تكنولوجيا التصميم الرقمي وتطبيقها في صناعة وتصميم المنتجات المعدنية والبلاستيكية: دراسة تطبيقية باستخدام برنامج الأوتوكاد

إعداد

د. عصام عبد الله علي العسيري

كلية الفنون والتصميم – جامعة جدة

ملخص الدراسة

تأتي أهمية البحث الحالي من كونه دراسة وافية للطفرات التقنية الحادة في تكنولوجيا التصميم الرقمي، حيث يهدف إلى تقديم تحليل موضوعي لتكنولوجيا التصميم الرقمي، وتعريف برنامج الأوتوكاد ومدى فائدته في الصناعات كمثال على تطبيقات التصميم الرقمي على الحاسوب، والكشف عن المعوقات التي تحول دون مساهمة برنامج الأوتوكاد في تصميم المنتجات المعدنية والبلاستيكية، وقد سعى الباحث إلى تحقيق أهداف البحث من خلال اتباع المنهج وصفي حيث جمع البيانات، والمنهج التجريبي حيث التطبيق على برنامج الأوتوكاد محل الدراسة.

وقد توصل الباحث من خلال دراسته إلى أن برنامج التصميم الرقمي "أوتوكاد" ذو فائدة كبيرة في تصميم قطع الآلات والأجهزة والمعدات المعدنية والبلاستيكية بدقة متناهية، والتي تظهر دقتها في مرحلة تصنيعها فيما بعد لتصبح منتج يتصف بالدقة والملائمة.

الكلمات المفتاحية:

أوتوكاد – تصميم رقمي – منتجات معدنية وبلاستيكية

Abstract

The importance of the research is that it is a comprehensive study of modern technological developments in digital design technology, and aims to provide an analytical description of digital design technology, definition of the AutoCAD program and its effectiveness in industries as an example of digital design applications on the computer, and the detection of obstacles that prevent the AutoCAD program from contributing to Designing metal and plastic products, the researcher has sought to achieve the goals of the research by following the descriptive approach where he collected data, and the experimental approach where the application to the AutoCAD program.

The researcher concluded through his study that the digital design program "AutoCAD" is of great benefit in designing metal, plastic and machinery parts and equipment with great precision, which shows its accuracy in the later stage of its manufacture to become a product that is accurate and appropriate.

key words

AutoCAD - digital design - metal and plastic products

المقدمة

في ضوء التطور المستمر للتكنولوجيا المعاصرة، تزايد اهتمام المؤسسات والدول وبتسخير ذلك التقدم لخدمة تكنولوجيا الصناعة وخصوصا في مجال التصميم الرقمي. فقد ازداد استعمال تكنولوجيا التصميم الرقمي وتعددت استخداماتها منذ اواخر القرن الماضي، ويُعد هذا الانتشار الواسع في تلك الحقبة الزمنية الصغيرة مؤشرًا على أن جميع مناحي التصميم الفني والتقني ستؤول في النهاية إلى نظائرها الرقمية سواء كان ذلك عن طريق التحويل الرقمي أو عن طريق استخدام الحاسوب في خطوط النتاج التصميمي والصناعي. وبالتزامن مع تلك المؤشرات ظهر في نفس الحقبة الكثير من الفنانين الذين يعملون في مجالات فنية تشكيلية متنوعة مستفيدين من تكنولوجيا التصميم الرقمي كأداة للإبداع في جوانب أعمالهم الفنية، ففي بعض الحالات يظهر في أعمالهم الفنية بعض خصائص مميزة للوسيط الرقمي وتعكس لغته وجماليته، وفي حالات أخرى يكون الاستخدام التكنولوجي شيئًا غامض الدلالة إلى درجة من الصعب أن تحدد ما إذا كان هذا العمل الفني قد تم إبداعه بواسطة الوسائل الرقمية أم تم إنجازه يدويًا أو ميكانيكيًا.

ويحظى الفن الرقمي بشعبية كبيرة على حساب أنواع عديدة أخرى من الفنون الأخرى؛ كما يعد التصميم أحد المجالات المهمة في الحياة الإنسانية، ويتضمن جميع نواحي الحياة المعاصرة والانتاج والصناعة، ولا ينعزل عن كافة الابتكارات، فهو فكر فني يصاحب كل أنماط واتجاهات الفنون.

بدأت المتاحف في القرن العشرين في الاهتمام بمراحل تطور الفنون واقامت عديد من المعارض المهمة للفنون الرقمية؛ ولوحظ من خلالها الأقبال المتزايد من مجتمع الفن المعاصر على تلك النوعية من الفنون.

