Ministry of Higher Education and Scientific Research

Syrian Virtual University

Program Master of BIMM

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة الافتراضية السورية

برنامج نمذجة معلومات البناء وإدارتها BIMM

# استخدام السحابة النقطية في إنشاء نموذج رقمي مجسم لمبنى قائم والاستفادة منه في صيانة الأنظمة الميكانيكية

# Employing Point Cloud Technology to Generate a digital three-dimensional model of an Existing Building and Leveraging it in the Maintenance of Mechanical Systems

**إعداد: م. روان حبيب عبود**

rawan_222315

**إشراف:**

**د. م. سونيا سليم أحمد**

**م. سمير حبيب درويش**

مشروع مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة ماجستير التأهيل والتخصص في نمذجة معلومات البناء وإدارتها

BIMM- F23

**2023- 2024**

**الإهداء**

**إلى مثال التفاني والحكمة والإخلاص... أبي الحبيب.**

**إلى من قدَّمت سعادتي وراحتي على سعادتها... أمي الفاضلة.**

**إلى أفراد أسرتي الصغيرة... يا من وجودهم يمدني بالقوة والتفاؤل.**

**إلى كل الذين لم تخلو أيامهم من عبارات الدعاء لتوفيقي.**

**إلى كل من لم يدخر جهداً في وصولي إلى ما وصلت إليه...أساتذتي في الجامعة الافتراضية السورية.**

**إلى من جعل هذا ممكناً وأشرف على هذا البحث...مديرة البرنامج د. سونيا أحمد وأستاذي المعطاء سمير حبيب درويش.**

**أهدي إليكم ثمرة تعبي ورسالتي المتواضعة.**

**المعدة لنيل درجة الماجستير في نمذجة معلومات البناء وإدارتها.**

**روان حبيب عبود**

قائمة الجداول ..... 5
ملخص البحث ..... 6
1.الفصل الأول: الإطار العام للدراسة..... ..... 8
1.1.التعريفات:..... 8
1.2.المقدمة:.....10
1.3.المشكلة البحثية:..... 10
1.4.الأهداف البحثية:..... 11
1.5.الفرضيات البحثية:..... 11
1.6.أهمية البحث:..... 11
1.7.منهج البحث:..... 11
1.8.مجتمع البحث:..... 12
1.10. حدود البحث: ..... 12
2.الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة.....13
2.1.موجز عن نمذجة معلومات البناء BIM: ..... 13
2.2.السحابة النقطية Point Cloud: ..... 13
2.2.1تقنيات جمع بيانات السحابة النقطية (Point Cloud):.....14
2.3.تكامل نمذجة معلومات البناء مع تقنيات المسح:.....16
2.3.1 الفوائد التي نجنيها من هذا التكامل: .....17
2.4.المعوقات التي تمنع وجود كوادر مؤهلة للعمل على أجهزة المسح:..... 18
2.5.الدراسات المرجعية:..... 18
3.الفصل الثالث: الحالة العملية..... ..... 24
4.الفصل الرابع: النتائج والتوصيات.....50
النتائج: ..... 50
التوصيات: ..... 50
المراجع ..... 51

## قائمة الأشكال التوضيحية


الشكل 1 صور من الموقع من الجولة الأولى ..... 26
الشكل 2 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الأولى –1 ..... 27
الشكل 3 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الأولى –2 ..... 27
الشكل 4 صورة من النموذج على برنامج Revit–1 ..... 29
الشكل 5 صورة من النموذج على برنامج Revit–2 ..... 29
الشكل 6 صور من الموقع من الجولة الثانية..... 30
الشكل 7 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثانية–2..... 31
الشكل 8 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثانية–1..... 31
الشكل 9 صورة من النموذج على برنامج Revit–3 ..... 32
الشكل 10 صورة من النموذج على برنامج Revit–4..... 32
الشكل 11 صور من الموقع من الجولة الثالثة ..... 33
الشكل 12 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثالثة–1 ..... 34
الشكل 13 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثالثة–2 ..... 35
الشكل 14 صورة من النموذج على برنامج Revit–5..... 35
الشكل 15 صورة من النموذج على برنامج Revit–6..... 36
الشكل 16 صور من الموقع من الجولة الرابعة..... 37
الشكل 17 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة–1..... 38
الشكل 18 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة–2..... 38
الشكل 19 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة–3..... 39
الشكل 20 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة–4..... 39
الشكل 21 صورة من النموذج على برنامج Revit–7..... 40
الشكل 22 صورة من النموذج على برنامج Revit–8..... 40
الشكل 23 صورة من النموذج على برنامج Revit–9..... 41
الشكل 24 صور تم إهمالها –1..... 41
الشكل 25 صور تم إهمالها 2 ..... 42
الشكل 27صور تم إهمالها –3..... 42
الشكل 29 صورة من النموذج لموقع الوصلة المنحنية..... 43
الشكل 31 صورة من المسقط لموقع الوصلة المنحنية ..... 44
الشكل 33صورة من مقطعة للوصلة المنحنية ..... 45
الشكل 35 إشارة إلى الوصلة ذات العطل المحتمل..... 45

الشكل 37مقترح حل للوصلة ذات العطل المحتمل ..... 45
الشكل 39 منظور للوصلة الثانية ذات العطل المحتمل..... 47
الشكل 41 مسقط للوصلة الثانية ذات العطل المحتمل..... 47
الشكل 43 مسقط لمقترح صيانة الوصلة الثانية ذات العطل المحتمل ..... 48
الشكل 45 منظور لمقترح صيانة الوصلة الثانية ذات العطل المحتمل..... 49

## قائمة الجداول

الجدول1 : الباحثين الأكثر تقييما .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
الجدول2: الباحثين الأكثر إنتاجية.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
الجدول3: المقالات الأكثر اقتباسا .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
الجدول4: الناشرين الأكثر تقييما .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
الجدول 5: الدراسات التي ذكرت التعرف على تقنيةPoint Cloud.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
الجدول6: الدراسات التي ذكرت أهمية وإيجابية استخدام صيغة السحابة النقطية ..... 22
الجدول7: تعزيز فعالية طرق المسح المستخدمة في إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد..... 23
الجدول8: الاستفادة من السحابة النقطية في صيانة الأنظمة الميكانيكية..... 23

# ملخص البحث

مع انتشار تقنيات المسح الحديثة لتسهيل عملية إدارة المنشآت ومتابعة دورة حياة المشروع للوصول إلى نتائج أفضل بوقت أسرع، وبسبب عدم كفاية المخططات ثنائية الأبعاد 2D لإنجاز المطلوب، تم التطرق في هذا البحث إلى تطبيق منهجية جديدة لإنتاج قاعدة بيانات تتمثل بنموذج ثلاثي الأبعاد 3D يحاكي الوضع الراهن للمنشأة.

الغرض من هذه الدراسة هو استخدام الكاميرات الرقمية والأجهزة الفنية الأخرى ذات الصلة في المسح لإنشاء نموذج وضع راهن As Built للمبنى والأنظمة الميكانيكية الموجودة داخله، ومعرفة أماكن الأعطال وبالتالي اقتراح عدة حلول للصيانة وتقييم الأنسب منها لتطبيقه.

وتكمن أهمية هذا البحث كونه دراسة تجريبية يتبع منهجية حديثة وعملية، تتمثل بالتكامل بين تقنية السحابة النقطية Point Cloud وبرمجيات نمذجة معلومات البناء BIM، للحصول على نماذج رقمية غنية بالتفاصيل للمباني والأنظمة داخلها، والعمل على اكتشاف الأعطال فيها.

خلصت هذه الدراسة إلى أن تكامل تقنيات المسح مع برمجيات BIM المطلوبة تنتج نماذج قريبة جداً إلى الواقع باحتمال اختلاف 1% في حال توافر الظروف المناسبة والمعدات المطلوبة، مما يجعل من عمليات إصلاح وصيانة الأنظمة الميكانيكية أسهل وأبسط.

## Abstract

With the spread of modern surveying techniques to facilitate the facility management process and follow up on the project life cycle to reach better results in a faster time, and due to the insufficiency of 2D diagrams to accomplish what is required, this research discussed the application of a new methodology to produce a database represented by a 3D model that simulates the current situation. For the facility.

The purpose of this study is to use digital cameras and other technical devices used in surveying to create a current status model for the building and the mechanical systems inside it, and to know the locations of faults and thus suggest several solutions for maintenance and evaluate the most appropriate ones for its application.

The importance of this research lies in the fact that it is an experimental study that follows a modern and practical methodology, represented by the integration between Point Cloud technology and BIM software, to obtain digital models rich in details of buildings and systems within them, and to work on discovering faults in them.

This study concluded that the integration of surveying techniques with the required BIM software produces models that are very close to reality with a possibility of difference of 1% if the appropriate conditions and required equipment are available, which makes repair and maintenance of mechanical systems easier and simpler

# 1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

## 1.1. التعريفات:

BIM: Building Information Modeling إدارة ونمذجة معلومات البناء وهي عبارة عن عملية تعاونية تستخدم تقنيات النمذجة الرقمية لإنشاء وإدارة معلومات شاملة حول مشروع البناء. والهدف منها إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد يحتوي على معلومات تفصيلية حول المبنى، بما في ذلك التصميم، البنية التحتية، العناصر الإنشائية، الجداول الزمنية، التكاليف، مما يساعد على تحسين التخطيط، التصميم، الإنشاء، وإدارة دورة حياة المشروع بشكل شامل وفعال.

Point Cloud: هي مجموعة من النقاط في الفضاء ثلاثي الأبعاد يتم جمعها باستخدام أجهزة مثل الماسحات الضوئية ثلاثية الأبعاد، أو تقنيات التصوير الأخرى. كل نقطة في point cloud تمثل إحداثيات (x, y, z) في الفضاء ثلاثي الأبعاد، وغالباً ما تحتوي على معلومات إضافية مثل اللون أو الكثافة.

CAD: أي التصميم بمساعدة الحاسوب، وهو تقنية تستخدم برامج الحاسوب لتصميم وتوثيق المنتجات الهندسية والمشاريع المعمارية بطريقة دقيقة وفعالة. تُستخدم برمجيات CAD لرسم وتوثيق كل شيء من الأجزاء الصغيرة في المنتجات إلى المباني الكبيرة والهياكل المعقدة.

Photogrammetry: هو علم وفن استخدام الصور الفوتوغرافية لنمذجة الأجسام وقياس أبعادها الخطية والمساحات. يتم استخدام تقنية المسح التصويري لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد بدقة عالية من خلال تحليل الصور الملتقطة من زوايا متعددة. تعتمد هذه التقنية على التقاط سلسلة من الصور الرقمية للأجسام من مختلف الزوايا، ثم استخدام برامج تختص بمعالجة هذه الصور وتحويلها إلى نموذج ثلاثي الأبعاد.

As Built Model: هو نموذج ثلاثي الأبعاد يمثل الواقع الفعلي لبناء أو منشأة كما تم بناؤه بالفعل، بعد اكتمال عمليات البناء والتشييد. يتم تحديث هذا النموذج ليعكس أي تغييرات أو تعديلات تم إجراؤها خلال مراحل البناء، مما يجعله مختلفًا عن المخططات الأصلية أو نماذج التصميم.

**BIM: Building Information Modeling**, Building information management and modeling is a collaborative process that uses digital modeling techniques to create and manage comprehensive information about a construction project. Its goal is to create a 3D model that contains detailed information about the building, including design, infrastructure, construction elements, schedules, and costs, which helps improve planning, design, construction, and project life cycle management in a comprehensive and effective manner.

**Point Cloud:** It is a collection of points in 3D space collected using devices such as 3D scanners, or other imaging techniques. Each point in a point cloud represents (x, y, z) coordinates in 3D space, and often contains additional information such as color or density.

**CAD:** That is, computer-aided design. It is a technology that uses computer programs to design and document engineering products and architectural projects in an accurate and efficient manner. CAD software is used to draw and document everything from small parts in products to large buildings and complex structures.

**Photogrammetry:** It is the science and art of using photographs to measure and document objects. Photographic scanning technology is used to create 3D models with high accuracy by analyzing images captured from multiple angles. This technology relies on taking a series of digital photos from different angles of objects or scenes, then using specialized programs to process these images and convert them into a 3D model.

**As Built Model:** It is a three-dimensional model that represents the actual reality of a building or facility as it was actually built, after the building and construction processes are completed. This model is updated to reflect any changes or modifications made during the construction phases, making it different from the original blueprints or design models.

## 1.2. المقدمة:

في السنوات الأخيرة استُخدمت مخططات الوضع الراهن As Built على نطاق واسع وذلك لغايات تأهيلية أو ترميمية أو لأغراض الصيانة، وتم تطوير نماذج لهذه المخططات كتمثيلات رقمية للبيئة المبنية، باستخدام تقنيات المسح المتقدمة والقياس التصويري الحديثة. وهذه النماذج تعد فعالة ومساعدة لأنها غنية بالتفاصيل الدقيقة للحالة الراهنة للمنشأة.

إحدى مخرجات هذه التقنيات الحديثة هي السحابة النقطية"Point Cloud"، وهي تقنية تتعلق بتحليل والتعامل مع مجموعة هائلة من النقاط ثلاثية الأبعاد التي تمثل سطح كائن معين أو بيئة ما، تستخدم هذه التقنية في مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل رسم الخرائط الجغرافية، التصميم الصناعي، الروبوتات، انشاء وتحليل الصور الطبية، الواقع الافتراضي والواقع المعزز، التصميم المعماري والإنشائي والميكانيكي وغيرها.

في بيئة Point Cloud، يتم استخدام مجموعة متنوعة من التقنيات والأدوات ثلاثية الأبعاد مثل أجهزة الاستشعار، الكاميرات الرقمية وأجهزة المسح الليزرية، بالإضافة إلى برمجيات المعالجة والتحليل التي تساعد في تحويل هذه النقاط ثلاثية الأبعاد إلى معلومات مفيدة. وبتكامل هذه السحابة النقطية مع برمجيات BIM يتم الحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد غنى بالمعلومات الدقيقة يمكن توثيقه والاستفادة منه في مراحل لاحقة لغايات مختلفة.

الغرض من أطروحة الماجستير هذه هو استخدام الأجهزة الفنية مثل الكاميرات الرقمية والكاميرات ذات الدقة العالية لإنتاج سحابة نقطية لمبنى قائم والاستفادة من برمجيات BIM لاستنتاج نموذج الوضع الراهن As Built Model وتقييم وضع الأنظمة الميكانيكية الموجودة في المبنى.

## 1.3. المشكلة البحثية:

إن إنشاء نموذج BIM رقمي غني بالمعلومات باستخدام برمجيات BIM للمباني القائمة، من خلال مساقط CAD ثنائية الأبعاد غير كافي لتوثيق المبنى وإدارته وصيانته لاحقا لما يتطلبه من مستوى عالي من التفاصيل. مما استدعى استخدام تقنيات جديدة مثل المسح التصويري، لإنشاء سحابة نقطية وتكاملها مع برمجيات BIM، للحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد دقيق يمكن توثيقه واستخدامه في مراحل لاحقة في عدة مجالات هندسية. من ناحية أخرى نقص الوعي بأهمية هذه التقنية واستخداماتها أدى إلى قلة عدد الخبراء والمتخصصين في هذا المجال.

