

# **ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ 3D LASER SCAN TRONG VIỆC ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG CÁC BỒN CHỨA XĂNG DẦU**

## **APPLICATION OF 3D LASER SCAN TECHNOLOGY IN THE ASSESSMENT OF THE CURRENT CONDITION OF OIL TANKS**

**TS. TRẦN NGỌC ĐÔNG, ThS. NGUYỄN XUÂN LONG, ThS. NGUYỄN HOÀI NAM**

Viện KHCN Xây dựng

Email: [tndongibst@gmail.com](mailto:tndongibst@gmail.com)

*Tóm tắt: Bồn chứa xăng dầu là loại bồn có kết cấu bằng kim loại và thường có dạng hình trụ đứng. Trong quá trình thi công cũng như trong quá trình sử dụng, bồn có thể bị nghiêng, lún, vỏ bồn bị lõm, méo... có thể cản trở hoạt động đối với mái nổi của bồn hoặc phá vỡ kết cấu của bồn dẫn tới làm hỏng bồn. Do đó, bồn chứa xăng dầu cần được quan trắc và đánh giá hiện trạng thường xuyên để cảnh báo sớm các rủi ro có thể xảy ra. Bài báo này trình bày giải pháp đánh giá hiện trạng bồn chứa xăng dầu bằng công nghệ 3D laser scan. Kết quả thực nghiệm đối với một bồn chứa dầu ở thực tế sản xuất cho thấy công nghệ 3D laser scan không những cho biết độ nghiêng và hướng nghiêng tổng thể của bồn mà còn cho phép theo dõi toàn bộ vỏ bồn về sự biến dạng một cách chi tiết và trực quan.*

*Từ khóa: 3D Laser Scan, bồn chứa dầu xăng dầu.*

*Abstract: Oil tank is a type of tank with a metal structure and usually has a cylindrical shape. During construction as well as operation, tanks may be tilted or subsided, the tank shells can be concave, convex and distorted, etc. which may prevent the operation of the tank floating roof or damage the tank structure. Therefore, oil storage tanks need to be regularly monitored and assessed to provide early warning of possible risks. This article presents a solution to monitor the tilt and evaluate the current condition of oil tanks using 3D laser scan technology. Experimental results for an oil tank in actual production show that 3D laser scan could not only provide data of tilt value and major tilt direction but also allow to monitor entirely tank shell deformation in a detailed and visual way.*

*Keywords: 3D Laser Scan, oil tank.*

### **1. Đặt vấn đề**

Hiện nay ở Việt Nam có nhiều tổ hợp nhà máy lọc hóa dầu như: Dung Quất, Nghi Sơn, Long Sơn,

cùng với đó là nhiều kho bồn chứa dầu có quy định rất cao về độ an toàn. Khi đo vẽ hoàn công hoặc kiểm tra độ nghiêng của các bồn chứa xăng dầu hình trụ đứng thường đặt ra bài toán xác định tham số hình học (tọa độ tâm, bán kính), độ lồi, lõm, méo (nếu có) của vỏ bồn. Do đặc điểm kết cấu kín của bồn chứa dầu hình trụ đứng nên đa số các trường hợp không có điều kiện tiếp cận hoặc thông hướng ngắm đến tâm bồn. Khi đó giải pháp truyền thống hay áp dụng là phương pháp đo tọa độ bên ngoài [4, 7] tại các điểm đơn lẻ trên thân bồn để tính toán xác định gián tiếp tọa độ tâm, bán kính của bồn. Nhược điểm của phương pháp truyền thống là thực hiện đo tọa độ đến các điểm đơn lẻ bố trí trên các vòng đồng cao nên rất khó khăn trong việc xác định độ lồi, lõm của vỏ bồn. Trong khi đó công nghệ 3D laser scan cho phép thu thập dữ liệu hoàn chỉnh và chi tiết 3 chiều (3D) của các đối tượng một cách nhanh chóng. Kết quả quét laser sẽ cho các đám mây điểm và từ đó xây dựng được mô hình 3D, có thể truy cập nhiều dữ liệu qua các file bản vẽ và hình ảnh trực quan. Do đó, nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất vào xác định độ nghiêng bồn chứa xăng dầu cũng như khảo sát để phân tích toàn diện bồn chứa xăng dầu là rất cần thiết, nhằm đáp ứng yêu cầu về tính cấp thiết của số liệu, độ chính xác cũng như áp dụng mạnh mẽ đưa công nghệ 4.0 vào khai thác nhằm tiết kiệm về thời gian, nhân công và nâng cao độ tin cậy của dữ liệu thu thập được.

### **2. Phương pháp truyền thống xác định độ nghiêng bồn chứa xăng dầu**

Phương pháp truyền thống thường được sử dụng để xác định độ nghiêng của các bồn chứa xăng dầu là phương pháp đo tọa độ bên ngoài bằng các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo laser. Nội dung của phương pháp được thực hiện như sau [4, 7]:

- a) Trên mặt đất xây dựng một mạng lưới khống chế bao quanh bồn dầu (hình 1 - A, B, C, D, K là các điểm khống chế), số lượng điểm khống chế được xây dựng phải đủ để đo ngắm đến các điểm đánh dấu cố định trên thân bồn. Tọa độ và độ cao của các điểm khống chế được xác định trong hệ tọa độ, độ cao thi công công trình hoặc một hệ giả định.
- b) Đánh dấu (hoặc gắn mốc quan trắc) tại vòng đo ở sát chân bồn (các điểm đo phân bố đều trên chu vi của bồn), số điểm đo tối thiểu là 04 điểm để xác định tọa độ tâm và bán kính tại vòng đo theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất.
- c) Lần lượt đặt máy toàn đạc điện tử tại các điểm khống chế, nhập tọa độ và độ cao của điểm đặt máy, định hướng máy theo tọa độ của một điểm khống chế khác.
- d) Khởi động chế độ xác định tọa độ không gian 3 chiều và ngắm máy vào điểm đo ở vòng sát chân



