

### NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

- Nguyễn Anh Thư, Đỗ Tiến Sỹ, Hoàng Hiệp, Nguyễn Đăng Trường Khánh, Huỳnh Phú Hải, Ché Hồ Quang Đạt, Nguyễn Hữu Đại  
 Đỗ Đại Thắng, Chu Văn Tư, Nguyễn Minh Long  
 Đào Duy Kiên, Phan Hải Đăng, Phan Thanh Hoàng, Nguyễn Thanh Hưng, Lê Công Định  
 Nguyễn Quốc Toản, Nguyễn Văn Tâm, Đinh Thị Trang, Tạ Hoàng Sơn, Nguyễn Thị Thu Hiền, Khuất Diệu Huyền  
 Lê Đình Phát, Hà Văn Tới, Hà Văn Khánh, Hồ Văn Thịnh, Hoàng Công Vũ  
 Huỳnh Văn Quang, Nguyễn Thanh Việt  
 Lâm Ngọc Trà My, Huỳnh Đăng Khoa, Bùi Văn Của  
 Phạm Hoàng Dũng, Lương Minh Sang, Hà Hoàng Giang  
 Hà Hoàng Giang, Lương Minh Sang, Phạm Hoàng Dũng  
 Nguyễn Hồng Tuyên, Lương Đức Long
- Đỗ Minh Tuấn, Huỳnh Nguyễn Định Quốc  
 Võ Thanh Lương, Nguyễn Lê Thủy, Nguyễn Hồng Sơn  
 Nguyễn Minh Huyền Trang
- Nguyễn Phú Cường  
 Phạm Đức Thiện, Phan Đức Hùng  
 Phạm Thị Trang
- Phan Hữu Sơn, Nguyễn Hồng Đức, Phan Đức Hùng  
 Phan Vũ Phương, Nguyễn Minh Long  
 Nguyễn Ngọc Phương, Nguyễn Hoài Nam  
 Trà Hữu Thời, Huỳnh Quốc Thiện, Bùi Trường Sơn
- Trần Đại Quang  
 Trần Tuấn Kiệt, Trần Minh Anh, Nguyễn Thị Thanh Hương  
 Trần Quang Hưng, Đăng Công Thuật  
 Trần Thanh Danh, Trần Văn Thành, Trần Tuấn Anh
- Trần Văn Việt, Phạm Quang Dũng, Nguyễn Văn Tịnh, Cao Thành Dũng, Phạm Văn Minh  
 Lê Thị Kiều Trang, Lê Bảo Quốc, Trần Văn Tuấn  
 Trịnh Xuân Vinh  
 Nguyễn Trung Kiên  
 Vương Lê Thắng, Lê Cung, Nguyễn Đình Sơn
- Trần Quang Hưng, Đăng Công Thuật, Từ Văn Tám  
 Nguyễn Thanh Hưng, Huỳnh Phương Doanh  
 Huynh Trong Phuoc, Nguyen Chi Trung, Ngo Si Huy  
 Doan Kieu Van Tam, Nguyen Mai Chi Trung,  
 Do Nguyen Duy Minh
- Nguyen Van Duong, Trần Văn Phê, Nguyen Trong Nghia  
 Tran Thi Thuy Van  
 Ngo Si Huy, Trinh Dinh Hai, Huynh Trong Phuoc
- 4 Ứng dụng công nghệ thực tế ảo tăng cường (Augmented Reality - AR) vào việc mô phỏng số hóa 3D đối tượng từ dữ liệu đám mây điểm (Point Cloud) và phép quang trắc (Photogrammetry) - Trường hợp nghiên cứu ứng dụng công trường  
 9 Ảnh hưởng của môi trường nước mặn đến hiệu quả gia cường kháng uốn của tấm CFRP cho dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn  
 17 Ứng xử của sàn rỗng sử dụng vữa xi măng cát và lưới sợi thép định hình  
 22 Nhận rõ ảnh hưởng đến sự thành công của dự án đầu tư cơ sở hạ tầng theo hình thức đối tác công tư tại Việt Nam  
 30 Phân tích ứng xử của móng bè trên nền đất yếu  
 34 Các giải pháp nâng cao sự thành công cho các nhà thầu thi công xây dựng vừa và nhỏ tại thành phố Hồ Chí Minh  
 42 Ứng dụng phương pháp Taguchi để phân tích sự thay đổi cường độ chịu nén vữa geopolymers có chứa xỉ lò cao nghiên cứu  
 47 Nghiên cứu ứng xử của dầm bê tông cốt composite GFRP khi chịu ảnh hưởng của tải trọng và giá nhiệt bằng phương pháp số  
 53 Phân tích ảnh hưởng tăng cứng trong nhà cao tầng chịu tải trọng động đất có xét đến tương tác nền  
 58 Ứng dụng phương pháp phân tích cấu trúc AHP đánh giá mức độ chậm trễ tiến độ các dự án nhà ở xã hội vùng ven tại Thành phố Hồ Chí Minh  
 68 Xác định mô hình geoid thích hợp cho khu vực nghiên cứu thuộc vùng Bắc Trung Bộ Việt Nam  
 72 Khảo sát ứng xử của kết cấu thanh mảnh dang dở dưới tác động của gió  
 78 Bảo đảm chất lượng và kiểm định chất lượng giáo dục đại học góp phần nâng cao hiệu quả của giáo dục đại học, tạo ra ưu thế cạnh tranh trong thay đổi thứ hạng các cơ sở giáo dục đại học  
 82 Tại sao nên dùng Phân Tích Phi Tuyến cho Thiết Kế Kết Cấu  
 88 Nghiên cứu ứng xử chịu uốn của dầm bán láp ghép 2 lớp dùng bê tông geopolymers và bê tông xi măng  
 93 Xây dựng phần mềm ứng dụng mô hình định lượng win – win trong việc xác định thời gian chuyển nhượng dự án BOT theo hình thức đối tác công tư (PPP) tại Việt Nam  
 100 Đánh giá độ bền của bê tông geopolymers khi ngâm trong dung dịch alkaline và thủy tinh lỏng  
 106 So sánh ứng xử bong tách của tấm CFRP trong dầm UPC chịu uốn và mẫu kéo trượt một mặt  
 114 Đánh giá cường độ bê tông hiện trường ở một số công trình xây dựng tại Hà Nội theo tiêu chuẩn Việt Nam, Mỹ và châu Âu  
 120 Dự đoán sức chịu tải cực hạn của cọc theo phương pháp ngoại suy quan hệ tải trọng - độ lún trong thí nghiệm nén tĩnh bằng các hàn xấp xỉ  
 126 Tính toán cấu kiện hợp kim nhôm chịu nén – uốn theo tiêu chuẩn Nga SP 128.13330.2012  
 132 Ứng dụng abaqus để mô phỏng thiết bị thí nghiệm vật liệu chịu nén tốc độ cao  
 136 Thực nghiệm đo co ngót của gạch không nung xi măng cốt liệu sản xuất tại Quảng Ngãi  
 140 Nghiên cứu đề xuất công thức tính toán sức kháng ma sát đơn vị cho cọc khoan nhồi phụt vữa thành biến tại một công trình ở thành phố Hồ Chí Minh  
 145 Nghiên cứu thực nghiệm xác định thông số kết cấu và chế độ làm việc hợp lý của bộ phận công tác máy đào cỡ siêu nhỏ  
 149 Nghiên cứu ảnh hưởng dao động mục nước ngầm đến sức chịu tải của móng nòng ở đồng bằng sông Cửu Long  
 153 Tính toán dầm bằn theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-5  
 159 Giải pháp cao độ nền và thoát nước mặt ứng phó ngập lụt do biến đổi khí hậu tại các đô thị tỉnh Bình Dương theo cấu trúc tầng bậc  
 163 Dự đoán cường độ nén bê tông dựa trên vận tốc xung siêu âm sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm và mạng nơ-rôn nhân tạo cho vật liệu địa phương  
 169 Khảo sát tính chất cơ lý của gạch không nung xi măng cốt liệu sản xuất tại Quảng Ngãi  
 172 Nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí và số mối nối thép bằng coupler đến ứng xử của dầm bê tông cốt thép  
 177 Development of high-strength hydraulic mortar using ternary mixture fly ash, slag, and rice husk ash  
 182 Hiệu quả giảm thiểu va đập của đệm cao su trong kết cấu liên kết chịu kích thích động đất  
 186 Road embankment using vacuum consolidation method  
 195 Dynamic analysis of plane frame systems with different models of connection flexibility  
 199 Evaluation of engineering properties and durability of unfired-bottom ash bricks using modern techniques