وهنا يطرح البحث التساؤلات التالية:

1- ما مدى فعالية تكامل تقنية المسح التصويري مع برمجيات BIM في إدارة المرافق؟
2- ما هو تأثير نقص الكوادر والموارد اللازمة لتفعيل هذه التقنية؟

## 1.4. الأهداف البحثية:

يهدف هذا البحث إلى:

1- استخدام السحابة النقطية في إنشاء نموذج رقمي غني بالمعلومات لمبنى قائم، والاحتفاظ به كقاعدة بيانات تمكننا من العودة إليه لاحقاً عند الحاجة.
2- استخدام هذا النموذج لغايات مختلفة وخصوصا في إدارة المرافق وصيانتها، والذي يمثل البعد السابع من أبعاد نمذجة معلومات البناء BIM.

## 1.5. الفرضيات البحثية:

التوصل الى طريقة مثلى للحصول على بيانات للأبنية القائمة مثل التصوير بواسطة الكاميرات الرقمية ومن ثم استخدام برمجيات BIM بغية إنشاء نموذج وضع راهن للمبنى.

التوصل إلى نموذج BIM متكامل يمثل بيئة مناسبة لاقتراح حلول للأعطال في الأنظمة الميكانيكية.

التوعية بأهمية استخدام تقنية السحابة النقطية وتطبيقاتها.

## 1.6. أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث بأنه بحث تجريبي يتناول تطبيق منهجية جديدة (Point Cloud) بشكل عملي لإنشاء نماذج وضع راهن ثلاثية الأبعاد لمنشآت قائمة من خلال الاستعانة ببرمجيات BIM للاستفادة من هذه النماذج في صيانة الأنظمة الميكانيكية.

إضافة لتبيان تكامل صيغة السحابة النقطية مع برمجيات وتطبيقات الـ BIM، وإبراز مدى فعالية طرق المسح المستخدمة في إنشاء النماذج ثلاثية الأبعاد للمنشآت القائمة.

وتكمن الأهمية العملية للبحث في توثيق العناصر الميكانيكية الموجودة في المنشأة بشكل دقيق لكون تكاليفها مرتفعة، لذلك من الضروري أن تكون صيانتها مدروسة، وهنا يكون لدينا إمكانية في تحديد عدة طرق للصيانة واختيار الأمثل منها فنيا واقتصاديا.

## 1.7. منهج البحث:

منهج وصفي تحليلي للدراسات السابقة.

منهج تجريبي (تطبيقي) على حالات الدراسة.

### 1.8. مجتمع البحث:

تمت الدراسة في الجمهورية العربية السورية على مبنى إداري مكون من طابقين و3 أقبية يقع في مدينة ماروتا ضمن محافظة دمشق.

### 1.10. حدود البحث:

- الحدود الزمنية: الواقع الحالي والمستقبل القريب.
- الحدود الجغرافية: العالم ثم الجمهورية العربية السورية.
- الحدود البشرية: المصممين، المهندسين، المقاولين والمالكين.

# 2. الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة

## 2.1. موجز عن نمذجة معلومات البناء BIM:

BIM هو اختصار لـ "Building Information Modeling"، وتعني نمذجة معلومات المباني، هو تكنولوجيا إنشاء وإدارة بيانات المباني والمرافق، ونهج متكامل لتخطيط وتصميم وبناء وإدارة المباني والأصول.

تتمثل الفكرة الأساسية وراء BIM في إنشاء نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد للمبنى يتضمن معلومات مفصلة عن كل عنصر من عناصر البناء، مثل المواد المستخدمة، الأبعاد، المواصفات، والعلاقات المكانية بين العناصر المختلفة. هذا النموذج ليس مجرد تمثيل بصري للمبنى، ولكنه قاعدة بيانات غنية بالمعلومات يمكن استخدامها في جميع مراحل دورة حياة المبنى، من التصميم الأولي إلى البناء والتشغيل والصيانة.

فوائد BIM عديدة، وتشمل:

1. تحسين التعاون بين جميع الأطراف المعنية في مشروع البناء، مثل المهندسين المعماريين والمهندسين الإنشائيين والمقاولين وأصحاب المباني.

2. تحسين جودة التصميم من خلال الكشف المبكر عن الأخطاء والتعارضات في التصميم.

3. تحسين إدارة المشاريع من خلال التخطيط الأفضل والتنبؤ بالمخاطر المحتملة.

4. تحسين كفاءة عملية البناء من خلال التخطيط المحسن لموقع العمل وإدارة الموارد.

5. تسهيل عملية الصيانة والتشغيل من خلال توفير معلومات مفصلة عن المبنى.

BIM ليس مجرد برنامج أو أداة، ولكنه عملية شاملة تتضمن استخدام البرمجيات المناسبة، والتدريب المناسب، والتغيير في ثقافة العمل. هناك العديد من برامج BIM المتاحة في السوق، مثل Autodesk Revit وArchiCAD وBentley Systems، والتي تدعم هذه العملية.

## 2.2. السحابة النقطية Point Cloud:

السحابة النقطية "Point Cloud" هي مجموعة هائلة من النقاط ثلاثية الأبعاد التي تمثل سطح كائن معين أو بيئة ما، يتم التعامل مع هذه التقنية واستخدامها في مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل رسم الخرائط الجغرافية، التصميم الصناعي، الروبوتات، انشاء وتحليل الصور الطبية، الواقع الافتراضي والواقع المعزز، التصميم المعماري وغيرها.

في بيئة Point Cloud، يتم استخدام مجموعة متنوعة من التقنيات والأدوات ثلاثية الأبعاد مثل أجهزة الاستشعار، الكاميرات الرقمية وأجهزة المسح الليزرية، بالإضافة إلى برمجيات المعالجة والتحليل التي تساعد في تحويل هذه النقاط ثلاثية الأبعاد إلى معلومات مفيدة. تتضمن هذه العمليات تقنيات مثل تصفية الضوضاء، تقسيم الكائنات، استخراج المعلومات الهامة، تصميم نماذج ثلاثية الأبعاد وغيرها.

بشكل عام، يهدف التعامل مع بيئة Point Cloud إلى فهم وتحليل البيانات ثلاثية الأبعاد بطريقة فعالة ودقيقة، مما يتيح استخدام هذه المعلومات في تطبيقات مختلفة وتحسين العمليات واتخاذ القرارات بشكل أفضل.

### 2.2.1 تقنيات جمع بيانات السحابة النقطية (Point Cloud):

1. **التصوير بالأقمار الصناعية (Satellite Imagery)**: تستخدم الأقمار الصنعية لالتقاط الصور من الفضاء لتحليل الأرض والبنى التحتية بدقة. يمكن استخدام هذه الصور لإنشاء نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد باستخدام تقنيات مثل التصوير الفوتوغرافي المجسم ثلاثي الأبعاد.
2. **التصوير بالطائرات بدون طيار (Unmanned Aerial Vehicle- UAV):** تستخدم الطائرات المسيرة لالتقاط الصور من الجو لتحليل الأرض والبنى التحتية. يمكن استخدام الصور الملتقطة من هذه الطائرات لإنشاء السحابة النقطية باستخدام التصوير الفوتوغرافي المجسم.
3. **المسح الليزري ثلاثي الأبعاد (3D Laser Scanning)**: هو تقنية تستخدم في عدة مجالات مثل الهندسة المعمارية، الجيولوجيا، الطبوغرافيا، الروبوتات والتصوير الفضائي. تقوم هذه التقنية بإرسال شعاع ليزري على سطح معين ثم قياس الزمن اللازم لعودة الإشارة المنعكسة من السطح. بناءً على الوقت الذي يستغرقه الليزر للعودة يتم حساب المسافة بدقة عالية. يُستخدم المسح الليزري في إنشاء النماذج ثلاثية الأبعاد للأهداف أو البيئات، وفي القياسات الدقيقة للأراضي والمباني وغيرها من الأشكال الهندسية، وأحيانًا للقيام بالتعديلات في البيئات غير المألوفة ويعتبر هو الأنسب للاستخدام في أعمال الميكانيك نظراً لدقته في تحديد الأبعاد.

نشأت تقنية المسح الليزري في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين، ومنذ ذلك الحين تطورت بشكل كبير لتصبح تقنية شائعة وفعّالة في مجالات عدة مثل الهندسة المدنية، التصميم ثلاثي الأبعاد والأبحاث العلمية، وشهدت تطورًا ملحوظًا عبر السنوات الماضية، حيث تحسنت دقة القياسات وزادت سرعة إنجاز المسح ثلاثي الأبعاد. كما تطورت الأجهزة المستخدمة وأصبحت أكثر فعالية وسهولة في الاستخدام خصوصاً بعد الاستفادة من برمجيات BIM في إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد للأهداف الممسوحة، مما جعل هذه التقنية أكثر شيوعًا واستخدامًا في مجموعة واسعة من التطبيقات كالهندسة المدنية والتصميم المعماري والأبحاث العلمية.

❖ أدوات المسح الليزري:

تتكون أدوات المسح الليزري من عدة مكونات أساسية تعمل معًا لإجراء عمليات المسح والقياس بدقة. هذه الأدوات تشمل على الأقل العناصر التالية:

1- جهاز إرسال الليزر (Laser Transmitter):

يستخدم لإرسال شعاع الليزر نحو السطح المراد نمذجته. يتم توليد الليزر بواسطة مصدر ليزري مثل الليزر ثنائي الأشعة.

2- مستقبل الليزر (Laser Receiver):

يستخدم لاستقبال الإشارة المنعكسة من السطح المستهدف بعد أن يصطدم بها الشعاع الليزري المرسل.

3- مرآة دورانية (Rotating Mirror).

تستخدم في بعض أنواع أجهزة المسح الليزري لتوجيه الشعاع الليزري بشكل دقيق نحو مختلف الاتجاهات.

4- نظام استقبال البيانات (Data Reception System):

يتولى استقبال البيانات التي يتم جمعها من المستقبل بعد اصطدام الشعاع الليزري بالسطح المستهدف. قد يشمل هذا النظام أجهزة استشعار مختلفة وأنظمة تسجيل وتخزين البيانات.

5- جهاز معالجة البيانات (Data Processing Unit):

يقوم بمعالجة البيانات التي تم جمعها من عملية المسح الليزري، ويقوم بتحويلها إلى صور ثلاثية الأبعاد أو نماذج مكانية أو تحليلات أخرى بحسب الاحتياجات.

6- البرامج الحاسوبية (Computer Software):

تستخدم لتشغيل أجهزة المسح الليزري ومعالجة البيانات المأخوذة. تتضمن وظائف هذا البرنامج تحليل البيانات، وتصحيح الأخطاء، وإنشاء النماذج ثلاثية الأبعاد، مثل: Autodesk Recap, Bentley Pointools, Trimble RealWorks .....

تختلف هذه الأدوات والمكونات وفق نوع التطبيق ومجال الاستخدام، لكن هذه العناصر الأساسية تكون حاضرة في معظم أنواع أجهزة المسح الليزري.

4. **التصوير الفوتوغرافي ثلاثي الأبعاد (3D Photogrammetry)**: يتم باستخدام التصوير الفوتوغرافي لقياس وتحليل الأبعاد والمواقع وأشكال الأهداف والمناطق المختلفة. تعود نشأة هذه التقنية إلى القرن التاسع عشر، حيث بدأت بالاعتماد على الصور الفوتوغرافية التقليدية، وتطورت على مر السنين بفضل التطورات التكنولوجية في الكاميرات وبرامج معالجة الصور والحوسبة.

في بداية استخدام هذه التقنية، كانت عملية المسح تتطلب التقاط صور متعددة لنفس المنطقة من زوايا مختلفة، ثم استخدام هذه الصور لتحديد الاحداثيات ثلاثية الأبعاد للنقاط على الأرض. على مر الزمن، تطورت تقنية المسح الفوتوغرامتري، مما جعلتها أكثر دقة وفعالية.

أدوات المسح التصويري تشمل:

1- الكاميرات الفوتوغرافية: تعد الكاميرات الرقمية الأداة الأساس لالتقاط الصور في عمليات المسح الفوتوغرامتري. يمكن استخدام كاميرات DSLR أو Mirrorless لالتقاط الصور عالية الدقة.

2- أجهزة GPS: تستخدم لتحديد المواقع الجغرافية بإحداثيات الكاميرات أثناء التقاط الصور. يتم استخدام هذه المعلومات لتحديد مواقع النقاط في الفضاء ثلاثي الأبعاد.

3- برامج التصوير الجوي والمعالجة الرقمية: تشمل هذه البرامج أدوات لتخطيط الرحلات الجوية، والتحكم في الطائرات المسيرة، ومعالجة الصور لإنشاء السحابات النقطية والنماذج ثلاثية الأبعاد. من الأمثلة على هذه البرامج Pix4D وAgisoft Metashape وDroneDeploy.

4- الطائرات بدون طيار (UAVs): تستخدم لحمل الكاميرات والأجهزة الأخرى كالماسحات الليزرية لالتقاط الصور من الجو. تتيح أجهزة الطائرات بدون طيار توجيه الكاميرا بشكل دقيق للحصول على صور ذات جودة عالية من مواقع مختلفة.

5- برامج النمذجة ثلاثية الأبعاد: تستخدم لمعالجة البيانات ثلاثية الأبعاد وإنشاء السحابات النقطية والنماذج الرقمية المجسمة. تشمل هذه البرامج Autodesk Recap وCloudCompare وMeshLab و 3d Zypher.

تعتمد هذه الأدوات على بعضها البعض لتشكيل نظام متكامل لإجراء عمليات المسح الفوتوغرامتري وإنشاء النماذج ثلاثية الأبعاد بدقة عالية.

## 2.3. تكامل نمذجة معلومات البناء مع تقنيات المسح:

يتم تكامل نمذجة معلومات البناء (BIM) مع المسح الليزري والتصويري من خلال عدة خطوات عملية وتقنية، تهدف إلى الجمع بين البيانات الميدانية التي يتم جمعها باستخدام تقنيات المسح مع المعلومات الرقمية التي يتم إنشاؤها في نموذج BIM. فيما يلي الخطوات العامة لعملية التكامل:

1. المسح الميداني:

- يتم إجراء مسح ميداني باستخدام تقنيات المسح الليزري (LiDAR) أو التصويري (Photogrammetry) للحصول على بيانات دقيقة عن الموقع أو الهيكل الحالي.
- -في حالة المسح الليزري، يتم استخدام أجهزة الليزر لإنشاء سحابة نقاط (point cloud) تمثل شكل وهيكل المباني والأراضي.
- -في حالة التصويري، يتم التقاط صور متعددة من زوايا مختلفة باستخدام كاميرات أو طائرات بدون طيار، ثم يتم استخدام البرمجيات لإنشاء سحابة نقطية ومن ثم النموذج ثلاثي الأبعاد.

2. معالجة البيانات:

- بعد جمع البيانات، يتم معالجتها باستخدام برامج متخصصة لتحويلها إلى صيغة يمكن استخدامها في عملية التكامل مع BIM.
- قد تتضمن المعالجة تصفية البيانات، وإزالة التشوهات، وإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد من سحابة النقاط.

3. استيراد البيانات إلى BIM:

- يتم استيراد البيانات المعالجة إلى برنامج BIM، حيث يمكن استخدامها كأساس لإنشاء نموذج BIM أو دمجها مع نموذج موجود.
- تسمح العديد من برامج BIM باستيراد بيانات المسح الليزري والتصويري مباشرة، مما يسهل عملية التكامل.

4. المواءمة والمقارنة:

- بعد استيراد البيانات، يقوم المهندسون بمواءمة نموذج المسح مع نموذج BIM لضمان تطابقهما بدقة.
- قد تتطلب هذه الخطوة إجراء تعديلات على نموذج BIM أو على بيانات المسح لضمان الدقة.

5. التحليل والاستخدام:

- يتم تحليل البيانات المدمجة لتحديد أي تعارضات أو مشاكل محتملة في التصميم أو البناء.
- يمكن استخدام النموذج المتكامل في التخطيط التفصيلي، وإدارة المشاريع، ومراقبة الجودة، والتوثيق.

