جامعة حماه
كلية الهندسة المدنية
السنة الخامسة
مقرر التصميم بمعونة الحاسب

المحاضرة الأولى نظري

مقدمة إلى نمذجة معلومات البناء BIM

إعداد:

د.م. باسل الحسن م.سناء المزاوي

العام الدراسي 2024-2025

مقدمة

يمثل تاريخ **BIM** رحلة من الابتكار والتقدم التكنولوجي، حيث أصبح اليوم أداة أساسية في صناعة البناء لتحسين التصميم والتخطيط والتنفيذ , حيث شهدت هذه التقنية تطورًا تاريخيًا كبيرًا منذ بداياتها وحتى الوقت الراهن لذلك أصبحت معيارًا أساسيًا في العديد من المشاريع الواقعية الكبيرة .

وأهم المحاور التي سوف نتكلم عنها هي:

1. **التطور التاريخي لتقنية BIM**
2. **تعريف بتقنية BIM**
3. **دلالة اختصار BIM**
4. ***أهم ميزات نظام BIM***
5. ***أبعاد تقنية BIM***
6. ***مراحل تطور تقنية BIM***
7. **البنية الهرمية ضمن BIM**
8. **المقارنة ما بين تقنية CAD وتقنية BIM**
9. **التحديات التي تواجه تقنية BIM**
10. **مستويات نظام *BIM***
11. **مجموعة من المشاريع الهندسية المنفذة باستخدام *BIM***

التطور التاريخي لتقنية BIM

- في البداية كانت الوسيلة الموجودة هي الرسم اليدوي عن طريق اللوحة والقلم والمسطرة و.....ثمَ تطور الأمر إلى أنظمة CAD (Computer Aided Drafting and Design) ثم حدثت الثورة الهائلة وصار هناك BIM وأول من ابتكر تقنية البيم هي شركة GRAPHISOFT عبر برنامجها Archicad حيث قدمت الشركة المبنى الأفتراضي Virtual Building عام 1987.
- هذه التقنية تجمع بين برامج الـ CAD، وبين برامج المحاكاة Simulation، وبرامج التحليل و التصميم في اطار واحد، واليوم هناك العديد من البرامج التي اصبحت على مستوى عال في مجال الBIM، كتلك البرامج المنتجة من قبل Autodesk و Graphisoft.
- تعتمد هذه التقنية على تصميم عناصر المبنى المختلفة لا كأشكال هندسية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد فقط، بل كعناصر لها خصائصها الفيزيائية والميكانيكية والكهربائية، مما يسمح بالتحول السريع بين التصميم والمحاكاة من جهة وبين النتائج الهندسية ومخططات التنفيذ من جهة أخرى؛ وبالتالي فإن هذه التقنية تجمع بين برنامج الأوتوكاد (أي الرسم الحاسوبي، وبين برامج المحاكاة) وبرامج التحليل والتصميم في إطار واحد. وهذا يمنح المهندس سهولة في العمل وسرعة في إتمامه.
- ويمكن استخدام تكنولوجيا BIM في مختلف المجالات الهندسية ، مثل انشاء المباني وناطحات السحاب والمصانع ومحطات المياه ومحطات الصرف ومحطات الكهرباء والطرق ....الخ

تعريف بتقنية BIM

نمذجة معلومات البناء أو اختصارا **BIM** وهي عملية نمذجة وإدارة بيانات المنشأ خلال دورة المنشأ , حيث تعتمد هذه التقنية على إعطاء كل عنصر تفاصيله الخاصة به حيث يكون الموديل عبارة عن منشأ مليء بالتفاصيل المتزامنة مع بعضها البعض .

دلالة اختصار BIM

- **Building**: تعني كل أنواع المباني كالمدارس والمنازل والأبراج والمدن والطرق.
- **Information**: تعني توافر معلومات وبيانات خاصة بنوع المبنى وجميع عناصره المكونة له (كالأبعاد والمواد .....) وليس مجرد مجسم او هيكل.
- **Modeling**: تعني نموذج مرئي للمعلومات وتوصيف حي لخصائص العناصر.

من أهم ميزات نظام BIM

1- التزامن بين البيانات كالمخططات والنموذج والجداول وبالتالي التقليل من احتمالية الأخطاء ضمن العمل.

2- إمكانية العمل على المشروع وادارته من قبل فريق من المهندسين عن بعد.

