高等法院(包含臺中、臺南、高雄、花蓮分院)為審理訴訟之範圍。

透過、文獻資料歸納整理，及蒐集之資料分析後共得 180 件，以施工階段所產生的變更設計爭議最多，並且以不同屬性加以分析討論，初步獲得以中央機關發生訴訟之比例最高；建築工程之工程屬性比例最高；建築本體之工程類型比例最高；發包金額上可依不同地區、不同機關，有明顯的工程規模大小差異。

就以變更設計之案由統計，超過 85%之訴求為給付工程款，多數為因變更設計造成業主不給付工程款項，或因工期展延而造成廠商遭扣罰逾期違約金。而變更設計之理由則以項目或數量調整為比例最高，其次為設計錯誤及工法改變。

本研究提出歸納後之討論，期望藉此供乙方可參考承攬風險因素，亦可提供給甲方注意工程執行中與廠商發生爭議之來源，進而提早做好相對應之準備，以增加工程造價之精準度、工期給付之彈性及降低訴訟之風險。

關鍵字：公共工程、履約爭議、變更設計

Session E2

會議時間：11:30-12:30 主持人：曾惠斌教授

Time: 11:30-12:30 Host: Prof. Hui-Ping Tserng

主題：工程進度與成本管理

Topic: Project schedule and cost management

- **Pilgrimage Walk Optimization Inspired by Taiwanese Matsu Custom for Bridge Deterioration Segmentation**
Chi-Yun Liu, Jui-Sheng Chou
- **Significant factors affecting cost overruns in Infrastructure projects in Industrial parks in Vietnam**
Mai Thi My Duyen, Lun-Wang Wu and Hui-Ping Tserng
- **Predicted Construction Cost-Time Tradeoff Using Optimized Hybrid Deep Learning for Risk Preference Decision**
Billy Adhi Poetra, Min-Yuan Cheng and Moh Nur Sholeh
- **Combining Neural Network and BIM for Material Cost Estimation: A Case Study**
Wei-Yi Hsu, Ren-Shiang Lee, Guan-Yong Xiong, Hoi-Lam Lou, Wei-Yi Quan, Yun-Tsui Chang and Shang-Hsien Hsieh
- **A Forward-Looking Analysis of Research Trends in Earned Value Management (EVM)**
Muhammad Mubasher, Wei-Tong Chen and Melati Balla Rantelembang

Pilgrimage Walk Optimization Inspired by Taiwanese Matsu Custom for Bridge Deterioration Segmentation

Chi-Yun Liu^{1*} and Jui-Sheng Chou^{2**}

¹ Postdoctoral Research Fellow, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*d10905002@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

Recent studies have highlighted a strong correlation between the increasing frequency of global bridge failures and structural decay. This paper introduces the innovative Pilgrimage Walk Optimization (PWO) algorithm inspired by the Matsu pilgrimage tradition of Taiwan. The PWO algorithm's search behavior mimics the movements of devotees following Matsu's palanquin, incorporating elements of traditional ceremonies such as divination block casting, pilgrimages, and leisure activities. Comparative tests reveal that the PWO algorithm significantly outperforms traditional metaheuristic algorithms across various multidimensional benchmark tests. Additionally, it has been effectively applied to the image segmentation of bridge deterioration detected by drones. The PWO algorithm addresses critical engineering challenges, particularly in big data and edge computing environments, providing an economical, robust, and innovative solution for complex engineering problems.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle; Bridge Inspection; Soft Computing; Machine Learning; Image Segmentation

Significant factors affecting cost overruns in Infrastructure projects in Industrial parks in Vietnam

Mai Thi My Duyen^{1*}, Lun-Wang Wu², Hui-Ping Tserng³

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Doctoral candidate, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
*R11521737@ntu.edu.tw

In investment projects, cost overruns are regarded as an obvious sign of project failure. With the use of the Relative Important Index (RII), the objective of this research is to identify the significant factors that contribute to cost overruns in infrastructure projects in Vietnam's industrial parks, then and rank them based on the Relative Important Index (RII). Through literature review and in-depth interviews with Vietnamese experts, there are 39 factors identified and categorized into nine groups. The author developed a 5-point Likert scale questionnaire to assess the impact level of these factors through. A total of 50 respondents was collected from individuals who were working directly on Infrastructure projects in Industrial parks in Vietnam. A list of significant factors in each group affecting cost overruns in Infrastructure projects in Industrial parks in Vietnam was identified. The findings bring valuable insights into the key challenges facing the Vietnam construction industry project management. Based on these factors, stakeholders could have a deep understanding of factors and therefore, identify potential cost waste issues early and take targeted action to address them in industrial parks' infrastructure projects.

Keywords: Cost Overruns; Infrastructure Projects; Industrial Parks; Factors; Vietnam

Predicted Construction Cost-Time Tradeoff Using Optimized Hybrid Deep Learning for Risk Preference Decision

Billy Adhi Poetra^{1*}, Min-Yuan Cheng², Moh Nur Sholeh³

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

³ Doctoral's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*mohnursholeh@gmail.com

The construction industry has consistently aimed for successful projects that meet their goals within designated cost and time constraints. Earned value management (EVM) is a widely used method to control project performance by forecasting the cost and time to completion (ECAC & ESAC). While previous studies have used machine learning techniques to calculate ECAC and ESAC, these efforts have been hindered by a lack of optimization and the limitations of single-objective approaches. To address this, a new prediction model called OMA-NN-BiLSTM is proposed, utilizing the optimization model of the optical microscope algorithm (OMA) and bidirectional methods. Given the conflicting nature and interdependencies between cost and time, they are treated as a tradeoff problem. A multi-objective optical microscope algorithm (MOOMA) is developed to generate a Pareto curve, illustrating the tradeoff values between cost and time. Decision-makers' preferences are represented by indifference curves, which are determined using a triangular preference function. The tradeoff results are then analyzed to calculate ECAC and ESAC, based on the tangent point between the Pareto curve and the indifference curve. For the selected project case period, the optimal tradeoff indicates that in the 4th period of the project, it is forecasted to be completed in 574 days with an estimated cost of approximately \$2,332,958.70.

Keywords: Cost-Time Tradeoff; Earned Value Management; Risk Decision

Combining Neural Network and BIM for Material Cost Estimation: A Case Study

Wei-Yi Hsu^{1*}, Ren-Shiang Lee², Guan-Yong Xiong³, Hoi-Lam Lou⁴, Wei-Yi Quan⁵, Yun-Tsui Chang⁶, Shang-Hsien Hsieh⁷

^{1,3-5} Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

^{2,6} Ph.D's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

⁷ Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
*r12521610@ntu.edu.tw

This study highlights the importance of the construction cost index (CCI) and the significance of accurate price forecasting in the construction industry. Our proposed approach leverages both Long Short-Term Memory (LSTM) and Transformer models, which are adept at capturing complex patterns and trends in time-series data. By analyzing historical price data of construction materials, these models forecast future price movements with high accuracy. Combining these advanced neural network models with Building Information Modeling (BIM) better manages construction costs and mitigates financial risks posed by price fluctuation. The effectiveness of our approach is preliminarily validated through actual project data, demonstrating its potential to enhance financial planning and risk management in construction projects.

Keywords: Neural Networks; Cost Estimation; Construction Cost Index; Quantity Take-Off; Building Information Modeling

A Forward-Looking Analysis of Research Trends in Earned Value Management (EVM)

Muhammad Mubasher^{1*}, Wei-Tong Chen², Melati Balla Rantelembang³

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

² Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

³ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

*mubasher0033@gmail.com

Earned Value Management (EVM) is an essential project management technique that integrates scope, time, and cost to evaluate project performance. This study reviews 85 articles from 2013 to 2023 to identify key research themes, project types, and sizes in EVM studies. The primary themes identified are EVM Models and Methodologies, EVM Data Management and Integration, EVM Risk and Quality Management, and EVM Specialized Applications. Among these, specialized applications of EVM dominate, constituting 48% of the articles, underscoring its diverse applicability across construction projects. EVM Models and Methodologies account for 39%, highlighting continuous development efforts. However, EVM Data Management and Integration and EVM Risk and Quality Management are less explored, revealing gaps in the literature. The study also categorizes projects into buildings, infrastructural, and industrial types, and classifies them by size: small projects (below USD 10 million) and large projects (USD 10-100 million, with some exceeding USD 1000 million). The analysis shows an increasing research focus on large projects, driven by benefits like budget reductions and legislative mandates in countries such as Malaysia and South Korea. This study emphasizes the need for further research in data management and risk and quality management to enhance EVM's applicability. The findings provide a roadmap for future research, aiming to address current gaps and explore new opportunities in EVM practices across diverse construction environments. This study's results are valuable for researchers, practitioners, and policymakers seeking to improve EVM implementation and effectiveness, offering insights into the evolving trends and focus areas in EVM research over the past decade.

Keywords: Earned Value Management; Cost Control; Project Management

Session A3

會議時間：13:30-14:55 主持人：謝孟勳教授

Time: 13:30-14:55 Host: Prof. Ma-Chine Hsie

主題：營建資訊科技

Topic: Information technology in construction

- 以人工智慧生成施工抽查紀錄表之研究
陳懿佐、戴郁芸
- 應用卷機神經網路(CNN)與生成式預訓練轉換器(GPT)技術以自動化 BIM 衝突檢討之研究
陳懿佐、邱泓洧
- 應用生成式預訓練轉換器於施工會議紀錄之文字挖掘與界面問題識別
陳懿佐、謝逸聰
- **Stacking Ensemble Technique for Building Damage Assessment**
Shao-Ming Lu, Szu-Yun Lin and Fang-Jung Tsai
- **Utilizing Centralized Multi-agent Ground Robot System for Point Cloud Data Capture in Construction**
Ricardo Hogan, Jacob J. Lin
- 以深度學習法彙整建築資訊模型進行能源預測
曾鎰錚、王如觀、周建成
- **Optimizing Post-Earthquake Building Recovery Management: A Synergistic Approach Using BIM, Computer Vision, and GIS**
Adrianto Oktavianus, Po-Han Chen, Jacob J. Lin and Luh-Man Chang

以人工智慧生成施工抽查紀錄表之研究

陳懿佐¹、戴郁芸^{2*}

¹ 國立高雄科技大學營建工程系，副教授

² 國立高雄科技大學營建工程系，研究生

*F112106107@nkust.edu.tw

營建業專案具有高度獨特性，不同工程使用的施工規範、工程材料及設計標準圖說皆會有不同程度上差異，因此監造單位需依據施工規範、圖說來重新檢討施工抽查標準及制訂施工抽查紀錄表。依據 111 年行政院公共工程委員會施工查核紀錄常見缺失態樣統計，「抽查標準」與「施工規範」不符之缺失比率達 36%(公共工程委員會,2022)，此現象凸顯了改進現行抽查流程的迫切需求。本研究以人工智慧生成施工抽查紀錄表，並以「鋼筋」分項工程為例。首先，在 OpenAI 平台中建立應用程式介面(API, Application Programming Interface)，並將施工規範上傳至該 API 中，以快速檢索最新規範內容，產生「定性」部分的抽查標準；其次，將設計圖說及規範的定量檢查標準轉換為數據儲存於定量查驗標準資料庫，利用 SQL Command 撰寫條件式提取數據，產生「定量」部分的抽查內容。將定性與定量程式碼整合，生成符合契約格式的抽查紀錄表，不僅提升資料處理效率，也確保紀錄表內容的準確性，達到優化工作、減少人為錯誤與提高營建專案管理之效率。

關鍵字：人工智慧、資料庫查詢語言、施工抽查紀錄表

應用卷機神經網路(CNN)與生成式預訓練轉換器(GPT)

技術以自動化 BIM 衝突檢討之研究

陳懿佐^{1*}、邱泓洧^{2**}

¹ 國立高雄科技大學營建工程系，副教授

² 國立高雄科技大學營建工程系，研究生

*Cyt108@nkust.edu.tw.edu.tw

**F111106106@nkust.edu.tw

在建築資訊模型（BIM）領域中，衝突檢測是核心步驟之一，用於確保設計圖的正確性。然而，BIM 軟體在衝突檢測過程中常產生大量無效衝突影像，導致確認和報告的生成過程既耗時又易出錯。本研究針對此問題提出了一種結合深度學習和自然語言處理的自動化策略。通過對五個實際專案的衝突影像進行分析，本研究利用卷積神經網路（CNN）自動對衝突影像進行分類，並按嚴重性進行等級劃分，將衝突類型分為十個類別，嚴重性分為四個級別。此外，本研究運用經微調的 OpenAI GPT-3.5 Turbo 模型生成解決方案建議，提供具體的解決策略和步驟。此自動化方法顯著提高了衝突檢測效率，幫助 BIM 工程師迅速修正模型並生成實用的衝突解決建議，從而提升了工作效率。

關鍵字：BIM 衝突檢討、卷積神經網路(CNN)、生成式預訓練轉換器(GPT)

應用生成式預訓練轉換器於施工會議紀錄之文字挖掘與界面問題識別

陳懿佐¹、謝逸聰^{2*}

¹ 國立高雄科技大學營建工程系，副教授

² 國立高雄科技大學營建工程系，碩士生

*F112106119@nkust.edu.tw

在營建施工管理的過程中，積累了大量的文本數據，記錄了工程專案出現的各種問題及細節，如能有效利用，可以作為知識獲取的寶貴資源，進而從中汲取出預防和改善的方法，本研究旨在透過應用生成式預訓練轉換器（GPT）於會議紀錄進行文字挖掘，以提升紀錄中界面問題的識別，並呈現界面問題的分析結果。在過去，人工分析文本對於研究人員來說是一項耗時且耗費精力的任務(Zheng Ma et al,2024)。學者們目前正在努力將自然語言處理(NLP)技術納入營建業，如:專案文檔的檢索技術、相關資訊的提取方式等(Wu,2022)。

故本研究首次將工程界面管理議題與文字挖掘技術做結合，透過 GPT 提取資訊並調用 OpenAI 的 API,(Application Programming Interface)，這種自動化方法可以顯著減少人力和時間成本，並提高營建數據挖掘的效率 (Zhang,2024)。過程中對會議記錄進行文字挖掘與分析，並與領域專家及顧問合作，確立了一套施工界面相關的關鍵詞及問題分類，以保證分析的專業性和準確性。通過開發的 GPT Assistant 工具，實現了對會議記錄中案由說明的自動化解析，簡化數據處理流程，同時提升數據的可讀性，有效降低了人工解讀錯誤的風險。自動生成的界面問題詳細表識別出了界面問題的分類與相互影響的界面單位，使管理者能獲得簡潔易懂的分析結果(Zheng Ma et al,2024)，有助於提升工程界面管理的效益。

關鍵字：界面管理、文字挖掘、自動化、生成式預訓練轉換器應用

Stacking Ensemble Technique for Building Damage Assessment

Shao-Ming Lu^{1*}, Szu-Yun Lin², Fang-Jung Tsai³

¹ Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Assistant Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Research Assistant, NCREE-NTUCE Joint Artificial Intelligence Research Center, Taipei, Taiwan.

*d12521003@ntu.edu.tw

This study delves into various methodologies aimed at refining the classification of building damage utilizing UAV (Unmanned Aerial Vehicle) imagery and machine learning techniques. With YOLO, MobileNet, and VGG serving as the foundational models, the research focuses on implementing meta learners to rectify classification inaccuracies and bolster model precision. We investigated the application of meta learners with Random Forest on the ISBDA dataset. While achieving moderate performance, a decline in mAP scores was observed when trained and evaluated across different regions within the ISBDA dataset, emphasizing the significance of encompassing diverse and adaptable training data. In summary, this investigation underscores the pivotal role of data diversity and advanced machine learning techniques in refining the accuracy of damage classification. It also underscores the necessity of striking a balance between enhancing model performance through additional data and preserving computational efficiency. These findings pave the way for promising avenues of advancement in the realm of building damage classification employing machine learning.

Keywords: Building Damage Assessment; Ensemble Stacking; Meta Learner; Machine Learning; UAV Imagery

Utilizing Centralized Multi-agent Ground Robot System for Point Cloud Data Capture in Construction

Ricardo Hogan^{1*}, Jacob J. Lin²

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering Construction Engineering and Management Division, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Professor, Department of Civil Engineering Construction Engineering and Management Division, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*r11521719@ntu.edu.tw

In the modern construction industry, point cloud data is important for construction progress monitoring and quality control. Traditionally, it is collected by workers using laser scanners, which is resource-intensive, time-consuming, and unsafe. To address these issues, robots are being deployed for automated point cloud data collection. However, current applications are often limited to single robots and suffer from inefficient coordination as projects scale up. This research proposes a centralized multi-agent ground robot system that utilizes the Multi-Agent SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) algorithm. This algorithm allows multiple robots to share data and knowledge simultaneously, resulting in efficient and effective point cloud data capture. In this system, several ground robots are deployed to gather point cloud data, which is initially refined by a single robot front end before being transmitted to a central server. At the server, the multi-robot back end performs loop closure calculations between the robots and optimizes the multi-robot pose graph. Experimental results show that the proposed framework reduces point cloud generation time by 30% compared to single robot systems. This finding demonstrates that the use of robotic technology can significantly improve data collection processes on construction sites.

Keywords: Point Cloud Data Capture; Multi-Agent Ground Robots; Centralized SLAM; On-Site Data Collection; Smart Automated Construction Monitoring

以深度學習法彙整建築資訊模型進行能源預測

曾鎡錚¹、王如觀²、周建成^{3*}

¹ 國立中央大學土木所防災與資訊應用組，研究生

² 國立中央大學土木所防災與資訊應用組，博士後研究員

³ 國立中央大學土木所防災與資訊應用組，教授

* ncucvit@gmail.com

隨著科技發展迅速，許多大型企業投入智能家電開發，人工家電普及應用於住家生活，常見的像是應用 IoT 物聯網技術，採用遠端感測器連接網路方式遙控智能家電，讓使用者不必回到家也可以即時啟用家電運作，省去不少等候的時間。但這些科技所帶來的便利，卻也間接導致居家用電量上升的問題。

近年來，台灣電力缺乏的狀況頻繁出現，為了因應全球能源危機，世界各地開始著手研究使用 AI 人工智慧分析，進行能源預測及用戶行為分析，利用精準預測各項能耗結果，提供社會優質、舒適又安全的生活環境。

本研究探討新北市一般住家大樓用電調查，並且以智慧電表的數據進行能源預測分析，應用 TensorFlow 深度學習軟體進行模型訓練，將建築資訊模型等環境因素與人為因素納入考量，對比過往歷史用電數據，期望可以更有效掌握家戶用電走向，藉由模擬日常家電用電行為，計算可能產生用電量，最終目的是期望減少能源消耗，達成永續環境。

關鍵字：深度學習、建築資訊模型、能源數據預測

Optimizing Post-Earthquake Building Recovery Management: A Synergistic Approach Using BIM, Computer Vision, and GIS

Adrianto Oktavianus^{1*}, Po-Han Chen², Jacob J. Lin³, Luh-Man Chang⁴

¹ PhD Candidate, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Professor, Department of Building, Civil, and Environmental Engineering, Concordia University, Montreal, Canada; and Adjunct Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Assistant Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

⁴ Adjunct Professor and Professor Emeritus, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*d09521030@ntu.edu.tw

Managing post-disaster building recovery is a complex process that takes a long time and requires many resources. Applying advanced technology to building recovery and reconstruction has made its process easier and more accurate. Visual data analysis in computer vision provides a solution to improving project management practices in the construction industry. Meanwhile, Building Information Modeling (BIM) has achieved more efficient processes throughout the entire building life cycle while enabling better data integration between software products, including the Geographic Information System (GIS), a spatial information provider. Even though the use of GIS is expected in the construction industry, effective integration of GIS still faces challenges in the post-earthquake application stage. This paper proposes an approach that integrates computer vision, BIM, and GIS to optimize post-earthquake building recovery management. This study presents a framework to show how these technologies were integrated to facilitate an advanced and more efficient planning process at the building and urban level, and a case study, together with its results, is presented to demonstrate the process. The developed computer vision-BIM-GIS approach has demonstrated its potential to revolutionize the existing building recovery planning and management process and make it more efficient and effective on a regional scale.

Keywords: Building Information Modeling; Computer vision; Geographic Information System; Building recovery; Earthquake

Session B3

會議時間：13:30-14:55 主持人：王維志教授

Time: 13:30-14:55 Host: Prof. Wei-Chih Wang

主題：BIM 建築資訊模型

Topic: Building information modeling

- **BIM 應用於水資源回收中心新建工程設計階段之碳足跡分析研究**
曾雨婷、蔡瑞旂、林利國
- **BIM 應用於工程方案選擇與模擬模式之研究**
林映佑、林祐正
- **以混合實境檢視機具施工空間**
洪偉翔、王琨淇
- **BIM 輔助營造業碳排放計算**
游翔皓、王琨淇
- **BIM 模型品質檢核與管理模式建置之研究**
褚月桂、林祐正
- **BIM 實務應用於探討降低建築工程碳排放量**
高志強、曾惠斌、詹澄潔
- **CIM 工序模擬應用於災害預防教育訓練模式之研究**
許雅齡、林祐正

BIM 應用於水資源回收中心新建工程設計階段之碳足跡分析研究

曾雨婷¹、蔡瑞旂^{2*}、林利國³

¹ 國立臺北科技大學土木與防災所，碩士

² 國立臺北科技大學土木與防災所，碩士生

³ 國立臺北科技大學土木工程系，兼任教授

*t112428073@ntut.org.tw

臺灣於 2021 年世界地球日宣布 2050 須達成淨零排放之目標，環保署氣候變遷因應法亦針對水泥、鋼鐵等製造碳排大戶收取碳費並研擬課徵碳稅；因水泥及鋼鐵乃工程業必要之材料，未來營建相關產業之碳盤查及碳排放政策會更為明確完整，此將促使營建產業重視碳排之議題同時也成為近年營建產業的主流趨勢。

台灣 2021 年發生大規模乾旱事件，而 2023 年台灣南部遭遇 30 年來最嚴重的水資源短缺，因此水資源回收中心已是必要建設[1]；本研究利用 BIM 之靈活運算及數據一致性之特性，探討國內 2012 年與 2014 年資料庫對水資源回收中心碳排放係數產生的影響，分為結構工程(混凝土、鋼筋)、機電工程及設備營運三大類，研究發現混凝土的碳排放係數在這兩年間有顯著增加，鋼筋和機電材料的係數也有所變動；而機電材料兩年度碳排放係數因使用不同的度量單位，使得各類工程占總碳排放量占比有所差異；研究亦發現，水資源回收中心之碳排主要來源為設備營運及結構工程，而機電工程所占比例則較低。而設備的選用間接影響機電管線尺寸，對碳排放量產生也有一定影響；可透過節能馬達和管線優化的設計，使機電系統有效降低碳排放量，對總體碳足跡也有所助益。

關鍵詞：碳足跡、BIM、機電工程、水資源回收中心、碳排放係數

BIM 應用於工程方案選擇與模擬模式之研究

林映佑^{1*}、林祐正²

¹ 國立臺北科技大學土木工程系土木與防災碩士班，研究生

² 國立臺北科技大學土木工程系土木與防災碩士班，教授

* t112428033@ntut.org.tw

在工程施工階段，工程參與人員會因應工程需求而建置工程方案，然而，傳統的 2D 施工圖紙往往無法充分呈現施工現場的物件擺放情況與工法具體流程。這種限制使得工程參與人員在內部討論工程施工細節時的難度提升，產生爭議以及誤會的風險也會提升。隨著建築資訊模型(Building Information Modeling，簡稱 BIM)技術興起，營造廠針對工程需求將工程方案建置完成後，會導入 BIM 技術並期望可透過 BIM 模型視覺化的特點協助工程參與人員決議方案，但營造廠可能對於 BIM 技術或相關需求未清楚瞭解，不知如何將方案導入於 BIM 模型中，若無相關背景亦或無經驗人員規劃其相關流程會較為困難。本研究主要探討營造廠於工程施工階段導入 BIM 模型的過程，針對工程方案提出流程探討及建置，使營造廠透過流程瞭解並確認建置 BIM 模型的時機，根據建置 BIM 模型的過程建立工程方案導入的流程，透過案例導入探討方案導入 BIM 模型之效益與問題。

關鍵字：方案選擇、建築資訊模型、施工階段

以混合實境檢視機具施工空間

洪偉翔^{1*}、王琨淇²

¹ 朝陽科技大學營建工程系，研究生

² 朝陽科技大學營建工程系，助理教授

* william20008917@gmail.com

在營建業中，工地環境限制常導致空間不足的問題，並且影響機具施工的便利性。本研究利用混合實境（Mixed Reality, MR）的特性，將現實世界與虛擬模型結合，進行碰撞檢測，幫助工程師在施工前評估工地空間使用並進行規劃。透過 MR 設備偵測現實世界物體的邊界，工程師可以在 MR 環境中檢討施工機具的作業空間。

本研究將施工機具作業空間檢討系統應用於實際工程案例。案例選擇新建匝道工程，針對匝道連結橋梁下的空間進行測試，檢測挖土機在狹小空間中的作業情況，確認不同尺寸的挖土機是否能在不發生碰撞的情況下進行操作。