6. التحديث المستمر:

خلال مراحل البناء المختلفة، يمكن إجراء مسوحات إضافية وتحديث نموذج BIM باستمرار لضمان مطابقة العمل للتصميمات الأصلية.

7. الصيانة وإدارة المرافق:

بعد اكتمال البناء، يمكن استخدام النموذج المتكامل BIM مع بيانات المسح في عمليات التفتيش والصيانة وإدارة المرافق.

### 2.3.1 الفوائد التي نجنيها من هذا التكامل:

1- من المسح الليزري:

- مرحلة التصميم، يمكن استخدام بيانات المسح الليزري لإنشاء نموذج واقع راهن للموقع (As Built Model) الذي يمكن للمهندسين استخدامه كأساس لتصميماتهم.
- في مرحلة البناء، يمكن مقارنة بيانات المسح الليزري مع نموذج BIM للتأكد من أن العمل يتم وفقا للتصميمات.
- في مرحلة الصيانة، يمكن استخدام المسح الليزري للكشف عن التغييرات أو الأضرار في المبنى مقارنة بنموذج BIM الأصلي.

2- من المسح التصويري:

هذه التقنية مفيدة بشكل خاص في:

- مراقبة تقدم البناء من خلال مقارنة الصور مع نموذج BIM.
- توثيق حالة المباني القائمة لأغراض الصيانة أو التجديد.

لتسهيل هذا التكامل، قد تتطلب فرق العمل تدريبًا خاصًا واستخدامًا لبرمجيات متقدمة قادرة على التعامل مع بيانات المسح ومعالجتها ودمجها بنماذج BIM. كما أن التعاون الوثيق بين مختلف التخصصات (مثل المسح، والهندسة المعمارية، والهندسة المدنية) أمر ضروري لضمان نجاح عملية التكامل.

تكامل BIM مع تقنيات المسح الليزري والتصويري يمكن أن يحسن بشكل كبير من دقة التصميمات، ويقلل من الأخطاء في البناء، ويساعد في إدارة المرافق بشكل أكثر كفاءة. كما أنه يمكن أن يوفر الوقت والتكلفة من خلال الكشف المبكر عن المشاكل المحتملة.

## 2.4. المعوقات التي تمنع وجود كوادر مؤهلة للعمل على أجهزة المسح:

1- نقص برامج التدريب المتخصصة: عدم توفر برامج تدريبية متخصصة في مجال أجهزة المسح في الجامعات والمعاهد، وعدم مواكبة التحديث المستمر للتكنولوجيا.

2- قلة الخبرة العملية: قلة الفرص للحصول على تدريب عملي معتمد في هذا المجال.

3- نقص الوعي بأهمية هذا المجال: قلة المعرفة بأهمية أجهزة المسح في مختلف المجالات مثل الهندسة، الجيولوجيا وغيرها.

4- نقص الموارد: حيث أن أجهزة المسح متوفرة بشكل محدود وغير متاحة للاستخدام بالشكل الأمثل بالإضافة إلى عدم وجود بنية تحتية تقنية ملائمة لها.

5- قلة فرص العمل: نقص الوظائف المتاحة للمتخصصين في هذا المجال يمكن أن يكون عائقًا أمام الأفراد للاستثمار في التدريب والتأهيل.

6- عدم الاعتراف بالشهادات: قد تكون هناك معوقات في الاعتراف بالشهادات والاعتمادات الدولية في بعض الدول.

7- قلة التعاون بين المؤسسات: نقص التعاون بين الجامعات، المعاهد، والمؤسسات الصناعية قد يحد من فرص التدريب والتطوير.

8- قلة المبادرات الحكومية: غياب المبادرات الحكومية لدعم وتطوير الكوادر في هذا المجال.

## 2.5. الدراسات المرجعية:

تم استخدام محرك بحث Google Scholar لإيجاد أي أبحاث أو أوراق علمية تم نشرها سابقا ذات صلة بموضوع هذا البحث.

عند البحث عن مصطلح Point Cloud تم العثور على 4,370,000 نتيجة، وهو عدد هائل من الأبحاث مما استدعى تقليص نطاق البحث وتم استخدام Point-Cloud فظهر عدد النتائج 492,000 نتيجة وهو عدد أقل بكثير.

إذا تم إعادة العملية السابقة وتحديد البحث ضمن عنوان المقال واستخدام Mechanical ككلمة مفتاحية، يظهر 23 نتيجة.

تم الاستعانة ببرنامج Publish and Perish لتصنيف النتائج وجدولتها:

وبإعادة عملية البحث السابقة على موقع Google Scholar نفسها على البرنامج وحصلنا على نفس النتائج مصنفة ومجدولة بحسب عدد الاستشهادات وأسماء الباحثين والناشرين.

ومنه يمكن القيام بالتحليل الكمي Bibliometric Analysis للدراسات السابقة ضمن مجال هذا البحث:

الباحثين الأكثر تقييما Top Cited Authors:

| Cite | Authors |
|---|---|
| 39 | Y Wang, S Zhang, B Wan, W He, X Bai |
| 17 | HB Adallah, JJ Orteu, B Dolives… |
| 16 | W Shen, H Song, HY Feng |
| 12 | HB Abdallah, JJ Orteu, I Jovančević… |
| 8 | Y Yang, X Liu, C Kan |
| 8 | S Tsugawa, K Teratsuji, F Okura, K Noshita, M Tateno… |

الباحثين الأكثر إنتاجية Most Productive Authors:

| Article Count | Authors |
|---|---|
| 818 | W Shen |
| 237 | JJ Orteu |
| 171 | W He |
| 155 | HY Feng |
| 87 | S Zhang |

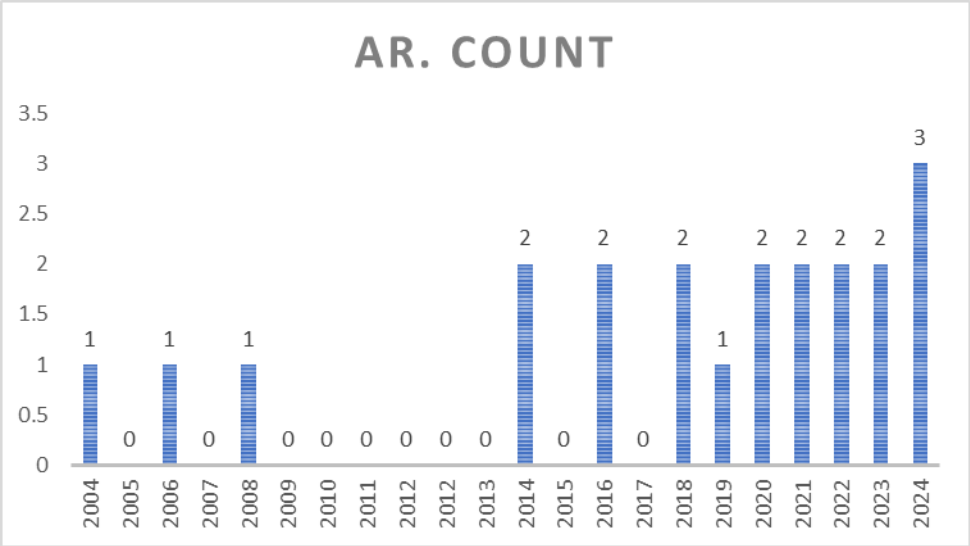
المقالات الأكثر اقتباسا Top Cited Papers:

| Cite | Title |
|---|---|
| 39 | Point cloud and visual feature-based tracking method for an augmented reality-aided mechanical assembly system |
| 17 | 3D point cloud analysis for automatic inspection of aeronautical mechanical assemblies |
| 16 | A point cloud simplification algorithm for mechanical part inspection |
| 12 | Three-dimensional point cloud analysis for automatic inspection of complex aeronautical mechanical assemblies |
| 8 | Point cloud based online detection of geometric defects for the certification of additively manufactured mechanical metamaterials |
| 8 | Exploring the mechanical and morphological rationality of tree branch structure based on 3D point cloud analysis and the finite element method |

الناشرين الأكثر تقييما Top Cited Publisher:

| Cite | Publisher |
|---|---|
| 39 | Springer |
| 17 | spiedigitallibrary.org |
| 16 | Springer |
| 12 | spiedigitallibrary.org |
| 8 | Elsevier |
| 8 | nature.com |

ومن خلال النتائج المأخوذة من البرنامج يظهر عدد الأبحاث التي نشرت في هذا المجال سنوياً، مما يساعد على الحصول على هذا المخطط البياني الذي يوضح عدد الأبحاث ذات الصلة المنشورة سنوياً بين عامي 2004 و 2024



التحليل النوعي للدراسات السابقة Content Analysis:

| | |
|---|---|
| التعرف على تقنية point cloud | 1-A method of point cloud stitching based on the mechanical arm and laser<br>2-A point cloud simplification algorithm for mechanical part inspection<br>3-Leaf Model Reconstruction and Mechanical Deformation Based on Laser Point Cloud<br>4-Point cloud boundary detection in preprocessor of optical-mechanical integrated simulation<br>5-Predicting the Mechanical Behavior of Additively Manufactured Mechanical Metamaterials Using Point Cloud Representation Learning<br>6-Reconstruction of consistent 3D CAD models from point cloud data using a priori CAD models<br>7-Three-dimensional point cloud analysis for automatic inspection of complex aeronautical mechanical assemblies |

*الجدول1: الدراسات التي ذكرت أهمية وإيجابية استخدام صيغة السحابة النقطية*

| | |
|---|---|
| تبيان أهمية وايجابية استخدام صيغة السحابة النقطية. | 1-3D point cloud analysis for automatic inspection of aeronautical mechanical assemblies<br>2-Point cloud and visual feature-based tracking method for an augmented reality-aided mechanical assembly system<br>3-From a 3D point cloud to an engineering CAD model: A knowledge-product- based approach for reverse engineering<br>4-Generalized Grasping for Mechanical Grippers for Unknown Objects with Partial Point Cloud Representations<br>5-Laser scanning and point cloud segmentation for contactless geo-mechanical surveying<br>6-Leaf Model Reconstruction and Mechanical Deformation Based on Laser Point Cloud<br>7-Predicting the Mechanical Behavior of Additively Manufactured Mechanical Metamaterials Using Point Cloud Representation Learning<br>8-Reconstruction of consistent 3D CAD models from point cloud data using a priori CAD models<br>9-Three-dimensional point cloud analysis for automatic inspection of complex aeronautical mechanical assemblies |

*الجدول2: تعزيز فعالية طرق المسح المستخدمة في إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد*

| | |
|---|---|
| تعزيز فعالية طرق المسح المستخدمة في إنشاء النماذج ثلاثية الأبعاد للمباني القائمة | 1-Point cloud and visual feature-based tracking method for an augmented reality-aided mechanical assembly system<br>2-Laser scanning and point cloud segmentation for contactless geo-mechanical surveying<br>3-Reconstruction of consistent 3D CAD models from point cloud data using a priori CAD models |

*الجدول3: الاستفادة من السحابة النقطية في صيانة الأنظمة الميكانيكية*

| | |
|---|---|
| الاستفادة من السحابة النقطية في صيانة الأنظمة الميكانيكية | 1-A point cloud simplification algorithm for mechanical part inspection<br>2-Point cloud and visual feature-based tracking method for an augmented reality-aided mechanical assembly system |

## 3. الفصل الثالث: الحالة العملية

### الحالة الدرسية:

نظرا لصعوبة تأمين جهاز ماسح ليزري لإجراء المسح اللازم، تم استخدام تقنية المسح التصويري باعتبار المساحة المدروسة مناسبة لهذه التقنية.

المعدات والبرمجيات المستخدمة لإنتاج السحابة النقطية في حالتنا العملية هي:

- كاميرا رقمية، وتم الاستعانة بكاميرا جهاز محمول حديث.
- جهاز حاسوب محمول لمعالجة الصور وإنتاج السحابة النقطية والنموذج.
- قرص تخزين ذو مساحة عالية: نظرا لحجم التخزين الكبير الذي نحتاجه.

لإنتاج السحابة النقطية تم استخدام برنامج 3D Zypher.

في البداية كانت الخطوة الأولى تحديد المبنى القائم الذي سنقوم بمسحه تصويرياً، وهو مبنى إداري يقع ضمن مدينة ماروتا مكون من 2طوابق و3 أقبية يتم استخدامهما كمرائب.

وقع الاختيار على القبو الثاني لإجراء المسح التصويري عليه وذلك لكون التمديدات الميكانيكية ظاهرة، نتيجة عدم وجود أسقف مستعارة أو أي سطوح لإخفائها.

موجود في القبو الثاني تمديدات تزويد هواء نظيف Supply تبدأ من السطح من مروحة تزويد الهواء إلى المنور وتستمر في منتصف الطابق، تقوم بتوزيع الهواء على امتداد الطابق عبر فتحات موزعة على أجزاء مجرى الهواء الممتد.

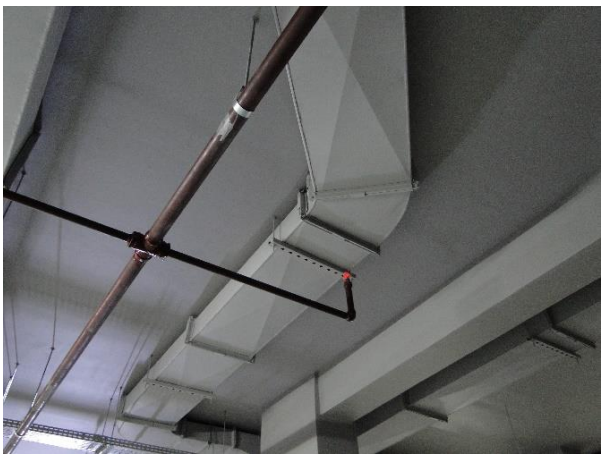
كما يوجد تمديدات لسحب الهواء Exhaust تبدأ من المنور لتتفرع مجاري الهواء على محيط الطابق، أما فتحات السحب فتتوزع في أماكن ركن السيارات، حيث تقوم بسحب الهواء الملوث الناجم عن عوادم السيارات من مستوى منخفض في مكان ركنها، ثم تجميعه عبر مجرى الهواء الرئيسي ومنه إلى مروحة الطرد التي تكون مثبتة على السطح.