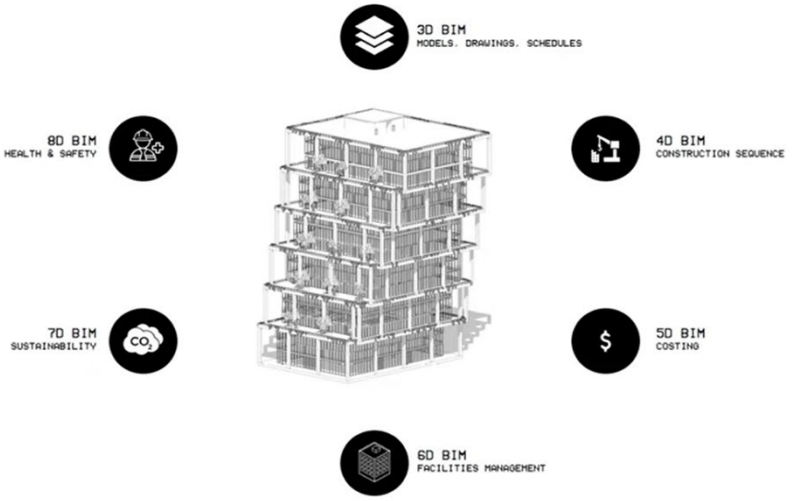
3- اختصار الوقت والكلفة نظرا لتخفيض كمية ومراحل العمل المطلوبة لانجاز المشروع

4- اتاحة الفرصة امام المشاريع المعقدة والضخمة لتصبح أكثر إمكانية للتنفيذ وذلك للدقة الموجودة

5- كشف الأخطاء في التصاميم الهندسية (ويطلق على هذه التقنية Clash Detection)

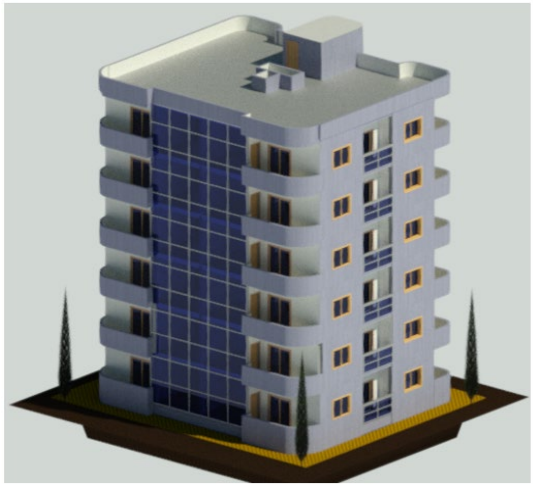
أبعاد تقنية BIM

وتبعـــــاً لهـــــذه التكنولوجيـــــا الحديثـــــة ، ظهـــــرت بعـــــض المصـــــطلحات الهندســـــية وهي التصـــــاميم رباعيـــــة، خماســـــية وسداســـــية الأبعـــــاد وهي تعـــــبر عـــــن أبعـــــاد جديـــــدة يمكـــــن إضـــــافتها لزيـــــادة محـــــاور الدراســـــة المتعلقـــــة بالموضـــــوع المدروس.



من أهم الابعاد التي تُستخدم في برنامج BIM:

الأبعاد الفراغية الأساسية والمستخدمة في علوم الهندسة والفيزياء وتشمل **(الطول – العرض – الارتفاع)** وإلى هنا يطلق على المنشأ **مصطلح ثلاثي الأبعاد 3D**



1- **البعد الرابع 4D :** والذي يُدخل مفهوم الوقت إلى المنشأ حيث مكنت تقنية ال BIM من العمل على الجداول الزمنية لمشاريع المباني بشكل متوافق ومترافق مع عمليات التصميم والبناء بعد ان كانت تتم بشكل منفصل.

2- **البعد الخامس 5D :** و هو التكلفة **(Costing)** حيث تسمح تقنية ال BIM بتسهيل حساب الكميات والأسعار بشكل مباشر في مرحلة التصميم

3- **البعد السادس 6D :** وهو البعد المتعلق بتشغيل وصيانة المبنى **(Operation & Maintenance)** حيث يتم استعمال نموذج التصميم في اعمال التشغيل والصيانة مع امكانية تطبيق التعديلات بشكل سهل و صحيح على النموذج الأساسي

4- **البعد السابع 7D :** وهذا البعد هو الاستدامة (Sustainability) والذي يتحدث عن الأبنية الخضراء والتي سيتم التحدث عنها لاحقًا

مراحل تطور تقنية BIM

1- **المرحلة الأولى :** كان في البداية الاعتماد على الرسم اليدوي بالأدوات التقليدية وهذا يأخذ وقت وجهد كبير في رسم المخططات

2- **المرحلة الثانية :** ظهرت تقنية **CAD** والمقصود بها الرسم بمعونة الحاسب وذلك نتيجة تطور البرمجيات الحاسوبية واشهرها الاوتوكاد