Hình 1. Bồn chứa dầu hình trụ đứng

### 3. Ứng dụng công nghệ 3D laser scan xác định độ nghiêng và đánh giá hiện trạng bồn chứa xăng dầu

#### 3.1 Giới thiệu chung và nguyên lý hoạt động của máy Scan 3D

Laser Scanner mặt đất (Terrestrial Laser scanner) là dạng công nghệ thu thập dữ liệu tự động, với kết cấu gồm 2 motor quay theo chiều ngang và chiều dọc, giúp sensor của máy thu được tín hiệu từ tất cả các hướng của các đối tượng trong không gian. Nguyên lý hoạt động của máy quét 3D mặt đất là sử dụng tín hiệu Laser để đo khoảng cách từ máy quét đến đối tượng, tại thời điểm máy

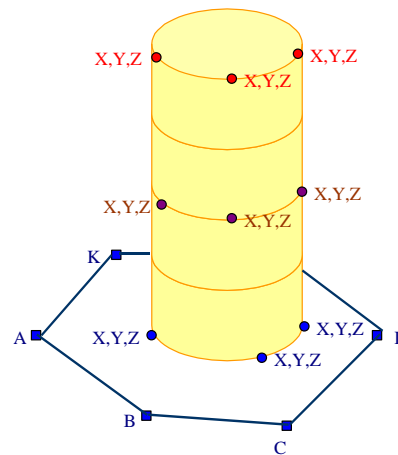
bồn theo các vị trí đã được đánh dấu, xác định tọa độ  $x^{(1)}_A, y^{(1)}_A, H^{(1)}_A$ .

e) Đưa ống kính lên cao dần và đo tọa độ cho đến khi  $H^{(2)}_A = H^{(1)}_A + \Delta h$  trong đó  $\Delta h = 5m, 10m$  hoặc lớn hơn tùy theo yêu cầu của cơ quan thiết kế, đo các giá trị  $x^{(2)}_A, y^{(2)}_A, H^{(2)}_A$  và lần lượt làm như vậy cho đến hết chiều cao của bồn.

f) Chuyển máy sang điểm đường chuyền tiếp theo và lặp lại các thao tác như bước c, d và e như tại điểm A.

g) Dựa vào tọa độ các điểm được đo trên từng vòng, áp dụng thuật toán tính toán nêu trong [4, 7], xác định ra tọa độ tâm  $x^{(i)}_C, y^{(i)}_C$  và bán kính Ri của vòng đó.

h) So sánh tọa độ  $x^{(i)}_C, y^{(i)}_C$  của từng vòng thứ i so với vòng gốc ở sát mặt đất sẽ xác định được độ nghiêng của công trình tại độ cao tương ứng với vòng đo thứ i.



Hình 2. Xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo tọa độ từ bên ngoài

bắn một tia (hoặc chùm tia) đến đối tượng và nhận tín hiệu phản hồi, đồng thời máy sẽ đo góc bằng và góc đứng. Từ đó, theo nguyên lý tọa độ cực, máy sẽ xác định được tọa độ X, Y, Z của các điểm trong không gian.

Trong máy 3D Scanner khoảng cách từ máy đo đến đối tượng được xác định theo nguyên lý đo xung (TOF – Time of Flight) hoặc đo pha (Phase Shift). Thời gian thực hiện scan mỗi trạm máy từ: 5-10 phút (hoặc có thể lâu hơn tùy vào độ phân giải được lựa chọn). Lựa chọn độ phân giải càng cao, thời gian scan sẽ lâu hơn, mật độ điểm của dữ liệu thu thập sẽ cao hơn và chi tiết hơn.

### 3.2 Quy trình đo và xử lý số liệu

Do bồn chứa xăng dầu có kết cấu hình trụ, tại một vị trí đặt máy không thể quét hết toàn bộ thân bồn, nên trong phương pháp này cũng cần xây dựng các điểm khống chế như phương pháp đo tọa độ bên ngoài bằng máy toàn đạc điện tử. Sau đó sử dụng máy quét theo các trạm máy đã định sẵn tiến hành quét toàn bộ bề mặt bồn. Số lượng trạm máy quét tùy thuộc vào yêu cầu như độ chính xác, mức độ chi tiết của đối tượng đo, thể hiện được đầy đủ đối tượng đo. Yếu tố quan trọng nhất cần xem xét khi xác định số lượng trạm máy quét là các vùng chồng phủ lên nhau giữa các trạm quét. Mỗi khu vực quét phải chồng phủ với một hoặc nhiều khu vực quét khác để đảm bảo kết quả quét đạt chất lượng tốt.

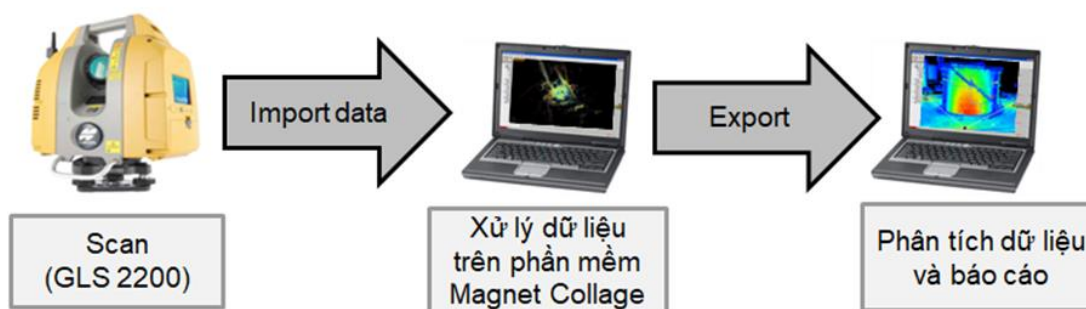
Khoảng cách từ máy quét tới đối tượng quét: Yếu tố chính khi xác định khoảng cách từ máy quét đến đối tượng quét là khoảng cách các điểm trong đám mây điểm. Việc tăng độ phân giải quét sẽ làm tăng mật độ điểm, cho phép đặt máy quét xa hơn và tăng thời gian quét. Việc giảm độ phân giải quét sẽ làm giảm mật độ điểm tức khoảng cách giữa các

điểm sẽ tăng lên, yêu cầu đặt máy quét gần đối tượng và giảm thời gian quét.