**تم إجراء عدة جولات ميدانية لمسح عيّنة البحث للوصول إلى النتيجة النهائية، وكانت كالآتي:**

<u>الجولة الأولى بتاريخ 29 نيسان 2024:</u>

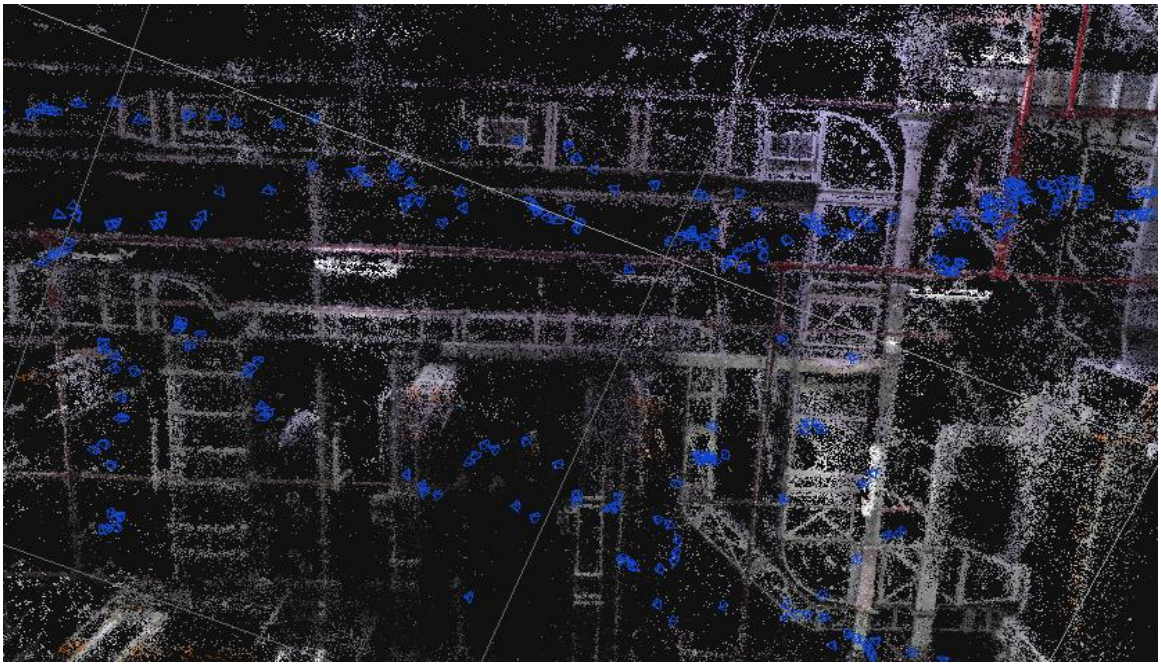
- تضمنت التقاط مجموعة صور للتمديدات الميكانيكية في القبو حيث تم تحديد نقطة بداية المسار من مدخل الطابق من جهة الدرج وفي كل نقطة ضمن المسار أخذنا لقطات للتمديدات من عدة اتجاهات، وذلك للإحاطة بها من كل الاتجاهات حتى نحصل على أدق ما يمكن من التفاصيل ولتكثيف النقاط المرجعية. كما تم أخذ لقطة عامة شاملة قبل الانتقال لنقطة أخرى لنكرر نفس الخطوات.

نتيجة هذه الجولة، بلغ عدد الصور الملتقطة 565 صورة، استُخدم منها عملياً 339 صورة فقط، وهذه نماذج من الصور الملتقطة:



الشكل 1 صور من الموقع من الجولة الأولى

- أُدخلت هذه الصور إلى برنامج 3D Zypher للمعالجة وإنتاج السحابة النقطية في هذه المنطقة، وهذه بعض اللقطات من

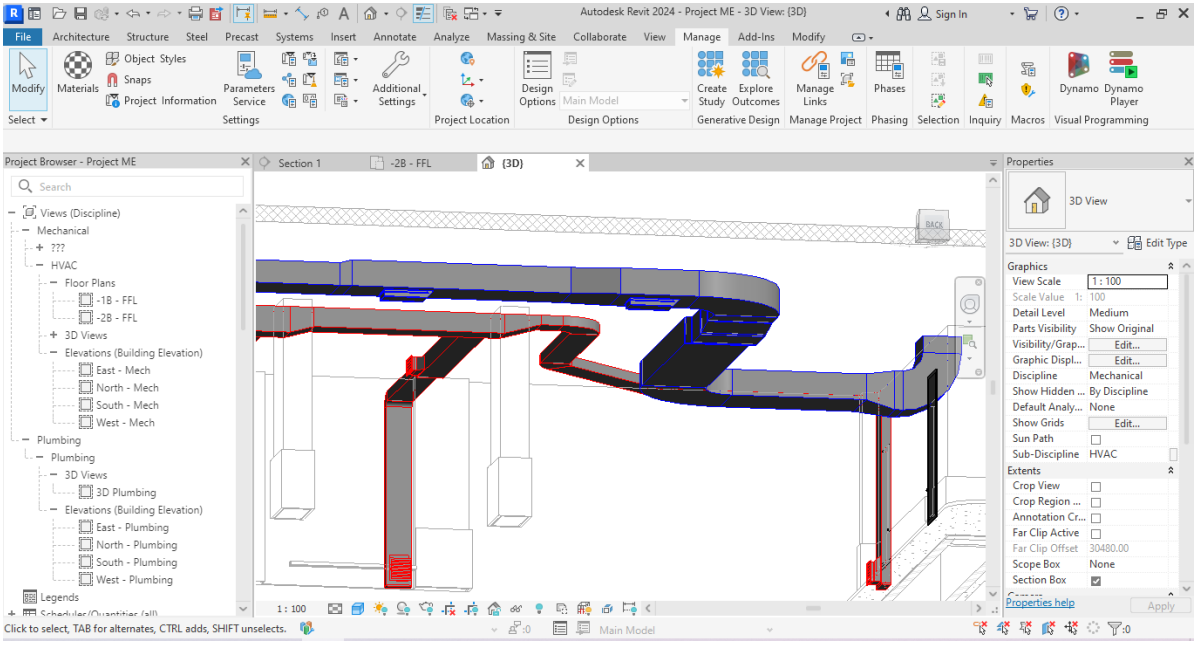


*الشكل 2 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الأولى –1*

*الشكل 3 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الأولى –2*

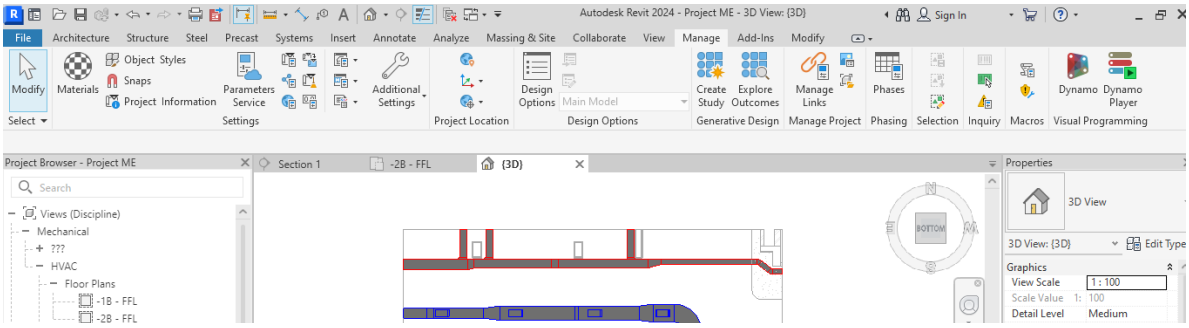
السحابة الناتجة عن أول جولة:

- نلاحظ من صور السحابة النقطية أن الأبعاد على محاور X,Y كانت واضحة ولكن الارتفاعات على المحور Z لم تكن واضحة تماما في كل الأماكن، لذا عند نمذجة هذه الغمامة تم افتراض الارتفاعات تقريبية.
- تم تصدير ملف السحابة النقطية الناتج عن عملية المسح في برنامج 3D Zypher بصيغة rcp، ثم استيراده إلى برنامج Autodesk Revit لنتمكن من رسم مجاري الهواء الموجودة لدينا في القبو والتي تمثلت بنقاط كثيفة في ملف السحابة

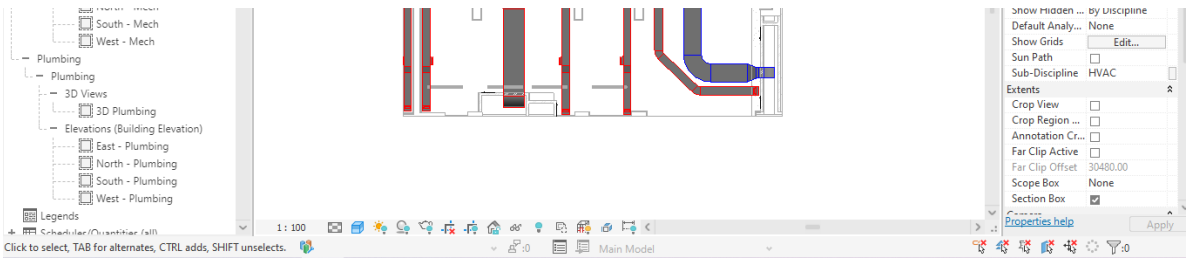



النقطية.

الشكل 4 صورة من النموذج على برنامج Revit-1




الشكل 5 صورة من النموذج على برنامج Revit-2



الجولة الثانية في تاريخ 3 أيار 2024

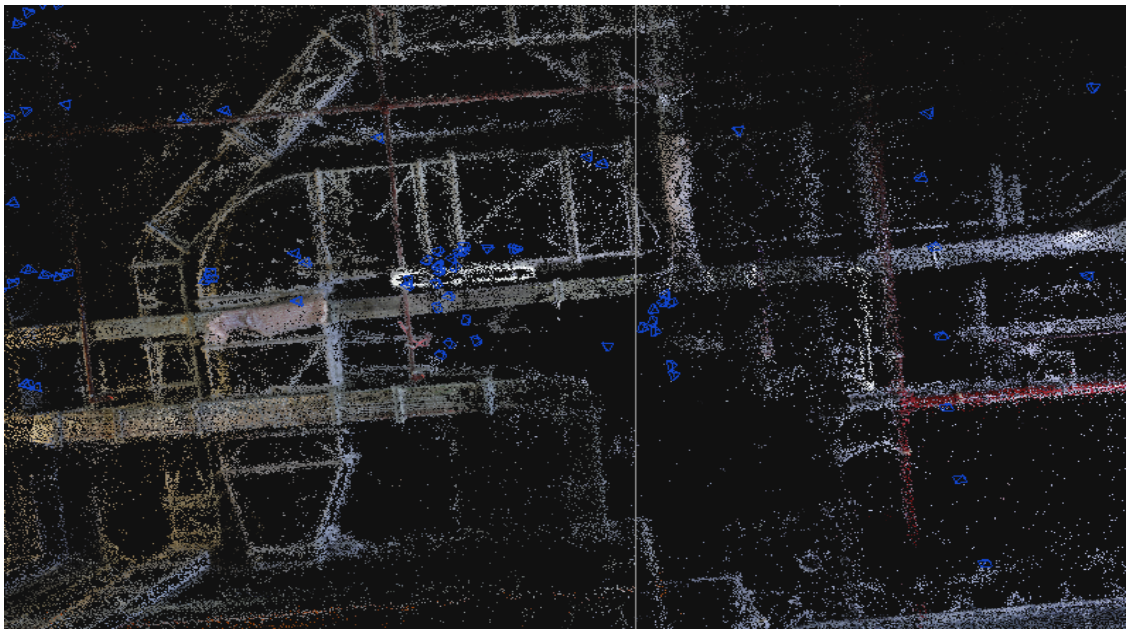
- في هذه الجولة تم ترميم الفاقد من الصور الذي كنا نحتاجه نتيجة عدم وضوح الصورة في الجولة الماضية أو اهتزاز الكاميرا أثناء التصوير أو انعكاس الضوء.
- ولترميم الصور يجب تتبع المسار السابق لتحديد مكان الصور المراد التقاطها بدقة وتم إعادة التقاط بعض الصور الشاملة للنقاط على المسار وذلك للحصول على غمامة نقطية أقرب لما نراه على الواقع.

بلغ عدد الصور المُلتقطة في هذه الجولة 312 صورة، تم الاستفادة عملياً من 110 صورة فقط:

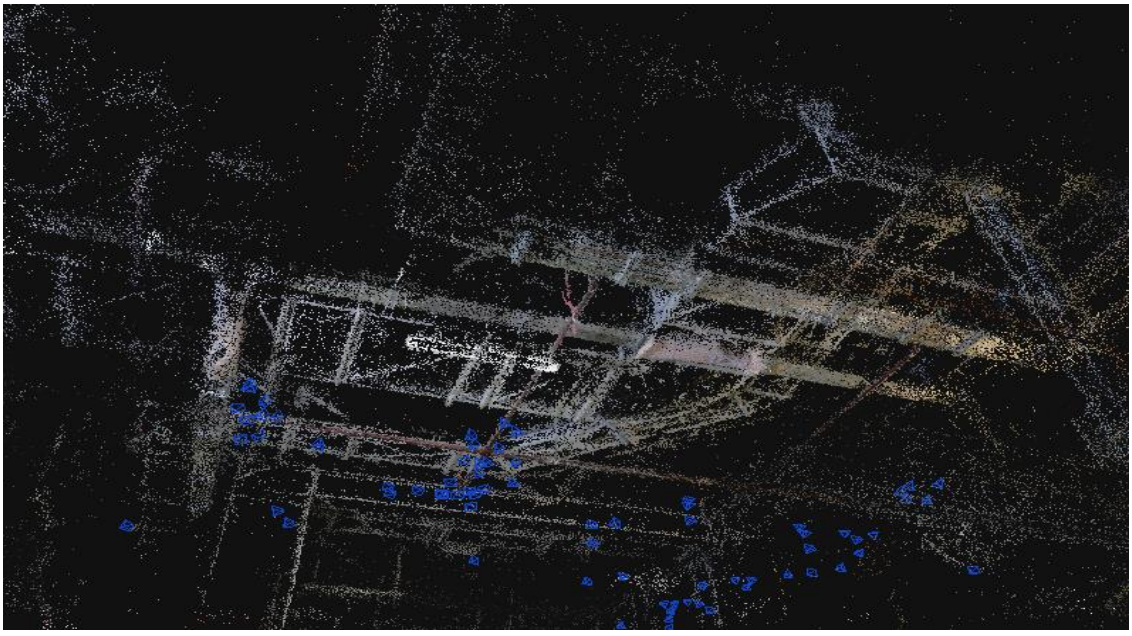
*الشكل 6 صور من الموقع من الجولة الثانية*

تم ترميم النقص في الصور المعالجة من خلال إضافة بعض الصور الملتقطة في الجولة الثانية وكانت النتيجة كالتالي:

في هذه الجولة توضحت لنا الأبعاد والارتفاعات بشكل ادق من الجولة الأولى خصوصا على محور Z وأصبح النموذج أدق وأقرب للواقع