Bìa 1: Be Friendly Space giải thưởng trúc quốc tế IAA 2018, hạng mục Nhà cộng đồng

Chủ nhiệm:  
**Bộ trưởng Phạm Hồng Hà**

Tổng Biên tập:  
**Trần Thị Thu Hà**

Tòa soạn: 37 Lê Đại Hành, Hà Nội  
 Liên hệ bài viết: 024 39780820 ; 0983382188  
 Trình bày mỹ thuật: Thạc Cường, Quốc Khanh  
 Giấy phép xuất bản: Số: 372/GP-BTTTT ngày  
 05/7/2016  
 Tài khoản: 113000001172  
 Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương  
 Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội  
 In tại Công ty TNHH MTV in Báo nhân dân TP HCM  
 Địa chỉ: D20/532P, Ấp 4, Xã Phong Phú, Huyện  
 Bình Chánh, TP HCM

Hội đồng khoa học:  
 TS. Thủ trưởng Lê Quang Hùng (Chủ tịch)  
 PGS.TS Vũ Ngọc Anh (Thư ký)  
 GS.TS Phan Quang Minh  
 GS.TS Phạm Xuân Anh  
 GS.TS Ngô Tuấn  
 GS.TS Nguyễn Quốc Thông  
 GS.TS Nguyễn Việt Anh  
 PGS.TS Nguyễn Văn Tuấn  
 PGS.TS Phạm Duy Hòa  
 TS Ưng Quốc Hùng  
 GS.TS Hiroshi Takahashi  
 GS.TS Chien Ming Wang  
 TS Ryoichi Fukagawa