實測結果顯示，本系統能有效協助工程師判斷不適用的機具，提供工地管理的參考依據。研究結果證實，該系統能在施工前準確地進行作業空間的檢核，確保施工過程順利進行。

關鍵字：作業空間檢討、工地管理、碰撞偵測、混合實境

BIM 輔助營造業碳排放計算

游翔皓^{1*}、王琨淇²

¹ 朝陽科技大學營建工程系，研究生

² 朝陽科技大學營建工程系，助理教授

*yxianghao@gmail.com

全球的總碳排放量中，營造業每年在工程的施工階段所產生的碳排放佔全球總排放的 15%，而在建物的營運階段所使用的能源則佔了 28%。雖然營造業作為重要的碳排放行業，但目前仍尚未有任何針對營造業碳排放計算方式或內容的相關規範或準則；尤其營建工地的施工工項和使用材料眾多，在缺乏一致規範下，這也導致營造業者在計算碳排放時無從判斷計算的範圍以及該材料類別是否需要納入計算，喪失計算碳排放之意義。此外，營造工地在規劃設計階段經常遇到設計變更的情形，這也將導致耗時耗力的情況發生。

在目前現有的碳排標準中，與營造業最為相關之標準為 ISO14064-1，該標準為計算組織碳排之標準，其計算範圍包括直接、能源間接及其他間接之溫室氣體排放。故本研究以 ISO14064-1 標準為依據，將其歸納為營造業可依循之計算方式。此外，為改善計算困難之問題，本研究亦初步探討以 BIM 輔助碳排計算之方式，即透過 BIM 建模軟體之自動數量計算輔助材料用量的快速取得，進而更高效地計算工程專案中所產生之碳排放量。

關鍵字：碳排放、建築資訊模型、營建碳排

BIM 模型品質檢核與管理模式建置之研究

褚月桂^{1*}、林祐正²

¹ 國立臺北科技大學土木與防災研究所，碩士生

² 國立臺北科技大學土木與防災研究所，教授

* t112428510@ntut.edu.tw

建築資訊塑模（Building Information Modeling，簡稱 BIM）為一種營建工程 3D 視覺化的資訊整合管理技術，由於 BIM 可提供工程各生命週期的不同應用，因此也改變了許多專案傳統的作業流程，然而隨著 BIM 日益擴增的應用發展，BIM 模型品質的標準化也逐漸成為一項需要正視的問題。BIM 模型的「品質檢核」與「檢核管理」是建立在同一基礎上的工作，兩者間具有相互的關聯性，模型品質檢核不僅要針對模型常規項目進行檢查，更需要考量各種應用需求，如：功能模擬、合規性檢查、自動化許可證審查等。由於在採行這類檢查工具之前都必須先對模型進行預處理或模型規範化，因此 BIM 不僅模型外觀應符合應用目的精度要求，於資訊內容的部分更加重要，本研究歸納出自動化檢核前或進行模擬分析時 BIM 模型品質必須具備的條件，將有助於工程專案提早因應並做好未雨綢繆的準備。

由於營建工程經常面臨設計期程不足的問題，實務中在有限的作業時間裡模型品質控管問題經常遭忽略，然而 BIM 的模型品質檢核乃是施工前的最後一道防線，為預防因設計時間不足所產生的不良影響，本研究針對與檢核相關的人員、工具、內容及流程進行探討，並導入 TQM 全面品質管理的概念以建立 BIM 模型品質檢核標準作業程序，使 BIM 模型於檢核時不致有因人而異標準不一的狀況，並採用績效評量方式進行評分量化，目的即在建立符合專案需求的檢核管理模式。

關鍵字：BIM 模型、模型品質、檢核管理、TQM、全面品質管理

BIM 實務應用於探討降低建築工程碳排放量

高志強^{1*}、曾惠斌²、詹滢潔³

¹ 國立台灣大學土木工程系營建工程與管理組，研究生

^{2,3} 國立台灣大學土木工程系營建工程與管理組，教授

* p10521714@ntu.edu.tw

隨著全球氣候變遷和環境保護意識的提升，因應國家政策的推動下，建築相關行業已逐漸積極尋求有效的方法來降低營建工程中產生之碳排放量。建築信息模型（Building Information Modeling, BIM）技術作為一種數位化工具，應用在減少建築工程碳排放方面的巨大潛力。本研究旨在探討 BIM 在建築工程中的實務應用，特別是在降低碳排放方面的效果和具體方法。

首先，本研究回顧了 BIM 技術的基本概念及其在建築設計階段中的應用，從設計源頭來分析 BIM 如何通過設計應用、數量計算功率來減少碳排放。例如，藉由 BIM 建置模型的同時進行各項建築材料的數量產生，可以在設計完成階段前優化建築的碳排放。此外，BIM 在施工階段通過精確的數據和三維模型，可以減少建材浪費和施工錯誤，進一步降低碳足跡。

其次，本研究以實際案例中 BIM 在設計階段中的應用成果，並分析了這些案例中可優化之碳排放量降低的實際數據。

根據研究結果，BIM 技術在設計建模階段顯示出顯著的效益。

設計階段：利用 BIM 計算功能第一時間產出各分項工料數量，進行性能分析與碳排放量比對，優化建築設計，提高能效，減少建物產生的碳排放量，優化建物環境的污染影響。

最後，本研究提出了推動 BIM 技術在建築行業廣泛應用的若干建議，包括政策支持、行業標準制定和專業人才培養等。同時，強調了跨領域協作的重要性，建議建築師、工程師、承包商和政府部門共同推動 BIM 技術的應用，以實現更大範圍的碳排放減少。

關鍵字：BIM、碳排放、營建工程

CIM 工序模擬應用於災害預防教育訓練模式之研究

許雅齡^{1*}、林祐正^{2**}

¹ 國立臺北科技大學土木與防災所，碩士生

² 國立臺北科技大學土木與防災所，教授

*Carol@continental-engineering.com

**yclin@ntut.edu.tw

在施工過程中，「零意外」是所有施工參與人員一致的信念，但往往意外的發生是在頃刻之間，有太多不確定的因素，即使現場確實執行安衛管理、設置安全措施及推動教育訓練等，仍無法完全避免工安意外的發生，要如何預防災害的發生，能提供施工現場什麼協助，是本次研究探討的重點。

本研究將以災害預防為前提，探討並分析藉由土木資訊模型(Civil Information Modeling, CIM)工序模擬之技術，應用於教育訓練之模式，協助施工現場於施工前，透過 CIM 工序模擬 3D 視覺化動態的呈現，提供現場規劃人員進行決策分析，同時將定案之工序模擬進一步的延伸推廣應用，協助現場建立施工標準化之作業流程，並作為教育訓練之實用教材，讓施工人員具體知道如何施工，進而提升整體施工人員的安全意識，為施工管理領域提供一種新的視角和方法，以期達到職場防災及落實勞工安全。

本研究並透過實際案例探討 CIM 工序模擬應用於災害預防教育訓練之模式，進一步分析其導入所帶來的效益、困難與限制，並提供相關的結論與建議，以作為後續研究及應用之參考依據。

關鍵字：CIM、土木資訊模型、工序模擬、防災教育訓練

Session C3

會議時間：13:30-14:55 主持人：楊亦東教授

Time: 13:30-14:55 Host: Prof. I-Tung Yang

主題：工程進度與成本管理

Topic: Project schedule and cost management

- 以階層線性模式分析營造專案管理資訊系統使用意願
尤翊臻、楊亦東
- 電腦視覺分類結合影像分割技術推估橋梁背板與下部構件劣化維護成本
連哲賢、周瑞生
- 考量工期與成本之鋼骨構造施工程序最適規劃模式
許文瑋、鄭明淵
- 鋼結構吊裝生產力之研究 - 以北台灣 2 棟大樓為案例
林建良、曾彥儒
- 以 SAVI 系統制定我國公路邊坡資產管理之可行性分析
林瑞祥、曾浩璽
- 應用網路犯罪調查演算法於工程專案成本之最佳化
范如伶、高明秀、阮玉梅、王維志
- 利用地面機器人動態監控與辨識施工熱區
呂鎮宇、徐維懿、林之謙

以階層線性模式分析營造專案管理資訊系統使用意願

尤翊臻^{1*}、楊亦東²

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

*M11105103@mail.ntust.edu.tw

為因應勞力短缺與日趨複雜的工程規模，營造業紛紛導入專案資訊管理系統 (Project Management Information System, PMIS)，提供專案參與者共同平台以落實高效溝通。然而發現許多公司在導入 PMIS 後，員工使用意願與成果不如預期，進而影響 PMIS 協作效果。對此，本研究建立「多層次理論模型」，整合組織決策上層的「技術-組織-環境架構」，與個人層級下層的「整合科技接受模式」，依照營建業產業狀況制定其相關問題，透過此模型分析影響員工使用 PMIS 意願之影響因素。接續利用階層線性模式探討顧問公司、建築師事務所、政府機關/國營與營造廠的員工在使用意願上的差異，以及組織管理者對員工使用 PMIS 意願的影響結果。

研究結果發現，不同組別的員工對於 PMIS 使用意願具有顯著差異，其中又以顧問公司最高；個體變數的績效期望、努力期望與群體影響對 PMIS 使用意願有顯著影響；組織層級的組織系統化特性跟環境開放特性有一定效力可預測管理者對 PMIS 的採納結果；組織層級考量的變數對員工使用 PMIS 均無影響。針對上述研究結果與訪問業界 PMIS 使用者意見後提出推動 PMIS 實務上的建議。

關鍵字：HLM、PMIS、UTAUT、TOE

電腦視覺分類結合影像分割技術推估橋梁背板與下部構件劣化維護成本

連哲賢^{1*}、周瑞生^{2**}

¹ 國立台灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立台灣科技大學營建工程系，講座教授

* eddie11027@gmail.com

** jschou@mail.ntust.edu.tw

橋樑為國家重要基礎建設，可聯繫兩地之經濟活動。經統計我國目前橋梁約 3 萬座，其中橋齡超過 30 年之橋梁約 1 萬 5 千座，佔總橋梁之半。爰此，橋樑每年例行的檢修維護需求可謂繁重。尤其位於相對高處或離河面的橋梁底板與下部構件，將使工程人員在執行細部檢測時面臨可能的勞安風險及現場推估的不確定性。目前我國橋樑檢測作業多仰賴橋檢工程師之現地主觀經驗，導致檢測員判斷劣化程度標準不一，將難以評估所需的維護成本或預算。為開發電腦視覺技術分類橋樑大型構件，進而依影像辨識之實例分割技術框列劣化範圍，茲以建置橋梁劣化維護成本推估系統，研究首先透過無人飛行載具(UAV)現地蒐集台灣西部各縣市橋梁下部構件之劣化圖像。經由現地比對過往的文獻統計發現，劣化區域主要集中於橋背板、橋墩、橋台、翼牆，而常見的劣化態樣為混凝土破裂、混凝土裂縫、混凝土蜂窩、鋼筋裸露鏽蝕、鋼鈑脫漆、鋼鈑鏽蝕以及螺栓鏽蝕。故本研究鎖定上述四種橋梁構件進行現地採樣，建構 Vision Transformer 視覺影像的分類模型；其次採集 7 種不同的劣化態樣，訓練 YOLOv8 實例分割模型並使用自然啟發式演算法調教上述兩模型之超參數；最終將兩種模型串接應用於橋梁劣化維護成本系統中。從實務層面依據構件種類與其劣化面積範圍，初步選定維修補強工法，自動計算維修所需之總成本。本研究透過無人機(UAV)拍攝橋梁劣化影像，利用電腦視覺辨識技術區分橋梁大型構件，藉由訓練模型學習框列影像中之劣化態樣及區域，使具初階橋梁專業背景知識的工程師，亦能輕易操作本文研提之橋梁維護成本推估系統，輸出劣化構件維護報表作為成本或預算之基準值，不僅輔助檢測人員的作業效率，亦可減少人力及橋檢車的使用，降低橋梁的維運管理成本。

關鍵字：橋梁劣化預測、無人飛行載具、橋底板構件、視覺影像分類模型、影像辨識實例分割模型、元啟發式優化演算法、劣化維護成本估算系統、維修成本報表

考量工期與成本之鋼骨構造施工程序最適規劃模式

許文瑋^{1*}、鄭明淵²

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

* kevin0958140946@gmail.com

近年來臺灣都市區內建築物以高層建築為主。而鋼骨結構（Steel Construction）其結構特性為韌性好、重量輕、耐震强度高且施工快速，是一種高層建築適用之建築結構。其中 SC 施工法有順打工法、逆打工法及多面展開之順打工法。其中順打工法工期長，不利於快速獲利與降低利息成本。為了縮短工期、減少利息支出，選擇逆打工法結合順打工法或逆打工法結合多面展開之順打工法較符合工期最短之需求。

工法組合包括逆打+單順打、逆打+雙順打、逆打+三順打。過往營造廠依業主（建設公司）要求提出施工方案，並依試誤法評估遮斷層數量與位置來排序施工程序，分析各種工法的工期與成本組合，作為業主（建設公司）選擇工法的依據。然而，以試誤法評估，耗費人力且缺乏客觀依據。

為了在增加遮斷層施工成本的條件下，評估遮斷層的數量與選擇哪一樓層作為遮斷層的位置，能夠使工期縮短獲得最大效益，因此本研究應用 BIM 模型，模擬不同工法的遮斷層數量與位置之施工程序，建立鋼骨構造施工程序最適規劃模式，找出上述三種工法的施工工期與成本組合。最終選出三種工法中，個別工期最短的施工方案，提供給業主（建設公司）作為工法選擇的參考依據。

關鍵字：鋼骨構造、遮斷層、逆打工法結合順打工法、逆打工法結合多面展開之順打工法、工期與成本

鋼結構吊裝生產力之研究 - 以北台灣 2 棟大樓為案例

林建良¹、曾彥儒^{2*}

¹ 國立高雄科技大學營建工程系，教授

^{2*} 國立高雄科技大學營建工程系，碩專生

* J111206106@nkust.edu.tw

鋼結構施工在工程的早期階段開始，其進度直接影響後續工程的進展，因此管理者是否能有效管理工作班的生產力，是專案工程成敗的主要關鍵之一，本研究目的在評估分析各工作班生產力與影響因子對生產力減損的影響，進而改進現場管理、調整施工作業內容排程，以提高施工效率和工作班生產力。

本研究案例以北部兩鋼構大樓吊裝作業為例，蒐集資料並使用 Thomas H.R 的生產力技術、資料包絡分析(Data Envelopment Analysis,DEA)及學習型組織的理論，分析影響因子產生原因，提供改善管理和調整施工作業的建議。

研究結果顯示，案例 B 在累計生產力、DEA 績效分析結果(有效工時百分比)，皆優於案例 A，顯示案例 A 受較多的干擾及影響，以系統思考角度分析後顯示管理上存在侷限思考和缺乏整體思考情況。建議營造相關產業可持續蒐集分析生產力資料，不斷學習和改進，提升管理人員整體思考能力，以應對不同情況下的施工需求，減少生產力損失。

關鍵字：鋼結構、生產力、資料包絡分析(DEA)

以 SAVI 系統制定我國公路邊坡資產管理之可行性分析

林瑞祥^{1*}、曾浩璽²

¹ 國立宜蘭大學土木工程系, 碩士生

² 國立宜蘭大學土木工程系, 助理教授

* rickxonlim.tw@gmail.com

我國多為高山地形，擁有數量龐大的公路邊坡等基礎設施，現行的維護方法缺乏主動性質，對於邊坡之維護多為檢測後排定巡查頻率，再通過損壞後再進行維護。對於公路邊坡的長期維護是不夠理想的。為了讓邊坡維護具有合理的預測之觀念，對於邊坡之維護必須透過生命週期的方式，生命週期可細分為構件生命週期，搭配構件生命週期之概念對於維護整體邊坡的生命週期會有更好的效果。為了更詳細瞭解邊坡整體性能，本研究導入了結構構件化之概念，本研究探討了利用檢測方式將邊坡構件化。利用英國 SAVI 之系統的構件生命週期，做出對於邊坡的性能預測。同時，擁有構件生命週期，就可製作出相對應的價值評，就能取得性能與價值的相關性，既能讓會計單位更快速的瞭解結構的變化。

本研究旨在透過研析國內外基礎設施管理制度，搭配我國公路邊坡檢測表進行探討，導入基礎設施資產價值評估模式，讓管理單位從會計報表的價值變化，快速掌握邊坡之性能狀況，同時也能利用效能評估預測維護經費的安排，使經費準確應用在迫切維修之邊坡上。

關鍵字：公路邊坡、價值評估、基礎設施、生命週期

應用網路犯罪調查演算法於工程專案成本之最佳化

范如伶^{1*}、高明秀²、阮玉梅³、王維志⁴

¹ 國立陽明交通大學土木工程系，碩士生

² 國立陽明交通大學土木工程學系，助理教授

³ 明新科技大學土木工程與環境資源管理系，助理教授

⁴ 國立陽明交通大學土木工程學系，教授

* fan0000.en11@nycu.edu.tw

本研究主要探討專案成本控制，並提出了一種元啟發式最佳化演算法：網路犯罪調查演算法（CIA），該演算法基於調查人員處理電子證據的流程。實驗結果顯示，CIA 演算法在處理多維度不可分離函數方面表現突出，能夠在複雜的搜索空間中成功找到 70.83% 最優解，顯示出其在處理複雜問題時的強大能力。我們將 CIA 演算法應用於土木工程專案，並與其他元啟發式演算法進行比較，實驗結果表明，CIA 以 100% 的成功率找到了最佳成本，展示了在約束條件下實現專案成本最佳化的實用性和可靠性。綜合這些研究結果，元啟發式最佳化演算法在工程管理中具有廣泛的應用前景，特別適用於需要精確成本控制的複雜專案環境。本研究為未來的工程專案管理提供了一個有效的工具，並為相關領域的研究和實踐提供了參考。

關鍵字：元啟發式演算法、工程成本管理、單目標最佳化、網路犯罪調查演算法、基準函數測試

利用地面機器人動態監控與辨識施工熱區

呂鎮宇^{1*}、徐維懿²、林之謙³

^{1,2} 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

³ 國立臺灣大學土木工程學系，教授

*R11521716@ntu.edu.tw

在營建產業中，施工進度管理是確保工程順利進行的重要目標之一。傳統的現場監控方法需要工程師親臨工地，耗費大量的人力和時間成本。為了提升監控效率，近年來工地現場開始應用閉路電視攝影機（CCTV）進行遠端監控，但這些設備通常固定於在高處或工地圍籬上，無法提供詳細或動態的施工區域資訊。

本研究提出一種結合地面無人載具（UGV）與攝影機的動態監控方法，旨在辨識工地現場的施工熱區，提升監控工人生產力的效率。透過在 UGV 上安裝攝影機，利用語意同時定位與地圖構建（Semantic SLAM）技術，將工地現場的三維點雲數據進行處理，生成施工人員的三維熱顯圖。研究方法包括使用深度相機和光達收集彩色影像和深度資訊，透過深度學習語意分割辨識工人位置，並使用 Semantic SLAM 進行點雲建模。隨後將語意點雲數據轉換為體素網格，計算每個體素的點雲密度，給予熱度值，實現施工熱區的三維熱顯圖可視化。實驗結果顯示，該方法能夠有效地辨識並可視化施工熱區，對於提升施工現場的監控效率具有顯著的應用價值。

關鍵字：UGV、動態監控、熱區辨識

Session D3

會議時間：13:30-14:55 主持人：謝定亞教授

Time: 13:30-14:55 Host: Prof. Ting-Ya Hsieh

主題：工程採購與民間參與

Topic: Construction procurement and public private partnerships

- **The Impact of the Liquidated Damages Reduction System Under Civil Code on Model Contracts for Turnkey Projects Procurement of Public Works**
Bing-Hong Wu, Pao-Hung Lin and Chung-Hung Liao
- 政府採購稽核與工程施工查核精進作為之探討-以中央機關為例
林志昌、楊亦東
- 公共工程採購策略評量機制之研究-以南部某機場新航廈案為例
王宏智、曾惠斌
- 新建廠房前期備標價值工程最佳化探討—以擋土支撐為例
林錫泉、林之謙、曾惠斌
- 模糊自適應性媽祖演算法優化臺灣大型語言模型於政府採購法務諮詢
劉琦允、周瑞生
- 捷運聯合開發案投資的機會與風險研析~以中和高中站、秀朗橋站及四維國小站為例~
張恒嘉、曾惠斌、詹澄潔

The Impact of the Liquidated Damages Reduction System Under Civil Code on Model Contracts for Turnkey Projects Procurement of Public Works

Bing-Hong Wu^{1*}, Pao-Hung Lin², Chung-Hung Liao³

¹ Ph.D. Candidate, Ph.D. Program for Infrastructure Planning and Engineering, Feng Chia University, Taichung, Taiwan.

² Professor of Department of Civil Engineering, Feng Chia University, Taichung, Taiwan.

³ Associate Professor of College of Law, Tunghai University, Taichung, Taiwan.

*murphy720910@gmail.com

In recent years, there has been a shift in the procurement of public works from the traditional construction contract, where the design phase precedes the construction phase, to the turnkey project contract, characterized by simultaneous design and construction. The public works in Taiwan are solicited, contracted, and executed in accordance with the Government Procurement Act, utilizing the model contract published by the Public Construction Commission of the Executive Yuan. This model contract delineates provisions regarding penalties for delayed performance across three categories: failure to meet deadlines for submitting design work for review and correction, failure to meet construction completion deadlines, and failure to rectify defects within specified deadlines. Nevertheless, Articles 251 and 252 of the Civil Code empower the court to proportionately reduce penalties considering the “interests received by the creditor as a result of partial performance” and “disproportionately high penalties,” respectively. Through document analysis, this study compares and summarizes the findings of recent years’ precedents: 1. Proportionate reduction of punitive damages may compromise the design quality of turnkey projects; 2. Proportionate reduction of pre-determined liquidated damages may cause delays in the performance efficiency of turnkey projects; 3. The system of proportionate penalty reduction significantly impacts the effectiveness of penalty clauses for delayed performance in public works projects.