أهمية البحث

- يعبتر هذا البحث دراسة وافية للطفرات التقنية الحادة في تكنولوجيا التصميم الرقمي وما يختص بها من تصميم فني وتطبيق صناعي في مجال صناعة المواد البلاستيكية والمعدنية.
- تفنيد أسباب أهمية برنامج الأوتوكاد في التصميم الرقمي ويشمل هذا البحث على معرفة شاملة ببرنامج الأوتوكاد
- المحاولة في خلق طرق جديدة للاستفادة من برنامج الأوتوكاد في صناعة المواد البلاستيكية والمعدنية.

أهداف البحث

- يسعي الباحث في هذا البحث إلى تقديم تحليل موضوعي لتكنولوجيا التصميم الرقمي.
- يهدف البحث إلي تحديد تعريف برنامج الأوتوكاد ومدى الإفادة منه في الصناعات كمثال على تطبيقات التصميم الرقمي على الحاسوب.
- الكشف عن المعوقات التي تحول دون مساهمة برنامج الأوتوكاد في تصميم المنتجات المعدنية والبلاستيكية.

فرضيات البحث

الفرضية الرئيسية للباحث هي تطوير صناعة المنتجات المعدنية والبلاستيكية عن طريق التصميم الرقمي باستخدام برنامج الأوتوكاد، ومن تلك الفرضية يتفرع عدد من التساؤلات التي تتمم تلك الفرضية؛ ومنها:

١. مدي الدراية ببرنامج الاوتوكاد.
٢. ما طرق الاستفادة من برنامج الاوتوكاد في الصناعة والتصميم الرقمي.
٣. ما معوقات استخدام الاوتوكاد في اتمام فرضية البحث الرئيسية.

حدود البحث

- استخدام برنامج الاوتوكاد في تصميم المنتجات المعدنية والبلاستيكية.
- التعريف بالتصميم الرقمي في الحاسوب.
- الأعمال المعدنية والبلاستيكية المصممة بوسيلة برنامج الأوتوكاد.

مصطلحات البحث

<u>برنامج الأوتوكاد</u>

برنامج أو أداة تساعد في عمل تصميم للمواد سواء كان D٢ أو D٣ من الأمثلة عليه، عمليات الرسم والتعديل للعمال الفنية عبر البرامج الجاهزة، وكذلك الصور المرسومة ببرامج الرسم باستخدام الفأرة أو لوحة الرسم الإلكترونية.

التعريف الإجرائي لبرنامج الأوتوكاد

هو برنامج مُعد بحرفية عالية من قبل شركات عالمية ومن أشهرها شركة Adobe وهي شركات متخصصة بالذات لخدمة الرسم الرقمي وما يمثله من تصميم جرافيك فهي تحاول جاهدة خلق برامج رسم ذو أدوات فنية متعددة تعطي المستخدم مساحة واسعة لتحاكي واقع الرسم بالفرشاة وغيرها من أدوات الرسم الاعتيادية.

التصميم الرقمي

التصميم بمساعدة الحاسوب(Computer-aided design (CAD ، هو استخدام تكنولوجيا الحاسوب لإنجاز عملية تصميم الوثائق. ويسمح نظام التصميم بمعونة الحاسوب بتمثيل ودراسة عمل منتج دون تصنيعه، كاختبار أو محاكاة سلوك محرك أو جناح طائرة. ويتألف نظام التصميم بمعونة الحاسوب من معالج وذاكرة مركزية من أجل تنفيذ البرامج وإجراء التحاليل، إضافةً إلى نظام بياني لإنشاء النماذج الرسومية وتعديلها على الشاشة وحفظها. مع مراعاة وجود وحدات محيطية لإدخال وإخراج المعلومات مثل الراسمة والطابعة. وتحتوي برامج التصميم بمعونة الحاسوب عادة مكتبات من أجل تسهيل عمليات الإدخال والتصميم. (Chang، Performance Evaluation Using CAD/CAE، 2013)

التعريف الإجرائي للتصميم الرقمي

تنطوي عمليات التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب CAM/CAD .على استخدامه فيها، اذًا يستند الـ CAD على رسومات الحاسوب، وهو ما يعني الخلق والتلاعب في الصور على جهاز أساسه العرض بمساعدة جهاز الحاسوب. أما أهمية التصنيع بمساعدة الحاسوب CAM فتقع في نقطتين متميزتين هما أنه يوفر وسيلة لصنع نماذج مادية من نماذج افتراضية بسرعة وفعالية وأنها تساعد على تحقيق التمثيلات الشكلية الناتجة من التصاميم والنماذج الافتراضية المعاصرة المنجزة بالحاسوب وذلك للإمكانيات التصنيعية التي توفرها في الإنتاج لصنع أجزاء وقوالب بالحجم الكامل من مجموعة من المواد مثل الألمنيوم والحديد والبلاستك. (Al-khafaji، 2016)

المنتجات البلاستيكية

المنتجات البلاستيكية هي منتجات بسيطة التشكيل وخفيفة الوزن صُممت لكي تشغل مساحة وحيز حسب التصميم. (شريف، ٢٠١٥)