**SCIENTIFIC RESEARCH**

- Nguyen Anh Thu, Do Tien Sy, Hoang Hiep, Nguyen Dang Truong Khanh, Huynh Phu Hai, Che Ho Quang Dat, Nguyen Huu Dai  
 Do Dai Thang, Chu Van Tu, Nguyen Minh Long, Dao Duy Kien, Phan Hai Dang, Phan Thanh Hoang, Nguyen Thanh Hung, Le Cong Dinh  
 Nguyen Quoc Toan, Nguyen Van Tam, Dinh Thi Trang, Ta Hoang Son, Nguyen Thi Thu Hien, Khuat Dieu Huyen, Le Dinh Phat, Ha Van Toi, Ha Van Khanh, Ho Van Thinh, Hoang Cong Vu  
 Huynh Van Quang, Nguyen Thanh Viet, Lam Ngoc Tra My, Huynh Dang Khoa, Bui Van Cua
- Pham Hoang Dung, Luong Minh Sang, Ha Hoang Giang, Ha Hoang Giang, Luong Minh Sang, Pham Hoang Dung
- Nguyen Hong Tuyen, Luong Duc Long
- Do Minh Tuan, Huynh Nguyen Dinh Quoc, Vo Thanh Luong, Nguyen Le Thuy, Nguyen Hong Son, Nguyen Minh Huyen Trang
- Nguyen Phu Cuong, Pham Duc Thien, Phan Duc Hung, Pham Thi Trang
- Phan Huu Son, Nguyen Hong Duc, Phan Duc Hung, Phan Vu Phuong, Nguyen Minh Long, Nguyen Ngoc Phuong, Nguyen Hoai Nam
- Tra Huu Thoi, Huynh Quoc Thien, Bui Truong Son
- Tran Dai Quang
- Tran Tuan Kiet, Tran Minh Anh, Nguyen Thi Thanh Huong, Tran Quang Hung, Dang Cong Thuat
- Tran Thanh Danh, Tran Van Than, Tran Tuan Anh, Tran Van Viet, Pham Quang Dung, Nguyen Van Tinh, Cao Thanh Dung, Pham Van Minh
- Le Thi Kieu Trang, Le Bao Quoc, Tran Van Tuan, Trinh Xuan Vinh, Nguyen Trung Kien
- Vuong Le Thang, Le Cung, Nguyen Dinh Son
- Tran Quang Hung, Dang Cong Thuat, Tu Van Tam, Nguyen Thanh Hung, Huynh Phuong Doanh
- Huynh Trong Phuoc, Nguyen Chi Trung, Ngo Si Huy, Doan Kieu Van Tam, Nguyen Mai Chi Trung, Do Nguyen Duy Minh
- Nguyen Van Duong, Tran Van Phe, Nguyen Trong Nghia, Tran Thi Thuy Van, Ngo Si Huy, Trinh Dinh Hai, Huynh Trong Phuoc
- Office: 37 Le Dai Hanh, Hanoi  
 Editorial Board: 024 39780820; 0983382188  
 Design: Thac Cuong, Quoc Khanh  
 Publication: No: 372/GP-BTTT date 5th, July/2016  
 Account: 113000001172  
 Joint Stock Commercial Bank of Vietnam Industrial and Commercial Branch, Hai Ba Trung, Hanoi  
 Printed in: Nhandan printing HCMC limited Company
- Scientific commission:  
 Le Quang Hung, Ph.D  
 (Chairman of Scientific Board)  
 Assoc. Prof. Vu Ngoc Anh, Ph.D  
 Prof. Phan Quang Minh, Ph.D  
 Prof. Pham Xuan Anh, Ph.D  
 Prof. Ngo Tuan, Ph.D  
 Prof. Nguyen Quoc Thong, Ph.D  
 Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D  
 Assoc. Prof. Nguyen Van Tuan, Ph.D  
 Assoc. Prof. Pham Duy Hoa, Ph.D  
 Ung Quoc Hung, Ph.D  
 Prof. Hiroshi Takahashi, Ph.D  
 Prof. Chien Ming Wang, Ph.D  
 Prof. Ryoichi Fukagawa, Ph.D
- 4 Application of augmented reality for simulating 3D model from point cloud and photogrammetry – A study case of construction site inspection  
 9 Effects of saline water on flexural-strengthening of CFRP sheets for corroded-reinforced concrete beams  
 17 Behaviour of Hollow Slab Using Sand Cement Mortar And Shaped Wire Mesh  
 22 Factors affecting the success of the PPP infrastructure projects in Vietnam  
 30 Analyzes the behavior of raft foundation on soft ground  
 34 Solutions to enhance the success for small and medium sized construction contractors in Ho Chi Minh City  
 42 Evaluation of the influencing factors on the compressive strength of geopolymer mortars containing ground-granulated blast furnace slag designed by Taguchi method  
 47 Studying response of concrete composite GFRP beam under effects of loading and heating by numerical method  
 53 Analysis of effectiveness of rigid floor in the high-rise building under earthquake load into account the effect of soil structure interaction (ssi)  
 58 Applying AHP structure analysis method to assess the level of the schedule delay of social housing projects in suburban areas in Ho Chi Minh City  
 68 Determining the suitable geoid model for the North Central of Vietnam  
 72 Behavior of slender prismatic structures with rectangular cross section subjected to wind loading  
 78 Quality assurance and quality accreditation of higher education contribute to improving the effectiveness of higher education, create a competitive advantage in the changing rankings of higher education  
 82 Why should we use Nonlinear Analysis for Structural Design  
 88 Study on the bending capacity of 2-layers semi-precast beams using geopolymer-concrete and cement-concrete  
 93 Establishing software application of win-win quantitative model for determining concession period of BOT project in the public private partnership in Viet Nam  
 100 Evaluation of durability of geopolymer concrete immersed in alkaline and natri silicate solution  
 106 Comparison of debonding behavior of CFRP sheets of UPC beam and single-shear pull-out specimen  
 114 Evaluation of the field concrete strength in some construction in Hanoi according to Vietnamese, American and European standards  
 120 Estimating the ultimate load bearing capacity of pile using extrapolation method based on relationship between load and settlement of pile in static load testing by approximate functions  
 126 Calculation of beam column aluminum alloy elements according to Russian standard SP 128.13330.2012  
 132 Abaqus simulation of shpb test to investigate the compressive behavior of material under high speed loading  
 136 Shrinkage measurement of cement based concrete brick fabricated in Quang Ngai  
 140 Correlation of unit friction resistance for shaft-grouted bored piles at a project in Ho Chi Minh city  
 145 Experimental research to determine the structure parameters and the reasonable operating regime of the micro digging machine working division  
 149 Influence of groundwater table fluctuation on the load capacity of shallow foundations in the Mekong Delta  
 153 Design of girder beam to EN 1993-1-5  
 159 Solutions to Urban surface elevation and Rain water drainage system according to many levels in response to flooding by climate change in cities of Binh Duong province  
 163 Prediction of compressive strength of concrete by ultrasonic pulse velocity using design of experiments and artificial neuron network for local materials  
 169 Mechanical properties of cement based concrete brick fabricated in Quang Ngai  
 172  
 177 Development of high-strength hydraulic mortar using ternary mixture fly ash, slag, and rice husk ash  
 182 The effective pounding mitigation of rubber shock-absorbers in adjacent buildings under earthquake excitation  
 186 Road embankment using vacuum consolidation method  
 195 Dynamic analysis of plane frame systems with different models of connection flexibility  
 199 Evaluation of engineering properties and durability of unfired-bottom ash bricks using modern techniques

Chairman:  
**Minister Pham Hong Ha**

Editor-in-Chief:  
**Tran Thi Thu Ha**

Office: 37 Le Dai Hanh, Hanoi  
 Editorial Board: 024 39780820; 0983382188

Design: Thac Cuong, Quoc Khanh

Publication: No: 372/GP-BTTT date 5th, July/2016

Account: 113000001172

Joint Stock Commercial Bank of Vietnam Industrial and Commercial Branch, Hai Ba Trung, Hanoi

Printed in: Nhandan printing HCMC limited Company

Scientific commission:  
 Le Quang Hung, Ph.D  
 (Chairman of Scientific Board)  
 Assoc. Prof. Vu Ngoc Anh, Ph.D  
 Prof. Phan Quang Minh, Ph.D  
 Prof. Pham Xuan Anh, Ph.D  
 Prof. Ngo Tuan, Ph.D  
 Prof. Nguyen Quoc Thong, Ph.D  
 Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D  
 Assoc. Prof. Nguyen Van Tuan, Ph.D  
 Assoc. Prof. Pham Duy Hoa, Ph.D  
 Ung Quoc Hung, Ph.D  
 Prof. Hiroshi Takahashi, Ph.D  
 Prof. Chien Ming Wang, Ph.D  
 Prof. Ryoichi Fukagawa, Ph.D

# **Ứng dụng công nghệ thực tế ảo tăng cường (Augmented Reality - AR) vào việc mô phỏng số hóa 3D đối tượng từ dữ liệu đám mây điểm (Point Cloud) và phép quang trắc (Photogrammetry) - Trường hợp nghiệm thu cấu kiện công trường**