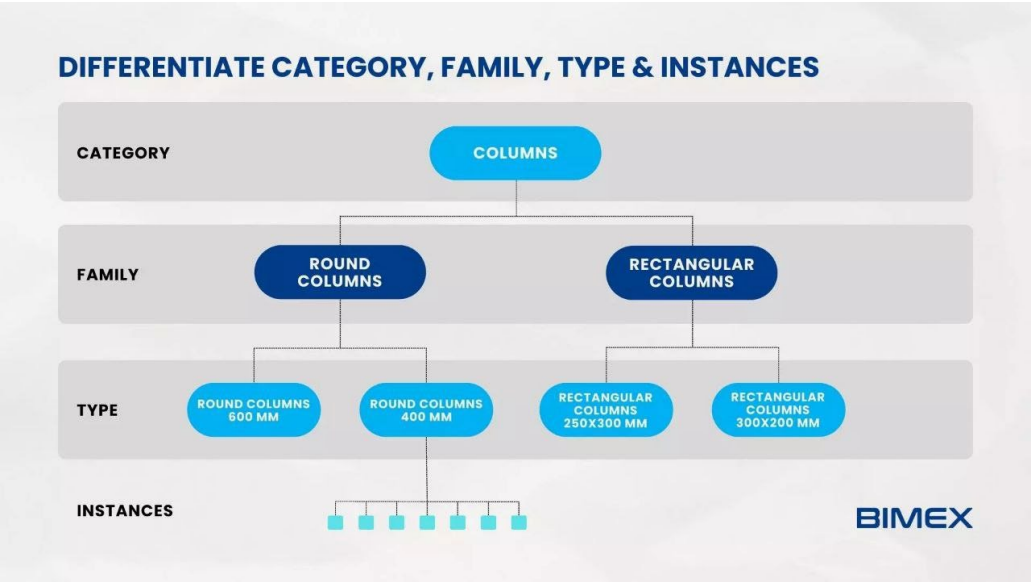
3- **المرحلة الثالثة :** ظهرت تقنية **BIM** وتعني منظومة متكاملة تشمل كل ما يتعلق في المشاريع , أي رسم موديل **3D** واستخراج المخططات المعمارية والإنشائية والواجهات وربط ذلك مع الجدول الزمني.

البنية الهرمية ضمن BIM

1- **الفئات Categories:** تشمل الفئات العناصر مثل الأبواب والنوافذ والجدران والأسقف والأرضيات والأعمدة وغيرها. يتم تعريف الفئات بواسطة الخصائص المشتركة بين العناصر، مما يسهل تحديد واستخدام العناصر المتعلقة.

2- **العائلات Families:** تمثل العناصر الفردية داخل الفئات. يمكن اعتبار العائلات كأنماط أو قوالب للعناصر المشابهة، مما يسهل استخدامها وتكرارها في نموذج المعلومات البنائية. على سبيل المثال، يمكن أن تكون هناك عائلة للأبواب تحتوي على الأبعاد والمواد والتشطيبات المرتبطة بها.

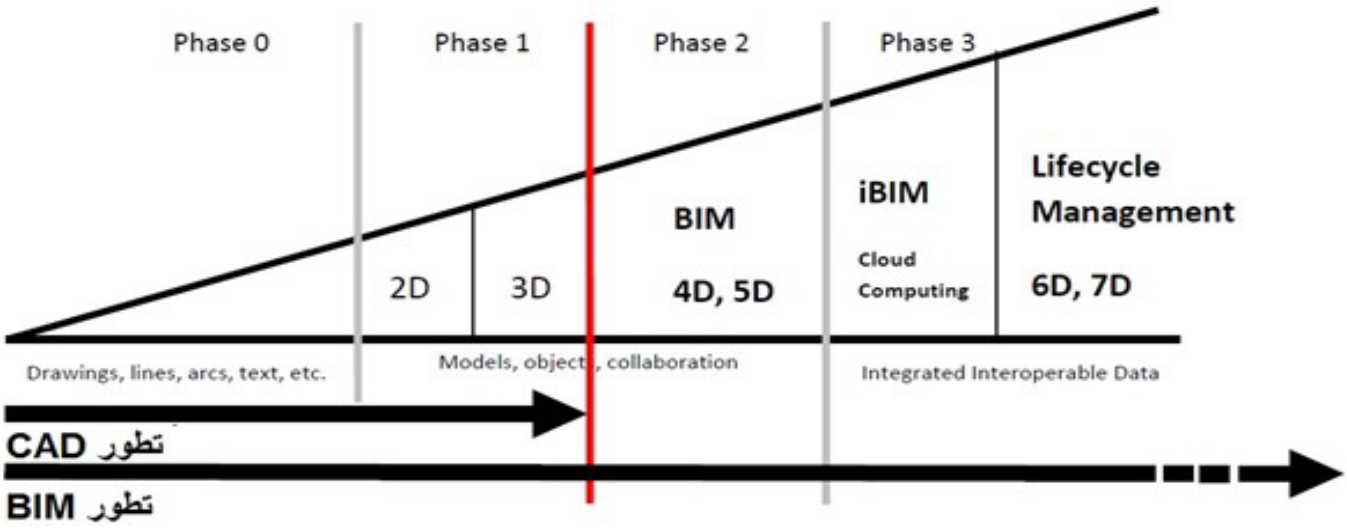
3- **المثيلات Type or (Instances):** نسخ فردية من العائلات المعرفة في النموذج. حيث يتم استخدام المثيلات لإنشاء العناصر الفردية داخل النموذج الثلاثي الأبعاد. يمكن تعديل خصائص المثيلات الفردية، مثل الأبعاد والمواد والتشطيبات، دون التأثير على العائلات الأصلية.