التعريف الإجرائي للمنتجات البلاستيكية

تعد طريقة تصنيع المواد البلاستيكية وبذكر طريقة التصنيع فمقصد الباحث أن المعنى هنا هو قابلية المادة للتشكل والتصنيع وان البلاستيك من أكثر المواد طواعيةً للتشكل. (شريف، ٢٠١٥)

المنتجات المعدنية

تلك الأجزاء المكونة ألى آلة أو جهاز و التي قد تستعمل فيها أو في أي آلة أخرى مشابهة لها و وظيفتها ربط أجزاء الميكنة المتعددة أو جعل الماكينة قادرة على أداء المطلوب منها. (مختار، ٢٠١٥)

التعريف الإجرائي للمنتجات المعدنية

تشمل صناعة المنتجات المعدنية جميع المنشآت والورش الانتاجية التي تقوم بواحدة او اكثر من الأنشطة الصناعية التالية:

- تشكيل المنتجات المعدنية
- تشطيب المنتجات المعدنية من خلال العمليات المختلفة بما فيها عمليات إعداد الأسطح المعدنية.

وتنقسم هذه الصناعة إلى ثلاث أنواع من العمليات المختلفة (تشكيل المنتجات المعدنية تجهيز اسطح المعادن تشطيب اسطح المعادن) (Egyptian Pollution Abatement Programme، 2013)

برنامج الأوتوكاد

برنامج أو اداة تساعد في عمل تصميم للمواد سواء كان D٢ أو D٣ من الأمثلة عليه، عمليات الرسم والتعديل للعمال الفنية عبر البرامج الجاهزة، وكذلك الصور المرسومة ببرامج الرسم باستخدام الفأرة أو لوحة الرسم الإلكترونية. (CADFolks، 2018)

التعريف الإجرائي لبرنامج الأوتوكاد

هو برنامج مُعد بحرفية عالية من قبل شركات عالمية ومن أشهرها شركة Adobe وهي شركات متخصصة بالذات لخدمة الرسم الرقمي وما يمثله من تصميم جرافيك فهي تحاول جاهدة خلق برامج رسم ذو أدوات فنية متعددة تعطي المستخدم مساحة واسعة لتحاكي واقع الرسم بالفرشاة وغيرها من أدوات الرسم الاعتيادية. (CADFolks، 2018)

الدراسات السابقة

أولًا الدراسات العربية:

١) دراسة شيماء مهران (٢٠٠٧):

هدفت الدراسة إلى عرض ودراسة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، واستخداماتها المقترحة في مجال التصميم الداخلي والأثاث، وتفنيد أوجه اختلاف والتشابه بين تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد والتقنيات التقليدية التي تعتمد على الحاسب الآلي مثل آلات التحكم الرقمي (CNC) في إنتاج أشكال مجسمة ثلاثية الأبعاد في مجال التخصص.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي في الوصول إلى أن الطباعة ثلاثية الأبعاد لن تحل محل عميات التصنيع التقليدية لمنتجات الأثاث والتصميم الداخلي حاليًا بشكل كامل؛ وإنما سوف تعززها وتكون بمنزلة مكمل لها، كما توصلت الدراسة إلى أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تختصر مراحل التشغيل للحصول على المنتج إلى: التصميم بالحاسب ثم الطباعة ثم المنتج النهائي، كما انها تختصر الوقت اللازم لتسويق منتج جديد في العديد من المجالات وذلك بتحسين جودة المنتج، بالجمع بين التصميم والتصنيع مباشرة، وتخفض تكلفة المنتج بواسطة تخفيض تكلفة مراحل التطوير والتحديث.

٢) دراسة خليل (٢٠١٨):

هدفت الدراسة إلى إلقاء الضوء على التصوير الرقمي وعلى تطوير فن التصوير الكاريكاتيري من الناحية الفنية التشكيلية واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي بالإضافة إلى المنهج التطبيقي، وتوصلت الدراسة إلى ضرورة أن يأخذ مصمم التصوير الكاريكاتير الرقمي ذو المستوى الفني الجيد القيم التشكيلية على محمل الجد، مثلما يأخذها فنان التصوير التقليدي حتي لا تصبح حرفة تستند إلى المهارة التكنولوجية فقط.

٣) دراسة مروة عبد الغني (٢٠١٨):

هدفت الدراسة إلى تفير دراسة عربية أكاديمية تحلل الشبكات الهندسية ثلاثية الأبعاد ودمجها مع الكتابات العربية مع توضيح القيم الجمالية والفنية لكل منها، كما تهدف إلى فتح آفاق جديدة للتجريب من خلال المعالجات التشكيلية الهندسية ثلاثية الابعاد وبعض الكتابات العربية(الخط الكوفي، الخط الديواني) وإمكانية دمجهم منفردين ومجتمعين وتوظيفهم في تصميم أقمشة المعلقات الطباعية، ومنهج الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتوصلت الدراسة إلى التأكيد على القيم الجمالية والشكلية التي يمكن الاستفادة منها في مجال تصميم طباعة المنسوجات بصفة عامة وتصميم المعلقات الطباعية بصفة خاصة، كما أوصت الدراسة على الاهتمام باستخدام بعض البرامج المتخصصة للحاسب الآلي في مجال التصميمات الطباعية.