Keywords: Model Construction Procurement Contract; Pre-Determined Liquidated Damages; Punitive Damages; Penalty Reduction

政府採購稽核與工程施工查核精進作為之探討-以中央機關為例

林志昌¹、楊亦東²

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立臺灣科技大學營建工程系，教授

* M11105903@mail.ntust.edu.tw

政府採購法主要的防弊機制，係透過採購稽核小組及工程施工查核小組辦理稽核及查核作業，用以強化防弊機制，進而提升政府施政形象；而兩項作業間於實務運作上，可能因辦理時機及作業需求而具有一定關聯或影響，且如能掌控精進重點並妥善運用合宜作為，將可有效提升執行績效。

本研究以精進採購稽核業務、精進工程施工查核作業、建立採購稽核及工程施工查核互動機制、改善作業制度為目的，經訪談熟悉業務執行之中央主管機關、地方機關及受查機關相關人員，依訪談結果研究發現，對應研究目的之首要精進項目分別為：建置採購稽核資訊管理系統(知識庫的建置)、合理預算及工期條件(安全、品質、進度、成本的平衡管控)、查核與稽核結果連結、編列合理之承辦人力與薪資待遇，研究中並就各精進項目之作法進行分析說明，可提供性質及作業方式相近之機關參考。

關鍵字：政府採購法、採購稽核、施工查核

公共工程採購策略評量機制之研究-以南部某機場新航廈案為例

王宏智^{1*}、曾惠斌²

¹ 國立臺灣大學工學院土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學工學院土木工程學系，教授

*P10521701@ntu.edu.tw

本研究旨在探討在重大公共建設計畫中適宜的分包/分標策略，以提高工程招標的執行的順利度和效率。研究的主要焦點是業主必須以廠商的角度（包括廠商團隊組合與運作模式）以及因應營建市場變動的進行滾動式的策略調整。

首先，針對廠商團隊組合與運作模式，將建立在廠商專業分工的基礎上，以充分發揮各廠商的專長，並透過適當的分包/分標策略評估使得優秀的廠商有意願參與投標來執行工程，以確保工程品質和效率。其次，考慮到營建市場的不斷變化，我們將提出建議期能制定相應的招標/分標策略，以確保工程執行的適切性和可持續性。在考慮施工方式、工程範圍、總金額、介面相關性和風險等因素時，我們參考 PMBOK 的指導，制定 WBS（Work Breakdown Structure），以確保招標過程順利進行。業主的關注重點包括調查營建市場，評估工作需求和市場供應情況，制定詳盡而合理的合約條款，規劃合理的工程時程，評估標案成本，識別潛在風險並制定應對策略，以最大程度地保障業主的權利與廠商的利益以期專案工程順利完成。

本研究將探討招標/分標的策略並以「桃園機場第三航廈 T3）工程」為實證，期能提出招標/分標決策的關鍵必要因數，以為大型公共工程規劃的參考。

關鍵字：工程管理、招標策略、分標策略、承攬方式

新建廠房前期備標價值工程最佳化探討－以擋土支撐為例

林錫泉^{1*}、林之謙²、曾惠斌³

¹ 國立台灣大學土木工程系營建管理組，研究生

² 國立台灣大學土木工程系營建管理組，教授

³ 國立台灣大學土木工程系營建管理組，教授

*Hsichuan564@gmail.com

目前台灣的營造環境由於業主給的備標和投標時間太過短促，再加上決標過程中時間的壓力，往往使營造廠在投標前的工作非常緊迫。未能完全理解投標的文件內容如鑽探報告、圖說、規範、材料機能性、環境因素等相關資訊。此時需要有效的組織一個團隊來完成投標任務，從圖面中找出有利且可行的價值工程(VE, Value Engineering)項目，並提出創新價值工程，以達到縮短工期、節省成本、提高機能、安全、品質。以建築總工期而言，地工施作時間甚久，然擋土支撐工法又受地質條件、基地環境、氣候因素等影響，存在著一定風險，為了有效降低風險、成本、工期、提升安全，本研究於專案工程處在前期投備標階段，將專案原領標圖說內容針對地工項目進行檢討，找出環境條件不變下可執行的價值工程，依據案例執行結果，並比較優化後的工法，在工期、成本、安全、機能、價值上做出說明。本研究藉由實際案例之探討，將價值工程使用時機自得標後往前提至投標階段，並建立一套於投標階段過程中使用價值工程之標準流程，透過擋土支撐工法比較優化後，致價值工程可以創造更多效益提升業主、設計單位、營造廠三方利益；經由本研究案例整理出營造業價值工程影響五個因子，分別為工期、成本、安全、機能、施工性，優化因子以工期需求為最多，成本為次多因子。在以實際 4 個案例分別依其個案特性，地質條件環境不同，而運用更適合擋土支撐工法分析 5 個因子，並依價值工程步驟流程進行，將原工法和價工方案作比較驗證所得到的結論，雖多以縮短工期，降低成本為多數，但在安全問題不斷出現狀況，價值工程在研析中以安全為優先考量，其工法會因安全考量而提高成本的實際案例，最後在結論與建議對未來在投標階段所提列的優化方案，將業主在投標議價時對價值工程的承諾載入合約中，另設計師要依照其優化方案依據法規協助辦理，而營造廠細化價值工程方案得以符合主管機關之法令，也是目前價值工程最佳方案。

關鍵字：價值工程、工程投標、擋土支撐工法

模糊自適應性媽祖演算法優化臺灣大型語言模型於政府採購法務諮詢

劉琦允^{1*}、周瑞生^{2**}

¹ 國立臺灣科技大學營建工程系，博士後研究員

² 國立臺灣科技大學營建工程系，講座教授

*d10905002@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

政府機關每年辦理各項重要公共工程建設或重大施政計畫，依公平、公開之採購程序，定作工程、購置或定製財物、取得勞務服務。採購法涵蓋諸多複雜的法律條款與細則，每個採購專案皆有其特定的背景需針對性的解釋與建議，大型語言模型具備處理海量案例數據的優勢，可提供客製化的諮詢服務。本研究創新自製繁體中文政府採購法知識庫，訓練二套台灣特有的大型語言模型(Trustworthy AI Dialogue Engine (TAIDE)和 Taiwan-LLM)，並創新開發台灣特有的媽祖遶境民間習俗的元啟發式演算法—模糊自適應媽祖朝聖行走最佳化(Fuzzy Adaptive Pilgrimage Walk Optimization, FAPWO)—優化調教大型語言模型的超參數。研究開發的混合式人工智慧(hybrid AI)模型可提供使用者於政府採購法務諮詢的應答服務，協助法律領域專家和營建管理工程師快速因應採購法務問題，可節省檢索法規資料的時間，提供即時、準確和可靠的法規案例建議；亦可作為法律學習工具，輔助使用者理解政府採購法的概念和程序，提升決策質量、營運效率和專案風險管理。

關鍵詞：大型語言模型、自然語言處理、元啟發式優化演算法、政府採購法、自動化法務諮詢

模捷運聯合開發案投資的機會與風險研析

~以中和高中站、秀朗橋站及四維國小站為例~

張恒嘉^{1*}、曾惠斌²、詹澄潔³

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

^{2,3} 國立臺灣大學土木工程學系，教授

*Jack_Chang@kindom.com.tw

本論文旨在研析捷運聯合開發案投資的機會與風險。全臺截至 2023 年底以來有 87 處以上捷運聯開基地，隨著捷運聯開案件數量、量體、售價、規模的逐步攀升，不僅讓政府單位及民眾逐漸體認到其開發價值效益，近年來政策大力推展以大眾運輸導向發展開發更進一步讓 TOD 捷運聯合開發成為顯學。

本研究藉由研析親身執行的捷運聯開個案經驗來探討共構結構體對聯合開發投資開發各種可能層面的影響，透過數十位專家的面對面訪談與討論，從各面向專家觀點可更全面的了解到從開發契約、設計審查、工程施工等各面向對於捷運聯開共構結構體與共構大樓機會與風險的中肯評析。本論文研究對想從事捷運聯開案的投資人來說，將更能掌握開發過程中的利益並控制相關風險。

此外，本研究將透過總結結論及專家建議，系統化的條列出投資捷運聯開案評估過程中應注意的機會與風險事項，讓投資開發的風險最小化，以求機會利潤的最大化，相信透過專家經驗研討認證後綜整的結論，將成為有志於想從事捷運投資開發潛在投資人的圭臬。

關鍵字：捷運聯合開發、投資風險與機會、捷運共構體、大眾運輸導向之開發

Session E3

會議時間：13:30-14:55 主持人：陳柏翰教授

Time: 13:30-14:55 Host: Prof. Po-Han Chen

主題：人工智慧與大數據應用

Topic: Artificial intelligence and big data

- **Optimizing Hyperparameters in Energy AI Models Using the Age of Exploration-Inspired Optimizer**
Hoang-Minh Nguyen, Jui-Sheng Chou
- **Forecasting Long-Term Energy Consumption in Campus Buildings Using Jellyfish Search Optimizer-Enhanced Deep Learning and Data Augmentation**
Hoang-Minh Nguyen, Jui-Sheng Chou
- **Enhancing Soil Liquefaction Prediction: Integrating Metaheuristics with a Hybrid Deep and Machine Learning Framework**
Tran-Bao-Quyen Pham, Jui-Sheng Chou
- **Enhancing Electricity Fraud Detection: Hybrid Learning with Metaheuristic Optimization**
Nader Anwar Charaf, Jui-Sheng Chou
- **Feasibility study of point cloud registration using line geometry in the built environment**
Ang Chi Hang, Jacob J. Lin
- **Weighted Feature Selection for Improving Building Thermal Load Prediction Using Optical-inspired Bidirection Machine Learning**
Mohamed Ibrahim Abdi, Min-Yuan Cheng
- **Exploring ICT Research Trends in Smart City Initiatives: A Case of India and Taiwan**
Vignesh V P, Pavan Kumar, Senthilkumar Venkatachalam and Shang-Hsien Hsieh

Optimizing Hyperparameters in Energy AI Models Using the Age of Exploration-Inspired Optimizer

Hoang-Minh Nguyen^{1*} and Jui-Sheng Chou^{2**}

¹ Ph.D. Candidate, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of

Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*d11005813@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

In energy research, metaheuristic optimization is crucial for refining the hyperparameters of artificial intelligence (AI) models. As data science evolves, the complexity of datasets, input variables, and patterns has increased, posing significant challenges in developing efficient AI models. This research introduces the Age of Exploration-Inspired Optimizer (AEIO), a novel metaheuristic technique designed to enhance performance by fine-tuning hyperparameters in AI models for energy applications. The AEIO algorithm is rigorously evaluated using benchmark functions across various scales and dimensions. Its effectiveness is further demonstrated through three case studies: green energy production, residential energy consumption, and regional energy demand forecasting. In each scenario, the AEIO algorithm consistently outperforms existing methods when combined with machine and deep learning models to predict discrete and time-series data in the energy sector. This study also pioneers integrating density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) into a metaheuristic optimization algorithm. It comprehensively assesses this novel approach to optimizing AI models within the energy domain, underscoring its practicality and significance.

Keywords: Energy Generation; Energy Consumption; Metaheuristic Algorithm; DBSCAN; AI Models

Forecasting Long-Term Energy Consumption in Campus Buildings Using Jellyfish Search Optimizer-Enhanced Deep Learning and Data Augmentation

Hoang-Minh Nguyen^{1*} and Jui-Sheng Chou^{2**}

¹ Ph.D. Candidate, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of

Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*d11005813@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

Predicting future energy consumption in campus buildings is crucial for optimizing resource usage and enhancing sustainability. This research employs a novel strategy that combines AI models, data augmentation methods, and advanced optimization algorithms to forecast energy usage one year in advance. The models, trained and validated with historical energy consumption and weather data, face challenges like data scarcity and instability. To overcome these, the dataset is enriched through data augmentation techniques. Moreover, a cutting-edge optimization algorithm, the Jellyfish Search Optimizer (JSO), is utilized to refine the predictive models and data expansion methods. The findings indicate a significant improvement in prediction accuracy by integrating data expansion techniques, convolutional neural network (CNN) models, and optimization algorithms. The best-performing model, JSO-MobileNet with random noise injection, achieves a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 11.95% in forecasting energy consumption for campus buildings one year ahead. This study highlights the effectiveness of metaheuristic optimization algorithms in enhancing AI models, providing a practical framework for long-term energy consumption forecasting in campus settings.

Keywords: Long-Term Energy Consumption Prediction; Campus Building; Data Augmentation; Artificial Intelligence; Jellyfish Search Optimizer

Enhancing Soil Liquefaction Prediction: Integrating Metaheuristics with a Hybrid Deep and Machine Learning Framework

Tran-Bao-Quyen Pham^{1*}, Jui-Sheng Chou^{2**}

¹ Ph.D. Candidate, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*d11105819@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

Soil liquefaction during seismic events can lead to devastating structural failures as it reduces the cohesion among soil particles. Recognizing the urgent need to predict and mitigate such occurrences, this study introduces an advanced system that utilizes the Jellyfish Search (JS) algorithm to optimize hyperparameters within a hybrid deep and machine learning framework, enhancing prediction capabilities. This system integrates the superior feature extraction abilities of Convolutional Neural Networks (CNN) with the robust classification power of eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) to revolutionize the assessment of liquefaction risks. Three numerical datasets derived from Cone Penetration Tests (CPT) are transformed into visual formats to capitalize on the image recognition capabilities of CNN's convolutional layers, culminating in predictive analytics using the XGBoost layer. Designed with civil engineers in mind, this user-friendly system facilitates soil liquefaction hazard risk assessments through intuitive interfaces and robust data analysis tools. Extensive case studies, which include varied classification ratios and input attribute volumes, demonstrate that our model significantly improves accuracy by more than 6%, achieving overall accuracies exceeding 90%. Integrating bio-inspired metaheuristics with a deep-machine learning framework showcases the system's exceptional ability to evaluate soil liquefaction potential, bridging the gap between research findings and practical engineering applications.

Keywords: Liquefaction Hazard Risk Assessment; Intuitive Deep-Machine Learning System; Metaheuristic Optimization Algorithm; Image Transformation

Enhancing Electricity Fraud Detection: Hybrid Learning with Metaheuristic Optimization

Nader Anwar Charaf^{1*}, Jui-Sheng Chou^{2**}

^{1*} Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

* nadercharaf22@gmail.com

** jschou@mail.ntust.edu.tw

Energy is the golden thread that connects economic growth, social equity, and environmental sustainability. The pervasive issue of electricity fraud jeopardizes the stability and integrity of the electricity market. Existing methods to detect fraudulent consumers often rely on extensive data preprocessing, including outlier removal, which may introduce biases and limit their practical utility. In contrast, this paper adopts a holistic approach by utilizing a comprehensive dataset encompassing every customer's energy consumption records. Through meticulous analysis and experimentation, this study compares the classification performance of convolutional neural networks (CNNs) and traditional machine learning (ML) models in distinguishing between fraudulent and genuine users. The investigation examines unbalanced and balanced datasets and evaluates various interpolation methods for preprocessing. Furthermore, the study explores the optimization of top-performing models using metaheuristic algorithms and proposes an ensemble model synthesized from the strengths of CNNs and ML. The performance of these models is rigorously evaluated based on the Synthesis Index (SI). This study contributes to more efficient and scalable fraud detection solutions in the electricity sector through its comprehensive approach and development of a robust model tailored for real-world application. It lays the foundation for a more resilient and sustainable energy future.

Keywords: Electricity Fraud; Convolutional Neural Networks; Machine Learning; Metaheuristic Algorithms; Ensemble Model; Synthesis Index

Feasibility study of point cloud registration using line geometry in the built environment

Ang Chi Hang^{1*}, Jacob J. Lin²

¹ Master Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University

² Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University

*R11521720@ntu.edu.tw

With the development in technology, the point cloud data has high potential usage in the construction field. A prerequisite of most point cloud applications is first to register the point cloud segments in the same global coordinate system. However, manually registering point clouds is time-consuming and labor-intensive work. This research addresses the point cloud registration problem in the built environment by using line geometry, which is considered a salient feature in the building environment. A framework, including a line extraction module, a line feature matching module, an outlier pruning module, and a 3-line-based registration module is proposed in this research to perform point cloud registration automatically. The experiment showed that the registration recall could be up to 50% in the WHU-TLS dataset even in a highly contaminated search space, which contained only 10% inlier correspondences. The experiment results proved the feasibility of the line-based registration framework and identified several performance indicators to perform a successful point cloud registration.

Keywords: Point Cloud Registration; Deep Learning; Building Area; Point Cloud Application

Weighted Feature Selection for Improving Building Thermal Load Prediction Using Optical-inspired Bidirection Machine Learning

Mohamed Ibrahim Abdi^{1*}, Min-Yuan Cheng²,

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of

Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science

and Technology, Taiwan.

*m11105829@ntust.mail.edu.tw

Predicting building thermal loads is critical for optimizing building energy management systems and enhancing energy efficiency. The high-dimensional characteristics of HVAC loads necessitate the selection of an optimal number of features to improve model accuracy. In this research, a novel approach is introduced that utilizes weighted feature selection methods. Four different techniques, including Pearson, Spearman, and Kendall correlations, as well as a dimensionality reduction method, Principal Component Analysis, are used to determine four distinct sets of features based on the dimensionality of feature numbers. After that, the combination of Neural Networks (NN) and Bidirectional Gated Recurrent Units (BiGRU) is used with the Optical Microscope Algorithm (OMA), an optimization algorithm inspired by microscopic mechanisms, to fine-tune the NN-BiGRU framework. This Optical-inspired Bidirectional Machine Learning model (OMA-NN-BiGRU) predicts the outcomes from the four data methods. Additionally, OMA is applied to optimize the weight combinations of the predictions from the individual feature selection methods, based on their contributions to the final prediction. The results demonstrate that the proposed model achieves significantly higher accuracy than the single methods. The weighted feature selection model demonstrates superior performance, with a Root Mean Squared Error (RMSE) of 0.046, a Mean Absolute Error (MAE) of 0.032, a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 12.6%, and R^2 values of 0.95 and 0.90, respectively. The OMA-NN-BiGRU model outperforms other compared models in building thermal load prediction. This study offers fresh insights into creating an integrated approach based on different input variable dimensions.

Keywords: Thermal Load Prediction; Weighted Feature Selection Approach; Neural-Network; Bidirectional Gated Recurrent Unit; Optical Microscope Algorithm

Exploring ICT Research Trends in Smart City Initiatives: A Case of India and Taiwan

Vignesh V P^{1*}, Pavan Kumar², Senthilkumar Venkatachalam³, Shang-Hsien Hsieh⁴

¹PhD Scholar, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Palakkad, India.

²PhD Candidate, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taiwan.

³Associate Professor, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Palakkad, India.

⁴Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taiwan.

*102214002@smail.iitpkd.ac.in

Rapid urbanization drives smart city initiatives that leverage technology and data for efficient resource management, improved services, and enhanced citizen well-being. Information and Communication Technologies (ICT) are foundational to this transformation, enabling sustainable and responsive cities. Countries such as India have launched ambitious smart city programs to tackle the challenges and opportunities posed by urbanization. India's large, infrastructure-deficit population necessitates innovation, while Taiwan's strong tech sector positions it for ICT-driven smart city success. This study explores research trends in ICT applications for smart city development in India and Taiwan. The results of this study provide valuable insights into how both countries are harnessing technology and strategizing their various initiatives to create smarter cities, ultimately enhancing the quality of life for their citizens.

Session A4

會議時間：15:10-16:35 主持人：陳介豪教授

Time: 15:10-16:35 Host: Prof. Jieh-Haur Chen

主題：營建資訊科技

Topic: Information technology in construction

- 無人機結合無線傳輸 (LoRa) 定期監測橋樑沖刷深度可行性之研究
劉家揚、曾韶順、曾惠斌、林宏益、張陸滿
- 營建業管理人員工作疲勞預測與即時監測系統之研究
巫承翰、周子皓、曾韶順、吳倫旺、曾惠斌
- 遷移式學習方法於複雜工地影像辨識之應用——以細微危害情境辨識為例
湯智詠、余文德、蕭文達
- 運用聊天機器人與自然語言處理技術以利建置行動化施工日誌管理系統
鄭裕仁、陳世昕、翁紹偉、高明秀、王世旭、王維志
- 以聊天機器人為基礎之營建工程職安衛資訊管理系統
林紘名、黃律銘、鄭裕仁、陳世昕、陳威宏、翁紹偉、王世旭、王維志
- 基於 BIM 的預鑄牆體自動化系統開發研究
連立川、孫光佑、廖秉祥
- 結合虛實整合與深度學習建構全自動化噴漆機械手臂模擬系統
田祥志、馮重偉、張堡盛

無人機結合無線傳輸 (LoRa) 定期監測橋樑沖刷深度可行性之研究

劉家揚^{1*}、曾韶順²、曾惠斌³、林宏益⁴、張陸滿⁵

¹ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，博士生

³ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，教授

⁴ 國立高雄大學電機工程學系，助理教授

⁵ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，名譽教授

* r11521713@ntu.edu.tw

台灣位於板塊邊緣，地質複雜且地形多變，峽谷河流眾多，地勢險峻，使交通建設面臨獨特挑戰。橋梁在台灣的公路和鐵路系統中扮演著重要角色，連接山川間的交通網絡，支撐經濟發展和社會運輸。截至 2011 年底，台灣公路總局轄管的橋梁有 2 萬 8 千多座，其中逾千座為老舊橋梁，極需檢測與維護。近年來的極端氣候加劇了橋梁沖刷的嚴重性，凸顯了橋梁檢測的重要性與可行性。

本研究旨在利用無人機結合 LoRa 技術接收橋梁振動資料，並使用自製的無線儀器進行資料量測與傳輸。所用儀器包括高靈敏加速規、數位類比轉換器及開發版，能夠準確量測橋梁的自然振動。同時，為避免 Wifi 傳輸距離不足或無人機干擾，本研究採用 LoRa 技術，提升資料傳輸距離，將 LoRa 模組裝載在無人機上，實現更遠距離的資料接收。振動資料儲存在橋梁端的樹莓派，結合太陽能板，達成資料收集與分析自動化，並實現脫離固有電網的操作。

以 SAP2000 進行有限元素模擬出的自然振動頻率與掏刷深度關係圖，推估接近現實沖刷值之頻率，與實際量測值對比，計算橋梁基樁目前的沖刷程度，並利用 LoRa 傳輸安全值、警戒值及行動值等資料到無人機上的接收端。Wifi 作為備用系統，在返還值異常時，能以 Wifi 傳輸完整的原始振動資料，進行進一步分析。此系統不僅反映橋梁結構的安全性，相較於昂貴的橋檢車輛與人事成本，更具經濟效益，並大幅縮短所需人力與時間。

此方法通過無人機、LoRa 技術和自製儀器的整合，更全面、高效地監測橋梁振動情況，突破傳統橋梁監測方式的距離限制與成本，為橋梁維護與安全提供新方法和工具。

關鍵字：無人機、橋梁檢測、LoRa

營建業管理人員工作疲勞預測與即時監測系統之研究

巫承翰^{1*}、周子皓²、曾韶順³、吳倫旺⁴、曾惠斌⁵

¹ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，研究生

² 國立臺灣大學電子工程學研究所積體電路與系統組，研究生

³ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，博士生

⁴ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，博士候選人

⁵ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，教授

* r11521705@ntu.edu.tw

由於營建產業相對於其他行業存在較高的不確定性和風險因素，導致職災發生率遠高於其他行業。造成工安事故有多種原因，其中異常的疲勞和過大的心理壓力是主要因素之一，此外營建業的管理人員時常在龐大的工作負荷下到自身不熟悉的施工現場執行工作，這將提高職災發生的機率。過往研究雖有利用機器學習技術來預測疲勞及心臟病罹患機率等結果，但鮮少直接針對營建業管理人員的工作疲勞進行預測，亦或是用來訓練模型的資料過於集中於某些特定人員，以致訓練之模型泛用性低，此外過往研究只能對標的做出預測的結果且相關的延伸內容只停留於理論階段，無法將其實際運用於現地的安全管理當中。不僅如此，營建業缺乏一個整體性的安全管理系統來確保相關人員的工作安全。鑒於上述所言，本研究將使用智慧手環搭配 LoRa 技術來蒐集營建業管理人員的心率資料，之後將使用資料進行工作疲勞預測並提出較佳之模型，除此之外將會設計個人的即時安全監測系統以觀察人員當前的生理狀態，最後將上述提及的兩部分交互應用以構築出一個綜合性的安全管理框架，如此使得相關人士得以遠端且即時對營建業之管理人員進行工作負荷管理，有效識別潛在的風險並提早針對可能的疲勞或壓力狀況採取即時的措施。

關鍵字：心率手環、機器學習、疲勞監測、S 曲線

遷移式學習方法於複雜工地影像辨識之應用——以細微危害情境辨識為例

湯智詠^{1*}、余文德²、蕭文達³

¹ 朝陽科技大學營建工程系, 碩士生

² 朝陽科技大學營建工程系, 教授

³ 朝陽科技大學營建工程系, 助理教授

*s11211618@gm.cyut.edu.tw

營建危害風險在所有行業中排名居冠，而墜落滾落的風險更在所有營建危害中佔比最高。會造成墜落風險的原因不外乎以下兩種情況：未正確配戴安全設備(例如：未正確將安全帶勾掛在安全母索上)及安全防護設施不完全(例如：將交叉拉桿拆下之後未將它恢復，以至於施工架上出現開口危害)等。過去幾年來，深度學習電腦視覺技術突飛猛進，雖然電腦視覺技術在辨識人員與機具等大型工地物件方面取得成功，但是針對施工架交叉拉桿、安全母索等細長或細微構件之辨識能力不佳，導致其無法正確監控安全風險。為改進此一問題，本研究應用 Matlab®所提供之 Deep Network Designer 工具，進行深度類神經網路之遷移學習，選擇四種常見之影像辨識深度學習網路—GoogleNet、Inception v3、MobileNet、RestNet—進行測試；經實際驗證後發現，遷移式學習在複雜工地影像辨識中的應用成效顯著，在交叉拉桿設置情境以 GoogleNet 之辨視正確率最高，達到 95.2%；在安全母索勾掛情境之辨識方面，GoogleNet、Inception v3 及 RestNet 等三種模型之辨識證去率皆高達 99%以上，可見此一方法對於工地細微危害情境辨識具有極高之可行性，甚至超越人工檢查之水平，可以進行產業應用。本研究最後探討影響深度網路遷移式學習在安全設備辨識能力之主要因素，並針對實務應用提出建議，希望對於改進過去電腦視覺於營建施工安全管理較弱之細微危害情境辨識，做出貢獻。

關鍵字：營建安全、深度學習、遷移式學習、細微物件、細長構件

運用聊天機器人與自然語言處理技術以利建置行動化施工日誌管理系統

鄭裕仁^{1*}、陳世昕²、翁紹偉³、高明秀⁴、王世旭⁵、王維志⁶

¹ 國立陽明交通大學土木工程系，博士候選人

² 國立陽明交通大學土木工程系，碩士

³ 長佳成工程資訊整合有限公司，博士

⁴ 國立陽明交通大學土木工程系，助理教授

⁵ 中華民國陸軍軍官學校土木工程系，副教授

⁶ 國立陽明交通大學土木工程系，教授

* yujencheng.en09@nycu.edu.tw

施工日誌每天記載施工作業的各項工作記錄，並被認定為管理成本與進度的重要依據，然而，施工日誌內須詳實記錄的工作事項繁多，故經常造成填報費時，甚至不正確。實務上，除工地現場工程人員外，工地主任個人大都無法即時掌握且記錄每日所有工程項目施作之相關資訊，故經常必須向工地現場工程師來回確認施工日誌內容，甚至須至工地現場勘查才能確認。

鑒於近年人們日常生活幾乎脫離不開手機上的即時通訊平台，藉由通訊平台發送訊息給特定聊天機器人(Chat BOT)，便能得到服務。本研究以通訊軟體「LINE」作為平台，將聊天機器人結合自然語言處理(Natural Language Processing, NLP)技術，以建置一個行動化施工日誌管理系統。現場工程人員可依據現場施作情況，隨時填報每日所有工程項目施作之相關資訊，最後再經工地主任確認後，並產出施工日誌檔案。為解決使用者有時無法使用精確的詞句，透過建置對話字串比對機制(關鍵字搜尋)，輔以NLP辨識模糊字串語意，以提升查詢資料的準確性。此外，為利提高施工日誌的使用與管控效率，本研究亦透過聊天機器人上傳資料與查詢施工日誌，以及主動提醒某特定工作狀況(例如鋼筋施工數量已超過契約數量等)。最後，本研究以一件公共建築工程為測試案例，探討所提管理方式之可行性。