المقارنة ما بين تقنية CAD وتقنية BIM

CAD	BIM
هي أحد أهم تقنيات الرسم والتي ما زالت الى يومنا هذا تستعمل بكثرة حيث تعتمد هذه التقنية على رسم وتوظيف الاشكال الهندسية الأساسية عن طريق استعمال برامج الرسم الهندسية في انشاء واعداد المخططات والتعديل عليها . ولكن مع ازدياد تطور المشاريع بدأ تقنية ال CAD باظهار كفاءة اقل واحتمالية خطأ أكبر , مقارنة مع تقنية ال BIM	أحد أهم لتقنيات التي اشتهرت حديثا والتي تمكنت من مواءمة كمية العمل في المشاريع الضخمة بالإضافة لاختصارها الوقت والتقليل الى حد كبير من احتمالية وقوع الخطا نتيجة للتزامن بين أدوات ال BIM المختلفة ضمن البرامج التي تدعم هذه التقنية
تعتمد هذه التقنية فقط على الأبعاد الثلاثة 3D	تعتمد هذه التقنية على أبعاد أكثر قد تصل إلى 10D
تتعرف على العناصر على أنها خطوط وأشكال هندسية	تعطي للعناصر هويتها الخاصة ضمن بيئة العمل حيث يتم التعرف على العناصر حسب نوعها (جوائز – أعمدة – جدران)
من أشهر البرامج التي تستخدم هذه التقنية هو برنامج **AUTODESK AUTOCAD**	من أشهر البرامج التي تستخدم هذه التقنية هو برنامج **AUTODESK REVIT**

يجب أن نعلم جيداً أن الهدف الرئيسي من وراء تكنولوجيا BIM هو حل المشكلتين الأساسيتين الموجودتين في الاوتوكاد ، وهم انفصال الرسومات Separate Drawings وعدم التنسيق بين التخصصات المختلفة Coordination مثل الاعمال الكهروميكانيكية



التحديات التي تواجه تقنية BIM

1- **القدرة التقنية**: يتطلب استخدام تقنية BIM مهارات تقنية متقدمة واستخدام برامج متخصصة. يحتاج المهندسون والمهندسون المعماريون والمقاولون إلى التدريب والتعلم لفهم واستخدام الأدوات والبرامج المرتبطة بتقنية.BIM

2- **التعاون والتنسيق:** يعتمد النجاح الكامل لتقنية BIMعلى قدرة الفرق المختلفة على التعاون والتنسيق بشكل فعال. يجب على جميع الأطراف المعنية مشاركة المعلومات والتفاعل مع بيانات النموذج ثلاثي الأبعاد بشكل منتظم ومنسق.

3- **المعايير والمواصفات:** قد تواجه تقنية BIM تحديات فيما يتعلق بالمعايير والمواصفات المتعلقة بتبادل البيانات والتشغيل والصيانة. قد تختلف المعايير من دولة إلى أخرى أو من مشروع إلى آخر، مما يعقد الاتفاق على معايير مشتركة والتعامل مع تنوع النظم والأدوات.