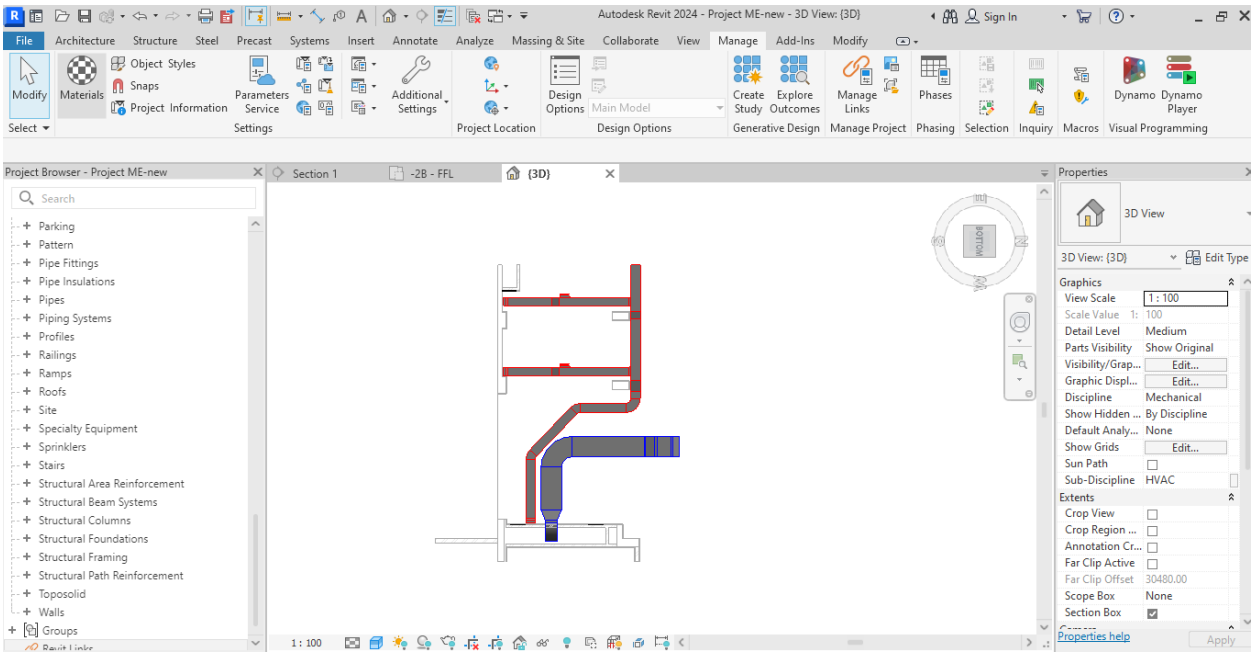


*الشكل 8 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثانية-1*

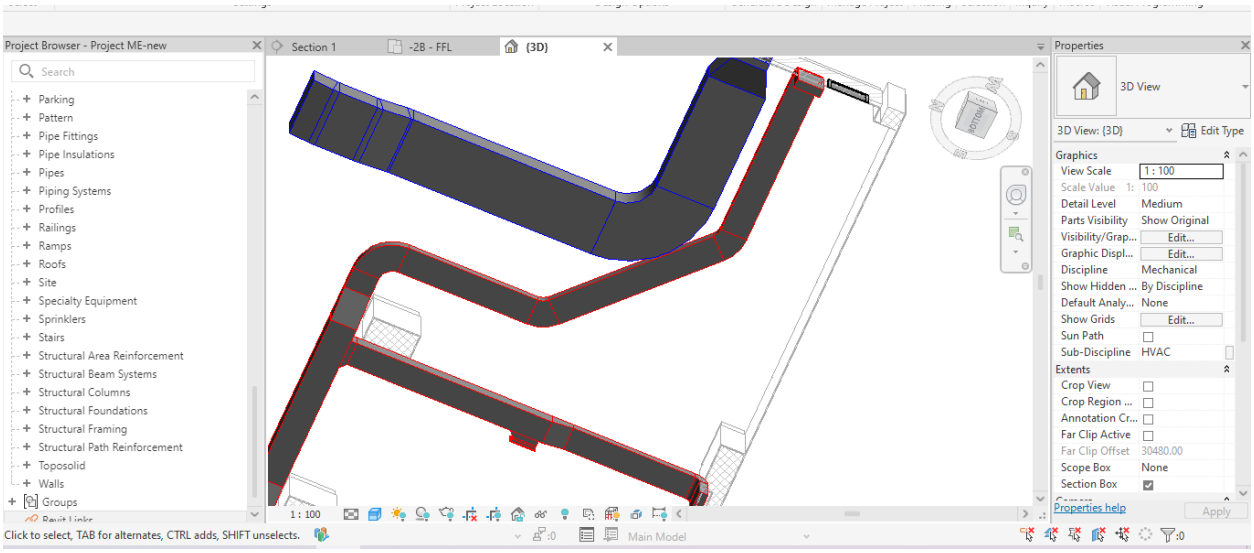


*الشكل 7 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثانية-2*

المنفذ.




الشكل 9 صورة من النموذج على برنامج Revit-3




وهنا نستعرض بعض الصور من النموذج:



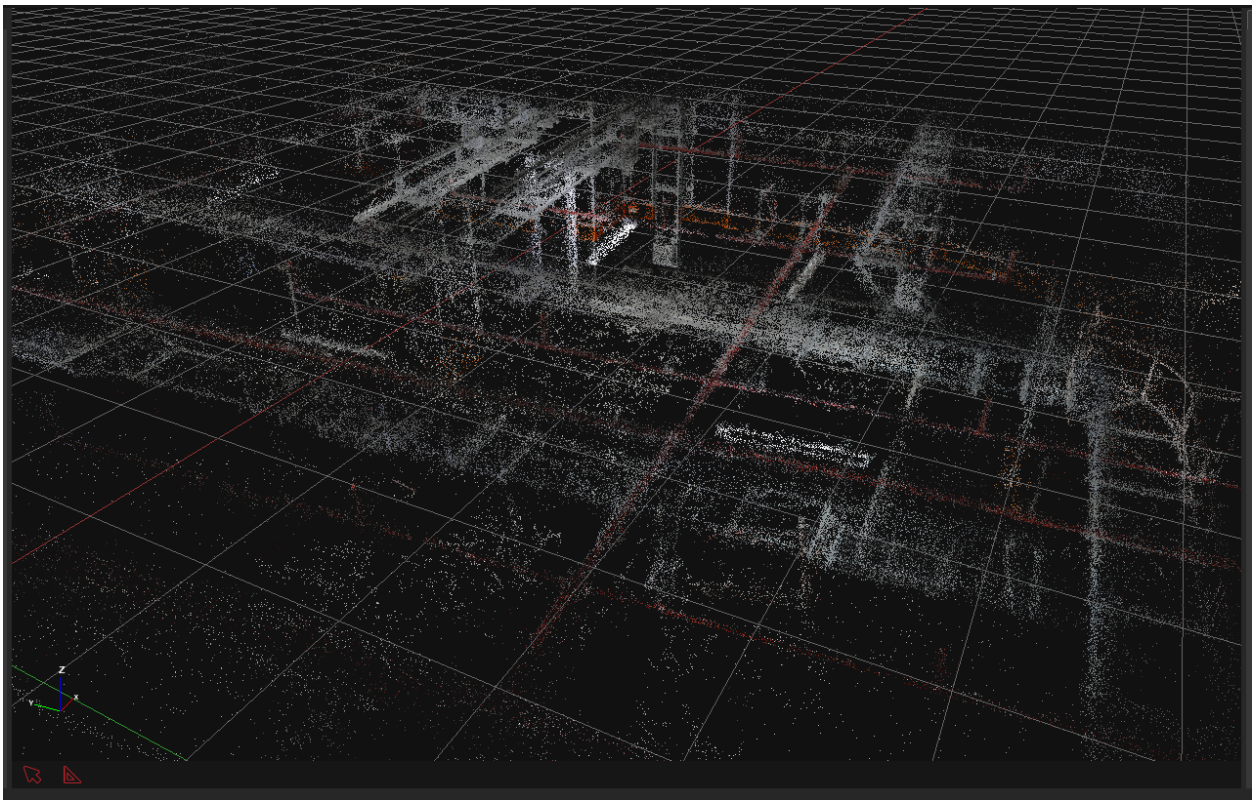
الشكل 10 صورة من النموذج على برنامج Revit-4

الجولة الثالثة بتاريخ 4 حزيران 2024

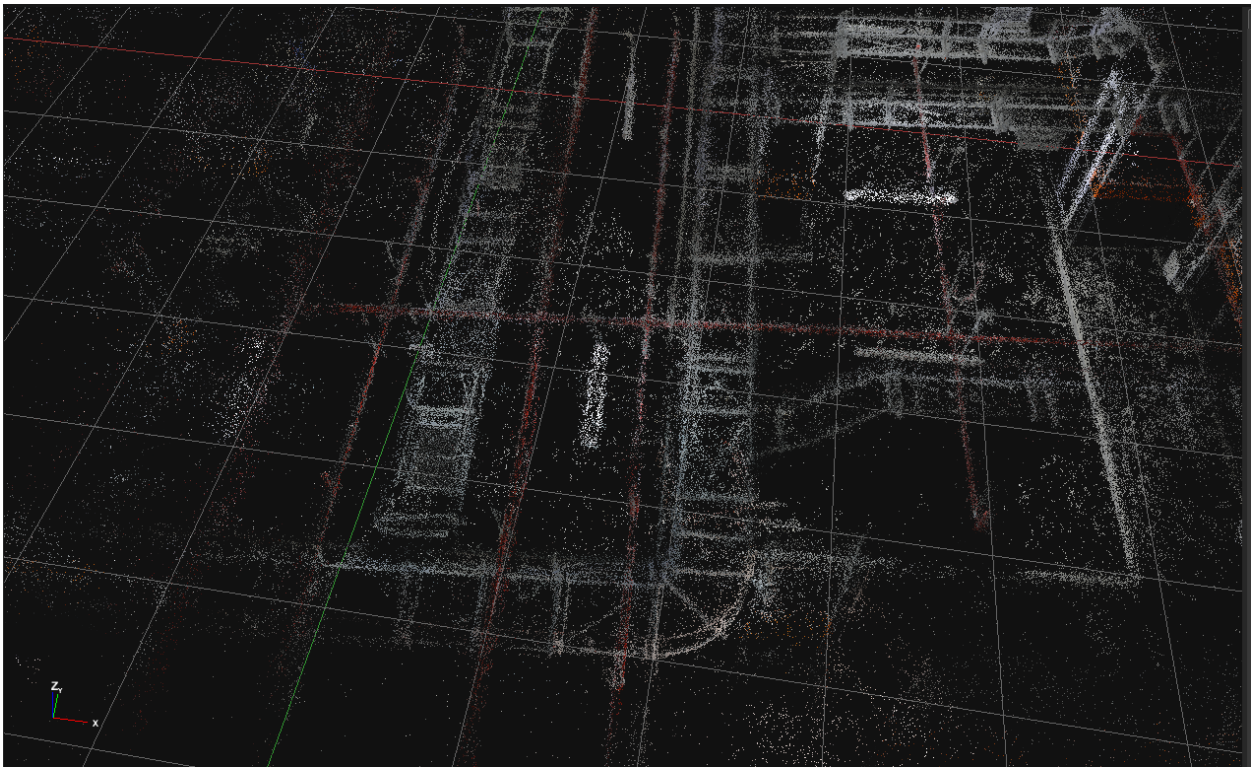
- تم تصوير الجزء الخلفي من الطابق بنفس خطوات التصوير السابقة على مجاري هواء التزويد والسحب، مع التركيز على الإحاطة بمجاري الهواء بالتصوير من مختلف الاتجاهات للحصول على دقة عالية وأبعاد واضحة.

*الشكل 11 صور من الموقع من الجولة الثالثة*

- وصل عدد الصور 466، تم الاستفادة عملياً من 253 صورة فقط، حيث تم دمج الصور الملتقطة في هذه الجولة بالنموذج السابق من خلال برنامج 3D Zypher، كانت السحابة النقطية بالشكل التالي:

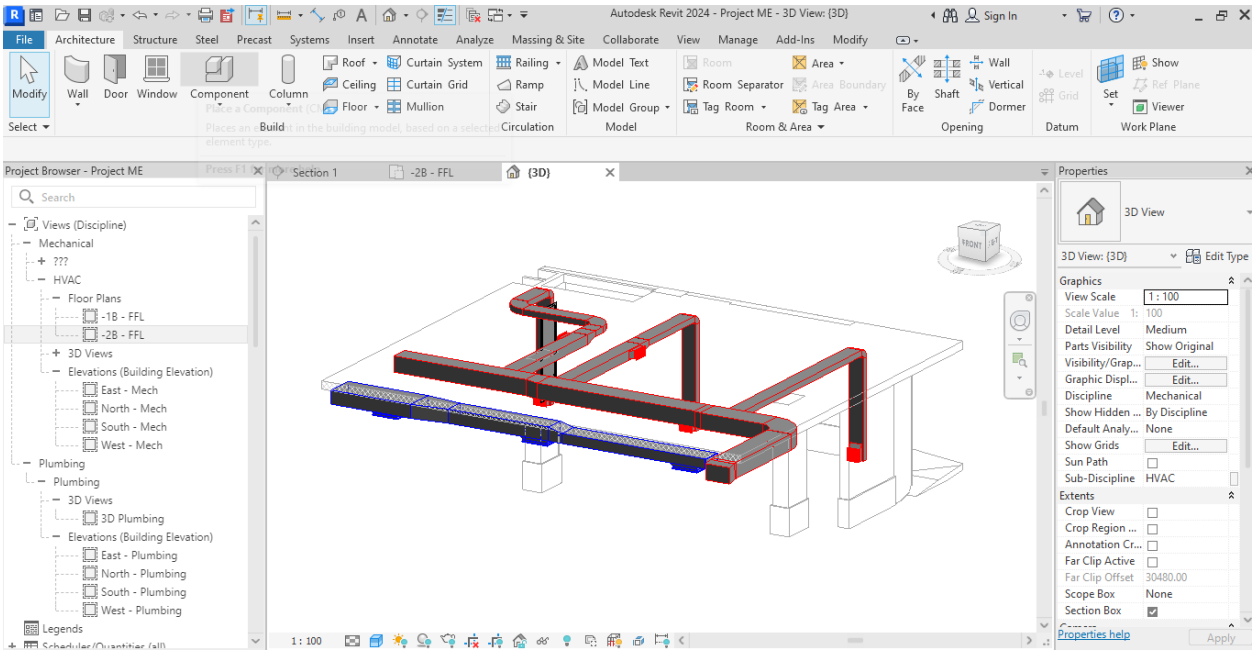


*الشكل 12 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثالثة–1*

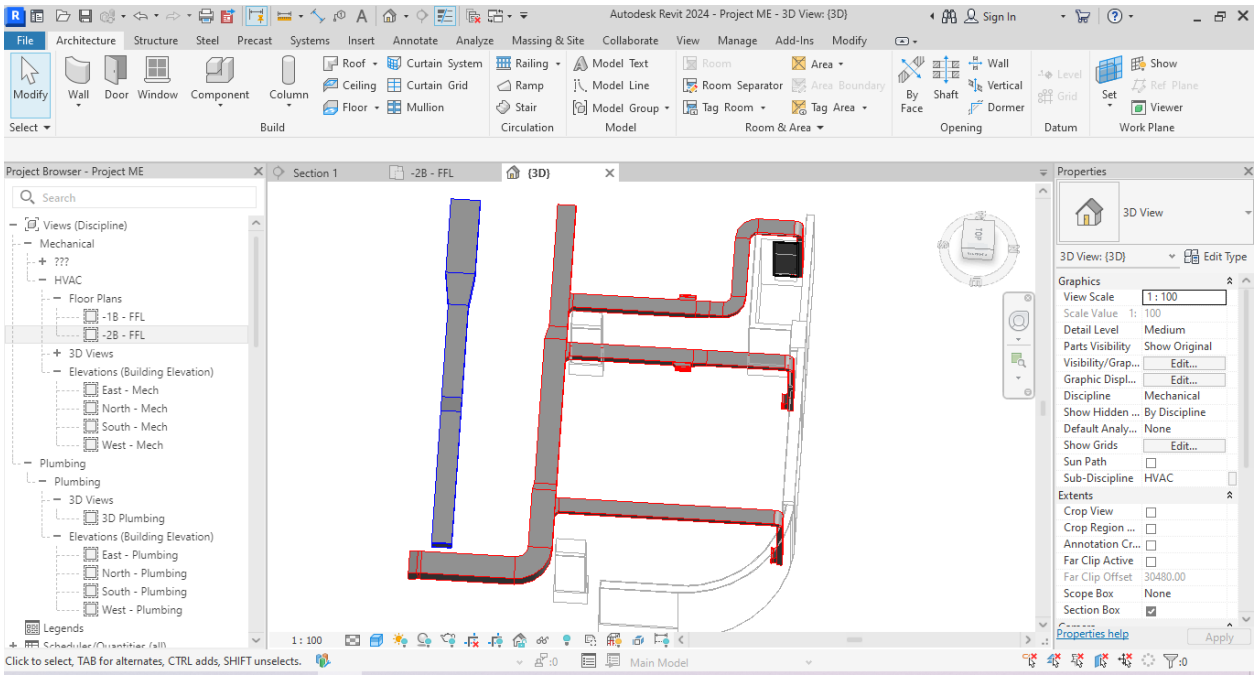


*لشكل 13 صورة الغمامة الناتجة من الجولة الثالثة-2*

- بعد إدخال ملف السحابة على برنامج Autodesk Revit لإنتاج النموذج ثلاثي الأبعاد حصلنا على النتيجة التالية:




*الشكل 14 صورة من النموذج على برنامج Revit-5*

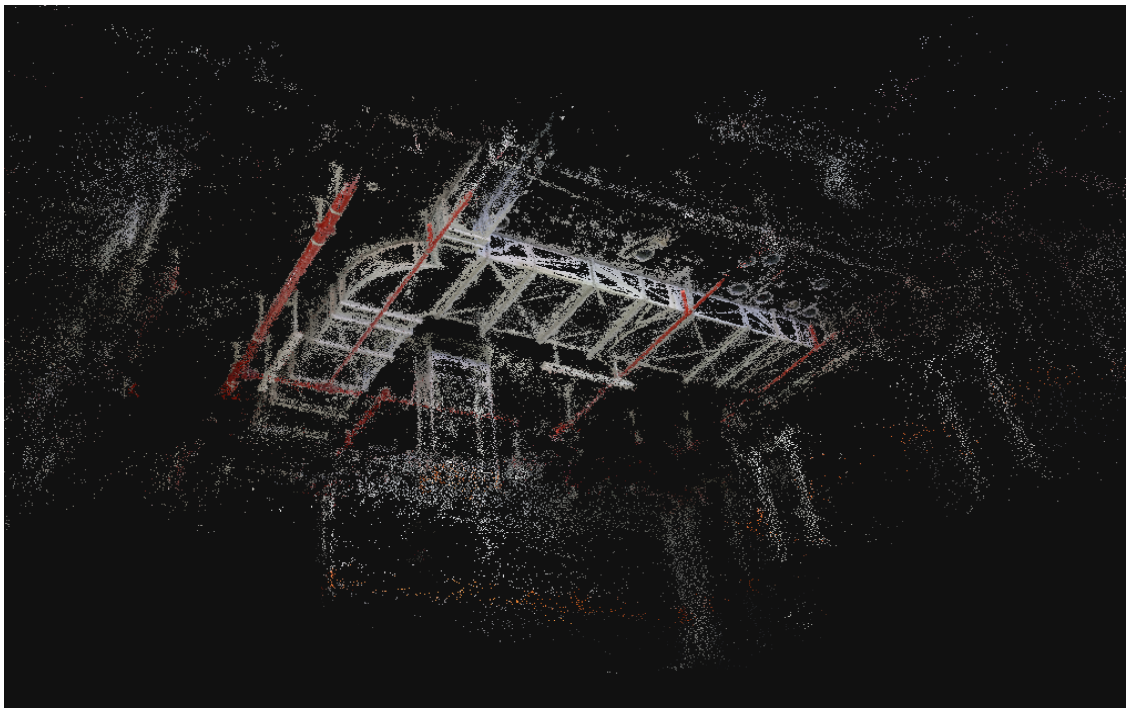



الشكل 15 صورة من النموذج على برنامج Revit-6

الجولة الرابعة بتاريخ 11 حزيران 2024

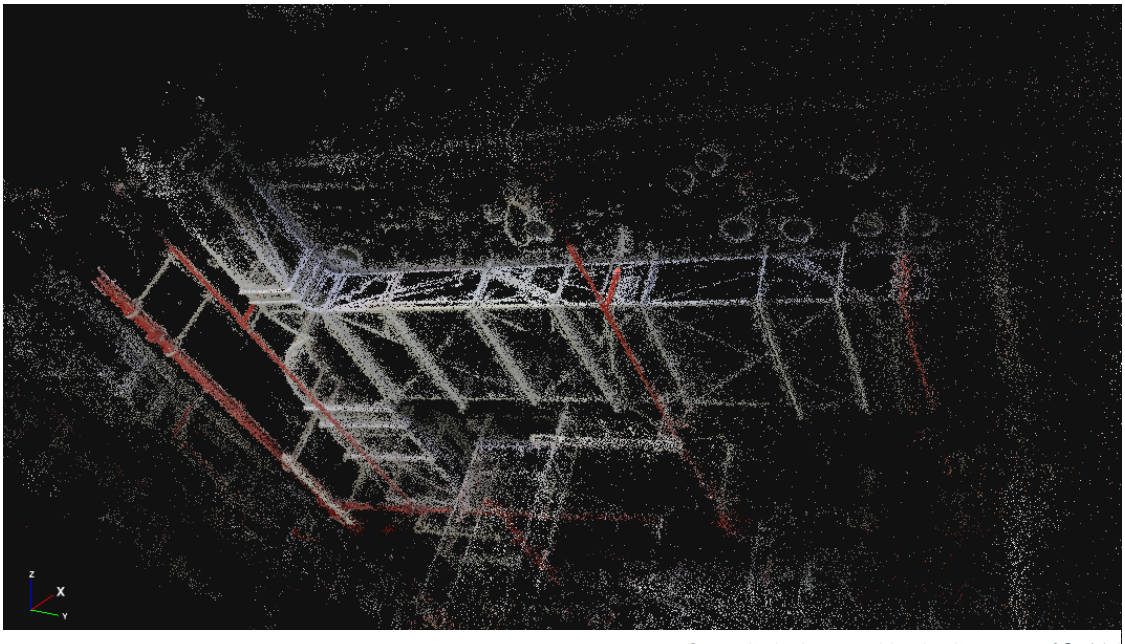
- تم فيها إجراء مسح تصويري لمجري هواء السحب الرئيسي الذي يبدأ من منور السحب في منتصف الطابق ثم يتفرع في اتجاهين لتغطية أماكن ركن السيارات، بالإضافة إلى مجرى تزويد الهواء المار في منتصف الطابق.

*الشكل 16 صور من الموقع من الجولة الرابعة*

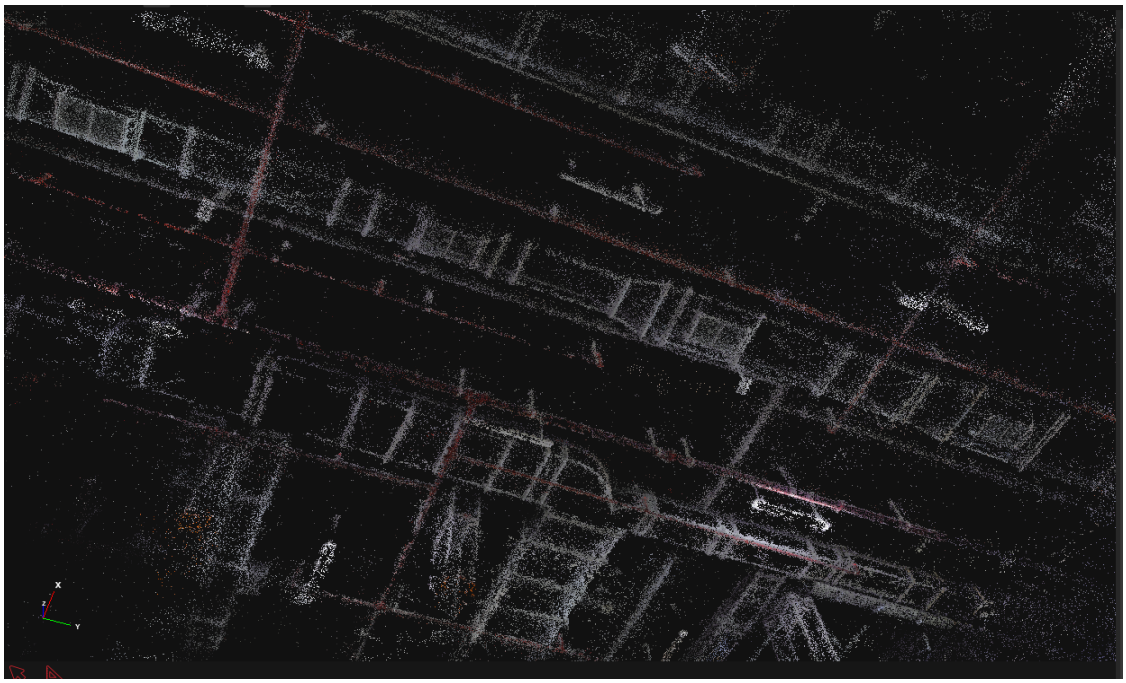
- 

*الشكل 17 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة-1*

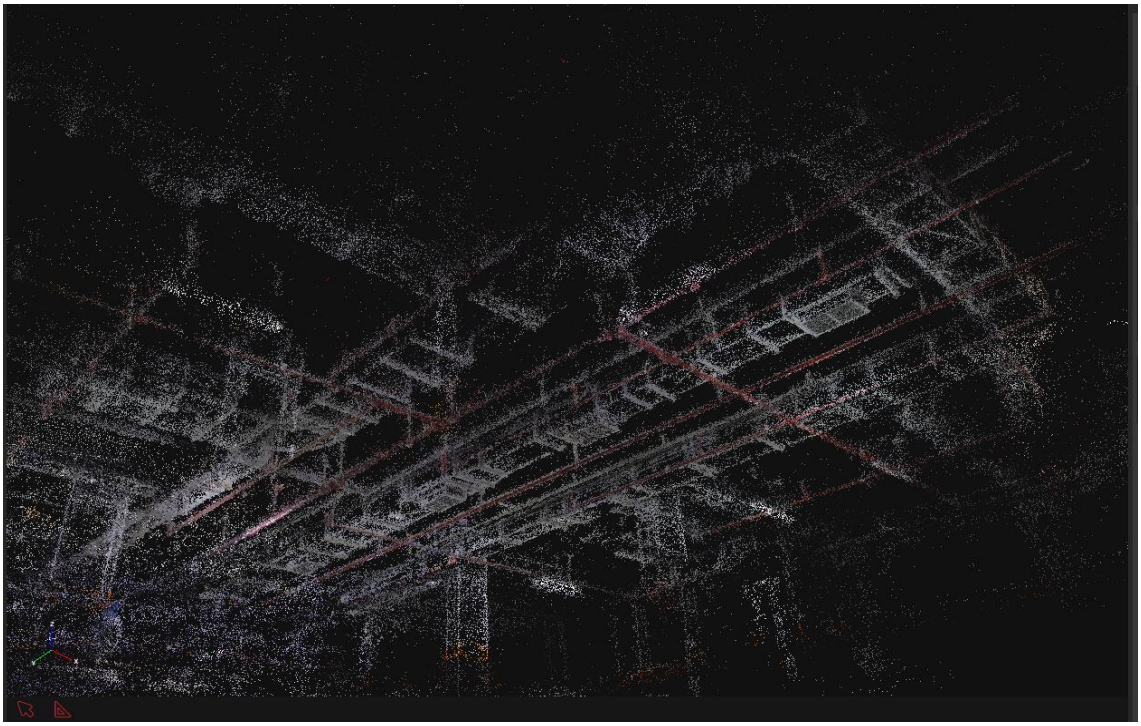
في هذه الجولة على الشكل التالي:




*الشكل 18 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة-2*

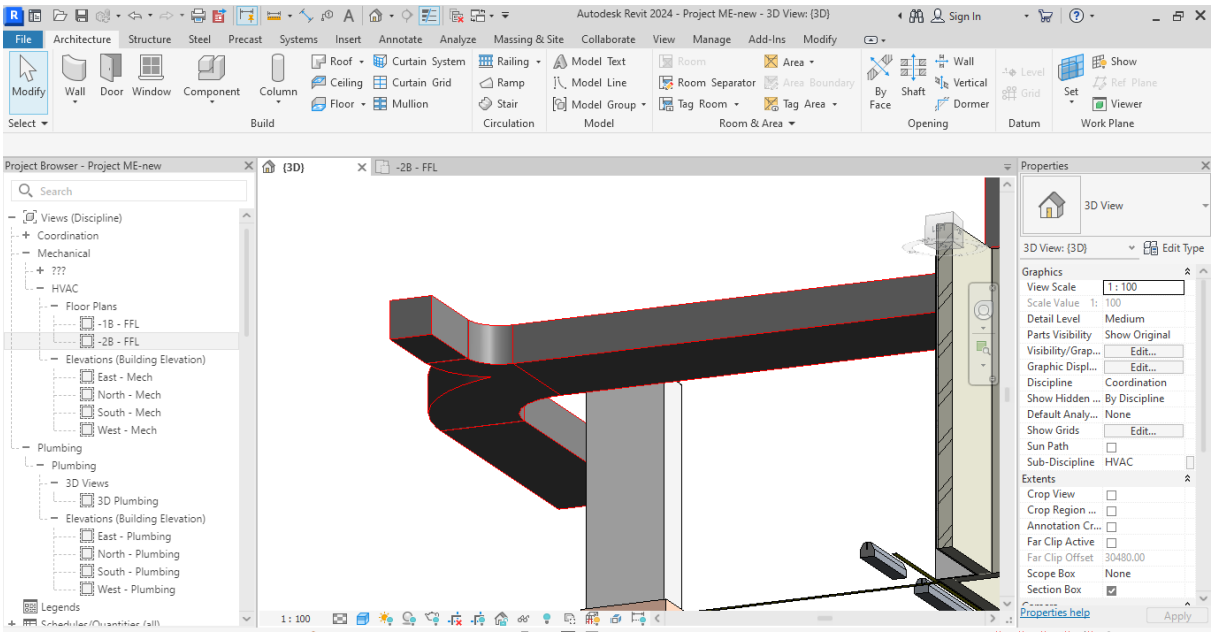


الشكل 19 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة-3



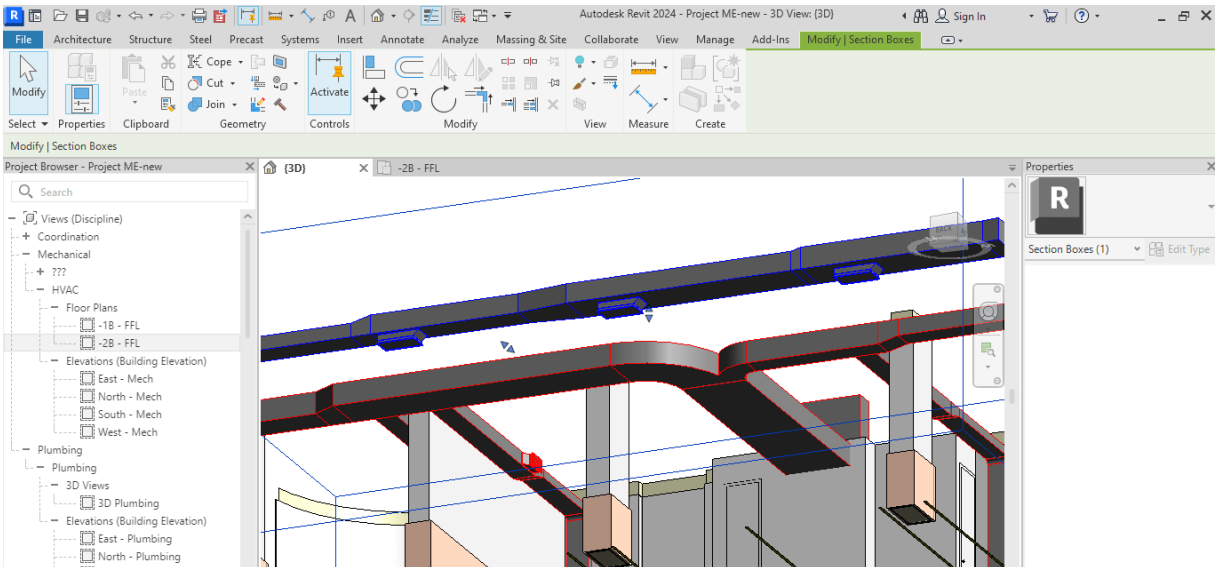
الشكل 20 صورة من السحابة الناتجة عن الجولة الرابعة-4