關鍵字：施工日誌、聊天機器人、LINE BOT、自然語言處理、對話字串比對

以聊天機器人為基礎之營建工程職安衛資訊管理系統

林紘名^{1*}、黃律銘²、鄭裕仁³、陳世昕⁴、陳威宏⁵、翁紹偉⁶、
王世旭⁷、王維志⁸

^{1,2} 國立陽明交通大學土木工程系，碩士生

³ 國立陽明交通大學土木工程系，博士候選人

⁴ 台灣世曦工程顧問股份有限公司，工程師

⁵ 皇昌營造股份有限公司，副總經理

⁶ 長佳成工程資訊整合有限公司，博士

⁷ 陸軍軍官學校土木工程學系，副教授

⁸ 國立陽明交通大學土木工程系，教授

*jasminelin28005@gmail.com

為了防止職業災害的發生，保障工作者安全及健康，我國制定了職業安全衛生法。而職業災害的預防除了有賴雇主遵循職業安全衛生法的規定，規劃並落實安全衛生管理工作，如何強化職場勞工的安全衛生認知以達到降低職業災害的目標也是重要的一環。近年來，由於手機通訊軟體的使用率逐年升高，建置於即時通訊平台的聊天機器人，因其便利且直覺等優點，讓大量企業將將之作為公司資訊應用的工具。本研究擬建立一個以聊天機器人為基礎之職安衛資訊管理系統，讓使用者可以不受時間及空間限制更方便快速的應用安衛資訊，以達到降低職業災害的效益。

本研究建立的資訊管理系統共 6 大模組，模組 1 為蒐集專案工地及職安衛資料；模組 2 為整理需求資訊並匯入 SQL 資料庫；模組 3 為建立 Line Bot 聊天機器人；模組 4 為串接 Line Bot 與自然語言處理技術；模組 5 是建立系統權限管控機制；模組 6 為透過 Line Bot 進行六項職安衛資訊管理應用。本研究以新竹市東區某新建工程做為案例測試，並模擬不同功能可能的使用情境，並示範聊天機器人之操作流程，以測試本研究系統運作可行性。本系統之使用方式以選單式探索為主要操作流程，模組 4 之串接自然語言處理技術目前僅有模組開發構想尚未開發完成，將列為後續研究方向。

關鍵字：職業安全衛生、聊天機器人、資訊管理

基於 BIM 的預鑄牆體自動化系統開發研究

連立川^{1*}、孫光佑²、廖秉祥³

¹ 中原大學土木工程系工程系，助理教授

^{2,3} 中原大學土木工程系工程系，大學生

* lclien@cycu.edu.tw

本研究提出模組化牆系統(Modular Wall System)分割與組立的方法，概念採用積木式模組化的結構設計，來改善傳統的預鑄牆體工法；透過一種模組化的母版，對母版間交互螺栓對鎖組成任何變化的牆體，並且牆體具有高韌性、耐震、高強度、施工簡易快速、平整等特性。

為了有效建立模組化牆系統，本研究針對(1)牆面平面自動分割、(2)3D 牆面自動生成、(3)牆面座標自動化產生等問題深入探究，並採用 BIM 整合視覺化程式設計(Dynamo)的技術基礎，對實際建築進行建模與案例驗證，藉以建立模組化牆系統方法的應用可行性。

研究顯示，透過建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)整合視覺化程式設計的概念，能有效在取得基本設計圖面後，實現(1)不需人工 3D 模型繪製，即可自動生成 3D 的模組化牆面；(2)亦能透過 3D 牆面大小尺度的座標輸出，提供預鑄廠房機器手臂進行量產；(3)並能有效對手動確認施工性的掛鉤位置，進行視覺化的力學分析判斷。

本研究實際效益分析有以下成果：(1)在目前研究範圍內之總數進行比較分析，自動化模式加上必須手動模式將比全手動模式增加效率 56%。(2)統計本研究共生成 2720 個點及 8160 個座標。可以看出，座標點數字龐大，手動建置十分困難且容易出錯。若未來項目量體越大，產生之座標點數量人工將無法進行，因此必須使用程式語言進行自動化建置。

關鍵字：BIM、預鑄牆體、自動化系統開發

結合虛實整合與深度學習建構全自動化噴漆機械手臂模擬系統

田祥志^{1*}、馮重偉²、張堡盛³

¹ 國立成功大學土木工程系，研究生

² 國立成功大學土木工程系，副教授

³ 國立成功大學土木工程系，博士生

* n66114576@gs.ncku.edu.tw

近年來，營造業嘗試將人工智慧（AI）結合全自動化營建機器人以應對複雜和多變的施工環境。然而，現有的人工智慧技術在營造業中的應用仍面臨數據不足的問題，使得 AI 的學習和應用變得困難。此外，儘管建築信息模型（BIM）和點雲技術在建築設計和施工管理中展示了其潛力，但其主要應用集中在數據傳輸和固定作業內容的處理上，缺乏足夠的靈活性和彈性，限制了 AI 技術的發展和應用。

本研究提出全自動噴漆機器人的 AI 學習架構，研究目標包括：（1）解析噴漆機器人的任務規劃與控制需求；（2）利用 BIM 和點雲技術構建訓練數據；（3）發展深度學習模型，利用卷積神經網絡（CNN）進行特徵提取與標注；（4）建立全自動化模擬系統，以實現精確的噴漆任務。

研究過程首先解析全自動化噴漆機器人的施工需求，然後使用 Revit 和 Cloud Compare 工具生成點雲資料，並利用 Dynamo 腳本進行數據提取和工作站分割。其次，利用 CNN 對點雲資料進行特徵提取，建立並訓練模型。最後，在 ROS 系統中建立控制架構和通信協議，模擬噴漆任務。

研究成果表明，所構建的 AI 系統在點位分類和噴漆區分上達到高準確率和效能，證明結合 BIM、點雲技術與深度學習進行噴漆任務規劃的可行性，為營造業自動化提供了重要參考，推動行業自動化進程。

關鍵字：人工智慧、自動化營造業、虛實整合、機械手臂

Session B4

會議時間：15:10-16:35 主持人：林祐正教授

Time: 15:10-16:35 Host: Prof. Yu-Cheng Lin

主題：BIM 建築資訊模型

Topic: Building information modeling

- 基於智慧電表的建築能耗視覺化模擬系統開發與應用
蔡主賢、王如觀、周建成
- 利用 Omniverse 發展虛擬室內設計裝修平台
郭頤潔、馮重偉
- 運用 BIM 於輔助低碳建築評估系統 LEBR 之可行性探討
李佳婷、黃宥蓁、黃茂龍、蔡宗益、王維志
- 考慮施工安全風險的施工路徑 AR 導引研究
李恩語、李沛儒、陳玉晴、王廷魁、Ruoyu Jin
- 製作不安全行為動作庫應用於工安訓練之研究
蕭婉君、紀乃文
- 傳感器於土木工程應用發展之回顧與趨勢分析
吳奐貞、曾仁杰
- 單元式牆小尺度自動化之研究
連立川、洪偉豪

基於智慧電表的建築能耗視覺化模擬系統開發與應用

蔡主賢¹、王如觀²、周建成^{3*}

¹ 國立中央大學土木所防災與資訊應用組，研究生

² 國立中央大學土木所防災與資訊應用組，博士後研究員

³ 國立中央大學土木所防災與資訊應用組，教授

* ncucvit@gmail.com

隨著節能減碳變得越來越重要，建築能源消耗也因此成為關注的焦點，而傳統的能耗分析方法缺乏直觀的視覺化呈現，難以讓使用者直觀地了解建築物空間的能耗情況，而智慧電表在建築中的應用越來越廣泛，使得每戶的實時用電資料得以高效率的收集。經過初步處理後，這些大量的數據能夠轉化為高品質的資料庫。而本研究就是利用智慧電表的數據，針對空間耗電量開發一套視覺化模擬的系統，其中使用了 BIM 建模軟體與 Unity 遊戲引擎做結合，實時模擬建築內不同空間的用電量，實現建築空間的能耗可視化，最後開發視覺化模擬系統與虛擬實境的應用，幫助建築管理者及時發現並解決能源消耗異常問題，提高能源管理效率，實現節能減碳目標。

研究包括建構 BIM 模型轉檔導入 Unity 中，利用智慧電表數據，在 Unity 中對空間進行能耗映射與顯示設置。研究結果展示建築模型在虛擬環境中的視覺效果，通過顏色梯度顯示各房間的耗電情況，並設計了簡單直觀的用戶界面。最終，系統在虛擬實境（VR）環境中運行，允許使用者自由移動和交互，直觀地觀察和管理建築的能源消耗情況。本研究提供了一個易於使用的工具，幫助使用者能夠更好地理解和管理建築物的能源消耗，讓未來向更綠色、更可持續的方向發展。

關鍵字：建築資訊模型、建築能源模擬、嚴肅遊戲、節能減碳

利用 Omniverse 發展虛擬室內設計裝修平台

郭頤潔^{1*}、馮重偉²

¹ 國立成功大學土木工程系營建管理組，研究生

² 國立成功大學土木工程系營建管理組，副教授

*n66114615@gs.ncku.edu.tw

本研究旨在建立一個虛擬室內設計裝修平台，利用 NVIDIA 新開發的 Omniverse 應用程式與 Unity 連結，實現高擬真度和多功能性之空間展示。平台的核心功能包括 AI 生成空間配置、光線模擬和標註註解等，其中 AI 生成空間配置為研究主軸。首先須在 Omniverse 頁面上構建使用者界面，實現生成式 AI (ChatGPT) 與 Omniverse 的連接。用戶可以在界面中輸入理想的空間配置需求，例如選定一個空間並定義其用途，如倉庫，並將資訊輸入 Omniverse 與 ChatGPT 連接介面。ChatGPT 將生成相應的倉庫空間配置，並在 Omniverse 中快速呈現。

這一研究探索了利用 AI 技術進行快速空間配置生成的方法，其他功能則依賴於 Omniverse 現有功能而未進行實際開發。此平台有助於提升虛擬室內設計的效率和精度，為設計師提供一個強大的工具來實現創新和高效的設計流程。

關鍵字：室內設計裝修、虛擬實境、生成式 AI、ChatGPT

運用 BIM 於輔助低碳建築評估系統 LEBR 之可行性探討

李佳婷^{1*}、黃宥蓁²、黃茂龍³、蔡宗益⁴、王維志⁵

^{1,2} 國立陽明交通大學土木工程系，研究生

³ 農業部農村發展及水土保持署，正工程師

⁴ 定海創新有限公司，博士

⁵ 國立陽明交通大學土木工程系，教授

*emilyle.en11@nycu.edu.tw

近年來，全球氣候變遷議題日益受到關注，環保意識逐漸提高，對於碳排放量的關注也日益增加。營建業作為一個重要的碳排放來源，其對環境的影響不可忽視。因此，了解和探討台灣國內營建業計算碳排放的流程與方法，對於減少碳排放、促進營建業可持續發展具有重要意義。透過深入研究，可以提供實質性的資訊和建議，幫助業界和政府制定更有效的減碳政策，同時促進營建業的綠色轉型。

本研究旨在探討台灣營建業對於碳排放計算的方法與流程。透過分析碳排放相關名詞、碳排放係數、碳足跡盤查標準，本研究旨在提供全面的理解。此外，本研究也深入分析了內政部建築研究所的 LEBR(Low Embodied-carbon Building Rating System，低碳建築評估系統)計算方式，並結合 BIM 模型中數量計算的工具進行實際案例計算。希望透過本研究，能夠讓營建產業人士更了解碳排放計算的方法，從而推動行業的綠色轉型和可持續發展。這項研究將有助於營建業更好地理解 and 應對碳排放問題，促進行業可持續發展。

關鍵字：BIM、碳排放計算、LEBR

考慮施工安全風險的施工路徑 AR 導引研究

李思語¹、李沛儒²、陳玉晴³、王廷魁^{4*}、Ruoyu Jin⁵

^{1, 2, 3} 國立高雄科技大學土木工程系，學生

⁴ 國立高雄科技大學土木工程系，教授

⁵ College of Engineering, Design and Physical Sciences, Brunel University London,
Associate Professor

* tingkwei@nkust.edu.tw

隨著建築工程向高層化發展，施工現場作業的建築工人發生墜落的風險正在逐漸增加。現有研究已顯示施工墜落風險已是導致安全事故的首要因素，然而現有 AR 導引相關研究中，並無法提示下一地點的潛在墜落風險及相關注意事項。本研究透過貝葉斯網路方法、路徑算法、Unity 引擎和 AR 技術的結合，致力於改善施工場地的安全狀況。

研究結果除了評估每一施工地點的潛在墜落風險外，為了提醒各施工地點存在之施工墜落風險，在導引中則會呈現往下一點之風險值與危險注意事項等資訊讓使用者了解其風險。最後透過 AR 導引施工路徑。此研究不僅為施工行業提供了創新的安全管理方案，還強調了教育和培訓在降低風險和提高安全意識方面的關鍵作用。

關鍵字：施工墜落風險評估、安全檢查路徑規劃、貝葉斯網路、BIM、Revit、Unity 遊戲引擎、AR、建模、路徑算法

製作不安全行為動作庫應用於工安訓練之研究

蕭婉君^{1*}、紀乃文²

¹ 國立臺北技大學土木與防災研究所，碩士生

² 國立臺北科技大學土木與防災研究所，助理教授

* t112428035@ntut.edu.tw

營造業在職災案件占比中居高不下，此背景凸顯了工安教育的迫切需求，訓練勞工具有自主安全意識是刻不容緩的議題。本研究聚焦於使用自由開源軟體 Blender 以製作不安全行為動畫模型，透過製作動畫模型，生動且清晰地呈現危險行為，以提升勞工對於工安意識的理解與執行。虛擬動畫則具有能夠演示真人無法呈現之高危行為之優勢，且透過運用 3D 建模技術呈現多角度零死角之特性與多種軟體結合應用，如添加場景、建設環境及創建真實情境等方式發展多種可能性。本研究製作不安全行為動畫模型同時探討後續應用之問題，探討使用已製作之動畫模型匯入各種軟體確認模型應用之可行性與相容性，旨在製作不安全行為之動畫模型並將其發展為元件庫，並在未來期許與虛擬實境結合，從而提高了模擬真實情境之能力，以發揮最大效益，使工安教育訓練更加具體化與生動化。結果顯示 Blender 在工安教育訓練中的應用價值，其能夠在低進入障礙與低學習成本的條件下，有效率地打造不安全操作行為的示範模型，並以視覺化的方式展現危險行為，同時降低了訓練成本，為工安教育的推廣提供了一個有效的工具與途徑。

關鍵字：工安教育、3D 建模、營建工程安全

傳感器於土木工程應用發展之回顧與趨勢分析

吳奐貞^{1*}、曾仁杰²

¹ 國立陽明交通大學土木工程系，研究生

² 國立陽明交通大學土木工程系，教授

*as880916.en11@nycu.edu.tw

隨著科技進步，傳感器技術於土木工程領域中之應用日益廣泛，顯著提升了對結構物、建築物及土地狀態和性能的監測、評估和管理效率。然而，現有文獻多集中於某一特定應用之目標，缺乏對整個領域的全面探討。因此，本研究旨在綜合分析現有研究成果，全面探討傳感器技術在土木工程領域的應用現況，並重點探討其與建築資訊模型(BIM)和數位孿生(Digital Twin)技術的應用，為未來研究提供全面視角。

研究方法包括利用 WOS 資料庫檢索相關文獻，經過人工篩選後獲得 10,308 篇文獻，並進行量化和質性分析。量化分析結果顯示自 2000 年以來，該領域的研究逐年增加，傳感器主要應用於結構監測、營建管理、運輸/交通、水利和大地工程等，尤其在結構物和材料監測方面佔重要比重，集中於提高安全性。質性分析則探討了傳感器於 BIM 和 Digital Twin 中的應用情況，指出了實時數據收集、提高精度、增強決策支持等優勢，但也面臨數據準確性、隱私安全和技術標準等挑戰。

最後，根據研究分析結果，提出以下建議供日後研究參考：持續深入探討將傳感器技術與 BIM 和 Digital Twin 相結合的應用場景；解決傳感器數據的準確性、隱私安全和技術標準等問題；針對不同應用領域和生命週期階段，研究傳感器之具體需求和挑戰，以最大限度發揮其效益。

關鍵字：傳感器、BIM、Digital Twin

單元式牆小尺度自動化之研究

連立川^{1*}、洪偉豪²

¹ 中原大學土木工程學系，助理教授

² 中原大學土木工程學系，研究生

*lclien@cycu.edu.tw

近年來，由於勞動人口降低且傳統工程仍依賴人工進行現場作業，以及營造工程物價指數持續上升，所導致施工成本提高。加上氣候、設備與人為經驗不足等因素影響，容易出現施工品質不易控管之情況產生，導致施工進度延期，進而增加整體施工成本。

因應上述勞工短缺與物料成本上漲，本研究採用陳亞堂等(2023)所提出之模組化牆系統(Modular Wall System)分割與組立方法，採用類似於積木拼裝之模組化結構設計，透過使用小尺度單元(small-scale unit wall)母版與母版之間交互使用螺栓對鎖，可組成任何尺寸與外型之預鑄牆體，且牆體具有高韌性、耐震、高強度與施工簡易快速之特性，進而降低施工成本，提高工程效率。

因此本研究針對小尺度單元母版分割，透過視覺化程式(Dynamo)撰寫延伸出模組化牆小尺度自動分割之技術；本研究已開發適用於不同模組化牆小尺度自動分割視覺化程式，透過使用小尺度自動分割模組化牆，可優化預鑄外牆工法的損料規劃與進行小尺度版片數量之掌控，進而降低人力成本與損料產生的施工成本。本研究亦進行手動小尺度分割與自動小尺度分割模式化比較，藉以呈現自動化程式所能產生之時間成本效益。未來若有其他模組化牆系統之分割皆可使用本研究所開發之程式來進行分割與數量計算。

關鍵字：BIM、單元式牆小尺度、自動化

Session C4

會議時間：15:10-16:35 主持人：黃忠發教授

Time: 15:10-16:35 Host: Prof. Chung-Fah Huang

主題：其他營建工程管理相關課題

Topic: Others

- **建設公司品牌價值提升策略探討之研究-應用 AHP 層級分析法**
蘇永平、曾惠斌
- **Fuzzy Multi-Mode Resource-Constrained Time-Cost-Resource Optimization**
Joshua Wijaya1, I-Tung Yang
- **上市營建業公司 ESG 報告分析與企業策略**
宋源璟、荷世平
- **Using Semantic Analysis and Fuzzy Theory for Classifying and Analyzing BIM Learning Experiences**
Shang-Hsien Hsieh, Wei-Chih Liu
- **Entry Mode Strategy for Construction Firms Entering into Emerging Markets: Theory and the Evidence from ASEAN Markets**
Chaohung Lin, Nguyen Dinh Son, S. Ping Ho
- **建築工程移動起重機吊掛作業職安管理常見缺失與對策**
黃中和、沈育霖、蔡茂生、盧偉任
- **Adapting Vision Foundation Models for Automated Crack Segmentation**
Ghodsiyeh Rostami, Po-Han Chen, Yang Wang

建設公司品牌價值提升策略探討之研究-應用 AHP 層級分析法

蘇永平^{1*}、曾惠斌²

¹國立臺灣大學工學院土木工程學系，研究生

²國立臺灣大學工學院土木工程學系，教授

* P10521704@ntu.edu.tw

在平台經濟、大數據及科技創新的推動下，傳統建設公司的營運和行銷模式已不再適應新市場需求，消費者如今擁有更大的市場主導權。為抓住機會並面對挑戰，建設公司必須不斷提升品牌價值。品牌價值不僅影響客戶的購屋決策，還能提升個案的市場價值。

本研究採用 AHP 層級分析法，通過座談會和專家訪談，建立層級結構並歸納出提升建設公司品牌價值的五個關鍵評估構面：產品與服務品質、技術創新與發展能力、品牌加乘效果、品牌特性與形象、以及 ESG 永續發展。此外，研究確定了 16 項評估關鍵因素。通過對消費者進行問卷調查並依權重進行排序，結果顯示消費者最重視的三項因素依次為施工品質、售後服務及第三方查驗或認證。其他重要因素包括客戶評價、推案地點及新科技應用，而消費者最不重視行銷曝光、推案量及名人置產。

本研究對建設公司提升品牌價值提出了明確的關鍵因素和具體建議，強調品牌價值提升需考慮各因素之間的相互關聯性，並根據不同分群的特性，依權重排序進行關注與執行。提升品牌價值不僅影響客戶的購房決策，還能顯著提高建案的市場價格。本研究旨在通過提升品牌價值，使建設公司在市場中脫穎而出，促進其長期發展。

關鍵字：AHP 層級分析法、專家訪談、建設公司

Fuzzy Multi-Mode Resource-Constrained Time-Cost-Resource Optimization

Joshua Wijaya^{1*}, I-Tung Yang²

^{1*} Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*m11105819@mail.ntust.edu.tw

Minimizing construction cost, shortening project duration, and leveling resource allocation are some of the most frequent concerns found by the construction industry to most stakeholders. Such imperatives can be proven complex to obtain while taking the precedence relationship and resource availability into consideration. To further facilitate such needs, this study proposes the Fuzzy Multi-Mode Resource-Constrained Discrete Time-Cost-Resource Optimization (Fuzzy-MRC-DTCRO) which refers to the alternative to find the optimal solutions of the three-dimensional trade-off between time, cost, and resource usage throughout an entire project. The main objective of this approach is to select a specific mode for each activity satisfying all the incorporated constraints. In Fuzzy-MRC-DTCRO, it executes multi-mode resource-constrained project scheduling problem (MRCPSP), discrete time-cost trade-off problem (DTCTP), as well as resource allocation and resource leveling problem (RLP) in tandem. Additionally, this study introduces a novel approach by incorporating fuzzy logic for uncertainty analysis in activity durations and costs. By employing α -cut, this approach provides a more realistic perspective, allowing for an examination of the impact of uncertainties on feasible outcomes. To further assist obtaining the optimal results, this study adopts the widely-known Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) to find non-dominated solutions concerning the project duration, total project cost, and resource moment deviation. Obtained results show that under the incorporated optimization algorithm, there is a counteracting relationship between time-cost and cost-resource trade-off, as well as a subtle relationship between time and resource moment deviation. In addition, the level of confidence which entails the project execution period directly affects the project duration, total project cost, and resource moment deviation which influence may depend on the distribution of the optimistic, most likely, and pessimistic scenarios being accounted.

Keywords: Resource-Constrained Scheduling; Time-Cost-Resource Trade-off; Metaheuristic; Uncertainty; Fuzzy Logic

上市營建業公司 ESG 報告分析與企業策略

宋源璟^{1*}、荷世平²

¹ 國立台灣大學土木工程學系營建管理組，研究生

² 國立台灣大學土木工程學系營建管理組，專任教授

* R10521714@ntu.edu.tw.

金管會要求資本額到達規定標準之企業必須公開發佈永續報告書，使國內企業開始進入所謂的 ESG 焦慮，眾多 ESG 顧問公司如雨後春筍般冒出，開始協助企業進行 ESG 永續報告書的撰寫，雖然報告書皆可順利發佈，但上報告書撰寫的過程是否有疑慮，以及企業在永續發展的實際狀況到底如何？

本研究深入 5 間上市營建業公司，實際參與 ESG 永續報告的撰寫會議，並與各公司負責永續發展的主管、執行人員進行深入訪談，探討永續報告書的撰寫過程，及公司在永續發展的實際狀況、未來藍圖等，了解公司在永續發展上的諸多考量與限制，做為後續分析的必要材料。

而後，將 5 間上市營建業公司的資料進行統整與對比，探討出在永續報告書撰寫的諸多問題、建議，並羅列各公司在永續發展的實際狀況以及未來規劃，對其進行探討分析，最終得出營建產業在永續發展實務面上的各種執行策略、限制因素、資源投入、規劃藍圖等資訊，為本研究所獲得之關鍵資料，最終提出永續報告書撰寫問題建議、營建產業永續發展資料及建議。

期望本研究所彙整之資料能夠做為政府單位、利害關係人、營建業者在永續發展的參考資料，能為永續發展略盡棉薄之力。

關鍵字：ESG、企業永續報告、質性研究、深入訪談法、營建業永續發展

Using Semantic Analysis and Fuzzy Theory for Classifying and Analyzing BIM Learning Experiences

Shang-Hsien Hsieh^{1*}, Wei-Chih Liu²

¹ Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Ph.D's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*shhsieh@ntu.edu.tw

In recent years, advancements in information technology have gradually integrated people into a smarter and more automated lifestyle, with automated technologies significantly improving workflow processes. Many applications of automation technology are found in the design and development of interface software. Interface software, such as AUTOCAD, CATIA, Sketchup, 3D Max, ArchiCAD, and REVIT & BIM, among others, offer various design and development tools in the market. In the fields of architecture and construction, learning applications like Building Information Modeling (BIM) have long been the core of architectural and civil engineering education. However, in engineering education, there may exist conceptual differences during the learning process of BIM development software, leading to increased learning difficulty and cognitive pressure. Additionally, it is of interest to determine whether learners in architecture, civil engineering, mechanical engineering, and project management can quickly grasp the benefits of transitioning from REVIT to BIM. This study aims to investigate potential differences in conceptual understanding and the utility of learning software among short-term learners and students during the process of learning software in the application of BIM. Initially, the study will collect quantitative data (QD) from learners through literature review and the Semantic Analysis Method (SAM), establishing a preliminary database (PD). Subsequently, utilizing Fuzzy Cluster Analysis Theory (FCAT) from the preliminary database will be analyzed. Finally, a multidimensional model (MM) will be established using the quantitative database to estimate and verify the classification attributes of learning BIM development software. Based on this model, improvements will be made to the learning of BIM software, thereby enhancing future applications in construction education.