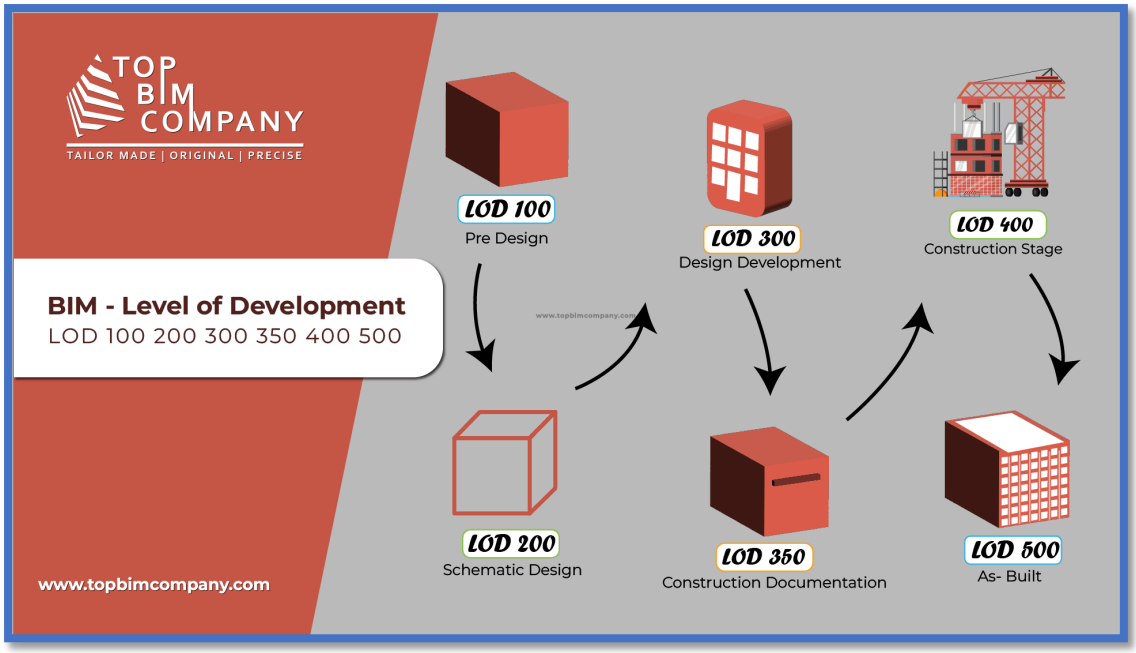
4- **حماية البيانات:** تتضمن تقنية BIM تبادل كميات كبيرة من البيانات والمعلومات الحساسة بين الأطراف المختلفة. يجب أن يتم حماية هذه البيانات من أي تهديدات أمنية وضمان الخصوصية والملكية الفكرية للأطراف المعنية.

5- **تكاليف التنفيذ:** قد يكون هناك تكاليف إضافية مرتبطة بتطبيق تقنية BIM في صناعة البناء. يتطلب تدريب العاملين على الأدوات والبرامج، وشراء التراخيص، وتكاليف تحديث الأجهزة والبرامج بشكل منتظم.

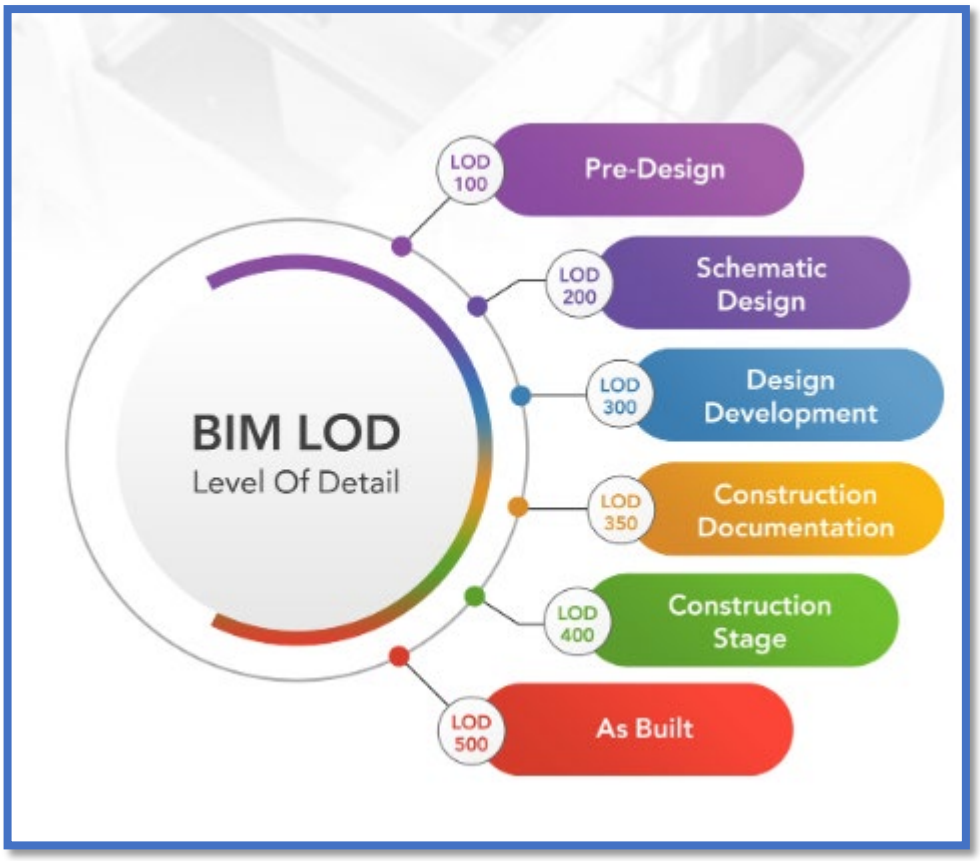
6- **التغيير الثقافي والتبني:** قد يواجه القطاع البنائي تحدياً في تغيير الثقافة التقليدية وتبني تقنية BIM. يحتاج العاملون إلى التأقلم مع التغييرات في العمليات والأدوات والتعاون، وقد يكون هناك مقاومة من بعض الأفراد لقبول واعتماد هذه التقنية الجديدة