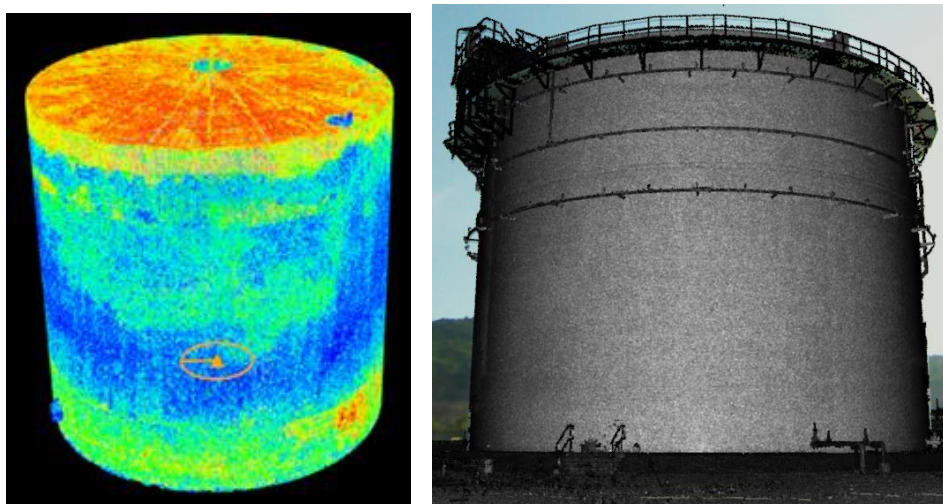
Hướng ngắm từ máy quét tới đối tượng quét: Đây là yếu tố quan trọng trong thu thập dữ liệu quét. Cần phải quét nhiều lần để có thể “loại bỏ” vật cản giữa máy quét và đối tượng quét.

Góc từ máy quét đến đối tượng quét: Chọn vị trí máy quét đảm bảo rằng hai hoặc nhiều lần quét chồng phủ nhau. Chọn các góc thích hợp có thể giảm số lần quét yêu cầu. Đặt máy quét ở các góc so với đối tượng quét sẽ cung cấp đường ngắm tốt nhất để nắm bắt các chi tiết cần thiết và đảm bảo rằng bản quét có các vùng chồng phủ.

Toàn bộ dữ liệu thu được từ quá trình quét được xử lý bằng các phần mềm chuyên dụng (Magnet Collage, Trimble Realworks,...) cài đặt trên máy tính để phân tích, đánh giá độ nghiêng của bồn. Hình 3 đến hình 10 là một số hình ảnh thể hiện kết quả xử lý dữ liệu quét 3D bằng phần mềm chuyên dụng.



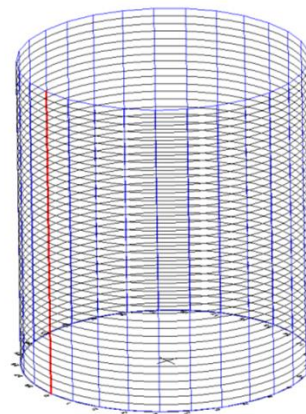
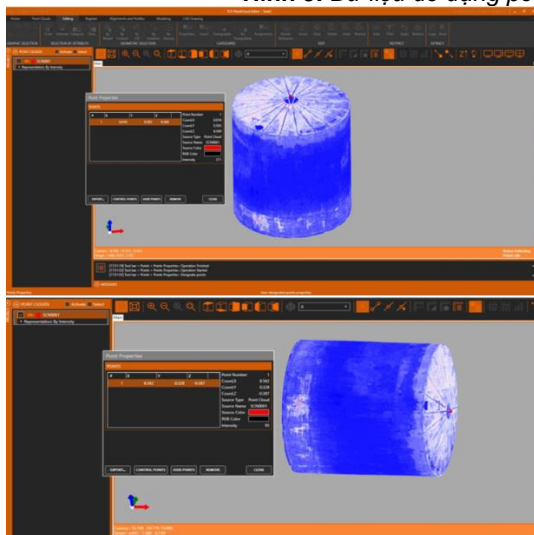
Hình 3. Xử lý dữ liệu đo bằng phần mềm Magnet Collage