Keywords: Building Information Modeling (BIM); Fuzzy Cluster Analysis Theory (FCAT); Semantic Analysis Method (SAM); REVIT; CAE

Entry Mode Strategy for Construction Firms Entering into Emerging Markets: Theory and the Evidence from ASEAN Markets

Chaohung Lin^{1*}, Nguyen Dinh Son², S. Ping Ho³

¹ Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Former Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
*d01521020@ntu.edu.tw

In ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) community, the market of Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand, and Vietnam (hereinafter referred to as ASEAN-6) accounts for 95 percent of the ASEAN economy. The various needs for infrastructure in the region offers abundant opportunities for multinational construction firms to expand their business in this emerging market. Past research in entry modes mostly focuses on the manufacturing and service industries. Nevertheless, the construction industry has some characters different from that of those industries. Due to the industry characters, in this study, we adopt the degree of ownership as the criterion to distinguish the entry mode choices and classify the entry modes into two categories: hierarchy and joint-equity. Ninety-seven sample companies/offices were investigated, and an econometric analysis was conducted. The results fit the industry characters, and suggestions are given for future research and practitioners.

Keywords: Entry Mode; Construction Industry; ASEAN; Emerging Countries; Empirical Analysis

建築工程移動起重機吊掛作業職安管理常見缺失與對策

黃中和^{1*}、沈育霖²、蔡茂生³、盧偉任⁴

¹ 國立臺北科技大學土木工程系，副教授

² 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，副研究員

³ 國立臺灣科技大學營建工程系，兼任教授級專家

⁴ 國立臺北科技大學土木工程系，研究生

* cdewsx.hch@gmail.com

本研究旨在探討建築工程移動起重機吊掛作業職安管理常見缺失與對策，期望能減少起重機吊掛作業意外，進而降低職業災害發生率。研究方法主要為工地訪視調查、資料收集、職災分析，透過品質管理之魚骨圖法，繪製常見缺失重點，並由資料分析、訪談，以及工程經驗等，提出對應之對策。相關研究成果，可供工程界實務施工管理之參考。

本文將移動起重機吊掛作業常見缺失設定為主要原因(大骨)，採用 5M1E (人員、機械、材料、方法、環境、管理) 為子原因(中骨)，透過職災分析與現地訪查等盤查出共有 25 項孫原因(小骨)，如此建立並繪製出常見缺失魚骨圖。各項原因中，以建築工程環境問題與規劃不當佔有相當大的比例，顯示工地對於吊掛環境和吊掛作業規劃明顯不足。因此，有必要加強事前施工風險評估與現場場勘作業，這兩點也是現場訪視調查最常見之缺失，另一方面普遍工地所使用之吊車老舊容易造成機械疲乏，有必要強化起重機機械之定檢作業更重要的是落實平時之保養維護工作建議納入相關法規規定。這些措施的實施，將有助於提升建築工地吊掛作業安全，降低吊掛作業意外，保障工人的生命安全。

Adapting Vision Foundation Models for Automated Crack Segmentation

Ghodsieh Rostami¹, Po-Han Chen^{2*}, Yang Wang³

¹ PhD Student, Department of Building, Civil, and Environmental Engineering,
Concordia University, Montreal, Canada.

² Professor, Department of Building, Civil, and Environmental Engineering,
Concordia University, Montreal, Canada; and Adjunct Professor, Department of
Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Associate Professor, Department of Computer Science and Software Engineering,
Concordia University, Montreal, Canada.

*pohan.chen@concordia.ca

Crack segmentation is a key step in identifying cracks from digital images for automated visual crack inspections. The quality of the segmentation significantly affects further severity assessment of the cracks through dimensions measurements. Recent advancements in Deep Learning and Computer Vision have resulted in significant progress in crack detection algorithms. However, majority of deep learning-based crack detection models are developed based on small and limited datasets, hence, do not demonstrate generalization to variations in real-world conditions. Thus, to develop a more robust crack detection model, this study introduces Crack Large Model (CLM) which leverages large-scale semantic segmentation models, specifically, Segment Anything Model (SAM) for crack segmentation. Through transfer learning, CLM is fine-tuned on a diverse and challenging crack dataset including 11000 pairs of crack images and masks. The transfer learning strategy successfully improved CLM's performance on the dataset from F1-score and dice score of 13% and 20% to 65% and 61%, respectively.

Session D4

會議時間：15:10-16:35 主持人：楊立人教授

Time: 15:10-16:35 Host: Prof. Li-Ren Yang

主題：防救災與風險管理

Topic: Disaster prevention and risk management

- **建築結構健康監控系統配置之研究-以鋼構廠房為例**
林高禾、莊坤諺、曾惠斌、林之謙
- **營造業及建築師之長尾責任：從美麗殿大樓案例探討台灣建築法律與侵權行為之責任分擔**
梁禮麟、王東陽、范揚晟
- **BIM 應用技術輔助建築工程風險評估之研究**
陳姝妍、王翰翔
- **我國營造業本籍勞工與外籍移工重大職災資料之分析**
邱煜翔、王翰翔
- **無人機於地形變異之研究-以山區道路為例**
連立川、蕭子強
- **運用 BIM 與人潮大數據建構高齡社會疏散空間風險模式**
許智豪、楊惠萱、吳佳容
- **都會區關鍵基礎設施脆弱度評估-複雜網路理論之運用**
呂世通、程姿僖、張皓雲、陳淑真

建築結構健康監控系統配置之研究-以鋼構廠房為例

林高禾^{1*}、莊坤諺²、曾惠斌³、林之謙⁴

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，碩士生

² 國立臺灣大學土木工程學系，博士候選人

³ 國立臺灣大學土木工程學系，教授

⁴ 國立臺灣大學土木工程學系，助理教授

* P10521710@ntu.edu.tw

臺灣因其特殊地理條件下，面臨多種自然災害風險，如颱風和地震等，這使得營建工程產業必須具備居安思危的觀念，並制定相應的風險管理策略，以實現韌性城市的願景。雖然近年來臺灣在災後搶救和建築修復技術方面取得了顯著進展，但仍難以完全保障生命和財產安全。對此，結構監測儀器和辨識方法的研究逐漸增加，但目前的研究多集中於數值模型模擬及實驗室試驗，尚未針對具體建築專案提出經濟實用且可靠的監控系統規劃。本研究以某國營事業機構的重要發電設施廠房為案例，著重探討建築物韌性分析。透過 TEKLA 及 ETABS 結構分析軟體，對自然災害外部衝擊進行結構辨識，大幅降低系統點位佈設比率，並結合業界監測新知技術，提出最佳化結構健康監控系統(SHM)配置方案。經由歷史數據進行動力分析歷時模擬驗證，取得具相當可靠度的辨識成果。透過主動結構安全數據收測，在遭受外部衝擊時，能提供關鍵數據支援緊急應變和修復評估，避免城市機能系統鏈中斷，影響基礎設施品質恢復時程。同時，透過與中央監控軟硬體整合，將數據自動化導入物管單位系統，作為日後評估建物整建維護計畫的參考依據，從而達到延長建築物生命週期的目標。

關鍵字：風險管理、韌性城市、結構辨識、結構健康監控

營造業及建築師之長尾責任：

從美麗殿大樓案例探討台灣建築法律與侵權行為之責任分擔

梁禮麟^{1*}、王東陽²、范揚晟³

¹ 潤弘精密工程事業股份有限公司，專案經理，博士/土木技師

^{1, 2, 3} 國立政治大學法律碩士在職專班，研究生

* lilin.liang@gmail.com

本研究旨在探討建築物致人損害的賠償責任歸責原則，以台中市美麗殿大樓於1999年九二一大地震中遭受損害的案例為例，分析建築師、專業技師、承造人等多方利害關係人的損害賠償責任。並延伸討論現行法令對建築師監造義務的明確性，及工程侵權行為中的複雜因果關係，提出應引入多因素分析方法，增強責任分配的公正性和合理性。

本研究借鑒德國、英國和美國的建築監管模式，結合台灣實務情境在建築監管、法律責任和爭議處理方面的改進建議。本文建議引入第三方獨立監督機構，提高施工品質監督的客觀性和獨立性，加強法律責任與保險制度，完善爭議解決機制，推行全生命週期管理政策，並促進技術創新與應用。強調建築物安全和品質不僅是建築師一人的責任，更涉及多方利害關係人的風險分擔和責任分配。總結而言，本研究希望能夠為理解建築物損害賠償責任的複雜性及其法律處理提供新的視角，冀望對台灣建築法規的改進和實施具有重要參考價值。

關鍵字：建築法律、侵權責任、建築物損害賠償、建築監管模式、全生命週期管理

BIM 應用技術輔助建築工程風險評估之研究

陳妹妍^{1*}、王翰翔²

¹ 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，研究生

² 國立中央大學土木工程學系，副教授

* ivychen1010177@gmail.com

營建工程建設對於一個國家為重要經濟發展的來源之一，營造工程固然重要，但營造業在世界各國的所有產業之中，皆呈現高度職業災害風險。我國為了提升職業安全，從法規中規定設計、製造、輸入或施工規劃各階段前後需進行風險評估，雖然有了法規以及指引，使風險管理上達到了重視，但是在風險評估過程中，需要透過工程圖說來反映風險辨識，是否正確以及成功預防，而有些問題卻是於 2D 圖面上較難以觀察。因此，本研究之目的在建立建築工程風險評估導入 BIM 應用技術之流程。本研究以營造工程風險評估技術指引中提及之風險評估流程，結合台灣 BIM(Building Information Modeling)指南中的 BIM 應用進行研究，針對固有之風險評估流程提出改善及建議，並彙整建築資訊模型輔助建築工程中風險評估之應用方法，透過文獻回顧過去案例建立流程並進行專家訪談驗證，以及使用案例進行實際應用，期望能協助建築工程專案得以有系統性地藉由 BIM 執行風險評估作業。

關鍵字：風險評估、BIM 應用、職業安全衛生

我國營造業本籍勞工與外籍移工重大職災資料之分析

邱煜翔^{1*}、王翰翔²

¹ 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，研究生

² 國立中央大學土木工程學系，副教授

* alan507878@gmail.com

近年來，台灣各產業面臨嚴重勞工短缺的問題。為解決勞力短缺，政府於 2023 年 6 月放寬外籍移工招聘法規，導致外籍移工人數大幅增加。然而，隨之而來的是重大職業災害事故人數也相對大幅提高，引發社會各界對外籍移工職場安全的高度關切。本研究在透過系統分析大規模職災數據中，比較本籍勞工和外籍移工在職業災害成因上的差異。研究資料共 1857 筆重大職災個案，以提取 58 筆外籍移工、317 筆本籍勞工進行分析。首先研究將採用卡方檢定，篩選類別。再採用敘述性統計分析，針對災害類型，原因屬性等類別展開圖表分析，初步顯示出兩類勞工在職場災害事故成因上的差異。其次，將運用潛在類別分析技術 LCA(Latent Class Analysis)，從職災個案中發掘隱藏的發生高機率重大職災的潛在因素，識別兩類族群在職場安全存在的隱含族群差異。透過此分析工具的應用，研究能了解本籍勞工和外籍移工在職業災害成因來自多種因素。在涉及建築工程或營建物及施工設備以及存在潛在危險的作業環境時，如挖掘區域或重型機械的施工區，必須格外注意，預防重大職業災害的發生。這些研究結果能為未來制定勞工職災風險評估時的依據，確保各類勞工的工作場所安全。

關鍵字：重大職業災害、潛在類別分析、風險評估

無人機於地形變異之研究-以山區道路為例

連立川^{*1}、蕭子強²

¹ 中原大學土木工程學系，助理教授

² 中原大學土木工程學系，研究生

^{*}lclien@cycu.edu.tw

台灣位於菲律賓海板塊以及歐亞板塊的交界處，受到板塊擠壓的影響，使得台灣成為多震的國家之一，又因山勢陡峭、河水短急，季風和颱風帶來豐沛的降雨量，常使台灣發生山崩地滑、地滑等的自然災害，而近年來氣候異常，使得自然災害有明顯增加的趨勢，為了能更好的提前預警以提前防範自然災害的發生，因此台灣逐漸重視山區崩塌潛勢分析，在山區崩塌潛勢中地形變異常視為災害發生的前兆，而在傳統的觀測方法中，倚賴監測人員到現場進行量測，精確度雖高，但耗時且費工，現在雖然已經可以使用衛星影像監測來分析目標區域的經緯度座標以及高程，但在高程的量測中誤差較大，無法用在更為精確的山區地形變異的分析。

隨著科技的發展無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)的技術已逐漸進步，故本研究以無人飛行載具結合人工自動辨識，對桃園 115 和 116 山區道路進行分析，對道路放置控制點藉以進行平差修正，以減少無人飛行載具在空間三角測量上的誤差；並以收集到的無人機影像，利用 Pix4Dmapper 軟體進行實景模型(3D Mesh Model)建置，並以分類點雲和點雲修正的方式，來提升模型的精度，再將此實景模型轉換為數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)，利用 Global Mapper 軟體對建置完成的模型進行不同時期道路的高程、坡度和地形上的變異進行分析。

研究成果顯示使用無人飛行載具所拍攝的影像轉換為 DTM 後，可分析山區道路地形、高程、坡度在不同時期的變異情況，以供決策者在可能發生災害的區域提前預警。

關鍵字：無人機、地形變異、山區道路

運用 BIM 與人潮大數據建構高齡社會疏散空間風險模式

許智豪^{1*}、楊惠萱²、吳佳容³

^{1,2} 國家災害防救科技中心，副研究員

³ 國家災害防救科技中心，助理研究員

* willie2567@ncdr.nat.gov.tw

隨都市化發展，人口迅速成長，都會區人口密集活動頻繁，人潮群聚空間日益劇增，災害事故下，疏散避難為困難，如捷運系統為都會區重要的關鍵設施，亦為人潮聚集的密閉空間，倘若事故發生，易造成恐慌和推擠，尤其台灣邁入高齡社會，高齡者比率在 2022 年 11 月已達 17.5%，高齡者因行動緩慢容易成為災害事件中不易立即疏散的群體，間接影響人流疏散的動線。研究中以捷運站為標的，運用建築資訊 BIM 模型與人潮大數據建構避難疏散空間風險模式，再利用避難疏散模擬軟體進行分析，捷運空間大量人潮，伴隨高比率高齡者時的疏散情況，採用風險矩陣評估設施人潮群聚空間風險。本研究提出的分析方法架構，可應用於人潮群聚空間的疏散計畫的擬定及分析，提供設施管理者參考，幫助建立對應的機制。

關鍵字：建築資訊 BIM 模型、人潮大數據、高齡社會、捷運站疏散空間風險

都會區關鍵基礎設施脆弱度評估-複雜網路理論之運用

呂世通^{1*}、程姿僖²、張皓雲²、陳淑真²

¹ 開南大學國際物流與運輸管理學系，教授

² 開南大學觀光運輸學院碩士在職專班，研究生

* stonelu8604@gmail.com

都會區的關鍵基礎設施在其規模逐漸變多變大的同時，變成一項複雜的巨型系統，都會區的治理難度及複雜度當然也不斷增加。而隨著新科技廣泛運用、能源消耗節節攀升、溫室氣體大量排放、氣候詭異多變、環境污染愈發嚴重和經濟結構局部失衡等現象的出現，都會區面臨的各類型風險日益增多。在這種以系統化、網路化提升關鍵基礎設施功能和運行效益的同時，當發生某個系統內的局部擾動，如自然災害、意外事故、恐怖襲擊等風險因素，可能會在關鍵基礎設施網絡體系產生難以預料的連鎖反應，甚至導致整個體系癱瘓，而造成系統、組織和人群受到影響，也就是關鍵基礎設施系統的複雜性、系統內各關鍵節點之間關聯性，使關鍵基礎設施系統在功能更加強大的同時也變得更加脆弱，面臨更大的風險。本研究運用複雜網路理論方法，將台北捷運系統網絡系統透過其座標資料建立理解其原始「脆弱度」的關鍵節點問題，以便對其脆弱性節點位置加以分析而能了解都會區的關鍵基礎設施的關鍵節點，以有助於關鍵基礎設施防護(Critical Infrastructure Protection, CIP)之決策。

關鍵字：關鍵基礎設施、脆弱度評估、複雜網路

Session E4

會議時間：15:10-16:35 主持人：鄭明淵教授

Time: 15:10-16:35 Host: Prof. Min-Yuan Cheng

主題：營建材料與品質管制

Topic: Construction materials and quality control

- **Enhancing Steel Structure Predictions with SteelPredictor: A Comprehensive Hybrid Approach Utilizing Multiple Machine Learning and Metaheuristic Optimization Methods**
Ngoc-Mai Nguyen, Jui-Sheng Chou
- **Investigate the influence of pavement's properties on microclimate in Taipei city**
Oi-Man Hip, Anh-Vu Le, Shun-Yu Yang and Ying-Chieh Chan
- **Predicting Compressive Strength of Ready-Mixed Concrete Using Arctic Tern Optimized Weighted-Feature Machine Learning**
Asmare Molla, Jui-Sheng Chou
- **Building a fully autonomous framework for the construction inspection industry – A rebar inspection robot case study.**
Frank Cabanilla, Chung-Wei Feng
- **A Novel Interpretable Machine-Learning Model for the Prediction and Formulation of the Compressive Strength of High-Performance Concrete (HPC)**
Akhmad F.K. Khitam, Min-Yuan Cheng
- **Building Archetype Identification and Modeling for Material Stock Estimation of RC Buildings: A Conceptual Framework and Case Study in Shezidao**
Aldaniel D. Pinsotes, Tanyo Intan, Ali Ghani Jassim Ali, Yun-Tsui Chang and Shang-Hsien Hsieh
- **Optimized Moment Balanced Machine Learning for Recycled Aggregate Concrete Strength Prediction**
Riqi Radian Khasani, Min-Yuan Cheng

Enhancing Steel Structure Predictions with SteelPredictor: A Comprehensive Hybrid Approach Utilizing Multiple Machine Learning and Metaheuristic Optimization Methods

Ngoc-Mai Nguyen^{1*}, Jui-Sheng Chou²

¹ Assistant Professor, Department of Civil Engineering and Environmental Informatics, Minghsin University of Science and Technology, Hsinchu, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*nnmai@must.edu.tw

Machine learning (ML) offers a highly effective method for predicting the mechanical properties of structures in structural engineering, particularly for complex nonlinear structures subjected to extreme conditions. However, while much research has focused on concrete structures, steel structures have not received as much attention. Additionally, the common practice of combining metaheuristic optimization (MO) with ML in current studies often lacks objectivity, highlighting the need for more effective hybrid models. To address these issues, this study introduces SteelPredictor, an innovative system designed to predict the mechanical strength of steel structures. SteelPredictor integrates 17 MO algorithms with 15 ML techniques, creating 255 hybrid models, many of which are novel configurations that have not been previously explored. With its user-friendly interface, SteelPredictor allows structural engineers to solve inference problems efficiently, regardless of their programming skills. The system's effectiveness is demonstrated through two practical applications: predicting the shear strength of steel beams and the elastic buckling of steel cellular beams. By providing a versatile and robust tool, SteelPredictor meets construction engineers' and researchers' practical and research needs, representing a significant advancement in the field.

Keywords: Structural properties; Steel structures; Machine learning; Hybrid models; Metaheuristic optimization algorithms

Investigate the influence of pavement's properties on microclimate in Taipei city

Oi-Man Hip¹, Anh-Vu Le², Shun-Yu Yang³, Ying-Chieh Chan^{4*}

¹ Bachelor's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Ph.D.'s Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

^{4*} Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*ychan@ntu.edu.tw

For the mitigation of the Urban Heat Island (UHI) effect, use of cool pavement is growing popularity as the increasing surface temperature is considered one of the sequences of the UHI effect. Reflective pavement and evaporative pavement are two common types known for their cooling properties. Past studies have shown that cool pavement was effective in reducing surface temperature. However, their impact on microclimate is crucial for urban planning. With the help of computation fluid dynamic model (CFD) simulation, we can readily examine how the cool pavement technologies influence microclimate. Notably, mean radiant temperature is essential for human comfort, alongside surface and air temperature. This study used ENVI-met to simulate model concrete pavement with varying levels of albedo, thermal conductivity and volumetric heat capacity. Among the tested pavement parameters, albedo exerted the greatest influence on both air temperature and mean radiant temperature. The highest albedo level resulted in a maximum reduction of 0.038°C in air temperature but also led to a maximum rise of 2.2°C in mean radiant. Pavements with irrigation demonstrate a significant decrease in mean radiant temperature.

Keywords: ENVI-met; Cool pavement; Urban microclimate; Urban heat island

Predicting Compressive Strength of Ready-Mixed Concrete Using Arctic Tern Optimized Weighted-Feature Machine Learning

Asmare Molla^{1*}, Jui-Sheng Chou^{2**}

¹ Ph.D. Candidate, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*d10805805@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

Contemporary building structures predominantly utilize concrete due to its advantageous properties. Compressive strength, a critical mechanical property of concrete, is closely associated with structural safety. Predicting this property is crucial for the early management of material quality. The ATO-WFLSSVR, a hybrid machine learning model adept at handling computer vision tasks, predicts concrete's compressive strength. A time series dataset was benchmarked against two optimized deep learning methods cited in the literature to validate the model's effectiveness and performance. Analytical experiments demonstrate that the ATO-WFLSSVR model consistently excels across various metrics, achieving RMSE, MAE, and MAPE values of 5.866 kgf/cm², 34.4232 kgf/cm², and 10.399%, respectively, although it requires more training time. Accordingly, this bio-inspired optimization of machine learning models holds substantial promise for enhancing compressive strength predictions in civil engineering. Future research could include environment-oriented factors that might influence concrete compressive strength, such as the type of manufacturing equipment and the concrete transportation process.

Keywords: Ready-Mixed concrete; Compressive strength prediction; Bio-inspired optimization; Arctic Tern Optimizer; Hybrid machine learning

Building a fully autonomous framework for the construction inspection industry – A rebar inspection robot case study

Frank Cabanilla^{1*}, Chung-Wei Feng²

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.

² Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.

*n66117184@gs.ncku.edu.tw

Currently, it is required to conduct inspection at construction projects to ensure the quality of the elements as described in the design layouts and drawings. However, several problems have been related to the construction inspection industry, such as time-consuming, cost-labor, or lack of appropriate regulatory requirements. To improve the efficiency and effectiveness of construction inspection, robots have been introduced to assist in different tasks, such as LiDAR to check size of elements, or RGB-D Cameras to detect steel bar locations, size, and lengths. On this paper, an extensive literature review was conducted revising the different approaches of inspection, as traditional and human-robot collaboration; aspects of automation, as types of robots and sensors; and existing frameworks with the used activities, technologies, and algorithms. With this information, the purpose of inspection and automation was defined. The classification, summary and analysis were conducted to normalize the information. The purpose of this paper is to develop a fully autonomous framework for the construction inspection industry. A framework for every stage of construction is provided: pre-construction, construction, and operation and maintenance. To prove the proposed framework, a case study will be studied. This study aims to give the research community a guide to achieve automation in any aspect of the construction inspection industry.

Keywords: Autonomous framework; Construction inspection; Rebar inspection robot; Sensors

A Novel Interpretable Machine-Learning Model for the Prediction and Formulation of the Compressive Strength of High-Performance Concrete (HPC)

Akhmad F.K. Khitam^{1*}, Min-Yuan Cheng²

^{1*}Doctoral Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

²Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

*firdosakhmad@gmail.com

Predicting and formulating the compressive strength of high-performance concrete (HPC) is considered a challenging task due to the complexity of the composition of its constituent materials. However, recent advances in machine learning to handle predictions still rely on “black box” techniques that lack interpretability. To overcome this issue, the present study developed a new model, called optical-inspired rainforest to enhance prediction accuracy and offer mathematical solutions. The current model has a new architecture through three mechanisms: firstly, by expanding the geometric structure of the operation tree (OT) to improve its ability in generalization; secondly, by employing a bootstrap sampling technique to create a diverse OT as a base learner; and thirdly, by integrating a metaheuristic algorithm to minimize the prediction error. The developed model was evaluated against several popular AI models, such as ANN, SVM, LR, and DT, as well as the most recent advanced models, such as the Symbiotic Polyhedron Operation Tree (SPOT) and Genetic Weighted Pyramid Operation Tree (GWPOT). Experimental results show that the proposed model outperforms several other popular AI approaches, achieving the highest evaluation criteria of $RI = 0.98$ and $RI = 0.99$, respectively, for the training and testing datasets. Therefore, the proposed model is recommended as a viable tool to help materials engineers significantly increase the utilization of HPC in construction projects.