إن تحقيق النجاح في تنفيذ تقنية BIM في صناعة البناء يتطلب التعامل مع هذه التحديات وتبني استراتيجيات فعالة لتجاوزها. يجب أن تتم التخطيط والتدريب الجيد للفرق المعنية وتعزيز التواصل والتعاون بينهم. كما يجب معالجة قضايا الأمان والخصوصية وضمان توافق المعايير والمواصفات الم

مستويات نظام BIM



يتم استخدام LOD لتحديد مستوى التفاصيل لكل عنصر من عناصر نموذج BIM. يمكن تحديد مستوى التفاصيل باستخدام مقياس رقمي من 100 الى 500، حيث يكون 100 هو الأقل تفصيلاً و500 أكثر تفصيلاً يمكن تقسيم المقياس الى عدة فئات، تمثل كل منها مستوىً مختلفاً من التفاصيل.



LOD100 (مرحلـــة التصـــميم المفهـــومي) : هي مرحلـة مـا قبـل التصـميم في هـذه المرحلـة يـتم تحديـد جميـع الابعـاد الأوليـة للعنـاصر مثـل الارتفـاع والحجـم والمسـاحة والاتجـاه والموقـع والمعلومـات , إن عنـاصر مسـتوى التفاصـيل 100 ليسـت عنـاصر هندسـية بـل قـد تكـون رمـوزًا أو تمثـيلات عامـة أخـرى للمعلومـات الـتي يمكـن استخلاصها من عناصر نموذجية أخرى وتكون هذه المرحلة تقريبية.

مسـتوى التفصـيل الهندسـي: النمـاذج فـي هـذه المرحلـة تكـون عبـارة عـن كتـل أو أشـكال بسـيطة ثلاثيـة الأبعـاد (3D) تمثـل كتـل عامـة مثـل الخـرائط الجغرافيـة الرمزيـة والأشـكال الثنائية الأبعاد

مسـتوى المعلومـات: يتضـمن المعلومـات الأساسـية مثـل الاسـم، نـوع الكائنـات، القياسـات السطحية، متطلبات المستخدم، ومتطلبات المالك، وبيانات البلدية، وقوانين البناء.

الأطراف المشاركة: المالك، المهندس المعماري

LOD200 (مرحلـــة التصـــميم الأولـــي) : مرحلـة التصـميم التخطـيطي حيـث في هـذه المرحلـة يـتم تحديـد جميـع الابعـاد الأوليـة مثـل الارتفـاع و الحجـم ومـا الى ذلـك ويـتم

تحديد بعض الخصائص غير الهندسية, يتم تمثيل عناصر مستوى التفاصيل 200 بيانيًا ولكنها عبارة عن عناصر مكانية عامة، مثل الحجم أو الكمية أو الموقع أو الاتجاه. ويجب اعتبار أي معلومات مستمدة من عناصر مستوى التفاصيل 200 تقريبية. يعتبر LOD200 اكثر تعقيداً من LOD100.

مستوى التفصيل الهندسي: الهندسة شبه محددة حيث تحتوي النماذج على الحجم والشكل والموقع، ولكن بشكل تقريبي، دون التفاصيل الدقيقة.
مستوى المعلومات: يتم إضافة المزيد من المعلومات مثل المواد والقياسات والكميات والتنسيق بين التخصصات لتجنب الاصطدامات.
الأطراف المشاركة: المهندسون المعماريون، المهندسون المتخصصون في الديناميكا الحرارية والإنشائية.

LOD300 **(مرحلة التوثيق والتخطيط):** يمثل مستوى التصميم التفصيلي، في هذا المستوى يتضمن النموذج المزيد من التفاصيل حول مكونات المبنى، مثل حجم الأعضاء وشكلهم واتجاههم، النموذج دقيق بما يكفي لتمكين التنسيق مع المقاولين والمصنعيين. يتم تمثيل عناصر مستوى التفاصيل 300 بيانيًا كأنظمة أو أشياء أو مجموعات محددة يمكن قياس الكمية والشكل والحجم والموقع والاتجاه منها بشكل مباشر، دون الحاجة إلى الرجوع إلى معلومات غير نموذجية مثل الملاحظات أو عبارات تحديد الأبعاد.