**Application of augmented reality for simulating 3D model from point cloud and photogrammetry – A study case of construction site inspection**

**Nguyễn Anh Thư, Đỗ Tiến Sỹ, Hoàng Hiệp,  
Nguyễn Đặng Trường Khanh, Huỳnh Phú Hải,  
Chế Hồ Quang Đạt, Nguyễn Hữu Đại**

## **TÓM TẮT:**

Công nghệ 3D laser scanning và phép quang trắc (Photogrammetry) đã và đang được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới trong các ngành nghề khác nhau như kiến trúc, khảo cổ, xây dựng và cơ khí. Tuy nhiên, mô hình được xây dựng ra từ công nghệ này còn nặng về dung lượng cài đặt, số lượng đối tượng mà thiết bị cần phải xử lý còn quá lớn; gây hiện tượng nóng máy, quá tải, sập nguồn thiết bị di động, điều này gây khó khăn trong công tác trình bày với đối tác, khách hàng, và các bên liên quan. Nghiên cứu này được thực hiện dựa vào việc ứng dụng tổ hợp các phần mềm tối ưu hóa, mô hình số 3D của các cấu kiện công trình công trình thực hiện được từ dữ liệu 3D laser scanning và kỹ thuật quan trắc ảnh, kết hợp với các tập tin thiết kế kết cấu cơ sở với phần mềm Unity. Trên cơ sở đó, tạo ra phần mềm ứng dụng Thực tế ảo tăng cường (Augmented Reality-AR) chạy trên các thiết bị di động (IOS, Android), giúp việc trải nghiệm, tương tác và hình dung được các mô hình số 3D dễ dàng, tiện lợi, và nhanh chóng hơn.

**Từ khóa:** AR, Augmented Reality, 3D Laser scanning, Photogrammetry, Unity, Point cloud.

## **ABSTRACT:**

3D Laser Scanning technology and Photogrammetry has been widely used around the world with a variety of different fields and industries such as architecture, archeology, construction, and engineering. However, models are built from this technology required abundant of processes memory and storage. This makes it difficult to present the work with partners, customers, and involved unit due to overloading remote devices. This study was done based on using combination of optimized software for 3D models, combined with the designed drawing or designed model and the foundation of Unity program to build out Augmented Reality, installing it into the mobile device with operating system IOS or Android to let the experience, interaction and imagining the 3D model more easier and more convenient.

**Keywords:** AR, Augmented Reality, 3D Laser scanning, Photogrammetry, Unity, Point cloud.

**Nguyễn Anh Thư, Đỗ Tiến Sỹ**

Giảng viên, Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia Tp.HCM.

Trung tâm Portcoat-Bimlab, Công Ty Cổ Phần Tư Vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển – Portcoast.

**Hoàng Hiệp**

Trung tâm Portcoast-Bimlab, Công Ty Cổ Phần Tư Vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển - Portcoast.

**Nguyễn Đặng Trường Khanh, Nguyễn Hữu Đại, Chế Hồ Quang Đạt, Huỳnh Phú Hải**

Kỹ sư, Công Ty Cổ Phần Tư Vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển – Portcoast.

## 1. Giới thiệu

Cùng với xu hướng phát triển mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling - BIM) của thế giới, Việt Nam đã và đang có những bước tiến nhất định trong lĩnh vực này. Nhu cầu số hóa các dự án xây dựng với 3 chiều thông tin (3D), từ khâu thiết kế đến thi công và cả khâu quản lý, bảo trì đang ngày càng được nhiều sự quan tâm từ các cơ quan, tổ chức và doanh nghiệp. Để đáp ứng được nhu cầu ấy thì cần nhiều sự hỗ trợ của các thiết bị cũng như các phần mềm tiên tiến. Một trong số ấy chính là công nghệ 3D Laser Scanning và Photogrammetry, cùng với các thiết bị hiện đại thì công trình hiện hữu được số hóa lại với độ chính xác đến milimet (mm). Dữ liệu số hóa, sau đó sẽ được sử dụng phục vụ cho công tác hoàn công, kiểm định, lưu trữ và bảo tồn. Tiếp đến, để người dùng có thể dễ dàng hình dung và tiếp cận với công trình thực tế thì công nghệ Thực Tế Ảo Tăng Cường (Augmented Reality – AR) được phát triển và ứng dụng. Đây như một chìa khóa để mang một công trình đã được số hóa đến gần với người dùng hơn. Bên cạnh đó, việc xuất hiện ngày một nhiều các công ty chuyên về dịch vụ 3D Laser Scanning & Photogrammetry, xây dựng tương tác thời gian thực với mô hình, làm cho môi trường cạnh tranh trong ngành ngày một khốc liệt. Vì vậy, kết hợp thực tế ảo tăng cường với các dữ liệu số hóa 3D là một việc cần được chú trọng, điều này sẽ giúp gia tăng lợi thế cạnh tranh so với đối thủ.

Mục đích chính của nghiên cứu này là tạo lập được một quy trình cơ bản để xử lí dữ liệu cuối của quy trình 3D laser scanning & Photogrammetry. Góp phần xây dựng ra ứng dụng AR có thể phổ biến được tới nhiều đối tượng, phục vụ công tác nghiên thu cốt thép ngoài công trường. Từ đó sẽ tạo động lực cho các đơn vị chủ đầu tư, nhà thầu nghiên cứu, phát triển công nghệ này hơn nữa trong tương lai.

## 2. Tổng quan vấn đề nghiên cứu

Gần đây, Meiqing Fu và cộng sự (2018), đã nghiên cứu về việc ứng dụng công nghệ thực tế ảo tăng cường để giải quyết các vấn đề rủi ro trong tiến độ của dự án, từ đó đưa ra một hướng đi mới cho ngành công nghiệp xây dựng. Tiếp đó, Perez và cộng sự (2018) đã cho một kết luận rằng có thể dựng mô hình 3D từ mô hình point cloud.

Jingdao Shang và cộng sự (2018), đã tạo nên quy trình Scan-to-BIM trong nghiên cứu "Real-Time 3D Reconstruction on Construction Site Using Visual SLAM and UAV", nêu lên cách thức chuyển đổi từ mô hình Point Cloud sang mô hình BIM.

Julia Ratajczak và cộng sự (2019) đã cho thấy phương pháp xây dựng lên mô hình thực tế ảo tăng cường tại công trình thông qua mô hình BIM được gọi là "AR4C", giúp truy cập, nắm bắt nhanh tình hình tại công trường, làm tăng hiệu suất giao tiếp và làm việc của dự án.