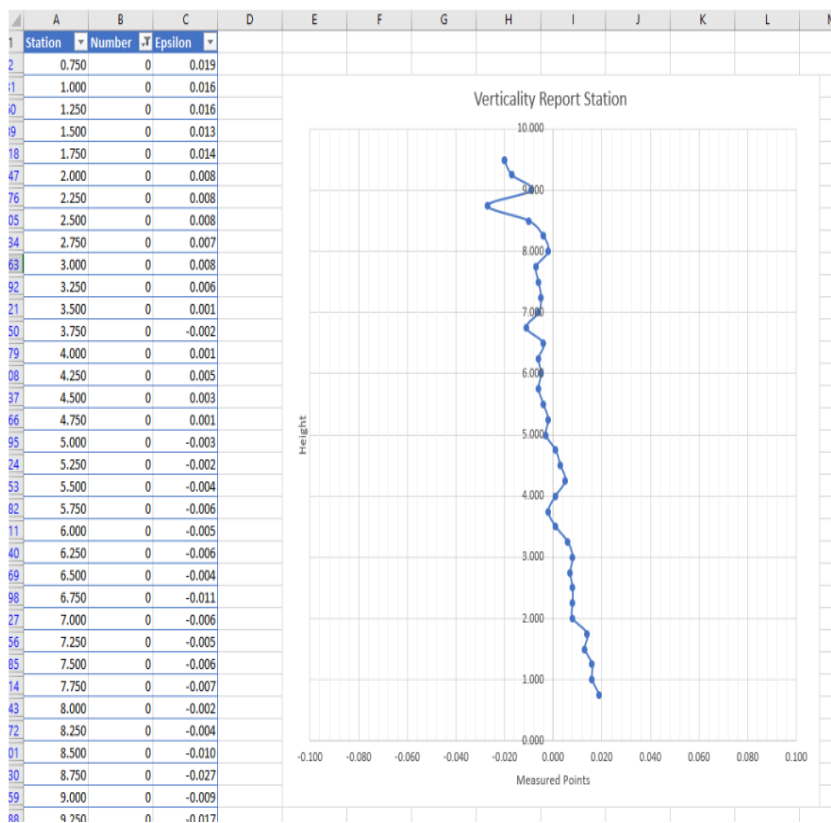
Hình 4. Point Cloud data



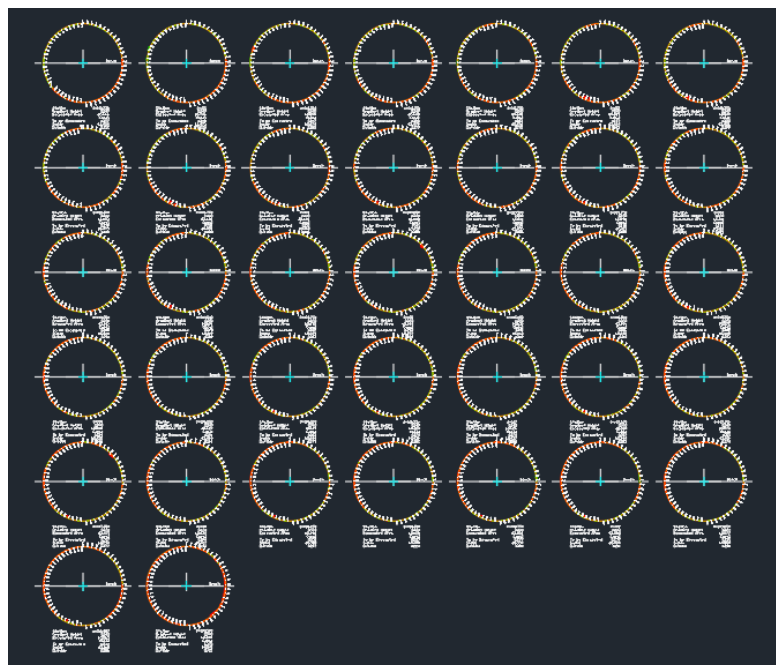
Hình 5. Dữ liệu đo dạng point cloud sau khi xử lý



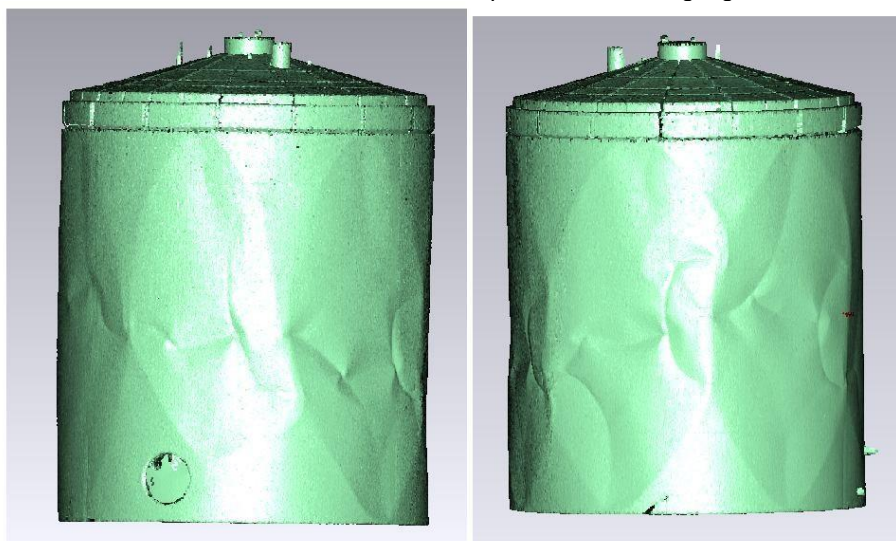
Hình 6. Dữ liệu đo xử lý trên phần mềm chuyên dụng



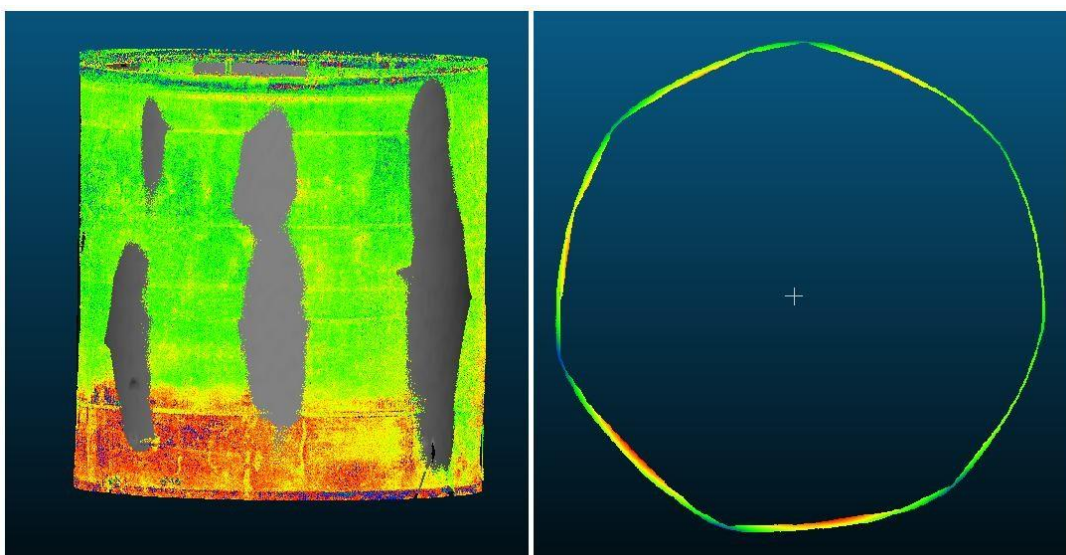
Hình 7. Phân tích số liệu và xuất kết quả theo phương dọc thân bồn



Hình 8. Phân tích số liệu và xuất kết quả theo mặt cắt ngang của bồn



Hình 9. Hình ảnh bồn từ dữ liệu quét laser mặt đất



Hình 10. Kết quả phân tích xác định bề mặt hư hỏng của bồn

# ĐỊA KỸ THUẬT - TRẮC ĐỊA

Phần mềm chuyên dụng có tính năng phân tích dữ liệu, tạo mặt cắt từ dữ liệu đo và dữ liệu thiết kế và dữ liệu các chu kỳ đo để đưa ra các đánh giá và xuất báo cáo kết quả.