٤) دراسة هبة السيد (٢٠١٥):

هدفت الدراسة إلى بناء مقرر إلكتروني مقترح في التصميم وأثره على تنمية مهارات التفكير البصري والاتجاه نحو الفن الرقمي لدى طلاب التربية الفنية بكلية التربية النوعية واستخدمت لدراسة المنهجين الوصفي وشبه التجريبي للوصول إلى النتائج التي تؤكد على أن مقررات التعليم الالكتروني للتربية الفنية مقررات تعليمية إلكترونية مستحدثة لها ما يجعلها تختلف عن المقررات التقليدية، مما دفع الباحثة إلى ضرورة البحث عن المعايير المختلفة التي يمكن ان تستخدم في بناء تلك المقررات.

٥) دراسة عيد (٢٠١٢):

هدفت الدراسة إلى التعرف على الاتجاهات والأسباب المختلفة لكيفية بناء واستحداث الصياغات التصميمة وفق التكنولوجيا الحديثة، كما تهدف إلى استنباط المداخل المتنوعة والمعالجات والتقنيات التصميمية القائمة على الفن الرقمي التي تثري بناع علم التصميم واللوحة الزخرفية، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي والمنهج التجريبي، وتوصلت الدراسة إلى أن استحداث الفن الرقمي وتقنياته في مجال الفن التشكيلي ساعد على تطوير الفكر البشري وساعد على زيادة خيال المصمم المبدع في إنشاء وابتداع التصميم، كما توصلت الدراسة إلى أن الفن الرقمي يسر على الفنان عمله واهداه إمكانيات تتيح له الإبداع في العديد من الأعمال الفنية.

ثانيًا الدراسات الأجنبية:

٦) دراسة بولاند (Boland- 2010).

هدفت الدراسة إلى فحص تأثير استخدام التصميم الرقمي كبيئات تعليمية قائمة على النظرية البنائية في زيادة مهارات العد لدى الطلاب، قسمت عينة الدراسة إلى مجموعتين درست الاولى حسب النظرية البنائية المعرفية والثانية حسب النظرية البنائية الاجتماعية، وأشارت النتائج إلى تحسين التحصيل وقلة القلق لدى الطلاب الذين تعلموا في شكل فردي مقابل المجموعات في البيئات الافتراضية.

٧) دراسة كيسكيتالو وآخرون (KESKITALO, PYYKKÖ&RUOKAMO, 2011)

استهدفت الدراسة فحص استخدام نموذج تربوي قائم على التصميم الرقمي في التدريس وتوصلت الدراسة إلى فاعلية البرامج القائمة على التصميم الرقمي في تحقيق سمات التعلم ذي المعنى من خلال اتاحة الفرص لإنشاء النماذج ثلاثية الأبعاد.

٨) دراسة كيم (Kim, 2013):

وهدفت الدراسة إلى التحقق من أثار المترتبة على استخدام الفن الرقمي على نتائج طلاب المدارس الثانوية بكوريا في مقررات التاريخ، وقياس اتجاهات الطلاب نحو العوالم الافتراضية، وتوصلت الدراسة عن طريق المنهجين الوصفي وشبه التجريبي إلى أن استخدام الفن الرقمي يؤدي غلى نتائج تعليمية أعلى بكثير ، كما له تأثير كبير في اتجاهات الطلاب ناحية التعاون، والمشاركة.

التصميم الرقمي

مفهوم التصميم الرقمي

تعريف التصميم باستخدام الحاسوب

التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer-aided design (CAD، هو استخدام تكنولوجيا الحاسوب لإنجاز عملية تصميم الوثائق. ويسمح نظام التصميم بمعونة الحاسوب بتمثيل ودراسة عمل منتج دون تصنيعه، كاختبار أو محاكاة سلوك محرك أو جناح طائرة. ويتألف نظام التصميم بمعونة الحاسوب من معالج وذاكرة مركزية من أجل تنفيذ البرامج وإجراء التحاليل، إضافةً إلى نظام بياني لإنشاء النماذج الرسومية وتعديلها على الشاشة وحفظها. مع مراعاة وجود وحدات محيطية لإدخال وإخراج المعلومات مثل الراسمة والطابعة. وتحتوي برامج التصميم بمعونة الحاسوب عادة مكتبات من أجل تسهيل عمليات الإدخال والتصميم. وتشتمل إجرائية التصميم على سلسلة من المراحل يتم فيها تهذيب التصميم تدريجياً حتى الوصول إلى وصف كامل للتصميم بهدف التصنيع أو البناء. ولا يقتصر التصميم على إحداث معلومة جديدة من قبل المصمم بصورة حدسية موجهة فحسب، بل ويشتمل أيضاً على التحليل وتقديم النتائج والمحاكاة والاستمثال. (Chang، Performance Evaluation Using CAD/CAE، ٢٠١٣)