Những tiến bộ và phát triển về công nghệ đã tạo ra những giải pháp tối ưu cho công tác quản lý và giám sát các dự án xây dựng. Bài nghiên cứu này đưa ra phương thức hiệu quả để kết hợp mô hình point cloud, photogrammetry trong nền tảng thực tế ảo tăng cường để tạo ra những ứng dụng hữu ích cho ngành xây dựng.

## 3. Phương pháp nghiên cứu

### 3.1. Công nghệ thực tế ảo tăng cường (AR)

AR được hiểu là công nghệ thực tế ảo tăng cường, giúp cho người trải nghiệm có thể nhìn thấy một vật thể 3 chiều hiện trong không gian thực tại. Thực tế ảo tăng cường có sự kết hợp giữa thế giới thực với các mô hình ảo, không phải đưa người dùng vào môi trường không gian ảo hoàn toàn giống như VR (Virtual Reality – thực tế ảo). AR hỗ trợ cho người dùng trải nghiệm các tính năng tương tác như phóng to, thu nhỏ, xoay, di chuyển từng cấu kiện trong mô hình ảo 3D chỉ bằng việc chạm vào màn hình thiết bị. Mô hình AR được trải nghiệm thông qua các thiết bị di động như iphone, ipad (Hình 1).

Công nghệ Augmented Reality (AR) đã và đang có những bước tiến lớn. Với việc nhiều công ty đầu ngành công nghệ đẩy mạnh đầu tư nghiên cứu như Google với Google Glasses, Microsoft với Hololens (Hình 2), Apple và Snap đã giúp cho công nghệ này đến gần hơn với mọi người. Có thể kể đến các ứng dụng của AR trong các ngành như: xây dựng, kiến trúc (giúp khách hàng, nhà thầu có thể hình dung trực quan hơn về công trình



Hình 1. AR trong thi công công trình (vgis.io)



Hình 2. Công nghệ Hololens (touchline3d.com)

của họ; hỗ trợ cho việc bán hàng, giám sát ngoài công trường); Ngành marketing, quảng cáo; Giáo dục (tạo ra các phần mềm phục vụ cho công tác giảng dạy, địa lí, toán hình học); Y tế; Công nghiệp trò chơi điện tử (ví dụ như game PokemonGo, Lego AR).

### 3.2. Công nghệ 3D Laser scanning

Là tên gọi chung cho một loạt các thiết bị có chức năng ghi nhận lại bề mặt của đối tượng bằng cách sử dụng tia laser, các tia này sẽ ghi nhận lại các thông tin về hình dạng, màu sắc, cũng như tọa độ của đối tượng được yêu cầu thực hiện. Dữ liệu thu thập sau quá trình này sẽ được đưa vào máy tính để thực hiện quá trình tạo dựng mô hình ba chiều kỹ thuật số, gọi là mô hình đám mây điểm (point cloud) như Hình 3. Công nghệ này được nghiên cứu vào những năm nửa cuối thế kỷ XX, được giới thiệu trước công chúng vào những năm 1960, đến nay đã có những bước tiến nhất định.

Công nghệ 3D laser scanning được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, có thể kể đến một số lĩnh vực như sau:

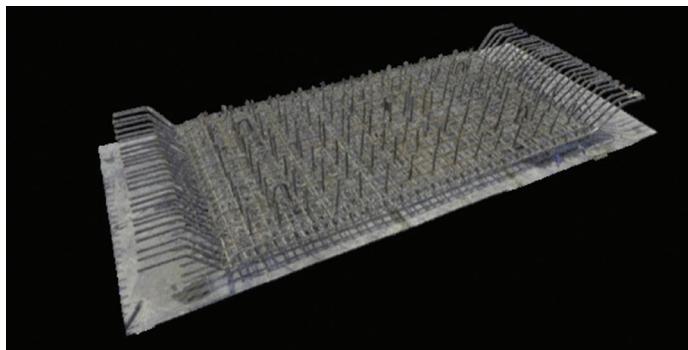
- Kiến trúc và xây dựng: Phục vụ công tác khảo sát và xây dựng tài liệu số hóa về hiện trạng công trình. Kiểm tra thông số cấu kiện công trình (kích thước, khoảng cách) giữa thực tế thi công với hồ sơ thiết kế. Kiểm soát và tính toán được khối lượng đào đắp. Kiểm định chất

lượng công trình xây dựng. Quan trắc chuyển vị công trình.

- Tu sửa, nâng cấp các công trình công nghiệp, chuyển đổi mục đích sử dụng của công trình quốc phòng, công nghiệp. Số hóa và quản lý các thiết bị trong công trình công nghiệp.
- Khảo cổ: Trùng tu, phục dựng, lưu giữ, bảo dưỡng các bảo vật, công trình cổ. Xây dựng cơ sở dữ liệu về các di sản, bảo vật một cách trực quan, sinh động nhất. Phục vụ cho ngành du lịch, sử học, đào tạo.
- Công tác an ninh, hình sự: Mô phỏng lại hiện trường vụ tai nạn, vụ án, phục vụ cho việc phân tích, đánh giá, kết luận hiện trường vụ án, được thu lại bởi thiết bị 3D laser scanning.
- Công nghệ giải trí: Tạo các mô hình 3D số hóa các công trình nổi tiếng để đưa vào trong các chương trình trò chơi.

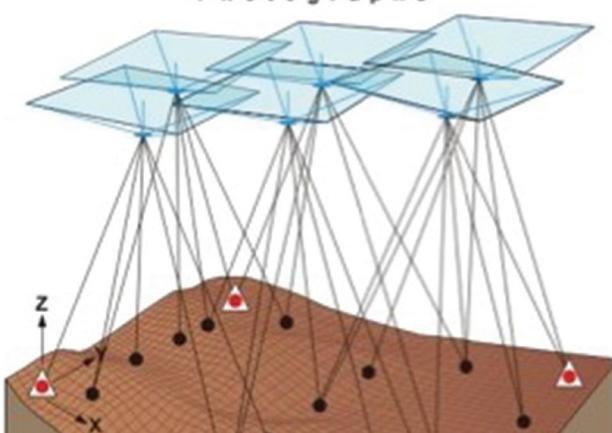
### 3.3 Phép quang trắc (Photogrammetry)

Là thuật ngữ mô tả việc thu thập các thuộc tính hình học của các đối tượng từ các hình ảnh chụp. Phép quang trắc được ra đời vào giữa thế kỉ XIX, có lịch sử lâu đời giống như thuật nghiệp ảnh hiện đại. Người dùng có thể sử dụng các loại máy ảnh kỹ thuật số để thu thập các hình ảnh xung quanh vật thể, sau đó tập hợp các hình ảnh này sẽ được xử lý bởi các phần mềm chuyên biệt tạo ra mô hình số 3D của vật thể được chụp trước đó. Hiện nay có 2 kỹ thuật thu thập hình ảnh đó là: Thu thập hình ảnh từ trên cao thông qua thiết bị bay không người lái (UAV), hoặc máy bay trực thăng (phép quan trắc bầu trời) (Hình 4) và thu thập hình ảnh từ khoảng cách gần (phép quan trắc cận cảnh) (Hình 5).