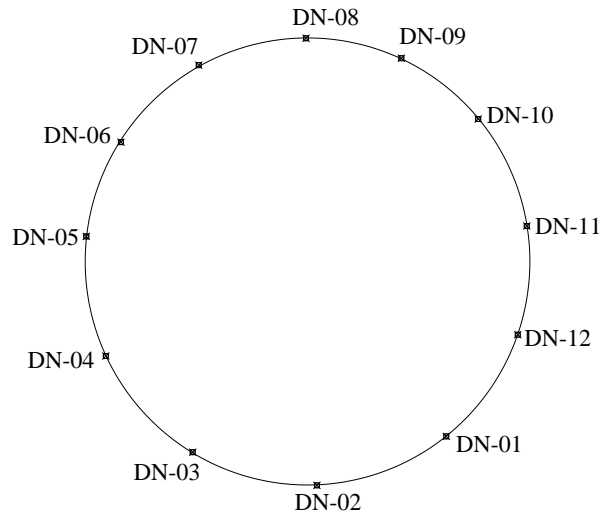
## 4. Thực nghiệm

Trong phần thực nghiệm này, chúng tôi trình bày kết quả đo đạc hiện trạng bề mặt bồn và độ nghiêng đối với một bồn chứa dầu thô (như hình 1) của một nhà máy lọc dầu tại Việt Nam bằng phương pháp truyền thống và phương pháp 3D laser scan để đánh giá ưu nhược điểm của hai phương pháp. Bồn có chiều cao khoảng 23m và đường kính bồn khoảng 89m, quá trình đo đạc thực nghiệm được tiến hành vào ngày 25/6/2020.

### 4.1 Thực nghiệm quan trắc độ nghiêng theo phương pháp đo tọa độ bên ngoài

Thực nghiệm được tiến hành với 03 vòng đo ở các độ cao 0.20m, 10.20m và 19.70m. Mỗi vòng đo 12 điểm đo phân bố đều trên thân bồn (điểm đo

được bố trí như hình 3), thiết bị sử dụng là máy toàn đạc điện tử TCR 1201<sup>+</sup>. Tọa độ tại các điểm đo ở mỗi vòng đo được thể hiện trong bảng 1. Bảng 2 là kết quả đánh giá độ nghiêng ở tâm bồn (giá trị độ nghiêng giới hạn theo thiết kế là H/200) [3].



Hình 11. Vị trí các điểm đo trên thân bồn

Bảng 1. Tọa độ các điểm đo theo phương pháp đo tọa độ bên ngoài

Tên điểm đo	Tọa độ vòng 1		Tọa độ vòng 2		Tọa độ vòng 3	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
	Độ cao vòng đo H=0.20m		Độ cao vòng đo H=10.20m		Độ cao vòng đo H=19.70m	
DN-01	9780.152	12336.740	9780.136	12336.768	9780.133	12336.774
DN-02	9770.447	12310.868	9770.406	12310.875	9770.377	12310.880
DN-03	9776.896	12285.873	9776.948	12285.949	9776.988	12286.015
DN-04	9796.155	12268.636	9796.131	12268.622	9796.126	12268.620
DN-05	9819.942	12264.726	9819.944	12264.717	9819.944	12264.721
DN-06	9838.910	12271.444	9838.812	12271.545	9838.711	12271.652
DN-07	9853.929	12287.475	9853.990	12287.338	9854.048	12287.210
DN-08	9859.487	12308.683	9859.460	12308.687	9859.398	12308.695
DN-09	9855.364	12327.738	9855.405	12327.766	9855.422	12327.779
DN-10	9843.397	12343.264	9843.371	12343.227	9843.324	12343.165
DN-11	9822.028	12352.958	9822.022	12352.925	9822.015	12352.879
DN-12	9800.379	12351.067	9800.378	12351.070	9800.372	12351.078

Bảng 2. Kết quả đánh giá độ nghiêng tại tâm của bồn

STT	Vòng đo	Độ cao của vòng đo (m)	Tọa độ tâm của vòng đo		Bán kính vòng đo R(m)	Độ nghiêng tại tâm bồn (m)			Độ nghiêng giới hạn (m) H/200 e <sub>gh</sub>	Đánh giá
			X(m)	Y(m)		Theo trục X e(x)	Theo trục Y e(y)	Tổng hợp e		
1	Vòng 1	0.20	9814.958	12308.990	44.532	0.000	0.000	0.000	0.000	
2	Vòng 2	10.20	9814.961	12308.998	44.528	0.003	0.008	0.009	0.050	Đạt
3	Vòng 3	19.70	9814.953	12309.002	44.510	-0.005	0.012	0.013	0.098	Đạt

Từ kết quả thực nghiệm có thể nhận thấy rằng, phương pháp đo tọa độ bên ngoài để xác định độ nghiêng của bồn dầu là dễ thực hiện, tính toán đơn giản. Độ chính xác xác định tâm bồn phụ thuộc vào số điểm đo tọa độ trên từng vòng và phụ thuộc vào phân bố các điểm đo trên vòng tròn [3, 7]. Đối với các bồn dầu có đường kính lớn, bề mặt lồi, lõm nhiều thì cần phải tăng nhiều số điểm đo dẫn tới tốn nhiều nhân công, đôi khi lại không thể hiện hết

được độ lồi, lõm của vỏ bồn. Do đó, phương pháp này phù hợp xác định độ nghiêng của tâm bồn.

### 4.2 Thực nghiệm ứng dụng 3D laser scan

Quá trình thực nghiệm được thực hiện bằng máy Trimble SX10 (Scanning total station), các tính năng kỹ thuật cơ bản của máy Trimble SX10 được thể hiện trong bảng 3.