- عن طريق استيراد هذه السحابة إلى برنامج Autodesk Revit بصيغة rcp، كانت الأبعاد واضحة ودقيقة نتيجة تكثيف

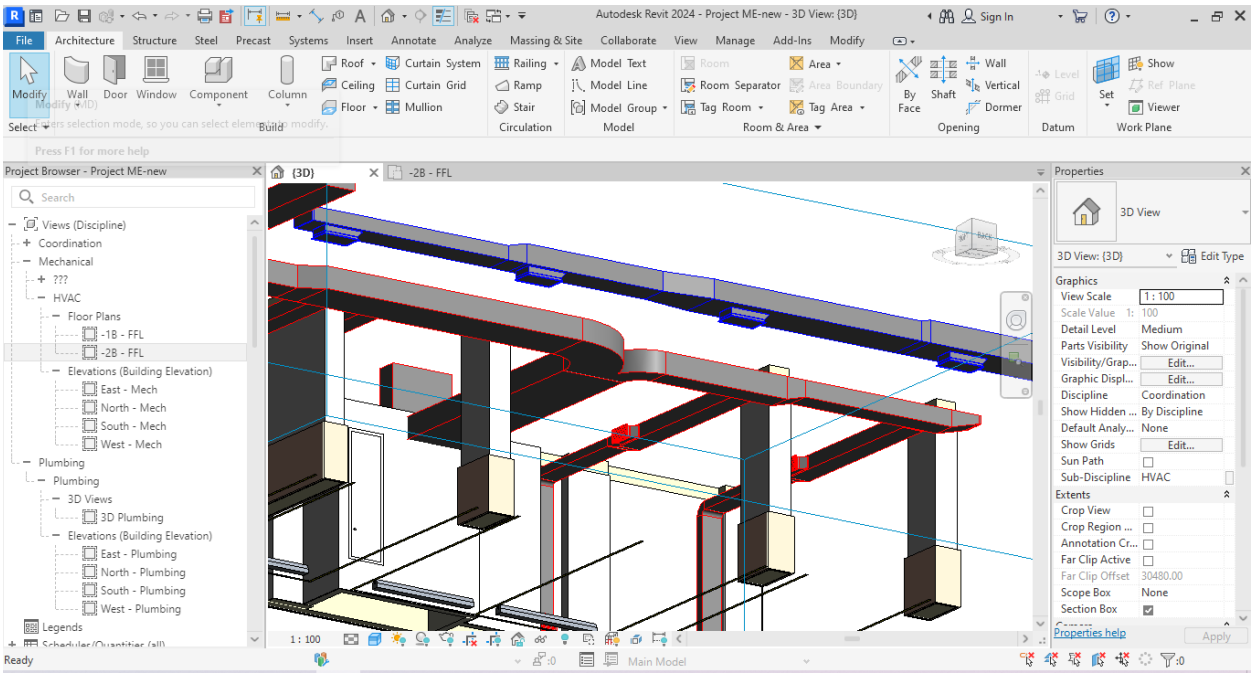



الشكل 21 صورة من النموذج على برنامج Revit-7

الصور وتطور طريقة التصوير لتصبح أكثر دقة وفعالية، وهذه الصور توضح النموذج الناتج:




الشكل 22 صورة من النموذج على برنامج Revit-8




الشكل 23 صورة من النموذج على برنامج Revit-9

كما ذكر سابقاً فإنه لم يتم استخدام جميع الصور الملتقطة قد يكون بعضها غير ذي نفع لعدة أسباب وهذه بعض الصور أمثلة على ذلك:

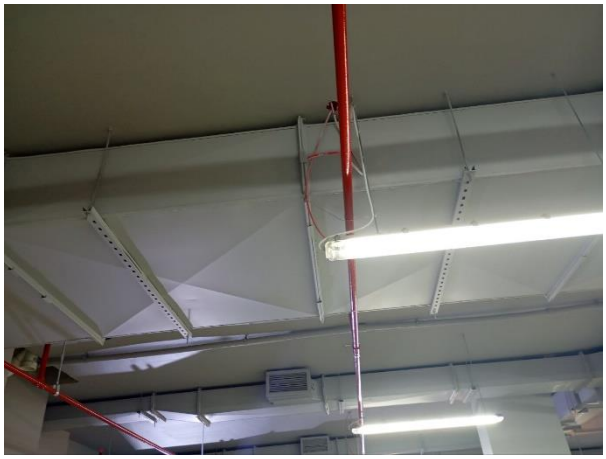
- هنا تم إهمال هذه الصور بسبب عدم وضوحها، انعكاس الضوء سبب وجود ظلال قد يعتبرها البرنامج عنصر كأي عنصر آخر، بالإضافة لاهتزاز اليد أحيانا أثناء التصوير.

الشكل 24 صور تم إهمالها -1

- وفي هذا المثال أيضا نجد أننا أهملنا بعض الصور بسبب الاهتزاز أثناء التصوير بالإضافة إلى قلة الإضاءة المباشرة على الجسم المراد تصويره تجعل حوافه غير واضحة.

*الشكل 25 صور تم إهمالها 2*

- هذا المثال يوضح إهمال الصور بسبب ظروف الإنارة غير المناسبة، حيث أن انعكاس الضوء على عدسة الكاميرا يسبب تعتيم في الأجزاء الأخرى مما يقلل من وضوح حوافها وبالتالي عدم ظهور نموذج واضح من السحابة النقطية.



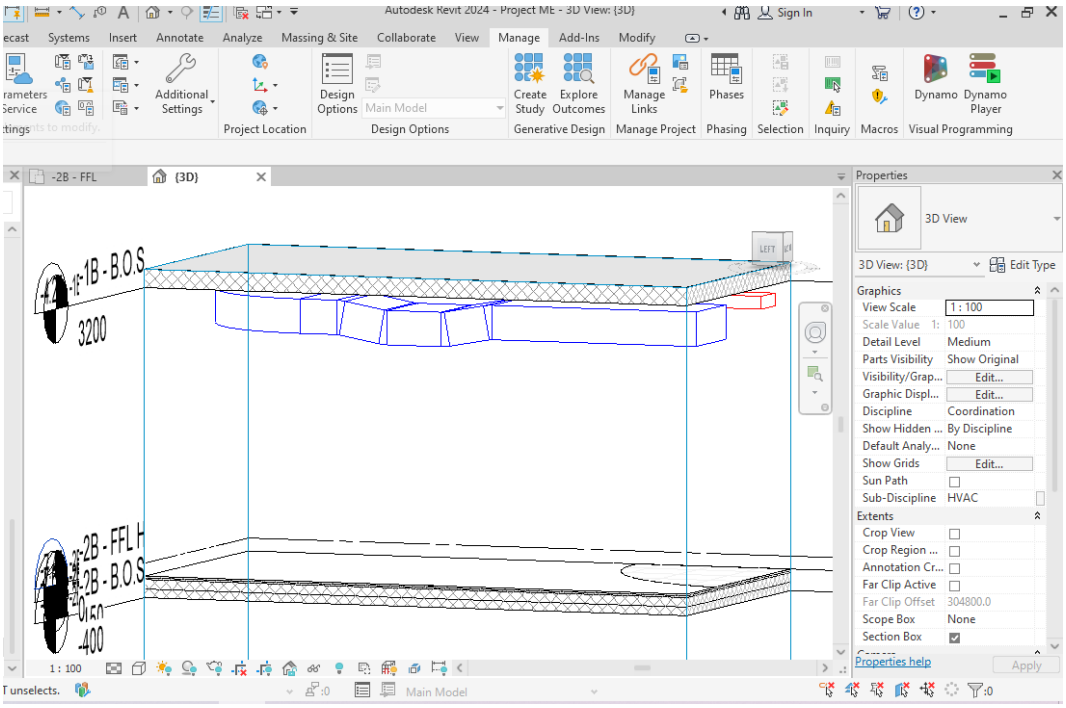
*الشكل 26صور تم إهمالها 3-*

**صيانة الأنظمة الميكانيكية من خلال تكامل السحابة النقطية مع أنظمة ال BIM**

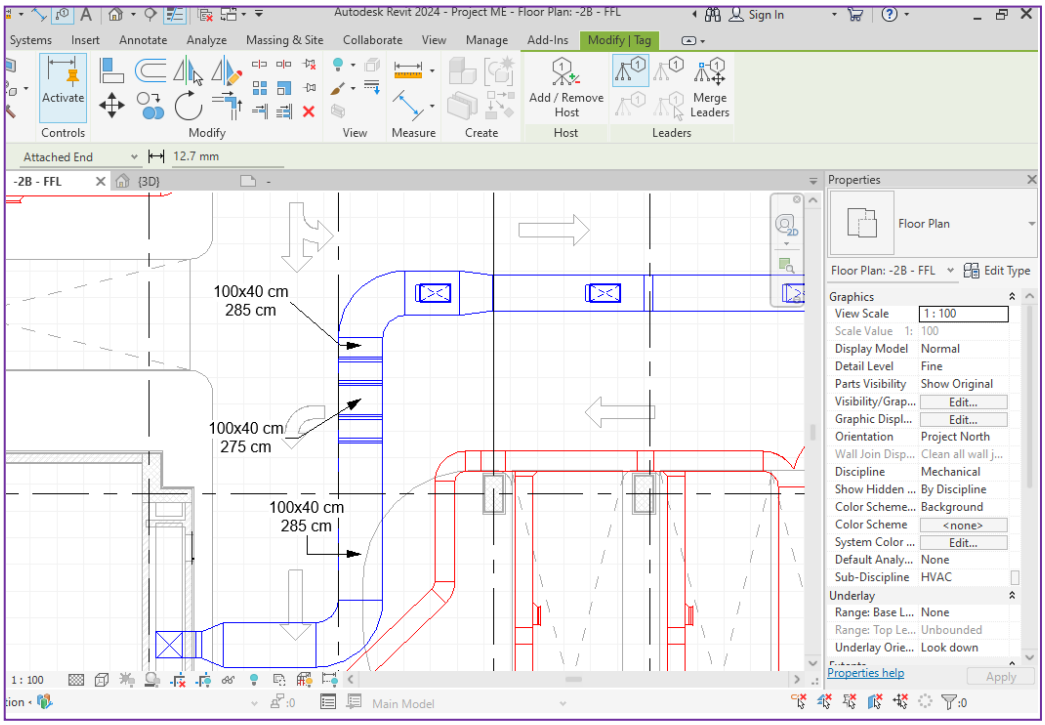
حالما يتشكل لدينا النموذج ثلاثي الأبعاد يصبح بإمكاننا تحديد الأماكن المتضررة من الأجزاء الميكانيكية الموجودة ضمن النموذج، كما يمكننا التنبؤ بالأماكن التي ستحتاج للصيانة بعد مدة من الزمن واقتراح حلول الصيانة المناسبة لها

وكمثال على ذلك:

- في هذه الحالة اضطررنا عند التنفيذ للتنسيق بين مجاري الهواء وحاملة الكابلات إلى تغيير منسوب مجرى الهواء في حيز معين ثم عدنا إلى المنسوب الأول. هذه الوصلة تكون عرضة للأعطال على المدى الطويل، وتختلف طرق صيانتها باختلاف المقاول وطريقة عمله والمواد المتوافرة في الأسواق. لذا يمكننا من النموذج ثلاثي الأبعاد الناتج من الغمامة تحديد موقع هذه الوصلة تماما وأبعادها وارتفاعاتها وتجريب عدة طرق للصيانة ثم عرضها على المنفذ لتحديد الأنسب والأفضل منها. وذلك يتوضح في الصور التالية:

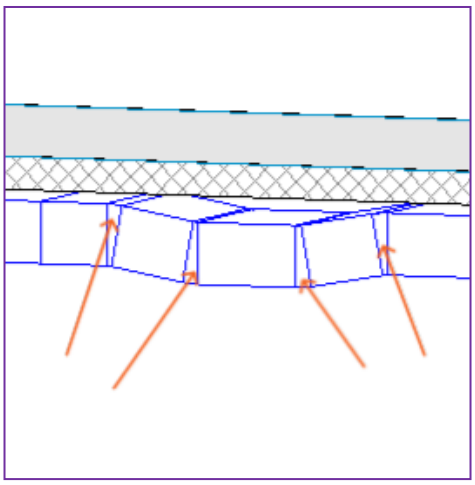



*الشكل 27 صورة من النموذج لموقع الوصلة المنحنية*




الشكل 28 صورة من المسقط لموقع الوصلة المنحنية

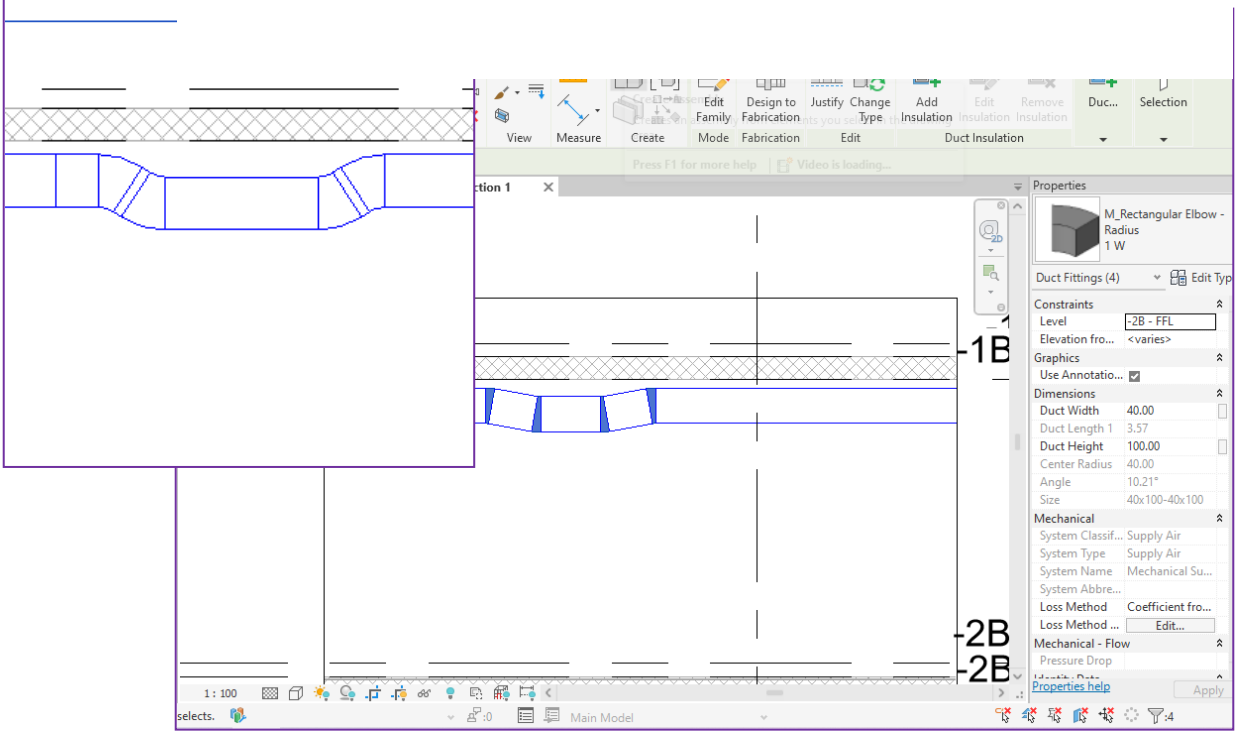
من خلال التدقيق بالنموذج، قد يكون العطل في الوصلة المنحنية فقط وهنا نقوم باقتراح أعادة صناعتها بنفس الأبعاد وزاوية الميلان ثم يتم إعادة لحامها مكان الوصلات القديمة.