Hình 3. Mô hình point cloud của bê tông cốt thép (được thu thập bằng thiết bị 3D laser Leica RTC 360).

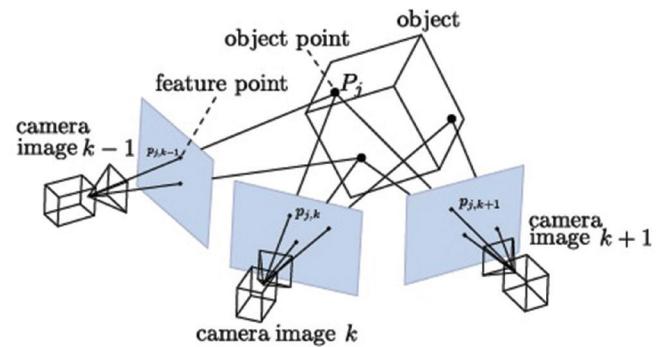
**Photographs**



Hình 4. Phép quang trắc bầu trời (SPAR 3D)

Phép quang trắc được áp dụng trong nhiều lĩnh vực như xây dựng, khảo cổ, khảo sát địa hình, khí tượng học, công nghệ sản xuất phim ảnh (các nhân vật có thể được mô phỏng hoàn toàn chân thật bằng công nghệ này, từ đó phục vụ cho công tác quay phim, dựng hậu kì).

Thuật toán tối thiểu hóa Levenberg-Marquardt được sử dụng phổ biến



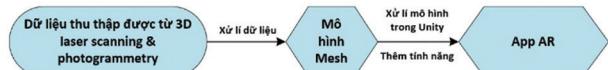
Hình 5. Phép quang trắc cận cảnh (hackaday)

trong phép quan trắc ảnh.

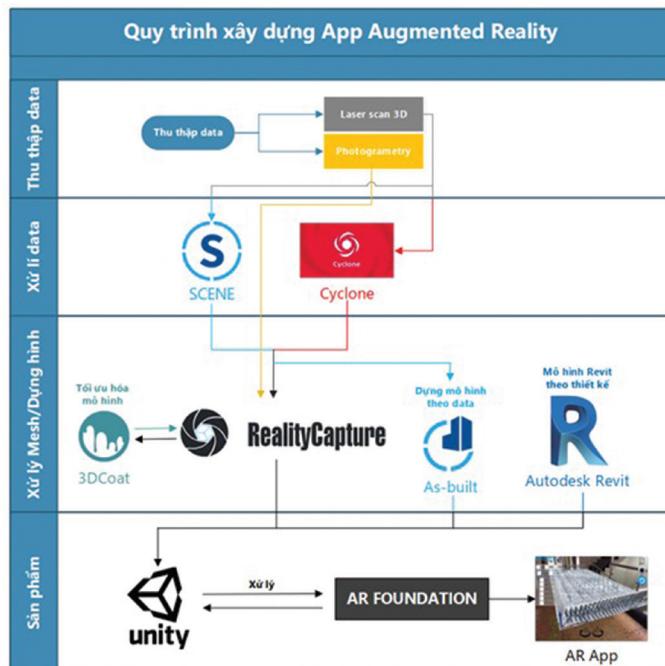
### 4. Phương thức tiến hành

Chu trình cơ bản để xây dựng một ứng dụng AR từ dữ liệu quét 3D laser kết hợp với Photogrammetry được đề xuất như Hình 6.

Mô hình số 3D được tạo ra sau quá trình xử lý bằng các phần mềm chuyên biệt thì cho ra một số lượng lưới (mesh), mắt lưới, tập hợp điểm rất lớn (với con số lên tới hàng triệu đến hàng chục triệu lưới). Trong khi đó, các ứng



Hình 6. Lưu đồ xây dựng ứng dụng AR từ dữ liệu Laser Scanning và Photogrammetry



Hình 7. Lưu đồ quy trình xây dựng ứng dụng AR

dụng AR được tạo ra, hầu hết được chạy bởi các thiết bị di động, có khả năng xử lý được giới hạn chỉ trong một khoảng nhất định. Qua thực nghiệm thì các thiết bị chỉ chạy ổn định khi số lượng lưới (mesh) trong mô hình là dưới 50.000; vì thế, việc tối ưu mô hình là hết sức quan trọng, nó là chìa khóa để xây dựng một ứng dụng AR (thực tế ảo tăng cường) thành công. Bài nghiên cứu có đề cập tới phương pháp xử lý vấn đề nêu trong hình 6 và các bước sử dụng phần mềm, quy trình chi tiết để xây dựng ứng dụng AR trong lưu đồ ở hình 7.

#### Ghi chú:

- Phần mềm nêu ra trong lưu đồ (Hình 7) được hỗ trợ bởi Công ty Cổ Phần Tư vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển – Portcoast.
- Dữ liệu Point Cloud sử dụng cho bài viết này được quét từ máy quét Laser Leica RTC360.