**Bảng 3. Tính năng kỹ thuật cơ bản của máy Trimble SX10 [11]**

ĐO GÓC		
	Độ chính xác đo góc	1" (0.3 mgon)
	Hiện thị góc (nhỏ nhất)	0.1" (0.01 mgon)
ĐO KHOẢNG CÁCH		
	Độ chính xác	
Có gương	Tiêu chuẩn	1 mm + 1.5 ppm
	Đo liên tục	2 mm + 1.5 ppm
Không gương	Tiêu chuẩn	2 mm + 1.5 ppm
Phạm vi đo		
Có gương	Gương đơn	1 m – 5,500 m
Không gương	Thẻ Kodak White	1 m – 800 m
	Thẻ Kodak Grey	1 m – 450 m
THÔNG SỐ KỸ THUẬT QUÉT CHUNG		
	Nguyên tắc quét	Quét dải với lăng kính xoay trong ống kính
	Tốc độ quét	26.6 kHz
	Khoảng cách giữa các điểm	6.25 mm, 12.5 mm, 25 mm or 50 mm @ 50 m
	Trường quan sát	360° x 300°
	Quét thô	Thời gian quét: 12 phút
	Full - 360° x 300° (góc ngang x góc đứng)	
	Mật độ: 1 mrad, 50 mm spacing @ 50 m	
	Quét tiêu chuẩn	Thời gian quét: 6 phút
	Phạm vi quét - 90° x 45° (góc ngang x góc đứng)	
	Mật độ: 0.5 mrad, 25 mm spacing @ 50 m	
NGŨƠNG ĐO		
	Nguyên tắc	Sử dụng công nghệ Trimble Lightning
	Khoảng cách	
	Thẻ Kodak White	0.9 m – 600 m
	Thẻ Kodak Gray	0.9 m – 350 m
	Sai số khoảng cách	
	@ 50 m với hệ số phản xạ 18–90%	1.5 mm
	@ 120 m với hệ số phản xạ 18–90%	1.5 mm
	@ 200m với hệ số phản xạ 18–90%	1.5mm
	@ 300m với hệ số phản xạ 18–90%	2.5mm
	Độ chính xác quét	
	Độ chính xác góc quét	5" (1.5mgon)
	Độ chính xác vị trí điểm 3D của 100m	2.5mm

Ngoài các tính năng kỹ thuật cơ bản như ở bảng 3, máy Trimble SX10 còn tích hợp camera để chụp ảnh, cho phép chụp ảnh tại chỗ khi quét. Có thể nhận thấy rằng máy Trimble SX10 là máy toàn đạc điện tử có kết hợp quét 3D Scan. Do đó, có thể áp dụng máy này vào quét 3D scan cho các đối tượng là các bồn chứa xăng dầu hoặc các công trình có dạng hình trụ khác như silo chứa vật liệu rời (silo xi măng, silo chứa nguyên liệu thức ăn gia súc),...

Dữ liệu thu được từ quá trình quét được xử lý bằng phần mềm Trimble Realworks. Kết quả xử lý bằng phần mềm Trimble Realworks cho phép phân tích tổng thể bồn. Tuy nhiên trong phần thực nghiệm này chỉ thể hiện một số dữ liệu kết quả sau khi xử lý bằng phần mềm Trimble Realworks đó là: thông tin chung của bồn (bảng 4), độ nghiêng tại vị trí đo ở vỏ bồn dọc theo thân bồn với các mức đánh giá phân tích theo mỗi hàn trên vỏ bồn (bảng 5) và

phân tích sự thay đổi bán kính ở một vòng đồng cao (bảng 6).

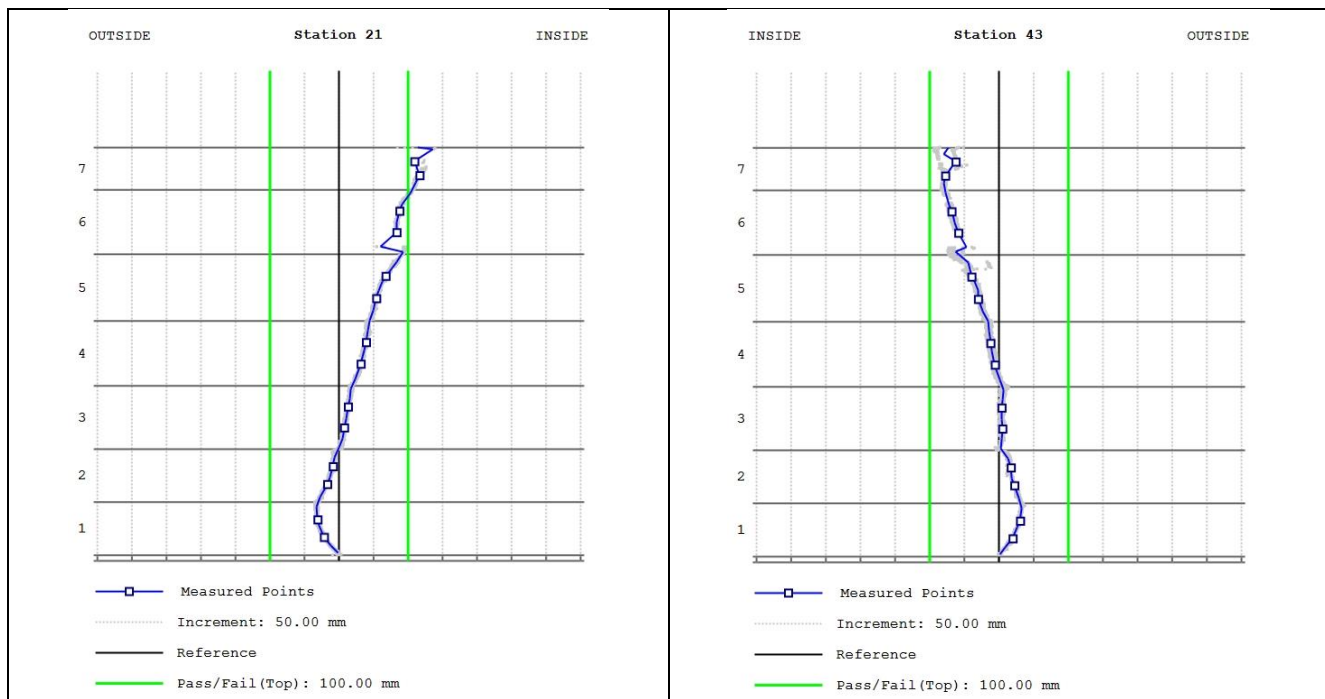
**Bảng 4. Thông tin chung của bồn**

STT	Thông số của bồn	Giá trị
1	Đường kính bồn ước tính	89068 mm
2	Chu vi bồn ước tính	279817 mm
3	Góc nghiêng của bồn	0.03 °
4	Hướng nghiêng của bồn tính từ trạm tham chiếu	335.14 °
5	Chiều cao của bồn	22581 mm
6	Số điểm đo (số điểm phân tích trên thân bồn)	44
7	Định hướng các điểm đo	Ngược chiều kim đồng hồ
8	Dung sai cho phép theo chiều dọc (chiều đứng)	100 mm
9	Dung sai cho phép về độ tròn của bồn	31 mm

Từ kết quả ở bảng 4 nhận thấy khi xử lý số liệu bằng phần mềm Trimble Realworks sẽ cho chúng ta biết các tham số đặc trưng của bồn như: đường kính, chu vi, góc nghiêng, hướng nghiêng, chiều cao của bồn và các thông số khác do người dùng cài đặt (số điểm đo trên 1 vòng đo, dung sai cho phép theo chiều đứng, dung sai cho phép về độ tròn của bồn) để phân tích đánh giá các tham số về độ

nghiêng, độ lệch bán kính trên các vòng đồng cao dọc theo thân bồn.