يتم تعزيز عناصر مستوى التفاصيل **350** إلى ما هو أبعد من مستوى التفاصيل 300 من خلال إضافة معلومات تتعلق بالواجهات مع أنظمة البناء الأخرى. على سبيل المثال، يتضمن جدار البناء LOD 350 معلومات حول واجهة الجدار مع السقف والأرضية وأنظمة البناء الأخرى.

مستوى التفصيل الهندسي: الهندسة دقيقة ومحددة بشكل تفصيلي، بما في ذلك الحجم، الشكل، الموقع، والتوجه، مع روابط التوصيل بين المكونات.
مستوى المعلومات: تحتوي النماذج على بيانات العقود، التكلفة، الجداول الزمنية، تحليل الطاقة، تحليل البيئة، تقييم تأثير البيئة، وتقييم الحريق.
الأطراف المشاركة: المهندسون، المهندسون المتخصصون، المقاولون.

LOD400 (مرحلة التنفيذ): هي المستوى الأكثر تفصيلاً، حيث توفر معلومات كاملة عن العناصر، بما في ذلك المواد والتصنيع والتجميع ومعلومات التركيب.

النموذج دقيق بما يكفي لتمكين انتاج الرسومات التنفيذية وتصنيع مكونات المبنى.

مستوى التفصيل الهندسي: النماذج تشمل معلومات إضافية للتصنيع مثل الأحجام الدقيقة

البراغي والمسامير وطرق التثبيت

مستوى المعلومات: تشمل البيانات المتعلقة بالإنتاج والتسليم والتجميع والتركيب والتأكد من الجودة.

الأطراف المشاركة: المقاولون

LOD500 **(مرحلة التشغيل والصيانة):** العنصر في هذا النموذج هو تمثيل تم التحقيق منه على الواقع من حيث الحجم والشكل والموقع والاتجاه حيث يمكن استخدام هذه العناصر كمراجع للتشغيل والصيانة من قبل مديري المنشأ وهي تعطي تمثيلات دقيقة لعناصر المبنى.

مستوى التفصيل الهندسي: الهندسة كما تم تنفيذها بالكامل (As-built) مع جميع التفاصيل الدقيقة

مستوى المعلومات: البيانات تتعلق بالصيانة، الأداء الوظيفي للأصل، وأوقات التشغيل

الأطراف المشاركة: المالك والمقاولون المسؤولون عن الصيانة.

الفوائد الرئيسية لكل مرحلة :

LOD 100 : يوفر فكرة عامة عن المشروع، ما يسمح بوضع المتطلبات العامة.
LOD 200 : يساعد على البدء في التخطيط الأولي للمشروع.
LOD 300/350 : يتيح للمصممين والمقاولين البدء في العمل على التفاصيل المادية والجداول
LOD 400 : يسمح للمقاولين بتحضير التصنيع والتركيب وفقًا للنموذج.
LOD 500 : يقدم جميع البيانات اللازمة لتشغيل المبنى وصيانته بعد البناء.

كما يعتبر LOD جانباً مهماً في نمذجة BIM الذي يساعد على ضمان ان النموذج دقيق وموثوق ومفيد لجميع أصحاب المصلحة المشاركين في عملية البناء، في حين ان هناك تحديات مرتبطة بتنفيذ LOD، فإن فوائد استخدام لود في نمذجة BIM بما في ذلك تحسين الاتصال والتعاون وتقليل الأخطاء والسهو وتقدير التكلفة والتحكم بشكل أفضل، تجعلها مسعى جدير بالاهتمام.

نستعرض فيما يلي **مجموعة من المشاريع الهندسية المنفذة واقعيًا والتي ظهر فيها الاستخدام الناجح لتقنية BIM** ومنها الجسور، ومشاريع المباني العامة ،والمراكز الثقافية ، وغيرها الكثير من المنشآت الهندسية التي اعتمد فيها على تقنية BIM في عملية التنفيذ في مختلف أنحاء العالم نستعرض بعض منها :