Keywords: Operation tree; Concrete properties; High-performance concrete; Compressive strength; Optical microscope algorithm

Building Archetype Identification and Modeling for Material Stock Estimation of RC Buildings: A Conceptual Framework and Case Study in Shezidao

Aldaniel D. Pinsotes^{1*}, Tanyo Intan², Ali Ghani Jassim Ali³, Yun-Tsui Chang⁴, Shang-Hsien Hsieh⁵

¹ Master's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Bachelor's Student, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

³ Master's Student, Department of Civil and Architectural Engineering, Aarhus University, Aarhus, Denmark.

⁴ Doctoral Researcher, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

⁵ Professor, Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
*aldanielp321@gmail.com

In the pursuit of net-zero emissions by 2050, Taiwan emphasizes sustainable strategies in the construction sector, responsible for a significant portion of carbon emissions. Despite progress in reducing operational carbon emissions, addressing embodied carbon from existing buildings lags behind. This research presents a conceptual framework to estimate the material stock of existing buildings at an urban scale through modeling. Leveraging Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information Systems (GIS), supplemented by building codes and the K-means Elbow algorithm, the framework identifies and models archetypes representing groups of buildings. Using Shezidao as a case study, GIS data on 4156 Reinforced Concrete (RC) buildings was filtered and simplified, and 1074 buildings were analyzed. The K-means Elbow algorithm identified 34 archetypes, and Dynamo was used to model them. Material quantity take-off was calculated, revealing proportional relationships between archetype size and material mass. The study's significance lies in its methodology, providing a foundation for urban-scale assessments and enhancing archetype representativeness. Future improvements may include finer details in archetype identification and modeling structures below ground level. Advancing this framework can aid in accurate material stock assessments and inform sustainable strategies, contributing to a circular economy.

Keywords: Carbon emissions; Material stock estimation; Building Information Modeling (BIM); K-means Elbow algorithm; Urban-scale assessments

Optimized Moment Balanced Machine Learning for Recycled Aggregate Concrete Strength Prediction.

Riqi Radian Khasani^{1*}, Min-Yuan Cheng²

¹ Ph.D's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*riqi@live.undip.ac.id

Recycled aggregate concrete (RAC) is a crucial component for reducing carbon dioxide emissions and supporting sustainable construction practices. However, the performance of RAC, particularly in terms of structural stability and durability, is heavily dependent on its mechanical properties. Consequently, there is an urgent need for a more sophisticated and precise method to predict the performance of RAC. This study introduces an Optimized Moment Balanced Machine (OMBM), an innovative predictive model designed to enhance RAC strength predictions. The Moment Balanced Machine (MBM) expands the principle of Support Vector Machine (SVM) by incorporates a moment factor to determine the optimal moment hyperplane. Unlike traditional SVM, which treats the weight of data equally, OMBM utilizes a Backpropagation Neural Network (BPNN) for weight assignment and an Optical Microscope Algorithm (OMA) for parameter optimization. Moreover, OMBM effectively addresses the limitations of SVM parameter settings, which significantly affect its performance and effectiveness.

The performance of OMBM in predicting the RAC strength was assessed against several machine learning methods, including SVM, BPNN, Particle Swarm Optimization-SVM, and Grey Wolf Optimizer-SVM. OMBM consistently demonstrated superior outcomes, with the lowest error values of RMSE, MAPE, and MAE and the highest overall performance, as indicated by the Reference Index (RI) scores. The OMBM model excels in handling complex regression challenges by integrating advanced machine learning techniques and sophisticated optimization algorithms. This integration strengthens the capacity of the model to generalize and improve predictive accuracy, providing precise tools to promote ongoing advancements in sustainable construction practices.

Keywords: Recycle Aggregate Concrete; Machine learning; Predictive modeling; Moment hyperplane



28th

2024

2024 第 28 屆營建工程與管理學術研討會暨國際會議

The 28th Symposium on Construction Engineering and Management / International Conference

Poster

POSTER

UAV 空拍結合 BIM 於海綿城市設計應用之研究

蔡仁卓^{1*}

¹ 萬能學校財團法人萬能科技大學室內設計與營建科技系，副教授

* trj@vnu.edu.tw

因應全球氣候變化與節能減碳需求，城市規劃中海綿城市規畫將可有效蓄留地表水資源以提高水資源利用率。海綿城市設計中需利用數值地形模型(digital terrain model, DTM)，目前國內雖 30m 區域之地形觀測 DTM 資料但尚需進一步細部資料作為工程規劃作為分析設計依據。UAV 為目前空拍廣泛應用之工具透過空拍成果結合 Pix4D 空間分析可獲得實際現場細部 DTM 並匯入 Revit BIM 數地分析功能將可提供實際等高呈現地面積與蓄洪量可作為工程設計與監造數據確認應用。

關鍵字：UAV、BIM、Pix4D、海綿城市

修正型哈里斯鷹最佳化於求解非線性經濟系統

蔡幸致^{1*}、黃偉珉^{2**}

¹ 國立高雄大學土木與環境工程學系，教授

² 國立高雄大學土木與環境工程學系，學士生

* rock@nuk.edu.tw

** a1095227@mail.nuk.edu.tw

近年來人工智慧被廣泛應用於各個領域，透過自然和生物所啟發的群智慧(Swarm Intelligence, SI)演算法更是越來越受到關注，本研究探討之哈里斯鷹最佳化(Harris Hawks Optimization, HHO)即為 SI，HHO 模擬哈里斯鷹於自然界中的群體獵食行為，藉由獵物之能量與個體所在位置為基礎，以三個運算階段及四種相應策略尋找出最佳位置，本研究擬探討 HHO 基礎公式可能存在的錯誤現象，使 HHO 更能清楚演繹哈里斯鷹於自然界中的獵食行為，爾後將修正型 HHO 應用於非線性經濟系統求解，以探討 HHO 修正後之效能提升與提升應用範疇。

關鍵字：群智慧演算法、哈里斯鷹最佳化、非線性經濟系統求解

工期與工率孰重？以兩個軍事建物輕鋼架天花板作業為案例

林建良¹、張力仁^{2*}

¹ 國立高雄科技大學營建工程系，教授

² 國立高雄科技大學工學院，博士生

* I112109106@nkust.edu.tw

軍事工程受限任務特殊及高安全要求，管理標準應較民間營建工程為高，惟軍事設施因機敏性關係，致常有決策簡易且自主性高之特性，往往將重點放在施工進度(工期)、預算支用與安全管制，營建工程反應產出之各種要素即為生產力(工率)，然工期與工率間的關係二者孰重孰輕值得探究。

本文以兩棟軍事建物輕鋼架天花板作業為案例，運用 Thomas 所發展生產力模型概念來分析案例的工率與工期之關係；結果如下：

(1) 工率：案例 A 累積生產力 0.44~0.48WH/M2、平均工率 0.46WH/M2，案例 B 累積生產力 0.32~0.38WH/M2、平均工率 0.35WH/M2，表示 B 工率比 A 好。

(2) 工期：兩案例均無逾期，A 未妥慎規劃施工動線、工區最適容量等，雖總工期短但是總出工數與 B 相差甚微，顯示 A 有的工作時間是浪費在毫無生產力的工作項目。

(3) 兩案工作內涵 WC、工作環境 WE 均相等，案例 B 生產力比案例 A 好 23.9%，若案例 A 提升工作效率至與 B 相同情況下，大約可縮短工時近 2 天半且節省經費(新台幣)45,500 元。

(4) 工期管理是營建工程重要課題，而工率管理包含完成工作所需時間和資源涉及多方面考量，故工率管理即包括工期管理；專案工程營建管理，需要有好的計畫排程、現場管監，同時強化溝通協調、消弭影響因素等優良策略與方針，方能有好的生產力。

關鍵字：工率管理、工期管理、軍事工程

以 SAVI 系統應用群組橋梁資產管理與投資之研析

熊怡雯^{1*}、曾浩璽²

¹ 國立宜蘭大學土木工程系, 碩士生

² 國立宜蘭大學土木工程系, 助理教授

*¹ story2956@gmail.com

我國的公路橋梁多已逾五十年，超過其設計壽命，橋梁的劣化問題嚴重。然而維護資金有限，管理單位如何在滿足維護需求與財務分配之間取得平衡，成為當前迫切的挑戰。現行橋梁維護效能透過性能狀態指標和維護費用評估，但由於橋梁特性不同，其狀態指標無法單純加總平均，因此管理者無法透過單項數據辨別各工務段的群組橋梁狀態。此外我國橋樑維護採用 DER&U 目視檢測法，其隨報隨修的維護模式缺乏預測功能，更不具備中長期維護計畫的功能。

本研究旨在導入構件生命週期法，建立群組橋梁維護及資金分配模式，以改善現行維護方法，並提供準確的財務管理依據。以國內橋梁資料為基礎，使用構件生命週期維護法，結合基礎設施資產價值評估系統，建立符合我國特色之群組橋樑生命週期成本預測模型。提供橋梁管理者進行年度預算的制定，同時作為群組橋樑維護預算分配之主要參考，以達到橋梁生命週期維護成本最佳化及滿足使用者需求之管理策略。

研究結果顯示，在總預算的制定方面，使用單位成本法較能符合我國編列年度預算之制度；在群橋維護資金分配方面，按橋梁群組折舊額之比例關係分配維護預算，是最符合橋梁實際所需維護金額之分配方法。管理者可初步依循此分配方法，深入探討最佳化策略。

關鍵字：群組橋梁、價值評估、生命週期、維護管理、基礎設施

系統模擬之鋁模板生產流程最佳化分析

吳玠晏^{1*}、楊亦東²

¹國立台灣科技大學營建工程系，研究生

²國立台灣科技大學營建工程系，教授

*M11105105@gapps.ntust.edu.tw

本研究探討了鋁模板在營建業的生產流程，並對其生產規劃流程進行了深入分析，透過建立 Arena Simulation 流程模型進行分析探討其生產策略。鋁模板的使用大幅減少了對技術勞動力的需求，並且其翻用次數遠超過傳統木模板，有助於降低碳排放。經專家訪談了解鋁模板現況，台灣尚未具備自主生產鋁模板的能力，大部分鋁模板仍需依賴進口，再進行二次加工。因此，如何有效地提高鋁模板的使用效率，並實現其在營建產業中的最大價值，是一項重要的課題。

本研究使用 Arena Simulation 模擬軟體建立了鋁模板的生產流程模型，並進行了深入的分析。模型考慮了鋁模板庫存條件和生產中的不確定性，使鋁模板工廠能在有效的生產規劃階段了解其資源和成本的詳細資訊。此外，進行了情境分析，探討在其他條件不變的情況下，增加人力資源對生產時程的影響。這將有助於營造廠在鋁模板工廠的人員配置管理上有更多的選擇，並提供最佳的人力配置策略。最後，本研究的模型不僅可以分析人員的配置，還可以在不同情境下進行不同係數的帶入進行分析，使得模型能夠適應各種不同的生產情境，並提供不同的生產策略。這種靈活性使得模型能夠適應各種不同的生產情境，並提供不同的生產策略。

關鍵字：系統模板、Arena 系統模擬、鋁模板、生產規劃配置、生產流程分析

Optimizing Small Business Loan Approvals Using Metaheuristic Ensemble Techniques for Imbalanced Datasets

Reynaldi Tejakesuma^{1*}, Jui-Sheng Chou^{2**}

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

² Chair Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.

*reynaldi_teja@outlook.com

**jschou@mail.ntust.edu.tw

Small businesses are vital for economic growth and often depend heavily on loans. Predicting loan repayment accurately presents challenges, primarily due to the imbalanced class distribution in loan default datasets. Single machine learning models typically underperform in such scenarios. To address this, our study evaluates an ensemble modeling approach to improve loan approval predictions across the industry, focusing on the construction sector. We compared single models, such as Logistic Regression, Decision Tree, K-nearest Neighbor, and Support Vector Machine, against ensemble models, including Random Forest, XGBoost, voting, bagging, and stacking ensembles. Utilizing a dataset of 363,994 records from the Small Business Administration 7(a) loan program, we assessed these models on unbalanced and balanced datasets—the latter achieved through the Synthetic Minority Oversampling Technique – Edited Nearest Neighbor (SMOTE-ENN). Our findings indicate that the stacking ensemble, which integrates five base learners and a Logistic Regression meta-classifier, yields the best results, particularly without data upsampling. While SMOTE-ENN enhanced the AUC score, it adversely impacted Accuracy, F1 score, and recall, highlighting the limitations of data sampling techniques in managing class imbalance. In contrast, robust ensemble classifiers proved more effective. Further enhancements through hyperparameter optimization using the Jellyfish Search Optimization algorithm significantly boosted prediction performance, demonstrating the potential of advanced ensemble methods coupled with optimization techniques to refine the small business loan approval process. This advancement can benefit government bodies, financial institutions, and applicants by increasing the efficiency of the lending ecosystem.

Keywords: Small business loans, Loan default prediction, Ensemble models, Imbalanced class distribution, Data balancing, SMOTE-ENN, Jellyfish Search Optimization (JSO), Hyperparameter tuning

建設公司之工程發包策略及其影響因素分析之研究

周芷儀^{1*}、曾惠斌²、林偲妘³

^{1*} 國立臺灣大學工學院土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學工學院土木工程學系，教授

³ 國立臺灣大學工學院土木工程學系，教授

*P10521716@ntu.edu.tw

台灣房地產市場備受關注，為國內重要的經濟指標之一。內政部統計顯示，2022 年全年新興住宅建照數高達 18.1 萬戶，使用執照數 11.2 萬戶，創近 10 年新高紀錄。疫情期間的 2020 年至 2022 年，房價持續走揚，全台開工量連續 3 年超越 13 萬棟，每月平均啟動約 1 萬戶新建案。儘管 2022 年下半年政府實施平均地權條例，房市呈現短期調整，但根據國家發展委員會 2024 年 3 月公布的數據，2024 年上半年景氣燈號顯示房市將維持穩定成長。

在龐大的住宅市場需求下，建設公司必須透過工程發包模式進行開發建案。然而，近年營造業飽受原物料及人力成本持續上漲、勞工短缺等結構性挑戰，物價劇烈波動導致成本控管艱難，許多工程延誤進度，影響建設公司預期獲利。有鑑於此，如何妥善評估並選擇適當的營造廠商，制定利於發包作業的策略，確保專案如期如質完工，成為建設公司當前亟需解決的重大課題。

為因應此一挑戰，本研究將透過實地訪談業內資深從業人員，並分別對無自營營造廠及具自營營造能力的建設公司的專家們發放問卷，蒐集並分析其在工程發包作業中的實務經驗與專業見解。研究旨在建設公司建構一套完善的工程發包策略，提升選商效能，確保專案成功。具體的關鍵因子包括：「企業文化」、「成本考量」、「專業經驗」、「品牌形象」、「作業時程」、「市場狀況」及「工程規模與特性」明確發包的標準與要求、盡職市場調查、考量營造廠的專業技術能力、落實風險管理、進行價格協商，並建立長期穩定的合作關係等，期使此類建設公司能制定出切合公司利益的發包策略，提高專案執行效率，控制成本風險，最終達成專案圓滿成功的目標。

關鍵字：建設公司、發包策略、選商因子

以物質流分析營建廢棄物之永續物料管理

吳政庭^{1*}、謝政廷²、陳起鳳³

^{1,2} 國立臺北科技大學土木工程系，大學生

³ 國立臺北科技大學土木工程系，副教授

*wu910504@gmail.com

本研究致力於全面了解台灣營建工程中的資源使用與廢棄物管理現況，透過相關申報系統、進出口資料及台灣廢棄物回收的統計，深入彙整與檢討建材原料及廢棄物產生之關聯，並提出有效的管理及處理措施建議。研究過程中，首先針對 111 年度台灣的營建廢棄物進行了初步統計，包括混凝土、磚、鋼鐵等各項營建材料，了解各項材料在營建產業中的使用狀況。而後深入探討這些原料的生產、使用以及最終的廢棄狀況，針對台灣營建產業建立可靠的生命週期分析。本研究不僅限於數據的呈現，更著重於提倡各類營建材料背後的生態、環保及可持續性等重要議題。

將混凝土類、磚類、鋼鐵類這三種營建材料分別建構物質流分布圖後，可得知 111 年混凝土類原料來源主要以國產為主，而廢棄後作為衛生掩埋場掩埋料約佔 45%、路基填料約佔 25% 及空地回填料約佔 30%，可再利用比例接近 100%；磚類原料則是仰賴進口為主，可再回收比例約佔總體之 26%，其餘 74% 將進入最終處置階段；鋼鐵原料來源分別為進口 51% 及回收鋼鐵 49%，較不同於混凝土類及磚類，鋼鐵類可回收率極高，製成再生鋼鐵後繼續使用，得知鋼鐵類可再回收比率約佔總體之 95%，其餘 5% 將進入最終處置階段。

關鍵字：營建廢棄物管理、物質流分析、環境永續、營建產業

道路工程碳足跡盤查之研究-以桃園市為例

黃煒翔¹、周宏宇^{2*}

¹ 中華大學土木工程學系，學士生

² 中華大學土木工程學系，助理教授

* harrychou@chu.edu.tw

隨著節能減碳的世界潮流，各國家無不進行碳排放的計算，而營建業為國家社會經濟發展的重要產業，建設的同時也耗費大量能資源。而國內外許多研究致力於工程碳足跡評估，期望在高耗能的營建業落實節能減碳。然而，碳排放計算在公開係數資料庫發展不完全、來源繁多，數據取得不易等困難下，常需要大量時間去整合計算。有鑑於此，行政院公共工程委員會要求公共工程採購納入碳排規劃未來都得揭露碳排，在電子決標系統新增「碳含量」欄位，強調部會填寫新建工程預估碳含量(蘊含碳)，2024年第一階段將先從每年8,000多億的公共工程開始。國內有關碳排放研究目前多以建築工程為主，較少在探討道路工程碳排放的計算，儘管近年來有相關研究，但引僅針對施工階段為主，較少針對維護階段進行研究。本研究目的建立道路工程碳排放之計算範疇，包括施工階段及維護階段，透過訪談及現地勘查，找出影響道路工程碳排放量之關鍵因素，歸納道路工程碳足跡計算項目，並對於台灣未來將實施「碳費」進行分析及試算，以提供未來各單位參考。

關鍵字：道路工程、碳足跡、碳費

以我國政府公開資試算歐盟標準化之權數-營建工程業為例

彭舒歆^{1*}、吳翰柏²、吳國華³

^{1,2,3} 勞動部勞動及職業安全衛生研究所

* shpeng@mail.ilosh.gov.tw

「勞工職業災害保險及保護法」於 111 年 5 月 1 日施行，藉由制定專法，整合「勞工保險條例」的職業災害保險，及「職業災害勞工保護法」的規定，該法將受僱於領有執業證照、依法已辦理登記、設有稅籍或經中央主管機關依法核發聘僱許可等雇主之勞工，均納為強制投保對象，應由其雇主為其申報加保。「勞工職業災害保險及保護法」未施行前，該指標受限於欠缺 4 人以下事業單位資料。而「勞工職業災害保險及保護法」擴大強制納保範圍，將可能影響職業安全衛生績效指標的統計。本研究使用政府公開資料參考歐盟標準化發生率的計算方式，並比較我國營建業家數最多之臺中市及農牧業家數最多的臺南市之營建工程業的職業災害發生狀況。

關鍵字：營建工程業、發生率、標準化發生率

高科技廠房電力系統要徑分析與管理_特高壓電力設備為例

陳宗傑^{1*}、詹滢潔²

¹國立臺灣大學工學院土木工程學系，研究生

²國立臺灣大學工學院土木工程學系，教授

* P10521713@ntu.edu.tw

高科技廠房與傳統營造的建設需求不同，前者需要高度潔淨度和機台進場導向，並需要盡可能縮短建設時間以保持市場競爭力。相比傳統營建管理，在時程管理的挑戰更加艱深。因此，高科技廠房建設，需要有嚴格時程的管理和規劃。為了確保工期，許多趕工方案會在規劃初期就被加入，盡可能縮短工期。

電力是現代廠房陽光、空氣、水，沒有電力，有了設備也是等於空轉。營建管理大多針對營建工程進行討論，未針對單一系統進行討論。送電的時間會決定設施設備試車的時間，如能提前完成送電，對廠房的進程，有非常大的幫助。反之，如時程遞延，將會影響廠房營運的時間，嚴重可能推延客戶產品發布的時間。故電力系統，至關重要。尤其是特高壓電力系統送電，對高科技廠房往往是個重要的里程碑。

高科技廠房建廠專案要求包含安全、品質外，準點時程管理也是至關重要的。特高壓電力系統送電，對高科技廠房建廠專案往往是個重要的里程碑。參照航運輪在船期延遲時追趕船期的策略與方法，建構專案趕工管理策略；回顧高科技廠房新建廠特高壓 161KV 氣體絕緣開關設備 GIS(Gas Insulated Switchgear, GIS)建置案例，發展高科技廠房特高壓 GIS 安裝送電的關鍵要徑、以及當要徑發生無法預期的延遲，將如何恢復期程策略，將其模式化並加以驗證。使得專案的結果可以預期以及控制，可供未來新建廠專案可以參考應用。藉由要徑法(CPM)，歸納出要徑項目，並應用計畫評核術(PERT)進行專案工期預估，透過蒙特卡羅模擬進行驗證。

關鍵字：CPM、PERT、蒙地卡羅模擬、高科技廠房、特高壓電力系統

以訪談方式探討工程專業人士對訴訟外紛爭解決機制之主觀評價

蔣昕佑^{1*}、曾惠斌²、林之謙³

¹ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組碩士在職專班，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，教授

³ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，助理教授

* chrischaing@azurelaw.com.tw

本研究探討工程專業人士對訴訟外紛爭解決機制（ADR）的主觀評價，特別針對工程契約中的履約爭議進行分析。由於工程契約的特性，紛爭常常不可避免，是以何種方式為適合的履約爭議解決機制，以及該等機制有何改善、強化之空間，乃係工程業界關心之重點。本研究採用半結構式訪談法，訪問了多位具工程與法律背景的專業人士，包括律師、法務主管、技師及學者，根據研究結果顯示，儘管訴訟可以達到終局判決，但其程序冗長且費用高昂，尤其是鑑定費用成為重大負擔。相比之下，調解和協商等非訴訟方式在維持雙方關係和節約成本上更具優勢，是以，本論文建議在工程領域應持續推廣訴訟外紛爭解決機制，並考慮擴大現行制度之適用，例如可學習公共工程之雙調解人制度，或引入更多專業調解機構進行調解，以有效解決紛爭並促進後續合作。

關鍵字：訴訟外紛爭解決機制（ADR）、工程契約、履約爭議、調解、仲裁

Analysis of Consumer's Perception on Greenwashing

Christian Yudha Santosa^{1*}, Shih-Ping Ho²

^{1*} Master Student, Dept. of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

² Professor, Dept. of Civil Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

*r11521725@ntu.edu.tw

This research explores the factors influencing consumer perception regarding greenwashing through a comprehensive review of existing literature. Greenwashing, the practice of misleading consumers about the environmental benefits of a product or service, has become a critical issue in consumer behavior studies. By analyzing and synthesizing findings from various academic sources, this research identifies key factors that impact consumer perception of greenwashing. The discussion reveals that factors such as brand loyalty, consumer awareness, corporate signaling, and the perceived authenticity of environmental claims significantly shape consumer perception towards greenwashing. The study concludes by highlighting the correlation between these factors and consumer perception, providing insights for corporations and stakeholders to better understand and address the challenges posed by greenwashing.

Keyword: Greenwashing; Sustainability; Consumer's Perception; Environmental Awareness

The Identification of the Type of Accidents and the Causes of Accidents in Construction Industry: A Review

Bangun Marpaung^{1*}, Wei-Tong Chen²

¹ PhD's Student, Graduate School of Engineering Science and Technology, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

² Distinguished Professor, Graduate School of Engineering Science and Technology / Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

*D11210225@yuntech.edu.tw

The construction industry is indicated to be an industry with high levels of difficulty and also high potential hazards. Construction accidents are not few in number, causing significant losses or even being extremely fatal. This research will provide new insights into the types of construction accidents and their causes by analyzing a number of articles. By conducting searches in several academic databases such as WoS (Web of Science) and SD (Science Direct), utilizing "advanced search" to design a searching algorithm with a combination of keywords from the collected summaries. A total of 69 articles were gathered for detailed analysis spanning the period from 1997 to 2023. Based on the geospatial data sources analyzed in the collected articles, the USA and China are the countries whose data were analyzed in 8 articles, respectively.