الشكل 29صورة من مقطعة للوصلة المنحنية



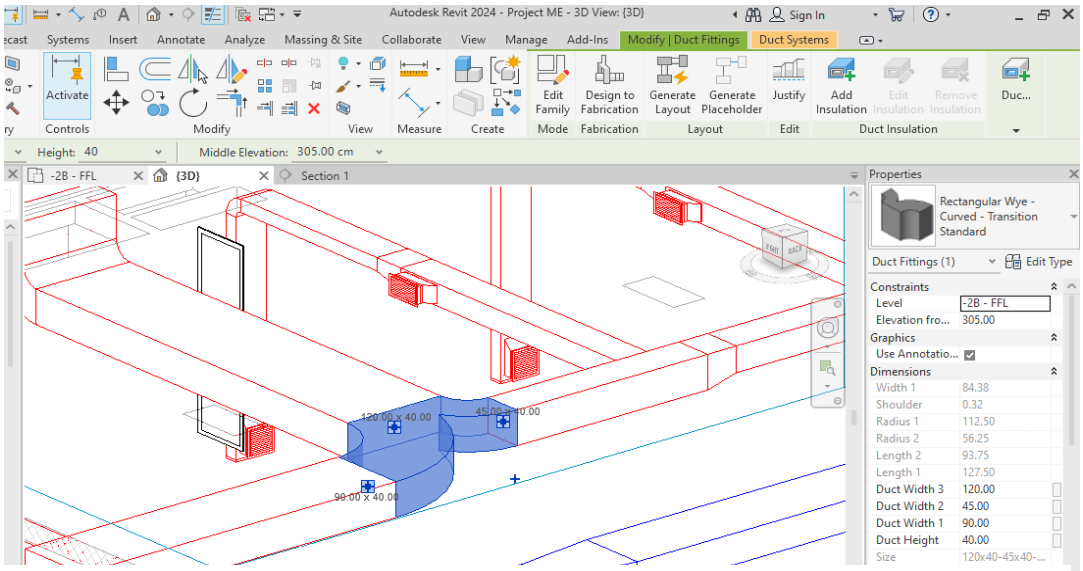
الشكل 30 إشارة إلى الوصلة ذات العطل المحتمل



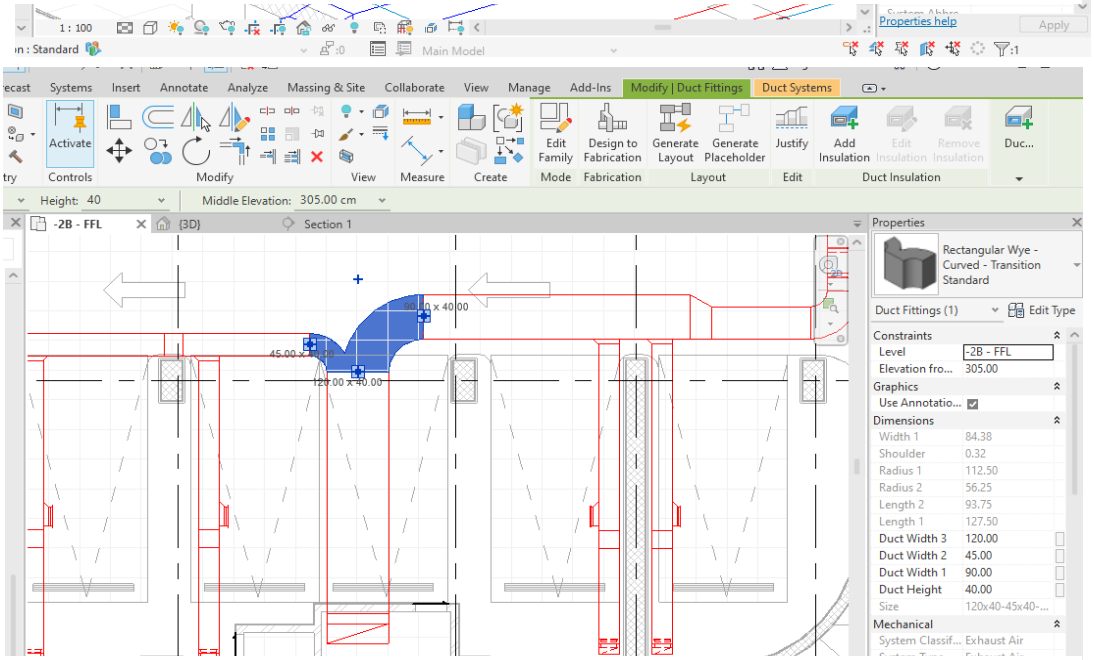

الشكل 31مقترح حل للوصلة ذات العطل المحتمل

أو نقترح تخفيض منسوب القطعة المتوسطة ووصلها من الطرفين بأكواع بزاوية 30 أو 45.

- هناك حالة أخرى يمكن أن يحصل فيها عطل او تلف: قد يحدث تلف في منطقة الوصل هذه نتيجة سرعة جريان الهواء والصدمات الهوائية التي يمكن أن تنتج عن التوقف المفاجئ للنظام وذلك على المدى الطويل.



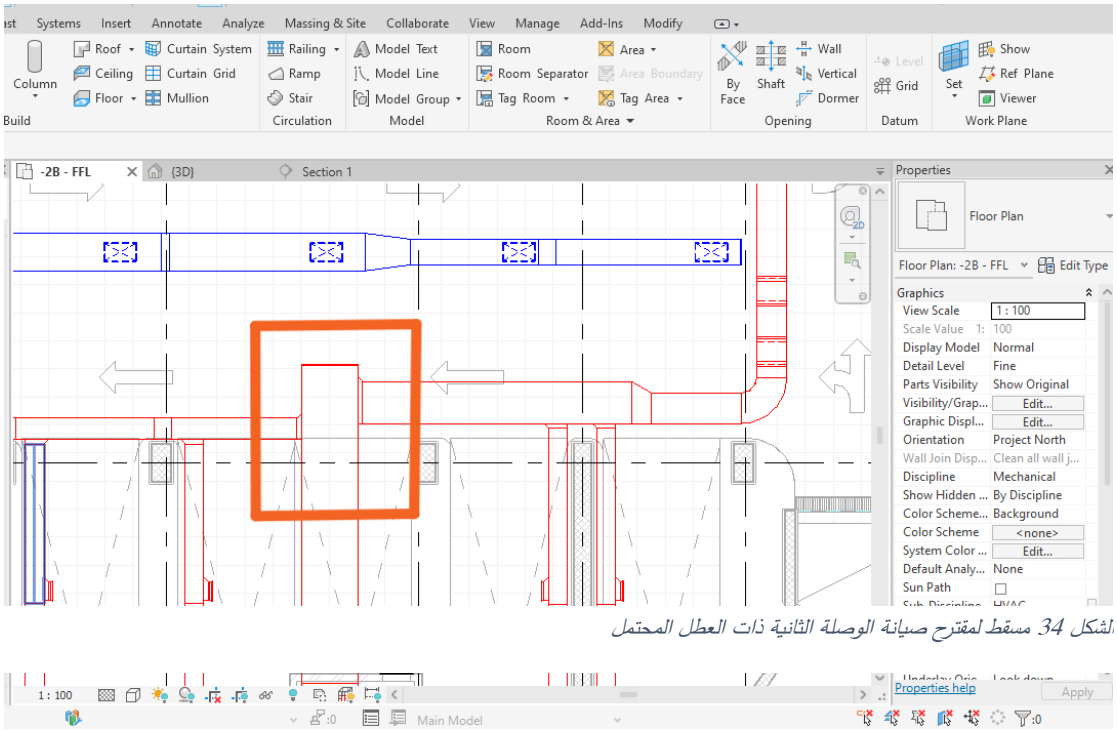

الشكل 32 منظور للوصلة الثانية ذات العطل المحتمل



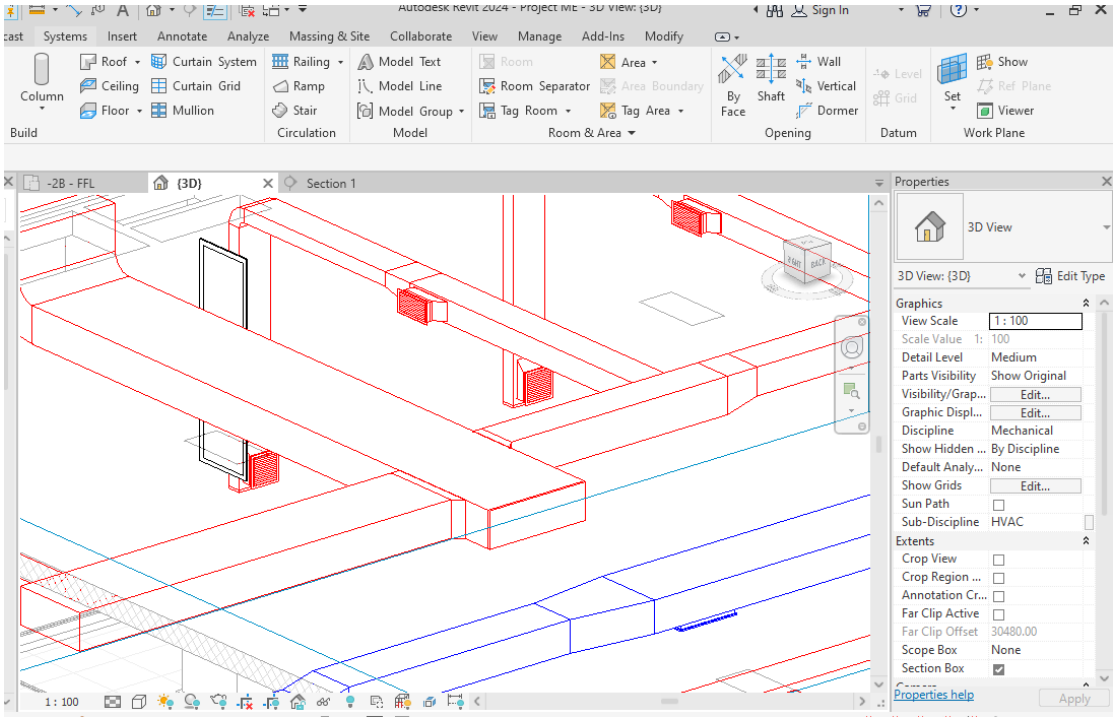

الشكل 33 مسقط للوصلة الثانية ذات العطل المحتمل

يمكن أن نقترح في هذه الحالة إما تصنيع قطعة مماثلة ولكن يجب العناية عند تركيبها بالعزل الجيد والتوصيل المتين مع مجاري الهواء المتفرعة منها.

أو نقترح أن نمد مجرى الهواء الرئيسي للأمام بحيث تتصل به مجاري الهواء المتفرعة منه بشكل عمودي عليه كما في الشكل التالي.




*الشكل 34 مسقط لمقترح صيانة الوصلة الثانية ذات العطل المحتمل*




الشكل 35 منظور لمقترح صيانة الوصلة الثانية ذات العطل المحتمل

# 4. الفصل الرابع: النتائج والتوصيات

**النتائج:**

1. النموذج الناتج عن الدراسة من خلال تكامل السحابة النقطية مع تقنيات الـ BIM جاء قريبا جدا إلى الواقع، ويمكن الحصول على نتائج أكثر دقة في حال توفر ظروف مناسبة من حيث الأماكن والمجسمات التي تكون فيها السطوح غير ملساء والإضاءة والعوامل الجوية، بالإضافة للتجهيزات المتطورة.
2. إن تجريب عدة حلول للصيانة على النموذج الناتج لدينا يوفر الوقت والجهد الذي قد يضيع في تطبيق حلول على أرض الواقع قد تكون غير مناسبة للمشكلة أو أن أدواتها غير متوفرة.
3. إن التعامل مع أجهزة المسح والمعالجة تتطلب وجود عدد كافي من الخبراء في هذا المجال للوصول إلى أفضل النتائج وبأسرع وقت ممكن وهذا لم يتوفر.

**التوصيات:**

1- توجيه العمل نحو اعتماد منهج التكامل بين تقنية السحابة النقطية وبرمجيات الـ BIM في حالات التوثيق والصيانة وذلك لما تحققه من جودة العمل واختصار الوقت.

2- التأكيد على ضرورة تأمين أجهزة التوثيق والنمذجة الحديثة وتسهيل الحصول عليها واستخدامها.

3- ضرورة توفير التدريب والخبرة التقنية اللازمة للمهندسين والعاملين في مجال التوثيق والصيانة لاستخدام التقنيات الحديثة مثل المسح بالليزر والطائرات المسيّرة بشكل فعال.

4- تعزيز المسح التصويري بالمسح الليزري للحصول على نتائج دقيقة وواضحة خاصة فيما يتعلق بالمنشآت ذات المساحات الكبيرة أو المعقدة والمتداخلة (الأنظمة الميكانيكية نموذجا) والتي تتمتع بظروف إضاءة منخفضة.

# المراجع


1- A Durupt, S. R. (2008). From a 3D point cloud to a real CAD model of mechanical parts, a product knowledge based approach. *Global Design to Gain a Competitive Edge*, 2.

2- DY Lee, J. K. (2023). Collocated Adaptive Control of Underactuated Mechanical Systems. *ieeexplore.ieee.org*, 8.

3- HB Abdallah, J. O. (2020). Three-dimensional point cloud analysis for automatic inspection of complex aeronautical mechanical assemblies. *Journal of Electronic Imaging*, 23.

4- HB Adallah, J. O. (2019). 3D point cloud analysis for automatic inspection of aeronautical mechanical assemblies. *Quality Control by Artificial Vision*, 10.

5- L Liu, S. D. (2014). A method of point cloud stitching based on the mechanical arm and laser. *Advanced Materials Research*, 5.

6- Lintao Huo, Y. L. (2023). Research on product surface quality inspection technology based on 3D point cloud. *Advances in Mechanical Engineering*, 17.

7- M Hegedus, K. G. (2020). Generalized Grasping for Mechanical Grippers for Unknown Objects with Partial Point Cloud Representations. *arXiv preprint* , 8.

8- Mugnai, F. (2021). Laser scanning and point cloud segmentation for contactless geo-mechanical surveying: Conservative restoration in hypogeum environment. *The International Archives of the Photogrammetry*, 7.

9- O Alkhalil, W. D. (2019). Low Cost Automatic Photogrammetry as Data Source for Architectural Information System and BIM. *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies*, 16.

10-T Yun, W. L. (2014). Leaf Model Reconstruction and Mechanical Deformation Based on Laser Point Cloud. *International Journal Bioautomation*, 17.

11-W Shen, H. S. (2006). A point cloud simplification algorithm for mechanical part inspection. *Information Technology for Balanced Manufacturing Systems*, 8.

12-W Yue, Z. S. (2018). Point cloud and visual feature-based tracking method for an augmented reality-aided mechanical assembly system [J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 12.

13-X Guangzhou, R. P. (2016). Point cloud boundary detection in preprocessor of optical-mechanical integrated simulation. *红外与激光工程*, 6.

14-X Liu, B. P. (2024). Predicting the Mechanical Behavior of Additively Manufactured Mechanical Metamaterials Using Point Cloud Representation Learning. *Journal of Computing and information Science Engineering*, 11.

15-Y Wang, S. Z. (2018). Point cloud and visual feature-based tracking method for an augmented reality-aided mechanical assembly system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 12.

16-Zhou, F. (2024). Reconstruction and Update of 3D Model of Mechanical Products Based on 3D Point Cloud Data. *2024 Third International Conference on Distributed …*, 7.