Hình 12 là hình ảnh đồ thị thể hiện độ nghiêng tại vị trí đo ở vỏ bồn dọc theo thân bồn tại vị trí đo số 21 và số 43. Bảng 4 là trích xuất đánh giá vị trí đo số 39 theo phương đứng với các mức đánh giá phân tích theo mỗi hàn trên vỏ bồn, dung sai cho phép theo chiều đứng trong trường hợp này được lấy bằng 100 mm.



**Hình 12. Đồ thị thể hiện độ nghiêng tại vị trí đo số 21 và số 43 ở vỏ bồn dọc theo thân bồn**

**Bảng 5. Đánh giá vị trí đo số 21 theo phương đứng**

Điểm đo theo chiều đứng	Vị trí đánh giá		Dung sai cho phép (mm)	Độ lệch (mm)	Đánh giá so với dung sai cho phép
	Tính theo mỗi hàn	Độ cao (m)			
7	Mỗi hàn 7 +2/3	20.56	± 100.00	-109.80	Lớn hơn
7	Mỗi hàn 7 +1/3	19.89	± 100.00	-117.40	Lớn hơn
6	Mỗi hàn 6 +2/3	18.25	± 100.00	-88.23	Nhỏ hơn
6	Mỗi hàn 6 +1/3	17.28	± 100.00	-84.08	Nhỏ hơn
5	Mỗi hàn 5 +2/3	15.29	± 100.00	-68.20	Nhỏ hơn
5	Mỗi hàn 5 +1/3	14.28	± 100.00	-54.55	Nhỏ hơn
4	Mỗi hàn 4 +2/3	12.26	± 100.00	-39.76	Nhỏ hơn
4	Mỗi hàn 4 +1/3	11.25	± 100.00	-32.13	Nhỏ hơn
3	Mỗi hàn 3 +2/3	9.26	± 100.00	-13.71	Nhỏ hơn



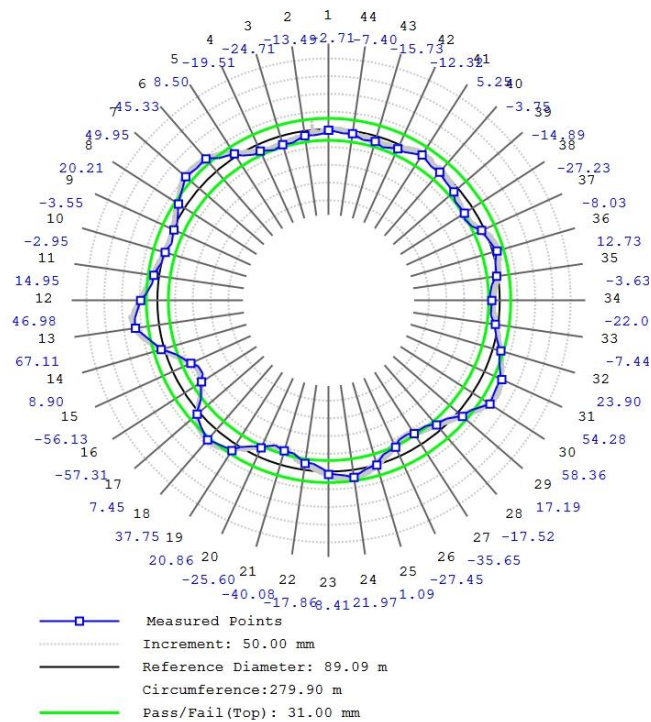
## ĐỊA KỸ THUẬT - TRẮC ĐỊA

Điểm đo theo chiều đứng	Vị trí đánh giá		Dung sai cho phép (mm)	Độ lệch (mm)	Đánh giá so với dung sai cho phép
	Tính theo mỗi hàn	Độ cao (m)			
3	Mỗi hàn 3 +1/3	8.27	± 100.00	-8.11	Nhỏ hơn
2	Mỗi hàn 2 +2/3	6.47	± 100.00	8.28	Nhỏ hơn
2	Mỗi hàn 2 +1/3	5.67	± 100.00	16.36	Nhỏ hơn
1	Mỗi hàn 1 +2/3	4.05	± 100.00	30.49	Nhỏ hơn
1	Mỗi hàn 1 +1/3	3.24	± 100.00	21.07	Nhỏ hơn

Trên bảng 5, giá trị độ lệch mang dấu (+) là nghiêng theo hướng từ ngoài vào tâm bồn và ngược lại nếu giá trị này mang dấu (-) là nghiêng theo hướng từ tâm ra ngoài.

Hình 13 là hình ảnh thể hiện giá trị độ lệch bán kính tại một vòng đồng cao trên thân bồn. Bảng 6 là

đánh giá chi tiết trên một mặt cắt có độ cao bằng 9.26m (vị trí mỗi hàn 3 +2/3), mặt cắt này được chia đều thành 44 điểm để tiến hành phân tích, đánh giá sự thay đổi bán kính của bồn. Độ lệch cho phép về độ lồi, lõm của vỏ bồn hay độ lệch cho phép theo bán kính trong trường hợp này được lấy bằng 31 mm.