Based on the analysis results regarding the types of construction accidents predominantly discussed in the articles are AT1 (falling from height, etc.), AT2 (fall in the same level, etc.), and AT3 (struck by or with object, etc.), with percentages of 95.12%, 70.73%, and 48.78% respectively. Furthermore, the analysis results of the causes of construction accidents are dominated by the highest distribution, such as T1 (worker capabilities) and T18 (safety culture) with 75% respectively, followed by T2 (worker action and behavior) and T16 (project management) with 68.8% respectively, and T20 (other factors) with 62.5%. This research identifies the types of construction accidents and the dominant causes of construction accidents discussed in academic articles. This indicates a need for more attention to be paid to those types of accidents and their causes. Additionally, discussing the results of each type of accident are worthy to be analyzed in depth for the future research.

Keywords: Construction Accidents; Accidents Cause; Accidents Type

利用 BIM 模型輔助 RC 構造蘊含碳減碳與經濟性之研究

方兆玄^{1*}、陳怡兆²

¹ 國立高雄大學建築學系，研究生

² 國立高雄大學建築學系，教授

* jason3638742@gmail.com

隨著全球氣候變化影響日增，台灣政府宣布將於 2050 年達到淨零排放，並關注建築產業在能源消耗和二氧化碳排放中所占比例顯著，其中混凝土和鋼骨構造在台灣建築業中使用廣泛。為此，本研究選擇一個 RC 鋼骨混合構造案例，運用建築資訊模型（BIM）技術和內政部建築研究所的碳足跡資料庫，計算主結構的碳排放量。研究分析各材料的碳排放，並探討不同材料的減碳潛力，進一步將碳排放量轉化為成本，進行經濟分析，評估在設計階段的低碳策略和材料選擇。

研究結果顯示鋼材料的減碳效益優於混凝土，且混凝土的再利用性低，建議在未來建築設計中優先考慮使用鋼材和其他低碳材料如木構造，以促進建築項目的碳減量。此外，利用歐盟排放交易體系的最新碳排放交易價格，對建築項目的碳排放進行經濟估值，提供了一個新的角度來看待建築碳排放的經濟影響。本研究不僅為低碳建築提供了實際的計算工具和方法，還能透過自動化的 BIM 基礎績效評估系統，加速建築業界對於減碳技術的採納和應用，對於推動建築業的綠色轉型具有重要的實踐和理論價值。

關鍵字：建築資訊模型(BIM)、蘊含碳排(EC)、RC 構造、SC 構造、材料減碳

鐵路 ESG 永續發展：以瑞士聯邦鐵路為例

林玲香^{1*}、荷世平²

¹ 國立臺灣大學土木工程系，研究生 / 交通部鐵道局，正工程司

² 國立臺灣大學土木工程系，教授

* P11521702@ntu.edu.tw

臺灣鐵路系統已近全面電氣化，然其電力來源主要仍由化石燃料發電，因此鐵路系統的脫碳，有賴化石燃料發電去碳後，鐵路系統才真正的脫碳。在瑞士，鐵路公司可以經營能源開發，供應自己鐵路的電力，是能源生產者、營運商也是使用者，這種垂直整合的商業模式，台灣可以借鏡，加速完成 2050 淨零碳排之願景。

歐盟國家在淨零碳排與永續發展居全球領先地位，本研究蒐集歐洲鐵路公司永續報告書，就其永續發展重大主題並檢視實際行動方案，瑞士聯邦鐵路公司將「資源消耗」、「永續建設和區域發展」、「能源」、「溫室氣體排放」項目列為影響公司財務機會風險、及對人、社會與環境衝擊之最重要項目，本研究綜整因應策略、執行目標及行動方案，可提供我國鐵路系統脫碳化及台鐵公司化永續經營之參考。

關鍵字：可持續發展、瑞士、鐵路、能源、循環經濟

建築工程時程網圖輔助系統建立之研究

賴廷瑄^{1*}、楊智斌²

¹ 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，研究生

² 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，教授

* 111325004@cc.ncu.edu.tw

營建工程大多使用時程網圖做為時程管控的主要工具，而時程網圖亦經常是工程履約爭議解決的重要依據。然而目前多數專案人員缺乏時程管理專業知識，更不知如何正確使用專業排程軟體，導致時程管理問題仍經常出現。國內目前有關時程管理規範及研究多以如何檢視已建立完成的時程網圖為目的，鮮少探討如何解決承包商建立時程網圖過程可能所遇問題。換句話說，承包商並沒有建立時程網圖之輔助工具，造成提送的時程網圖多半有問題，導致無法發揮其時程管理之效益。本研究透過彙整分析實務上建立時程網圖之資訊，以及使用專業排程軟體之現況，進而開發時程網圖的規劃輔助系統，提供承包商規劃時程網圖之輔助工具。期望透過本研究建立之輔助系統，可提升國內時程網圖之品質。

關鍵字：建築工程、時程網圖、輔助系統、排程軟體

應用人工智慧遷移學習預測營造工程物價指數

邱民翰^{1*}、曾韶順²、曾惠斌³

¹ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，博士生

³ 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組，教授

* r11521702@ntu.edu.tw

材料價格波動是導致營建成本超支與工程計價爭議的主因之一。為協助合約管理、估算成本並減少計價爭議等，準確預測營建物價至關重要。本研究提出深度學習結合遷移學習之預測框架，使用長短期記憶模型預測營造工程物價指數的長短期變化，以期提高機器學習預測營建物價的效能。並探討以技術分析指標預測營建物價的可行性與成效。本研究之目標域為營造工程物價總指數、水泥及其製品類指數與金屬製品類指數。以 7 種匯率作為預選源域，使用 14 種方法確定最終源域。營造工程物價總指數、水泥及其製品類指數之最終源域為新台幣兌日圓之匯率、金屬製品類指數之最終源域為新台幣兌韓幣之匯率。預測結果顯示相較於傳統機器學習模型與訓練方法，本研究之模型透過預訓練和微調能夠更準確地預測營建物價，降低 20% 以上的 MAE。預測營造工程物價總指數和水泥及其製品類指數時，使用技術分析指標之預測表現比總體經濟指標更好。本研究為首個提出預訓練和微調以預測營建物價之研究。此方法能準確預測長期營建物價，提高模型泛化性與準確性，使預測結果更可靠且實用。這項創新方法為未來研究提供新思路，並為業界提供更準確地預測及管理營建成本之手段，有助於提升工程項目的管理效率和成功率。

關鍵字：營建物價預測、遷移學習、預訓練與微調、長短期記憶模型、技術分析指標

臨時及假設工程於建築生命週期風險管理之研究

林亭妤^{1*}、周瑞生^{2**}

¹ 國立台灣科技大學營建工程系，研究生

² 國立台灣科技大學營建工程系，講座教授

*M11105109@mail.ntust.edu.tw

**jschou@mail.ntust.edu.tw

臺灣建築工程焦點集中於工程主體，建築師和結構技師於規劃設計階段常簡化假設工程與相應工序，然而其對於風險評估、成本控制、工程進度管理和後續工法選擇占極大比重之決策影響。考量臺灣目前尚無成文規範及法定管理手冊，本研究參考英國 BS 5975 工程指南、英國 CDM 2015 (Construction Design & Management Regulation, CDM)、假設工程管理規範，及國際假設工程學會 (Temporary Works forum) 梳理關鍵政策，並以國內之國際級營建企業研究，希冀藉由風險分析框架，辨識最具影響性之風險因子，輔助政府及工程管理單位制訂政策綱要及風險管理規範。研究採用風險分解結構 (Risk Breakdown Structure, RBS) 設計層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 問卷，結合仿效重要性/績效表現程度分析法 (Importance-Performance Analysis, IPA) 所製成之風險影響程度/發生頻率 (Risk Impact and Frequency Analysis, RIFA)，與國際級工程公司之技術部門合作，對其國內 25 處建築工程專案進行實地調查，走訪 152 位具豐富實務經驗之現場工程人員進行選填式問卷併行開放試題組詢答。過程中，以專案管理知識體系 (PMBOK) 之風險管理步驟，辨識臨時及假設工程規劃施工生命週期之關鍵風險因子暨其排序。接續透由與高層主管深度訪談，剖析該司目前風險管理資源分配合理性，並提供風險處理措施，供日後工程管理單位制定風險因應策略，協助營運管理及降低施工風險。研究成果盼能貢獻於相關營造業者，作為假設工程風險管理之參酌。

關鍵字：假設工程、臨時構造物、營建管理、問卷調查法、層級分析法、重要性-績效表現分析法、深度訪談法、施工風險、風險辨識、風險管理

既有市場改建統包工程風險因子分析及對策之研究 以“台北市第一果菜市場及魚類批發市場改建統包工程”為例

潘威宇^{1*}、曾惠斌²、林偲妘³

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系，教授

³ 國立臺灣大學土木工程學系，助理教授

*p10521711@ntu.edu.tw

本研究旨在探討既有市場改建統包工程中的風險因子及其應對對策，以台北市第一果菜市場及魚類批發市場改建統包工程為案例。研究首先通過文獻回顧和專家訪談，識別並分類該類工程中的主要風險因子，包括設計、施工、成本及物料、工期以及外部利害關係人等五大風險構面。接著採用問卷調查法，歸納分析各風險因子的重要性排序。

研究結果顯示，「市場營運」、「需求調查」以及「物價成本」對此類工程的專案管理具有高度影響。此外，物價波動和勞動人力不足等因素也是影響工程順利進行的重要風險。根據這些風險因子的分析，本研究提出了相應的對策，以期為類似市場改建工程提供參考和借鑒，提升專案管理的成效和穩定性。

本研究對既有市場改建工程中的風險管理具有實際指導意義，可為未來類似工程的風險控制提供參考，從而提高工程的順利進行和成功交付的可能性。

關鍵字：市場改建、統包工程、風險、第一果菜市場、專家訪談、問卷調查

基於綠色供應鏈的建築材料供應商選擇及運輸路線研究

蔡明真^{1*}、王廷魁^{2*}、Ruoyu Jin^{3*}、Qian Zhang⁴

¹ 高雄科技大學土木工程與防災科技碩士班，研究生

² 國立高雄科技大學土木工程系，副教授

³ College of Engineering, Design and Physical Sciences, Brunel University London,
Associate Professor

⁴ School of Design and the Built Environment, Curtin University, Lecturer

*J111241128@nkust.edu.tw

我國於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提供至 2050 年淨零之軌跡與行動路徑，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型。同時，2022 年國際能源署(IEA)研究報告指出，建築部門碳排放量佔全球總碳排放量 37%，運輸部分 22%，建築營建所產生碳排放環境之影響甚大。然而，在當前的建築材料研究中，尚未對運輸多條路線的碳排放量進行詳細分析，缺少通過比較不同運輸路線的距離、成本及碳排放量，確定最優的運輸方案，以降低建築材料的碳足跡的相關研究。

本研究旨在從綠色供應鏈角度,聚焦於建築材料供應鏈中的關鍵環節，首先確認綠色材料供應商評價指標，採用 AHP 方法建立綠色材料供應商評價體系，進一步應用 BIM 技術提取建築項目所需材料、採用綠色材料供應商評價體系選擇綠色供應商，最後分析供應商的供貨路徑以及計算碳排放量,並綜合考慮不同運輸路線距離、成本和碳排放，建議材料運輸路線。

本研究將建築綠色採購與碳足跡分析相結合，以實現建築行業的環境可持續性目標。研究的重點在於提出減少碳排放的方案，推動綠色物流的發展，並為建築業實現可持續發展提供實踐指南。同時，還進一步探討運輸過程中的碳排放量與運輸成本因素之間的關係，為制定更加可持續的運輸策略提供參考，未來研究可在本研究基礎上，涵蓋整個碳足跡生命週期的全面評估。

關鍵字：綠色供應鏈、供應商選擇、運輸路線

社會住宅興建採用促參模式辦理之研究-以國內現況為核心

謝昭儀^{1*}、謝定亞²

¹ 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，研究生

² 國立中央大學土木工程學系營建管理碩士班，教授

*aa111325007@gmail.com

社會住宅是指透過只租不賣的方式解決弱勢族群及年輕人的居住需求。政府積極推動社會住宅計畫，目標在 8 年內興建 12 萬戶社會住宅及包租代管 8 萬戶。然而，截至目前，僅完成約 24% 的目標，顯示政府和都市發展中心在興辦社會住宅方面的能力有限。為了提高社會住宅供應，政府應積極推動民間參與。目前民間興建社會住宅的案例較少，難以展示促參模式的實際效益。政府在興建社會住宅時需投入大量資金，並透過長期融資攤還，對政府財政造成巨大壓力。因此，促進民間參與公共建設可以利用民間資源，增加財務運用的彈性，達成民間、政府和社會三贏的局勢。本研究透過專家訪談及文獻分析，總結促參模式的效益、財務可行性及適用方法，並提出國內社會住宅採用促參模式的建議。經研究後可知採用促參案件興辦社會住宅規劃時，在前期階段應與外界的居民或是廠商溝通，降低財務風險，而根據研究彙整財務可行性及營運階段並透過專家經驗得出採用促參 BTO 模式有助於提升民間興辦社宅之可行性，進而讓政府可以多採用促參模式提升住宅存量。

關鍵字：促參法、社會住宅、民間興辦

以先行者觀點探討企業環境策略

范植閔^{1*}、荷世平²

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系，教授

*R11521732@ntu.edu.tw

本研究旨在以環境策略先行者觀點，提出新的理論框架解釋企業對於環境策略執行差異的情況，以敘述性綜論對過往先行者優勢理論及企業環境策略相關文獻進行回顧，歸納出環境、企業及市場對環境策略先行者的潛在優勢影響因素。此研究嘗試補足先行者理論較少描述的環境領域，結果說明了環保意識、監管規範、營運模式、組織結構、內部資源、產業競爭及買方行為對環境策略潛在先行優勢造成的影響，進一步左右了企業管理者對環境策略的施行意願。此研究以先行者優勢理論為基礎提出的企業環境實踐理論框架，對企業面對環境挑戰與永續議題給出較為清晰的見解，期望提供企業管理者或政策制定者一個新的觀點，輔助環境戰略的決策。

關鍵字：環境策略、環境實踐、先行者優勢、綠色創新、ESG

系統式施工架產業規範建立與標章驗證機制運作

張篤軍¹、劉瑜婕^{2*}、張智奇³

¹ 中華民國工業安全衛生協會，處長

² 中華民國工業安全衛生協會，管理師

³ 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，研究員

* uj@mail.isha.org.tw

根據歷年職業災害統計顯示營造業職災比率遠遠高於其他產業，而其中又以施工架占災害媒介物首位，因此施工架品質及組搭的安全性應更加被重視。隨著系統式施工架在組搭安全性、便捷性及效率的優勢日益突顯，使用量也日益增加，但由於目前系統式施工架的法規標準尚未完備，因此如何協助業界訂定產業規範及建立相關管理運作機制，以確保系統式施工架的材質和安全性，同時降低營造業職業災害的發生，是刻不容緩的議題。

本研究透過系統式施工架發展趨勢及使用問題進行分析，同時針對製造商、搭架商及使用單位，就產品差異性和規範內容的需求，訂定符合需求之系統式施工架產業規範。另外在產業規範自主管理策略的推動上，結合國內現況並適度融合日本的管理模式，建立以產業規範、管理單位及管理辦法之管理架構，做為產業規範運作、維護及推動之模式，其中管理辦法與標章認證制度，已針對製造商、租賃商及組搭商三方進行管理驗證，目前已有 3 家製造商、1 家租賃商以及 1 家組搭商通過驗證，有助於提升系統式施工架之安全與品質，對後續產業走向自主管理，建立自主的管理單位，以及落實系統式施工架產業規範的導入等，都有很大的引導作用。藉由自主管理機制的落實，可逐步增加產業規範的影響力，進一步促進整體產業的發展。

關鍵字：系統式施工架、產業規範、管理辦法

利用虛擬實境培訓工程師連續壁施工

夏韋哲^{1*}、馮重偉²

¹ 國立成功大學土木工程系，研究生

² 國立成功大學土木工程系，副教授

*n66111390@gs.ncku.edu.tw

連續壁工程通常涉及複雜的施工過程和技術要求，大多新進的土木工程師在此領域缺乏實際經驗。在這種情況下，通常是由具有豐富經驗的資深工程師來指導新進工程師。由於新進工程師尚未熟悉連續壁施工的細節和標準，這樣的指導方式可能導致工作效率低下，工程師可能在查核項目時不清楚應該檢查什麼，也不了解應該遵循的標準和規範，導致工程品質問題或延誤工期，因此在連續壁工程中，對於新進工程師的培訓和指導顯得尤為重要，以確保工作的順利進行和高品質的施工成果。

當前大多工程的培訓方法仍然停留在傳統的課堂授課和紙本測驗階段，缺乏實際的場景培訓機會。然而隨著科技的迅速發展，虛擬實境技術不斷進步，為我們帶來了極具潛力的新可能性。虛擬實境技術能夠提供高度逼真的虛擬環境，讓使用者置身其中，並在相對安全的情況下體驗各種場景與情境。這種特性使得 VR 技術特別適合於安全培訓，能夠讓受訓者在虛擬環境中進行情境培訓，同時保障其安全，並且具有較低的成本。然而，儘管虛擬實境培訓系統的發展前景看好，但目前仍存在一些挑戰。其中之一是在數據蒐集和應用方面的不足。這意味著在培訓過程中，系統較難準確判斷受訓者的行為意圖或表現，同時受訓者也可能缺乏即時的培訓反饋。因此，要使虛擬實境培訓系統更加完善和有效，我們需要更多的數據應用和反饋機制，以確保受訓者能夠獲得最佳的培訓效果。機制的落實，可逐步增加產業規範的影響力，進一步促進整體產業的發展。

關鍵字：連續壁工程培訓、虛擬實境、培訓回饋、連續壁施工安全規劃

運用電腦模擬以輔助建築結構工程之碳排放分析

黃宥蓁^{1*}、黃文穎²、蔡宗益³、李佳婷⁴、翁紹偉⁵、王維志⁶

^{1,4} 國立陽明交通大學土木工程系，碩士生

² 國立陽明交通大學土木工程系，博士生

³ 定海創新有限公司，博士

⁵ 長佳成工程資訊整合有限公司，負責人

⁶ 國立陽明交通大學土木工程系，教授

* y311612102.en11@nycu.edu.tw

本研究旨在利用電腦模擬輔助建築結構工程施工階段的碳排放分析，比較有無電腦模擬進行輔助的差異和施工階段碳排放量來源分析探討。隨著全球環保意識的提升，減少建築工程施工過程中的碳排放成為一項迫切任務。然而，目前的碳排放評估模式多集中於建築物營運使用階段，對施工階段的碳排放影響因素缺乏深入研究。本研究首先建立了結構體施工階段的碳排放量評估模式，並搭配電腦模擬軟體 STROBOSCOPE 進行資源配置模擬，以估算工期和作業時間，進行碳排放量熱點分析。

研究方法首先界定了碳排放估算的時間、對象及項目邊界，針對建築結構工程的施工機具設備耗能進行碳排放量的概算，利用電腦模擬分析結構工程施工流程，根據施工工作之工人工率、施工數量及工班人數進行模擬，並搭配碳排放係數計算施工階段的碳排放量。研究結果包括對兩個案例的測試，一個為地上 3 層樓，另一個為地上 14 層樓，透過模擬進行工期估算，再利用該數據結果結合排放係數法進行碳排放估算。

本研究彙整了國內營建工程施工階段碳盤查相關研究的五項評估項目，並根據電腦模擬輔助計算出的施工階段的碳排放量分析了對於施工階段碳排放量的熱點來源仍然為材料的使用量，並非可以透過資源配置優化工期減少碳排放量，在材料使用量相同的情況下，機具的總作業時間也會一樣，除此之外，探討了在結構工程中，本研究有針對結構工程碳排放量來源進行討論，利用電腦模擬的數據結果進行結構工程相關機具的碳排放量百分比、各樓層碳排放量百分比、不同規格機具碳排放量差異等分析。

關鍵字：結構工程、碳排放、電腦模擬

防火區劃貫穿部耐火材料 BIM 模型元件及樣板檔建置研究

連立川^{1*}、陳盈月²、陳宇薇³

¹ 中原大學土木工程學系，助理教授

² 社團法人台灣防火材料協會，秘書長

³ 創優微圖股份有限公司，副工程師

*lclien@cycu.edu.tw

根據歷年職業災害統計顯示營造業職災比率遠遠高於其他產業，而其中又以施工架占災害媒介物首位，因此施工架品質及組搭的安全性應更加被重視。隨著系統式施工架在組搭安全性、便捷性及效率的優勢日益突顯，使用量也日益增加，但由於目前系統式施工架的法規標準尚未完備，因此如何協助業界訂定產業規範及建立相關管理運作機制，以確保系統式施工架的材質和安全性，同時降低營造業職業災害的發生，是刻不容緩的議題。

本研究透過系統式施工架發展趨勢及使用問題進行分析，同時針對製造商、搭架商及使用單位，就產品差異性和規範內容的需求，訂定符合需求之系統式施工架產業規範。另外在產業規範自主管理策略的推動上，結合國內現況並適度融合日本的管理模式，建立以產業規範、管理單位及管理辦法之管理架構，做為產業規範運作、維護及推動之模式，其中管理辦法與標章認證制度，已針對製造商、租賃商及組搭商三方進行管理驗證，目前已有 3 家製造商、1 家租賃商以及 1 家組搭商通過驗證，有助於提升系統式施工架之安全與品質，對後續產業走向自主管理，建立自主的管理單位，以及落實系統式施工架產業規範的導入等，都有很大的引導作用。藉由自主管理機制的落實，可逐步增加產業規範的影響力，進一步促進整體產業的發展。

關鍵字：防火區劃貫穿部、耐火材料、BIM 模型元件、樣板檔

室內裝修案例之噪音分析

林曾浩^{1*}、蔣玲娜²、詹滢潔³

¹ 國立臺灣大學土木工程系，大學生

² 國立臺灣大學土木工程系，研究生

³ 國立臺灣大學土木工程系，副教授

* richard4216@gmail.com

噪音汙染已成為現代社會中一大問題，都市人口密集導致任何於都市施作之營建工程產生之噪音均可能導致許多人受到影響。除住戶外，現場工人受到影響更大，長期處於無保護的環境下會導致聽力受到影響之工人人數逐年上升。本實驗主要關注室內裝修工程對周圍造成之噪音影響，透過 arduino 電路板配合噪音分貝感測器模組全天觀測各工項產生之音量統計高危害工項，分析高危害工項之關聯性，並試圖提出改善方向。在觀測過程中可發現，大樓結構內噪音產生位置與接受位置之距離不一定與分貝大小呈現反比趨勢，固體傳播音波於現代都市可能比空氣傳播更需注意。現行法規於現場之未落實也反映法規與現實之脫節。

關鍵字：工程噪音、噪音汙染、噪音控制

應用文字探勘技術建構營建工程安全領域知識地圖

梁凱閔^{1*}、紀乃文²、Ruoyu Jin³

¹ 國立臺北科技大學土木與防災研究所，研究生

² 國立臺北科技大學土木與防災研究所，助理教授

³ Reader of Construction Management & Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Brunel University London

*t112428071@ntut.edu.tw

營建產業是舉世皆然的高風險產業，其職業災害經常牽涉重大傷亡，其肇因於複雜的工作環境和高風險的作業特性。而重大傷亡事件的記錄對於營建工程安全相關法規與教育訓練皆是不可或缺的重要資源。為了探討重大傷亡案例的記錄方式因地域性所帶來的差異，本研究蒐集英國衛生安全局 (Health and Safety Executive, HSE) 與美國職業安全與健康管理局 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 提供的工地違規與傷亡案例，應用 TF-IDF 向量空間模型和 Word2Vec 詞嵌入模型等文字探勘技術，先從案例描述中提取常見關鍵字，再建立關鍵字之間的關聯性，以繪製成知識地圖，研究成果可為工地安全事故記錄提供關鍵字詞彙庫，亦為日後進行文字探勘及機器學習任務提供有價值的參考。

關鍵字：文字探勘、資訊檢索、詞嵌入模型、機器學習

工程現場多人協作混合實境應用框架

程懷恩^{1*}、黎泰和²、林之謙³

¹ 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

² 國立臺灣大學土木工程學系，研究生

³ 國立臺灣大學土木工程學系，助理教授

*R11521701@ntu.edu.tw

隨著建築項目複雜性的增加，傳統的協作工具如紙質圖紙已不足以滿足現代建築的高效準確要求。建築模型（BIM）支援從設計到施工的多方協作，但實際應用中面臨資訊共享和多人協作的挑戰。近年來，混合實境（MR）技術結合虛擬實境（VR）和增強實境（AR），為建築領域帶來可互動的可視化環境。本研究開發一個基於 MR 的多用戶協作框架，以支持建築項目中的結構、建築和裝修工程協作。此框架旨在實現實時協作、衝突預防與解決及跨地理位置的資訊共享。研究方法涵蓋系統原型設計、MR 互動模組、多用戶協作模組及 MR-to-BIM 回饋模組。系統利用自定義手勢追蹤來移動和旋轉建築元件，並透過 Photon Networking 技術與 Azure 雲服務整合，實現用戶間的高效協同工作和資訊同步。案例研究展示本研究所提出之框架在實際操作中對減少返工和提升決策品質的貢獻，確認 MR 技術在提升項目團隊協調、縮短決策時間和降低成本方面的有效性。結論而言，本研究提出的多用戶協作框架顯著提高了現場操作的效率和精確性，為建築項目管理提供新的方法和視角。

關鍵字：衝突檢核、混合實境、多人協作、實時操作

基於應用文字探勘技術建構營建工程安全領域知識地圖

白佳卉^{1*}、曾仁杰²

¹ 國立陽明交通大學土木工程系，研究生

² 國立陽明交通大學土木工程系，教授

* chia890719.en11@nycu.edu.tw

營建產業中的職業災害對施工人員生命和健康造成了嚴重威脅，導致了許多傷亡案例和工程延誤成本增加的問題。本研究旨在應用虛擬工地場景模擬和深度學習技術，提高職業安全管理水平，降低災害發生率，同時提高工地管理的效率和品質。由於現實工地中資料取得不易，使用虛擬施工場景成為了一個有效的替代方案，因此本研究利用虛擬工地場景模擬技術，模擬兩種於現實工地中，發生比例較高的職業災害情境，分為人員可能從高處墜落及機具與人員之間可能發生碰撞，並依據情境所需，為其設定了靜態及動態的危險範圍，經過系統模式的建構與系統實作，成功訓練出優良的 Mask R-CNN 模型並進行危險範圍的判斷，並利用坐標系之間的轉換及機器學習的方法，運算出其危險範圍位置，最後透過所運算出的結果，運用警示的呈現判斷施工人員的位置是否位於安全或危險，從而有效降低施工人員的於工地的風險。訓練結果顯示其平均精度 mAP、平均召回率 mAR 及 F1 Score 均達到 0.9 以上，表示模型具有穩定的性能、優秀的檢測能力和良好的收斂能力，有望在實踐中取得顯著的成效，同時促進了虛擬工地場景模擬技術在職業安全領域的應用，對提高工地安全性、降低災害發生率和保障工人健康具有重要意義，這都為職業安全管理提供了有力的技術支持。

關鍵字：虛擬資料、工地安全、影像辨識、深度學習、Mask R-CNN

Risk Management of Construction Industry in Indonesia

Reny Handayani^{1*}, Tsung-Chieh Tsai²

¹ Master's Student, Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

² Associate Professor, Department of Civil and Construction Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin, Taiwan.