Qua đó, nhóm nghiên cứu đề xuất quá trình số hóa 3D một đối tượng thực được tiến hành như sau:

- Sử dụng máy quét 3D laser để quét đối tượng, giữ liệu quét sau đó được xử lý bằng phần mềm chuyên dụng (Scene, Cyclone). Kết quả thu được là các tập tin dữ liệu điểm đám mây chứa các thông số về tọa độ và màu sắc.
- Sử dụng máy ảnh với nhiều góc chụp và nhiều vị trí chụp khác nhau để thu thập toàn bộ hình ảnh của đối tượng thực. Các ảnh này, sau đó được đưa vào các phần mềm xử lý ảnh (Reality capture), kết quả thu được của quá trình này là một mô hình 3D số của đối tượng dưới dạng lưới các điểm tọa độ với màu sắc thực.
- Quá trình kết hợp dữ liệu giữa phép quan trắc ảnh và dữ liệu point cloud: dữ liệu point cloud sau khi xử lý được nhập trực tiếp vào mô hình 3D số có được từ phép quan trắc ảnh thông qua phần mềm Reality Capture. Các điểm Point cloud kết hợp với các điểm mắt lưới của mô hình 3D số từ Photogrammetry, sau đó tiếp tục được tối ưu và được tạo lưới lại một lần nữa. Kết quả thu được là mô hình số 3D của đối tượng thực với mật độ lưới phân tử dày đặc với mức độ chính xác về tọa độ và kích thước của các mắt lưới rất cao.

Tuy nhiên, với mật độ lưới dày đặc, mô hình này có dung lượng rất lớn, rất khó để hiển thị và thao tác trên các thiết bị điện tử cầm tay như (smart phone, tablet). Do đó, vấn đề tối ưu hóa dữ liệu số được đề ra và tiến hành. Lúc này, dữ liệu mô hình 3D số kết xuất từ phần mềm Reality capture sẽ được đưa vào phần mềm Unity và 3DCoat để tối ưu một lần nữa. Kết quả thu được là một mô hình có dung lượng nhẹ hơn rất nhiều mô hình ban đầu, có thể đưa lên các thiết bị điện tử di động, đồng thời vẫn giữ nguyên độ chính xác về kích thước, độ chi tiết của cấu kiện và chất lượng màu.

- Bên cạnh quá trình xử lí và tối ưu hóa mô hình số 3D như trên, nhóm nghiên cứu còn thực hiện xây dựng 02 mô hình: một là, mô hình As-built (dựng hình theo mô hình cấu kiện Pointcloud thu thập được) thông qua phần mềm As-built for Revit; hai là, mô hình Revit (là bản vẽ thiết kế kết cấu cơ sở).

- Cuối cùng, tất cả các mô hình số được xây dựng trong các bước trên đều được chuyển vào phần mềm Unity, thông qua nền tảng AR Foundation thì ứng dụng AR được tạo thành. Ứng dụng sau đó sẽ được cài đặt vào điện thoại thông minh (Iphone, Ipad, hoặc điện thoại hệ điều hành Android).

#### 5. Kết quả nghiên cứu

Dữ liệu Pointcloud “Tấm bê tông cốt thép” dùng trong nghiên cứu được cung cấp bởi công trường của công ty Portcoast (Hình 8). Tập hợp đám mây điểm 3D về tấm bê tông trên được thu lại bằng máy Leica RTC360 (Hình 9).

Sau khi thực hiện quy trình như đã nêu ở mục 4 (phương thức tiến hành). Nhóm nghiên cứu đã xây dựng được ứng dụng AR với giao diện (Hình 10). Khi phần mềm tự động dò được mặt phẳng ảo trong không gian, người dùng có thể định vị được tọa độ của mô hình AR bằng cách chạm vào bất kì điểm nào trên mặt phẳng ảo này. Mô hình AR được thực hiện bằng phương pháp Photogrammetry được thể hiện ở hình 11, 12 và 13 với những cấu kiện lần lượt là cốt thép, bê tông lớp ngoài và bê tông đã được đổ đầy đủ.

Mô hình As-Built được xây dựng từ Point Cloud, hiển thị (màu xanh lam) so sánh với mô hình 3D Laser Scanning đã qua xử lí bằng phần mềm Reality Capture (Hình 14).

Hình 15 thể hiện mô hình thép theo thiết kế, các lớp thép được hiển thị riêng bằng các màu sắc khác nhau. Mô hình AR này được sử dụng để nghiên cứu lắp đặt thép ngoài công trường.

Ứng dụng AR, mà nhóm nghiên cứu xây dựng ra có các tính năng như:



Hình 8. Thu thập dữ liệu ngoài công trường



Hình 9. Thiết bị quét Leica RTC 360 (Phục vụ cho việc thu thập dữ liệu PointCloud)

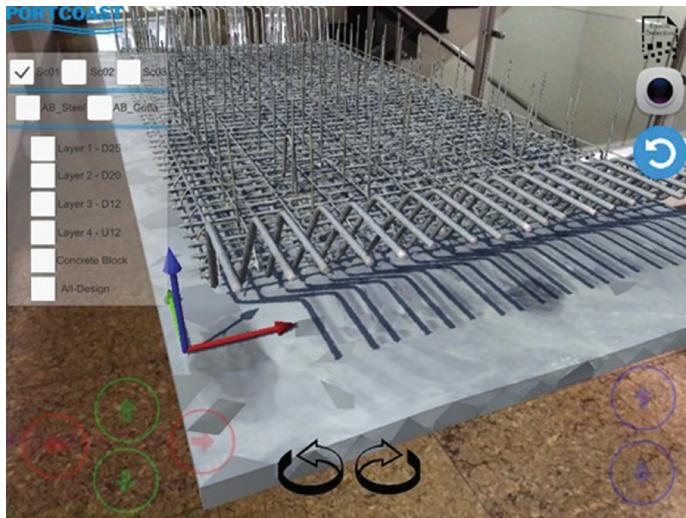


Hình 10. Giao diện của App trong quá trình trắc mặt phẳng

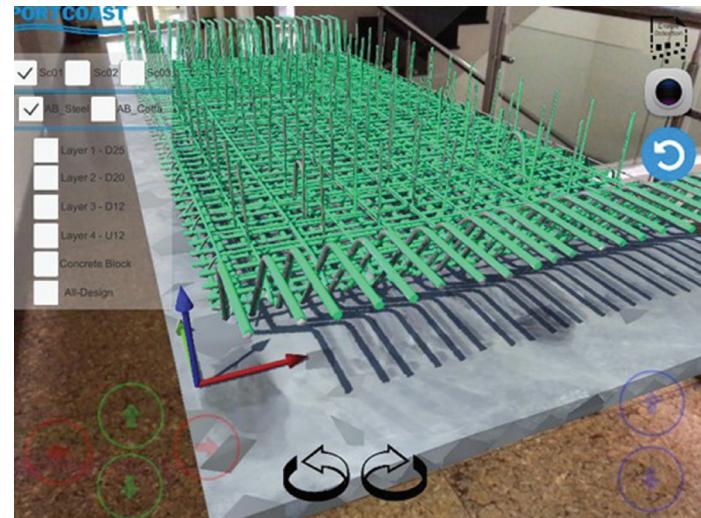
định vị và tinh chỉnh tọa độ vật thể 3D trong không gian thực, chụp màn hình, khởi động lại ứng dụng...