على الرغم من الانتشار الواسع لأنظمة التصميم بمعونة الحاسوب وتطبيقها بنجاح في جميع جوانب الحياة المعاصرة، يرى بعضهم أن هذه الأنظمة لم تحل بعد كل احتياجات المصمم في عمله. وتُجرى أبحاث مكثفة لإيجاد تقانات معونة حاسوبية أكثر تطوراً وشمولاً، من بينها إدخال الذكاء الصنعي في التصميم والنمذجة الوسيطية والمتغيرة والنمذجة القائمة على الميزات وأنظمة المعلومات التصميمية. كما يتم السعي لتطوير المعايير من أجل زيادة قدرة المصمم على تبديل ونقل المعطيات بين البرمجيات المختلفة عند الحاجة، وتبادل تلك المعطيات عبر العالم بوساطة الشبكات عالية السرعة إن اقتضى الأمر. ولزيادة التدقيق يجب أن يبدأ البحث من بدايات استخدام تلكم التقنيات وكيف كان مفوهمة في البدايات وكيف تحول ذلك المفهوم مع مرور الوقت. (Chang، Product Manufacturing and Cost Estimating Using CAD/CAE، ٢٠١٣)

تاريخ التصميم باستخدام الحاسوب

تغير معنى التصميم بمعونة الحاسوب عدة مرات. إذ كان، لمدة معينة، مرادفاً للتحليل البنيَوي باستخدام العناصر المنتهية finant element ، ثم تحول الاهتمام إلى الرسم بمعونة الحاسوب (وهو أساس معظم أنظمة التصميم بمعونة الحاسوب التجارية

المتوافرة). بعد ذلك تركز الاهتمام على معالجة السطوح الملساء الضرورية في صناعة السفن والسيارات. ثم اقترن التصميم بمعونة الحاسوب بتصميم الأشياء ثلاثية الأبعاد وذلك في العديد من فروع الهندسة الميكانيكية. (Kimura، ١٩٩٥)

ويعود الفضل في وضع مبدأ التصميم بمعونة الحاسوب إلى أعمال كونز Coons في عام ١٩٥٨ التي اقترح فيها الانتقال من الأداة المبرمجة آلياً Automatically Programmed Tool (APT) إلى برامج تصميم تتضمن وظائف بيانية تفاعلية. أما أول إشهار رسمي للتصميم بمعونة الحاسوب فيعود إلى مؤتمر سبرينغ جوينت Spring Joint الذي نظمه الاتحاد الأمريكي لجمعية معالجة المعلومات American Federation of Information Processing Society (AFIPS) في عام ١٩٦٣ من خلال الأبحاث الثلاثة التي قدمها كل من لونز (Loons) وروس (Ross) وجونسون (Johnson). وفي العام ذاته وضع سوترلاند (Sutherland) أحد رواد التصميم بمعونة الحاسوب برنامج تصميم خاص SKETCHPAD. ثم أعلنت شركة General Motors في عام ١٩٦٤ عن تطوير النظام Design Augmented by Compute (DAC-١) الذي كان يُعنى بإنتاج نسخ مطبوعة من الرسومات أكثر من اهتمامه بالتقنيات البيانية التفاعلية. وفي عام ١٩٦٥ أعلنت مختبرات بل (Bell) عن وضع نظام إظهار من بعد GRAPHIC 1 استُخدم لترتيب مكونات وأسلاك الدارات المطبوعة هندسياً، فكان التنفيذ المبكر لفكرة مهمة جداً وهي توزيع استطاعة المعالجة في التصميم بمعونة الحاسوب على محطات عمل تفاعلية محلية وحاسوب مضيف مركزي. وفي عام ١٩٦٦ أعلن قسم المكونات في شركة IBM عن وضع نظام يساعد في تصميم نسيقات الدارات المطبوعة الهجينة، ووضع فريمان (Freeman) في عام ١٩٦٧ خوارزمية لحل مشاكل الخطوط المخفية. (Kimura، ١٩٩٥)

وجرى في النصف الأول من سبعينات القرن العشرين تطوير نظام الهندسة المدنية المتكامل Integrated Civil Engineering System (ICES) ، وشهدت نظرية العناصر المنتهية والبرامج المرتبطة بها تطوراً هائلاً، كما أجريت بحوث عديدة في مجال إزالة الخطوط والسطوح المخفية. وفي عام ١٩٧٢ بدأت جامعة روشيستر (Rochester) مشروع أتمتة الإنتاج فطورت نظامي النمذجة الهندسية PADL-1 ,PADL-2