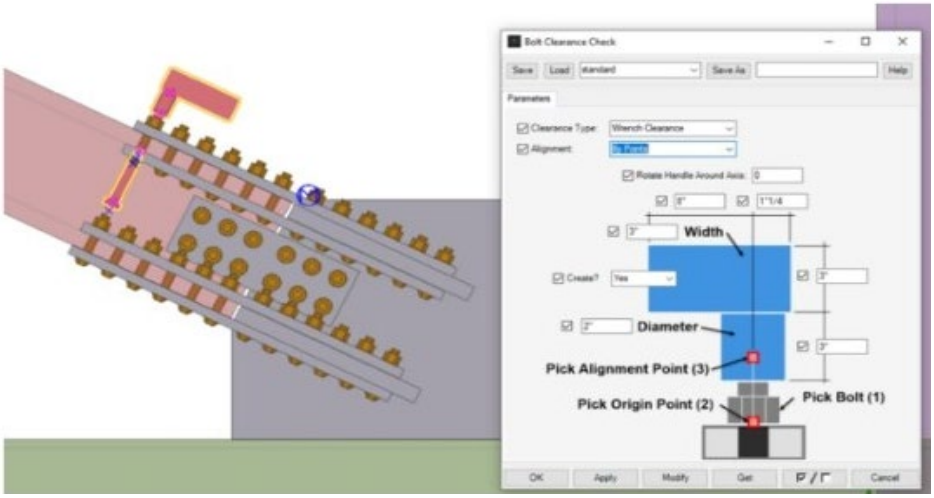
1- جسر راندسيلفا، النرويج (Randselva Bridge, Norway)

يُعد الجسر مثالًا فريدًا على مشاريع نمذجة معلومات البناء(BIM) ، حيث إنه أطول جسر في العالم تم تشييده دون استخدام أي رسومات إنشائية. نجح فريق التصميم في شركة "سويكو للهندسة الإنشائية" في تحقيق ذلك باستخدام تقنية مشاركة النماذج "Tekla Model Sharing" والتعاون عبر أربع دول لإكمال المشروع. تم استخدام الأدوات البارامترية لتصميم عناصر الجسر، مما جعل التعديلات سهلة. تم تزويد المقاول بأكثر من 95% من معلومات البناء بتنسيق ملفاتIFC ، بما في ذلك 200 مرحلة صب، و200,000 من قضبان التسليح، و250 كابلًا للتوتر المسبق. تم الاعتراف بالمشروع كأفضل مشروع BIM من قبل**Tekla.**

2- مركز نانجينغ الدولي للشباب والثقافة، الصين(Nanjing International Youth . Cultural Centre, China)

تم بناء المركز في الأصل لاستضافة أولمبياد الشباب 2014، ويعمل الآن كمشروع متعدد الاستخدامات، يضم برجين يحتويان على مكاتب وفنادق، بالإضافة إلى مركز ثقافي من خمسة طوابق يشكل قاعدة المبنى، لتقليل وقت البناء، اختارت شركة Zaha Hadid Architects بناء مركز نانجينغ الدولي للشباب والثقافة من الجانبين في وقت واحد، مما يجعله أول مبنى في الصين يتم بناؤه من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى في نفس الوقت. تطلب ذلك تعاونًا دقيقًا بين فريق العمل لضمان نجاح المشروع، وهنا ساعدت تقنية BIM في تحقيق ذلك.

3-فحص البراغي، الولايات المتحدة (Bolt Clearance Check, United State)



واجهت شركة"JMT Consultants" ، وهي شركة استشارات هندسية في الولايات المتحدة، تحديًا مع برنامج "Tekla" عند تصميم وتصنيع البراغي ذات التحكم في الشد. لم يوفر البرنامج الطول الصحيح للبراغي، مما جعل من الصعب على المصممين التعامل معها. كما أن التركيب واجه مشكلات بسبب صعوبة تحديد ما إذا كان الفراغ المخصص للمفاتيح مناسبًا سمحت هذه الإضافة للفريق بإدخال برغي أو مفتاح بشكل مؤقت للتحقق من فراغ التركيب. بفضل "فحص فراغ البراغي"، تمكنت "JMT" من تجنب التأخيرات المكلفة والأخطاء التي كانت تحدث خلال عملية التركيب.

4-كازا بيدرا بلانكا، المكسيك (Casa Piedra Blanca, Mexico)

كازا بيدرا بلانكا هو مثال فريد لمشروع يعتمد على تقنية نمذجة معلومات البناء(BIM) ، حيث يمكنك تعلم كيفية استخدام تقنية BIM لتحسين عملية التصميم والبناء. بفضل تقنيةBIM ، تمكن فريق المشروع من دمج العناصر التمثيلية، مثل التقارير والمخططات الزمنية (مخططات جانت) وتحديثات التقدم، بشكل مباشر في الهندسة المعمارية للمبنى. من خلال القيام بذلك، استطاعوا الحصول على فهم أعمق للواقع المادي للمنزل أثناء مرحلة المشروع، مما أزال حالة عدم اليقين النموذجية المرتبطة بمشاريع البناء. سمحت تقنية BIM لفريق المشروع بالتعاون بشكل أكثر كفاءة وفعالية، مما أدى إلى عملية بناء أكثر سلاسة ونجاح