**Hình 13.** Giá trị độ lệch bán kính ở vòng đồng cao 9.26m (tại vị trí mỗi hàn 3 +2/3)

**Bảng 6.** Đánh giá chi tiết trên một mặt cắt có độ cao bằng 9.26m (vị trí mỗi hàn 3 +2/3)

Điểm đo	Độ lệch bán kính (mm)	Đánh giá (độ lệch giới hạn là ±31mm)	Điểm đo	Độ lệch bán kính (mm)	Đánh giá (độ lệch giới hạn là ±31mm)	Điểm đo	Độ lệch bán kính (mm)	Đánh giá (độ lệch giới hạn là ±31mm)
1	-2.71	Nhỏ hơn	16	-57.31	Lớn hơn	31	54.28	Lớn hơn
2	-13.49	Nhỏ hơn	17	7.45	Nhỏ hơn	32	23.90	Nhỏ hơn
3	-24.71	Nhỏ hơn	18	37.75	Lớn hơn	33	-7.44	Nhỏ hơn
4	-19.51	Nhỏ hơn	19	20.86	Nhỏ hơn	34	-22.09	Nhỏ hơn
5	8.50	Nhỏ hơn	20	-25.60	Nhỏ hơn	35	-3.63	Nhỏ hơn
6	45.33	Lớn hơn	21	-40.08	Lớn hơn	36	12.73	Nhỏ hơn
7	49.95	Lớn hơn	22	-17.86	Nhỏ hơn	37	-8.03	Nhỏ hơn
8	20.21	Nhỏ hơn	23	8.41	Nhỏ hơn	38	-27.23	Nhỏ hơn
9	-3.55	Nhỏ hơn	24	21.97	Nhỏ hơn	39	-14.89	Nhỏ hơn
10	-2.95	Nhỏ hơn	25	1.09	Nhỏ hơn	40	-3.75	Nhỏ hơn
11	14.95	Nhỏ hơn	26	-27.45	Nhỏ hơn	41	5.25	Nhỏ hơn
12	46.98	Lớn hơn	27	-35.65	Lớn hơn	42	-12.32	Nhỏ hơn
13	67.11	Lớn hơn	28	-17.52	Nhỏ hơn	43	-15.73	Nhỏ hơn
14	8.90	Nhỏ hơn	29	17.19	Nhỏ hơn	44	-7.40	Nhỏ hơn
15	-56.13	Lớn hơn	30	58.36	Lớn hơn			

Từ bảng 6 nhận thấy, khi phân tích bán kính các điểm trên một vòng có cùng độ cao sẽ được giá trị độ lệch bán kính tại các điểm đo và xác định được độ lồi, lõm của vỏ bồn. So sánh giá trị độ lệch này với giá trị độ lệch cho phép để xem độ lồi, lõm của vỏ bồn có đạt yêu cầu hay không, từ đó đánh giá được hiện trạng của bồn để có biện pháp chỉnh sửa cũng như sửa chữa kịp thời.

Từ thực nghiệm ở trên chúng tôi nhận thấy, ứng dụng công nghệ 3D laser scan vào thực hiện khảo sát bồn chứa xăng dầu không những cho biết độ nghiêng và hướng nghiêng tổng thể của bồn mà còn cho phép theo dõi toàn bộ vỏ bồn về sự biến dạng, phân tích độ thẳng đứng tổng thể của bồn, phân tích khoảng cách theo bán kính để các kỹ sư có thể hiểu được sự thay đổi theo phương thẳng đứng của thành bồn, cho phép phân tích toàn diện bồn. Với các thiết bị quét laser hiện nay tích hợp công nghệ cao, có thể thu thập các trị đo như một máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao và thực hiện quét laser tốc độ cao, có thể chụp hình ảnh tại chỗ bằng tính năng quét laser 3D. Thông tin trực quan này cung cấp hồ sơ về các khu vực được khảo sát và có thể được sử dụng để giám sát hoặc kiểm tra chất lượng công việc đã thực hiện. So sánh hàng triệu điểm giữa hai lần quét trong một khoảng thời gian dài có thể làm nổi bật các khu vực đã xảy ra thay đổi.

### 5. Kết luận

Ứng dụng công nghệ 3D laser scan trong việc đánh giá hiện trạng các bồn chứa xăng dầu không những cho biết độ nghiêng và hướng nghiêng tổng thể của bồn mà còn cho phép theo dõi toàn bộ vỏ bồn về sự biến dạng. Do đó, có thể nhận thấy áp dụng công nghệ 3D laser scan đem lại hiệu quả cao hơn nhiều so với áp dụng công nghệ đo đạc truyền thống do công nghệ này cho phép đánh giá hiện trạng, xác định bề mặt hư hỏng của bồn một cách chi tiết và trực quan.

Với những ưu thế vượt trội của mình, công nghệ quét 3D cần được nghiên cứu ứng dụng vào quan trắc, đo đạc hiện trạng các công trình hình trụ có chiều cao lớn như ống khói, silo chứa vật liệu rời cũng như các đối tượng công trình khác để đưa ra nhiều phương án ứng dụng công nghệ này trong lĩnh vực quan trắc, đo đạc hiện trạng và kiểm định công trình.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Ngọc Dũng (2016). Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất giám sát quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng phục vụ dự báo và cảnh báo sạt lở bãi thải, *Hội nghị khoa học kỹ thuật mở toàn quốc lần thứ 25, Hà Nội*.
2. Phạm Trung Dũng (2021). Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy quét scan laser 3D trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang công trình. *Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp cơ sở năm 2021, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*.
3. Trần Ngọc Đông (2021), “Giải pháp quan trắc độ nghiêng các bồn chứa dầu hình trụ đứng”, *Hội nghị khoa học quốc gia về công nghệ địa không gian trong khoa học trái đất và môi trường. NXB Tài nguyên – Môi trường và bản đồ Việt Nam, Hà Nội*.
4. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010). Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình, *NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội*.
5. Nguyễn Hoài Nam, Nguyễn Xuân Long, Nguyễn Văn Hùng (2021), “Ứng dụng công nghệ 3D laser scan trong các dự án quan trắc kiểm định bồn chứa xăng dầu”. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học cán bộ trẻ - Viện KHCN Xây dựng - Lần thứ XVI – 11. NXB Xây dựng, Hà Nội*.
6. Lê Đức Tình (2018). Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất trong trắc địa công trình. *Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp cơ sở năm 2017, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*.
7. TCVN 9400:2012. Nhà và công trình dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa.
8. V. Badenko, A. Fedotov, D. Zotov, S. Lytkin, D. Volgin, R. D. Garg, Liu Min (2019). Scan-to-BIM methodology adapted for different application. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-5/W2, 2019 Measurement, Visualisation and Processing in BIM for Design and Construction Management, 24–25 September 2019, Prague, Czech Republic*.
9. API standard 653:2014. Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction.
10. ISO 17123-9:2018. Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 9: Terrestrial laser scanners.
11. [https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-sx10?\\_gl](https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-sx10?_gl).

Ngày nhận bài: 13/6/2022.

Ngày nhận bài sửa: 13/7/2022.

Ngày chấp nhận đăng: 13/7/2022.