ونشر شيسن Chasen في عام ١٩٧٥ تحليلاً للفوائد الاقتصادية للبيانيّات الحاسوبية في أنظمة التصميم بمعونة الحاسوب، كما وضع إيستمان Eastman وصفاً لقاعدة معطيات للتصميم بمعونة الحاسوب. ومع بداية الثمانينات من القرن العشرين انتشرت أنظمة التصميم بمعونة الحاسوب وصارت أداة قياسية في كل مكاتب التصميم. (Chang، Performance Evaluation Using CAD/CAE، ٢٠١٣)

أهمية التصميم الرقمي

يهدف التصميم بمعونة الحاسوب إلى إدخال الحاسوب في كل من النمذجة وتراسل التصاميم. وهناك طريقتان لذلك (تُستخدمان معاً على الأغلب) هما:

- على المستوى القاعدي، استخدام الحواسيب لأتمتة تلك المهام كإنتاج رسومات أو مخططات وتوليد قوائم بأجزاء التصميم.
- على مستوى متقدم، تقديم تقنيات جديدة تعطي المصمم أدوات محسنة لمساعدته في إجرائية التصميم.

ومن ثَم فإن أنظمة التصميم بمعونة الحاسوب ليست سوى برامج حاسوبية (كبيرة ومعقدة في الغالب) قد تستخدم عتاداً حسابياً متخصصاً. وتتضمن البرمجيات عادةً عدداً من العناصر أو الوظائف المختلفة التي تعالج بطرق متباينة المعطيات المخزنة في قاعدة معطيات. أضحى التصميم بمعونة الحاسوب أداة شائعة الاستخدام في كل التطبيقات الهندسية والصناعية تقريباً. وقد شهدت برمجيات الرسم بمعونة الحاسوب تطوراً مذهلاً خاصة مع انتشار الحواسيب الشخصية، وتعتبر الحزمة البرمجية أوتوكادAutoCAD التي طورتها شركة أوتودسك .Autodesk Inc الحزمة البرمجية المفضلة منذ انطلاقتها في عام ١٩٨٢، وتعرض عدة شركات منتجات منافسة. (فكري، ٢٠١٨)

الرسم الصناعي ثلاثي الأبعاد

ازدادت الوظائف والمهام التي تقدمها برامج التصميم الصناعي بصورة كبيرة منذ ظهور أولى الحزم البرمجية، وازداد أيضاً عدد منتجي برامج التصميم الهندسي والصناعي المبنية على الحواسيب الشخصية. وكان الإصدار الأول للحزمة البرمجية Mechanical Desktop v1.0 لشركة أوتودسك خيارًا متاحًا مع برامج التصميم مثل أوتوكاد. ثم طرحت الشركة الإصدار الثاني منه والذي يتوافر ككتلة برمجية منفصلة على الرغم من كونه مدمجاً مع الإصدار ١٤ من برنامج أوتوكاد. ومن مزايا هذه البرمجية التحسينات

التي أدخلت على واجهات العمل، إضافةً إلى إدراج نواة التصميمACIS 3.0 ، وإنشاء رابطة شفافة بينه وبين برمجية Microsoft Excel من أجل إنشاء جداول وصف الأجزاء. (Kimura، ١٩٩٥)

تصميم المنشآت المعدنية

أسهم انتشار أنظمة التصميم بمعونة الحاسوب الخاصة بأعمال المنشآت المعدنية في كسر احتكار الشركات الكبرى لهذا المجال، وبدأت معظم المكاتب الهندسية والشركات الصغيرة بالاعتماد على هذه الأنظمة بإنجاز الأعمال الإنشائية والهندسية والتحليل الإنشائي باستخدام العناصر المحدودة، التي تؤمن السرعة والدقة في التصميم وإنجاز المصورات والتفاصيل الإنشائية وفق مواصفات قياسية دولية معتمدة.

ومن بين هذه البرمجيات نظام STRUCAD من شركة Acecad الذي يعمل في بيئة ويندوز إن.تيWindows NT ويستخدم في مشاريع الصناعات البتروكيمياوية ومنصات النفط البحرية وغيرها. وتعتمد هذه الحزمة البرمجية على النمذجة المستوية والفراغية لتفصيلات الإنشاءات المعدنية، كما يقبل النماذج من ملفات تبادل المعطيات DXF في نظام أوتوكاد. وتسمح هذه البرمجية أيضاً بالربط مع حزم برمجية أخرى للتحليل الإنشائي والتصميم مثل STAAD-III وكذلك إخراج التفاصيل والرسومات المختلفة بوساطة طاقم التطبيقات المتعددة في نظام أوتوكاد. (Chang، Design Theory and Methods Using CAD/Cae: The Computer Aided Engineering Design Series، ٢٠١٤)

التصميم المعماري

من بين البرمجيات المستخدمة في التصميمات المعمارية برمجة AutoCAD LT، وقد طُورت عنها نسخة هي Architect LT لشركة CAD logic Limited أسهمت في تجاوز العديد من المشكلات التصميمية السابقة وتحسين إنتاجية التصميم باحتوائها على الأدوات المساعدة للجدار والرموز الوسيطية التي تتيح للمستخدم تحكماً أفضل بالأبعاد المختلفة. كما أنها حسنت عمليات الرسم المجسم (Leesley، ٢٠٠٤).