*M11116040@yuntech.edu.tw

Indonesia is a vast archipelago home to a population of 275.77 million people that is projected to grow by 2022. However, the country faces numerous obstacles when it comes to urban and economic development. Despite recent infrastructure improvements, such as the construction of roads and water facilities, setting up offices in major cities remains costly. The construction industry is especially susceptible to a variety of internal and external risks and necessitates efficient risk management techniques. Thus, the objective of this study is to identify these risks and any associated risk management strategies that are prevalent in Indonesia. Through a comprehensive evaluation of existing literature, this study seeks to ascertain the most common risk factors and management strategies in Indonesian construction projects. The study's conclusion underscores the valuable insights into the unique challenges confronted by the Indonesian construction sector and the sophisticated strategies that have been employed to successfully mitigate these risks. By examining risk reduction measures, this study offers valuable insights into current practices and a foundational understanding that may significantly impact future research efforts focused on building project risk management.

Keywords: Building; Risk Management; Internal Risk; External Risk; Construction Project.

Trends and Limitations of Current Construction Safety Technologies

Chien-Ho Ko^{1*}, Phuong Nguyen², Omar Maali³, Ahmed Al-Bayati⁴

¹Research Professor, Director of the Craig and Diane Martin National Center for Construction Safety, Department of Civil, Environmental & Architectural Engineering, University of Kansas, Lawrence, KS, USA.

²Assistant Professor, Department of Construction and Operations Management, South Dakota State University, Brookings, SD, USA.

³Senior Project Engineer, Department of Municipal Services & Operations, City of Lawrence, KS, USA.

⁴Associate Professor, Department of Civil and Architectural Engineering, Lawrence Technological University, Southfield, MI, USA

*chko@ku.edu

The application of new technologies continues to grow in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry. One of the applications of new technologies is to improve construction safety. In the literature, there are many research efforts to propose and test new safety technologies. The main goal of the proposed construction safety technologies in the literature is to provide an additional layer of hazard identification and avoidance at all project phases, from design to construction. The current literature on construction safety technologies has primarily investigated the technological functionality, feasibility, and benefits of the proposed technologies. Furthermore, the related literature is mainly limited to an individual type of safety technology without the option of a combination of safety technology sets, laboratory or controlled performance testing of the proposed technology, and the number and duration of actual site experiments by participants in an actual construction site. Lastly, the proposed technologies were evaluated without considering other important non-technical factors such as the human “user” factor, adoption factors, etc. This paper aims to identify the gaps in the literature on construction safety technologies, identify common limitations and trends in the proposed technologies, and provide future suggestions to cover limitations and gaps by performing a literature review of articles related to the innovations in construction safety technologies. This study contributes to the body of knowledge by dividing construction safety into four phases (*pre-construction phase*, *workers’ safety training phase*, *safety management*, and *the construction phase*) based on the impact of proposed safety technology, in addition to identifying four main areas related to on-site construction phase were technologies are trying to improve it (*safety monitoring and proximity sensing*, *near-miss fall detection*, *hardhat-wearing monitoring*, and *workers emotions*) in addition to highlighted common limitations of the proposed technologies in order to influence future researchers to cover mentioned gaps and limitations.

Keywords: Construction Safety; Safety Technology; Innovation



04

Organizers & Sponsors

2024 SCEM

籌備委員會



主任委員: 陳維東 院長 Wei Tong Cheng

研究領域/專長:

- 營建安全
- 價值工程與應用
- 營建成本/時間關係
- 建物能源分析與管理



副主任委員: 黃盈樺 教授 Ying-Hua Huang

研究領域/專長:

- 營建安全
- 決策管理最適化
- 設施維護決策管理
- 專案管理



委員:
潘乃欣 教授
Nai-Hsin Pan

研究領域/專長:

- 營建安全
- 決策管理最適化
- 設施維護決策管理
- 專案管理



委員:
劉述舜 教授
Shu-Shun Liu

研究領域/專長:

- 營建專案排程
- 專案管理
- 不動產投資與估價



委員:
蔡宗潔 教授
Tsung-Chieh Tsai

研究領域/專長:

- 風險分析及管理
- 建築生產系統
- 建築之永續營建

指導單位

國家科學及技術委員會

行政院國家科學委員會於民國 48 年 2 月 1 日成立，為政府推動科學技術發展的專責機構，肩負推動全國整體科技發展、支援學術研究，以及發展科學園區等三大任務。另為強化科技創新與產業發展結合以帶動經濟成長和國家進步，民國 103 年 3 月 3 日國科會改制為科技部。

新國科會職掌包括國家科學發展、技術研究與應用政策之綜合規劃、協調、審議及資源分配；國家科學發展、技術研究與應用計畫之綜合規劃、協調、審議、資源分配及管理考核；基礎及應用科技研究之推動；重大科技研發計畫及支援學術研究之推動；產業前瞻技術研發與學研新創政策之綜合規劃、協調及推動；科學園區發展之規劃及推動；行政院國家科學技術發展基金之管理；其他有關科學發展、技術研究及應用事項。



Adviser

National Science and Technology Council

The National Science Council of the Executive Yuan was established on February 1, 1959 ROC, as the dedicated government agency for promoting the development of science and technology. It was tasked with three major missions: promoting overall national scientific and technological development, supporting academic research, and developing science parks. In order to strengthen the integration of scientific and technological innovation with industrial development to drive economic growth and national progress, the National Science Council was restructured into the Ministry of Science and Technology on March 3, 2014.

The responsibilities of the new Ministry of Science and Technology include comprehensive planning, coordination, review, and resource allocation of national science development, technological research, and application policies. It also encompasses the comprehensive planning, coordination, review, resource allocation, and management assessment of national science development, technological research, and application programs. Furthermore, it promotes basic and applied scientific and technological research, major scientific and technological research and development projects, support for academic research, comprehensive planning, coordination, and promotion of forward-looking technological research and academic-industry collaboration policies, planning and promotion of science park development, management of the Executive Yuan's National Science and Technology Development Fund, and other matters related to scientific development, technological research, and application.



主辦單位

國立雲林科技大學 營建工程系 國立雲林科技大學 營建工程系系友會 台灣營建管理學會

國立雲林科技大學（YunTech）成立於 1991 年，是一所技職教育的高等學府。學校經過 30 年的努力，已走過創校、紮根、起飛、領航、品牌、典範等階段。YunTech 秉持「誠敬恆新」的校訓，致力於發展成為一所國際知名的大學，強調產學一體，並重視創新設計。

國立雲林科技大學營建工程學系成立於民國 83 年。多年來，本系聘請多位專業及實力工程兼具經驗的教授，致力於教學，傳授土木營建工程的精髓。隨著時間的推移，本系培養了備受業界歡迎的優秀人才，受到廣泛讚譽。我們期望學子們能立足於土木營建相關產業，持續為社會國家做出貢獻。



國立雲林科技大學 營建工程系系友會
The Alumni Association of CED,
YunTech



國立雲林科技大學 營建工程系
Department of Construction
Engineering, YunTech



台灣營建管理學會
Taiwan Construction Management
Association

Organizers

Dept. of Civil & Construction Engineering, YunTech The Alumni Association of CCED, YunTech Taiwan Construction Management Association

National Yunlin University of Science and Technology (YunTech) was established in 1991. It is an institution of higher learning for technical and vocational education. After 30 years of hard work, the institution has gone through the stages of founding, taking root, taking off, piloting, branding, and modelling. YunTech adheres to the institution motto of "Sincerity, Respect and Innovation" and is committed to developing into an internationally prominent university, emphasizing the integration of industry and academia, and attaching importance to innovative design.

The Department of Civil & Construction Engineering of the National Yunlin University of Science and Technology was established in 1983. Over the years, the department is fortunate to have a number of professors with professional strength and engineering experience who are committed to teaching the essence of civil construction engineering. Over time, the department has been acknowledged for producing individuals of exceptional talent, who are highly sought after by the industry. It is our hope that our students will continue to contribute to society and the country through their careers in the civil engineering and construction-related industries.



國立雲林科技大學 營建工程系系友會
The Alumni Association of CCED,
YunTech



國立雲林科技大學 營建工程系
Department of Construction
Engineering, YunTech



台灣營建管理學會
Taiwan Construction Management
Association

協辦單位

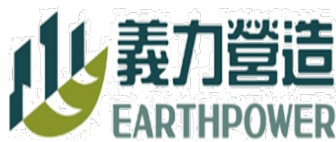
義力營造股份有限公司

慶耀工程股份有限公司

勞動部勞動及職業安全衛生研究所

國科會工程科技推展中心

中國土木水利工程學會



義力工程股份有限公司

Earth Power Construction Co., Ltd.



慶耀工程股份有限公司

Glory Scafform Engineering Co., Ltd.



中國土木水利工程學會
Chinese Institute of Civil and Hydraulic
Engineering



勞動部勞動及職業安全衛生研究所

Institute of Labor, Occupational Safety And Health, Ministry of Labor.

Co-organizers

Earth Power Construction Co., Ltd.

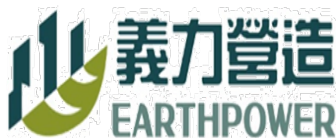
Glory Scafform Engineering Co. Ltd

Institute of Labor, Occupational Safety and Health,

Ministry of Labor

Engineering and Technology Promotion Center

**Chinese Institute of Civil and Hydraulic
Engineering**



義力工程股份有限公司

Earth Power Construction Co., Ltd.



慶耀工程股份有限公司

Glory Scafform Engineering Co., Ltd.



中國土木水利工程學會
Chinese Institute of Civil and Hydraulic
Engineering



勞動部勞動及職業安全衛生研究所

Institute of Labor, Occupational Safety And Health, Ministry of Labor.

贊助廠商

久木營造有限公司

潤弘精密工程事業股份有限公司

金藏營造工程股份有限公司

利晉工程股份有限公司

大將作工業股份有限公司

嘉銘營造有限公司

建宇營造股份有限公司

源隆技術顧問有限公司

雲科營建工程系友 張淑英



久木營造



嘉銘營造

JIA MING CONSTRUCTION



RUENTEX



建宇營造
JIANYU
CONSTRUCTION CO.,LTD



利晉工程股份有限公司
LI JIN ENGINEERING CO.,LTD.



金藏營造
KIMZOA CONSTRUCTION



源隆技術顧問有限公司



大將作工業股份有限公司

Sponsors

Jio Mu Construction Ltd.

Ruentex Engineering & Construction Co., Ltd.

KIMZOA Construction Ltd.

Li Jin Engineering Co., Ltd.

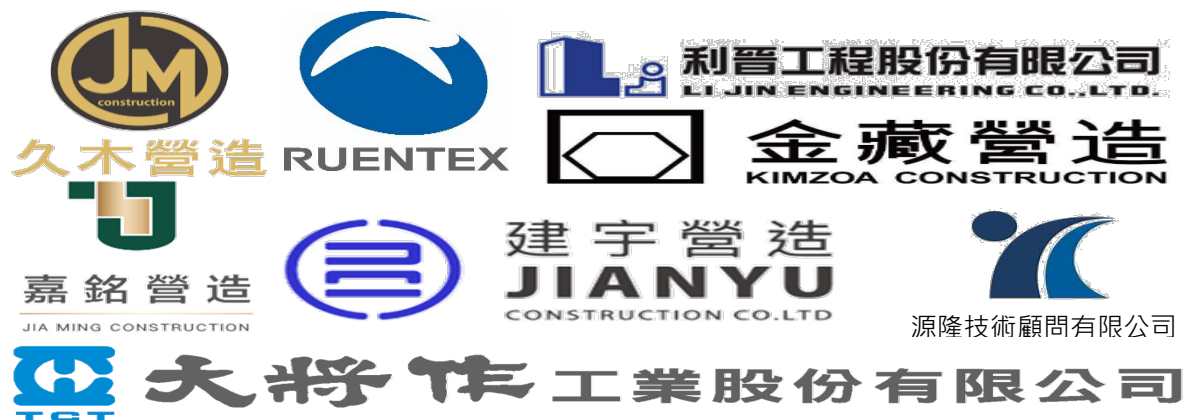
TCT Industrials Co., Ltd.

Jia Ming Construction Ltd.

Jian Yu Construction Co., Ltd.

Yuanlong Technical Consultants Co., Ltd.

**Zhang Shuying, alumnus of the Department of Civil &
Construction Engineering, Yunlin University of Science
and Technology**



贊助廠商

義力營造股份有限公司

慶耀工程股份有限公司

漢源實業股份有限公司

中興工程顧問有限公司

互助營造股份有限公司

港洲營造股份有限公司

台灣世曦工程顧問股份有限公司

麗明營造股份有限公司

德昌營造股份有限公司

CECI  台灣世曦
工程顧問股份有限公司


EARTHPOWER


EANTE 易安特


LEEMING
麗明營造


KONG CHOU

 德昌營建
事業集團

 中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.


GSFECO



Sponsors

Earth Power Construction Co., Ltd.

Glory Scafform Engineering Co., Ltd.

Han Yon Industrial Co., Ltd.

Sinotech Engineering Consultants, Ltd.

Fu Tsu Construction Co., Ltd.

Kong Chou Construction Co., Ltd.

CECI Engineering Consultants, Inc.

Leeming Construction Co., Ltd.

Te Chang Construction Co., Ltd.



學術委員

(委員依姓氏筆畫排序)

職務	姓名	現職
主任委員	陳維東	國立雲林科技大學營建工程系 特聘教授兼工程學院院長
副主任委員	黃盈樺	國立雲林科技大學營建工程系 教授兼系主任
委員	劉述舜	國立雲林科技大學營建工程系 教授
委員	潘乃欣	國立雲林科技大學營建工程系 教授
委員	蔡宗潔	國立雲林科技大學營建工程系 副教授
委員	王世旭	中華民國陸軍軍官學校土木系 副教授兼土木系主任
委員	王廷魁	國立高雄科技大學土木工程系 副教授
委員	王琨淇	朝陽科技大學營建工程系 助理教授兼 BIM 實務應用整合研究中心主任
委員	王裕仁	國立高雄科技大學土木工程系 教授兼教育事業暨產品推廣處處長
委員	王維志	國立陽明交通大學土木工程學系 教授
委員	王翰翔	國立中央大學土木工程學系 副教授
委員	余文德	朝陽科技大學營建工程系 特聘教授
委員	吳翌禎	國立高雄科技大學土木工程系 教授
委員	呂守陞	國立臺灣科技大學營建工程系 教授
委員	李欣運	國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所 教授兼工學院院長
委員	李振榮	國立高雄科技大學營建工程系 助理教授
委員	周宏宇	中華大學土木工程學系 助理教授
委員	周建成	國立中央大學土木工程學系 教授兼註冊組組長
委員	周瑞生	國立臺灣科技大學營建工程系 講座教授兼總務長暨新竹分部主任
委員	林之謙	國立臺灣大學土木工程學系 助理教授

學術委員

(委員依姓氏筆畫排序)

職務	姓名	現職
委員	林利國	國立臺北科技大學土木工程系 退休教授
委員	林保宏	逢甲大學土木工程學系 教授
委員	林威延	逢甲大學土木工程學系 副教授
委員	林建良	國立高雄科技大學營建工程系 教授
委員	林祐正	國立臺北科技大學土木工程系 教授兼系主任
委員	林偲妘	國立臺灣大學土木工程學系 助理教授
委員	林國良	義守大學土木工程學系 教授兼工學院院長
委員	林楨中	勞動部勞動及職業安全衛生研究所 職業安全組長
委員	林藝馨	東南大學土木學院建設與房地產系 副教授
委員	柯千禾	Research Professor of the Dept. of CE & AE; Director of the Craig and Diane Martin NCCS, University of Kansas, USA
委員	洪嫦闐	國立臺灣科技大學營建工程系 助理教授
委員	紀乃文	國立臺北科技大學土木工程系 助理教授
委員	范素玲	淡江大學土木工程學系 教授 兼工程法律研究發展中心主任
委員	晁立中	國立高雄科技大學營建工程系 教授
委員	馬宏恩	明志科技大學 前研究員
委員	高志瀚	國立金門大學土木與工程管理學系 副教授
委員	張家瑞	國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所 教授
委員	張智元	逢甲大學土木工程學系 教授
委員	連立川	中原大學土木工程學系 助理教授
委員	陳介豪	國立中央大學土木工程學系 特聘教授兼智慧營建研究中心主任
委員	陳怡兆	國立高雄大學建築學系 副教授兼系主任
委員	陳柏翰	Professor, Department of Building, Civil, and Environmental Engineering, Concordia University, Canada

學術委員

(委員依姓氏筆畫排序)

職務	姓名	現職
委員	陳致霖	國立屏東科技大學土木工程系 助理教授
委員	陳博亮	國立聯合大學土木與防災工程學系 教授兼災害防救科技研究中心主任兼理工學院院長
委員	陳棟燦	國立金門大學土木與工程管理學系 教授兼系主任
委員	陳懿佐	國立高雄科技大學營建工程系 副教授
委員	曾仁杰	國立陽明交通大學土木工程學系 教授
委員	曾浩璽	國立宜蘭大學土木工程學系 助理教授
委員	曾惠斌	國立臺灣大學土木工程學系 教授
委員	黃忠發	國立高雄科技大學土木工程系 特聘教授兼工學院院長
委員	黃怡碩	朝陽科技大學營建工程系 副教授
委員	楊立人	淡江大學企業管理系 教授兼管理學院院長
委員	楊亦東	國立臺灣科技大學營建工程系 教授
委員	楊智斌	國立中央大學土木工程學系 教授兼總務長
委員	詹滢潔	國立臺灣大學土木工程學系 副教授
委員	鄭明淵	國立臺灣科技大學營建工程系 教授
委員	謝孟勳	國立中興大學土木工程學系 教授
委員	謝定亞	國立中央大學土木工程學系 教授
委員	謝尚賢	國立臺灣大學土木工程學系 教授兼工程資訊模擬與管理研究中心主任

研討會工作人員

組別	姓名
學生召集人	吳明宗
議程報名組	許舒雯（組長） 傅敏瑄 洪馨妤 袁家羚 Melati Balla Rantelembang
論文網頁組	游竣宇（組長） 陳幸梓 彭悅歆
場地設備組	林新添（組長） 黃理彥 林楷軒
交通餐飲組	余承泰（組長） 余志騰 林煒宸
公關文宣組	黃柏嘉（組長） 蔡穎聰 黃盈棻 楊家嘉
財務會計組	呂灯哲（組長） 李承育
系所支援工作人員	王為斌 王昭琦

Institution Staffs of Organizing Committee

Team/Section	Members
Student Convener	Ming-Tsung Wu
Agenda and Registration Affairs	Shu-Wen Hsu Min-Xuan Fu Hsing-Yu Hung Jia-Ling Yuan Melati Balla Rantelembang
Academic Affairs and Web Design	Jyun-Yu You Hsing-Tzu Chen Yun-Xin Peng
Equipment	Xin-Tian Lin Li-Yan Huang Kai-Hsuan Lin
Transportation and Catering Plan	Cheng-Tai Yu Chih-Teng Yu Wei-Chen Lin
Artistic Design and Public Affairs	Bo-Jia Huang Ying-Tsung Tasi Ying-Fen Huang Chia-Chia Yang
Treasury	Teng-Che Lu Chen-Yu Lee
Departmental Staff	Wei-Bin Wang Jhao-Ci Wang

[illegible]

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

營建工程與管理學術研討會暨國際會議會議手冊.
第 28 屆 = The 28th symposium on construction
engineering and management/international
conference. -- 初版. -- 雲林縣斗六市：國立
雲林科技大學營建工程系，2024. 06
面；公分
ISBN 978-626-98448-3-8(平裝)

1. CST：營建管理 2. CST：文集

441.52907

113008034

第 28 屆營建工程與管理學術研討會暨國際會議 會議手冊

出版機關：國立雲林科技大學 營建工程系
地 址：640301 雲林縣斗六市大學路 3 段 123 號
電 話：(05)5342601#4716
傳 真：(05)5312049
發行人：國立雲林科技大學 營建工程系
出版年月：2024 年 6 月初版
定 價：350 元
裝訂方式：膠裝
ISBN：978-626-98448-3-8
GPN：1011300725



978-626-98448-3-8



1011300725

版權所有 翻印必究

夢想和幸福

零距離的接軌

技術必須經得起考驗，專業來自於永不妥協的堅持，
夢想的城堡、幸福的家園，就座落在不遠的前方，
台灣世曦和您一起攜手而行，用築夢的心、關懷的情，
戮力建設出每一項希望的工程。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

宏觀的視野觀察及環境特色，創造人與生活的連結

建築美學 & 工程監造

臺灣桃園國際機場塔臺暨整體園區新建工程，設計、施工監造

> 本工程係法國巴黎國際機場公司、華興聯合建築師事務所
及中興工程顧問共同設計，由中興公司負責施工監造

已於 2019 年底順利完成新舊塔臺無縫接軌的轉移作業。

> 新塔臺的啟用代表我國飛航服務之效率、安全與品質向上提升
飛航服務水準與世界標準機場並駕齊驅，已蔚為機場新地標。

本廣告圖文未經同意不得轉載
中興工程顧問集團廣告

正派經營 品質保證 追求卓越 創新突破



中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.



互助營造
Fu Tsu Construction

www.futsu.com.tw



innovation x challenges
應用創新科技挑戰未來

TOP 5000大型企業排名 營造業第一名

台灣各大龍頭企業總部大樓興建工程首選

INTEGRITY
INNOVATION
TEAM WORK

看影片了解我們 >>>



互助形象影片
品牌篇



互助形象影片
人生篇

勞動及職業安全衛生研究季刊

Journal of Labor, Occupational Safety and Health

徵稿啓事

本季刊於民國 82 年 3 月創刊，為探討職業安全衛生及危害評估、勞動就業市場及勞動領域相關議題之研究期刊。

投稿方式

- 本刊接受中、英文投稿。投稿文章以未經其他期刊發表者為限。
- 稿件如經刊登，將致贈稿酬。歡迎踴躍投稿。
- 投稿方式請詳見勞動部勞動及職業安全衛生研究所官網 www.ilosh.gov.tw，本季刊稿約或電郵編輯部 doshe@mail.ilosh.gov.tw。



投稿方式



勞動部勞動及職業安全衛生研究所

INSTITUTE OF LABOR, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MINISTRY OF LABOR

1986年成立以來，秉持「永續經營」，致力於營造本業。

承攬範圍涵蓋土木及建築工程

精實、智慧、綠色、安全為核心價值

以「心技合一」之理念，發展差異化的技術及提升客戶服務內容。



水湳轉運中心新建工程



臺中國際機場國內航廈整體改善工程



LaLaport台中(北棟)結構體工程



臺灣鐵路公司CL121潮州機廠主體工程



臺中市立老人復健綜合醫院



臺中市北屯區『廊子安居』社會住宅



桃園航空城計畫區段徵收工程
D2分標統包工程



主辦:國立雲林科技大學營建工程學系營建管理組
地址:64002 雲林縣斗六市大學路3段123號
Mail:scem2024.yuntech@gmail.com