#### 6. Kết luận

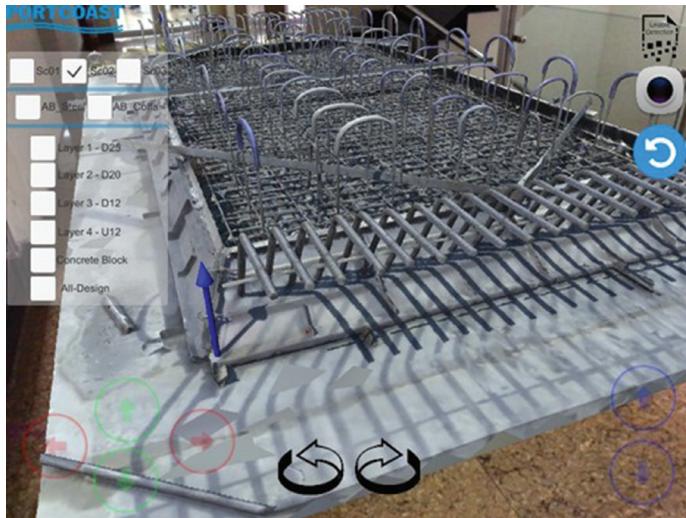
Qua nghiên cứu thì đã xử lí được vấn đề tối ưu hóa cho mô hình xuất từ công nghệ PointCloud và Photogrammetry (một trong những chia khóa để phát triển thành công ứng dụng AR). Áp dụng công nghệ AR vào xây dựng giúp gia tăng tính trực quan của cho các mô hình công trình, cấu



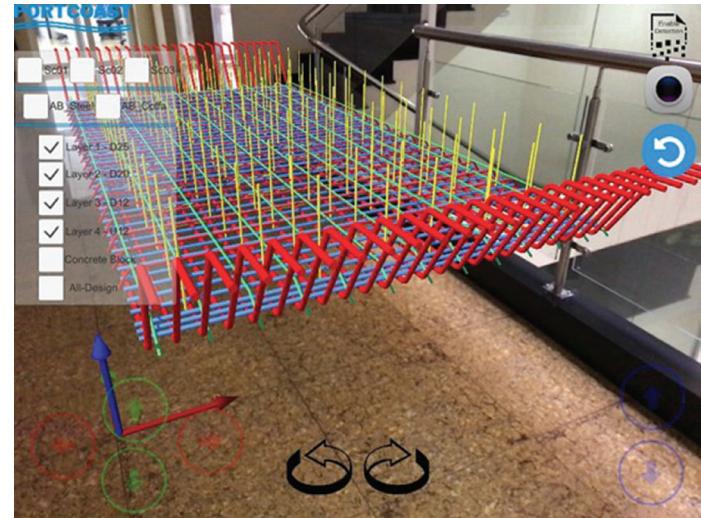
Hình 11. Mô hình AR của cốt thép theo phương pháp Photogrammetry



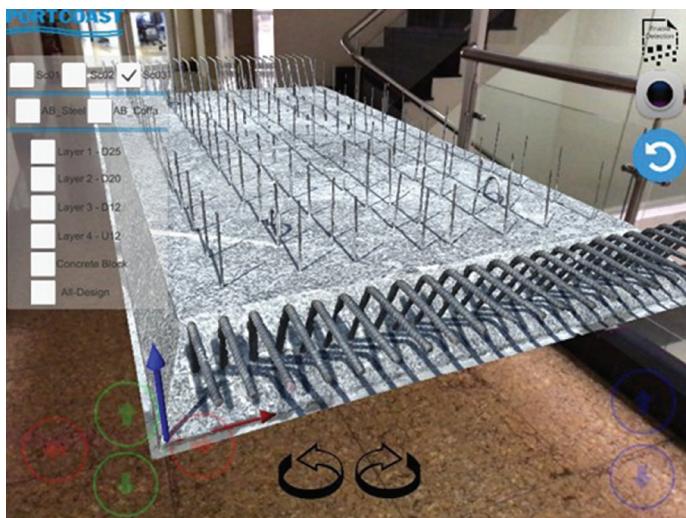
Hình 14. Mô hình AR của cốt thép Revit phối hợp cùng với mô hình Point cloud



Hình 12. Mô hình AR của lớp bê tông ngoài theo phương pháp Photogrammetry



Hình 15. Mô hình AR cốt thép Revit (theo bản vẽ thiết kế)



Hình 13. Mô hình AR hoàn chỉnh gồm cốt thép và lớp bê tông đầy đủ theo phương pháp Photogrammetry

kiện phức tạp. Tiết kiệm thời gian nghiệm thu cốt thép, giảm một phần thời gian thi công, giúp mang một công trình đã được số hóa 3D đến gần với hiện thực, đẩy mạnh sự phát triển cho ngành công nghiệp xây dựng hơn.

#### *Lời cảm ơn*

Nhóm thực hiện đề tài gửi lời cảm ơn đến TS. Nguyễn Anh Thư, TS. Đỗ Tiến Sỹ, TS. Hoàng Hiệp, Trung tâm PortCoast BIMLab, Công ty Cổ phần Tư vấn Thiết kế Cảng – Kỹ thuật biển (PortCoast) vì sự hỗ trợ và hướng dẫn trong quá trình nghiên cứu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguồn tư liệu hình ảnh và thông tin thiết bị được cung cấp bởi Portcoast Consultant Corporation.
2. Shang, Z., Shen, Z. (2018). "Real-Time 3D Reconstruction on Construction Site Using Visual SLAM and UAV", Construction research congress 2018, 305–314.
3. Perez, Y., Fard, M., Rayed, K., "Automatic 3D Modeling of Structural and Mechanical Components from Point Clouds" Construction research congress 2018, 501–511.
4. FARO, "User Manual for As-Built for Autodesk Revit". PDF file.
5. Ratajczak, J., Marcher, C., Schimanski, C., Alice, S., Riedl, M. "BIM-Based Augmented Reality Tool For The Monitoring Of Construction Performance And Progress", 2019 European Conference on Computing in Construction, 467—476.
6. Meiqing, F., Liu, R., "The Application of Virtual Reality and Augmented Reality in Dealing with Project Schedule Risks", Construction research congress 20.