تصميم خدمات الأبنية

طورت شركة Hevacomp طاقم برمجيات متكامل لخدمات الأبنية يدعى(ME) Mechanical & Electrical يغطي جميع متطلبات الأبنية من الأنابيب والتمديدات لأعمال التدفئة والتكييف والإنارة وتغذية المياه. وتتضمن هذه البرمجية وحدة لتصميم الأقنية تسمح بحساب أبعاد الأقنية آلياً ورسم مكوناتها بشكل مستو أو فراغي انطلاقاً من الخطوط التمثيلية التي يضعها المصمم. أما وحدة التدفئة فتسمح باختيار

المشعات وتوضعها في الغرف وحساب الضياعات الحرارية إضافةً إلى رسم شبكة الأنابيب في المناسيب المختلفة للطوابق. وهناك أيضاً وحدة لتصميم شبكات الإنارة وأخرى لتصميم شبكات المياه. (Paoluzzi، ٢٠٠٣)

تصميم الدارات الإلكترونية

دفعت الكلفة المرتفعة للبحث في مجال الدارات الإلكترونية وتصميمها واختبارها وإجراء التعديلات اللاحقة عليها، بالعديد من مصنعي التجهيزات الإلكترونية إلى استخدام برمجيات حاسوبية لمحاكاة أداء تصميم دارة إلكترونية قبل تصنعيها. وتتضمن عملية المحاكاة تحميل دارة موجودة على برمجية المحاكاة وإجراء تحليل لها ومن ثَم تعديلها. (Kimura، ١٩٩٥)

ومن بين هذه البرمجيات البرمجية الشهيرة Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (SPICE) التي وضعتها جامعة كاليفورنية في بيركلي أوائل السبعينات من القرن العشرين، وقد طُورت تلك الحزمة البرمجية الأولية مراراً حتى غدت معياراً في تحليل الدارات. (Kimura، ١٩٩٥)

وتتوافر اليوم للمصمم إمكانية تنفيذ الرسم التخطيطي schematic باستخدام حزمة برمجية للتصميم بمعونة الحاسوب ومن ثَم تحويلها إلى صيغة SPICE ثم تحليل المعطيات وإجراء التصحيح اللازم واستخراج مخطط توضعي layout لبطاقة الدارة. وتسمح هذه الإمكانيات المتكاملة للمصمم بتنفيذ تصميم تحليل ونموذج أولي لمنتج جديد بصورة سريعة. وللحزم البرمجية المخصصة لتصميم الدارات بمعونة الحاسوب بتقانتي التكامل واسع النطاق Large-Scale integration (LSI) والتكامل واسع النطاق جداً VLSI، دور كبير في انتشارها، وخاصة مع ازدياد زمن الحساب وتعقيد التصميم. (CADFolks، ٢٠١٨)

وتعددت تقيات التصميم الرقمي وتطورت منذ نشأتها إلى أن وصلت لشكلها الحالي واستقرت علي تلك الصيغة التكنولوجية.

تكنولوجيا التصميم الرقمي

ثمة ثلاث تمثيلات مستخدمة في النمذجة ثلاثية الأبعاد للهندسة في التصميم بمعونة الحاسوب، هي:

- نموذج الإطار السلكي wire-frame وهو تمثيل كائن ثلاثي الأبعاد باستخدام خطوط منفصلة تربط مجموعةً من الخطوط المتصلة لتشكيل نموذج.

- نموذج السطوح surface وهو طريقة إظهار تعطي التصميم الظاهر على الشاشة مظهر الصلابة.

- نموذج مجسّم solid وهو شكل أو بناء هندسي له استمرار في الطول والعرض والعمق، ويعامل برمجياً كأن له سطحاً ومادة في الداخل.

وقد سيطر عدد محدود من أنواع السطوح والمنحنيات في تقنيات النمذجة الهندسية، كمنحنيات وسطوحBezier على سبيل المثال. وتختلف استخدامات تلك السطوح باستخدام أنواع البيانات الحاسوبية المخزنة عليها. (Paoluzzi، ٢٠٠٣)

البيانيّات الحاسوبية

يقصد بالبيانيات الحاسوبية computer graphics إظهار صورٍ على شاشة الحاسوب، خلافاً لإظهار رموز رقمية وأبجدية فقط. وتشمل البيانيّات الحاسوبية طرائق مختلفة لتوليد المعلومات وعرضِها وتخزينها. يمكن تصنيف طرق تحديد مميزات البيانيّات الحاسوبية في ثلاث مجموعات:

- تعرف الأولى درجة التحكم بالصورة التي يتمتع بها المستخدم. ففي البيانيّات الحاسوبية غير النَشِطة لا يتوافر للمستخدم أي تحكم، أما في البيانيّات الحاسوبية التفاعلية فيمكن للمستخدم التفاعل مع البيانيّات ومع البرامج المولِّدة لها.

- أما الثانية فتعنى بطريقة توليد الصورة. ففي البيانيّات المتجهية vector تحتوي الصورة على مجموعة من الخطوط، في حين تتضمن البيانيّات التسامتية rasterالتعامل مع لون وشدة النقاط التي تعرف باسم عناصر الصورة أو البكسلات pixels ضمن مصفوفة تُشكل الصورة.

- وتميز الفئة الثالثة بيانيّات الصورة ـ الفراغ التي تعالج فيها الصورة نفسها مباشرة، كما هي الحال في برنامج Microsoft Paintbrush مثلاً، من البيانيّات كائن ـ فراغ التي تكون فيها الصورة عبارة عن تمثيل لنموذج منفصل. (Bullen، ٢٠١٥)

وقد سمح تطوير عتاد منخفض الكلفة لإظهار الصور البيانية والتفاعل مع المستخدم، إضافةً إلى التقنيات العديدة لتوليد ومعالجة البيانيّات ثنائية وثلاثية الأبعاد، بانتشار واسع

لهذه التقانة وبالوصول إلى درجة عالية جداً من الواقعية المرئية في إظهار النموذج الهندسي. (عيد، ٢٠١٢)

المعايير

يعتبر تراسل التصميم ومعطيات التصنيع ضمن مؤسسة هندسية، بل بين المؤسسات المعنية بتصميم منتج ما، مسألة بالغة الأهمية في التصميم بمعونة الحاسوب والتصنيع بمعونة الحاسوب. وقد نجم عن التطويرات الأولية للتقانة عدد من الأنظمة البرمجية والأنواع العتادية غير المتوافقة فيما بينها. ومع أن الاختلاف في صيغة المعطيات وفي توصيف العتاد ونظم التشغيل قد سمحت بتطوير سريع لهذه التقانة، لكنه منع من استخدام ميزة مهمة هي الاتصال فيما بين الأنظمة المختلفة. كما كان له أثر في تقييد الشركات بأنظمة معينة، ومن ثَم تبلورت حاجة تعريف معايير standards لأنظمة التصميم بمعونة الحاسوب سواء للبيانيّات الحاسوبية أو لواجهات المستخدم أو لتبادل المعطيات الهندسية. (عيد، ٢٠١٢)

ومن بين معايير البيانيّات الحاسوبية، على سبيل المثال لا الحصر، نظام البيانيّات CORE الذي أدخلته رابطة مستخدمي الآلات الحاسوبية Association for Computing Machinery (ACM) في عام ١٩٧٧ ثم صقلته في عام ١٩٧٩، وهو مجموعة من الأوامر المبرمجة للتحكم في بناء وإظهار الصور البيانية. وفي أوربة معيار آخر هو نظام النواة البيانية Graphics Kernel System (GKS) اعترف به معهد المعايير الوطني الأمريكي ANSI والمنظمة الدولية للتقييس ISO وهو يوصِّف طرائق وصف الصور البيانية ومعالجتها وتخزينها ونقلها. وقد طُور هذا النظام في عام ١٩٧٨ ليشمل بيانيّات ببعدين، ثم وَسَّع التعديل الأخير GKS-3D المعيار إلى بيانيّات ثلاثية الأبعاد. أما المعيار Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard (PHIGS) فهو مطور عن الاثنين السابقين ويجمع بين مزاياهما إضافةً إلى سمات إضافية. وهناك أيضاً الملف المترفِّع للبيانيات الحاسوبية Computer Graphics Metafile (CGM) وهو برمجيات قياسية تزود مبرمجي التطبيقات بوسائل قياسية لوصف شكل بياني كمجموعة من التعليمات لإعادة إنشائه. (عيد، ٢٠١٢)

وفيما يخص تبادل المعطيات كان أول عمل مهم هو إحداث التوصيف الأولي للتبادل البياني Initial Graphics Exchange Specification (IGES) في عام ١٩٧٩ الذي دعمه المعهد الوطني الأمريكي للمعايير في عام ١٩٨١، وهو معيار صيغة ملف للبيانيات الحاسوبية يحتوي على طيف واسع من الأشكال الهندسية الأساسية. وفي فرنسة طورت شركة أيروسباسيال Aerospatiale معياراً خاصاً بها اعتمدته هيئة

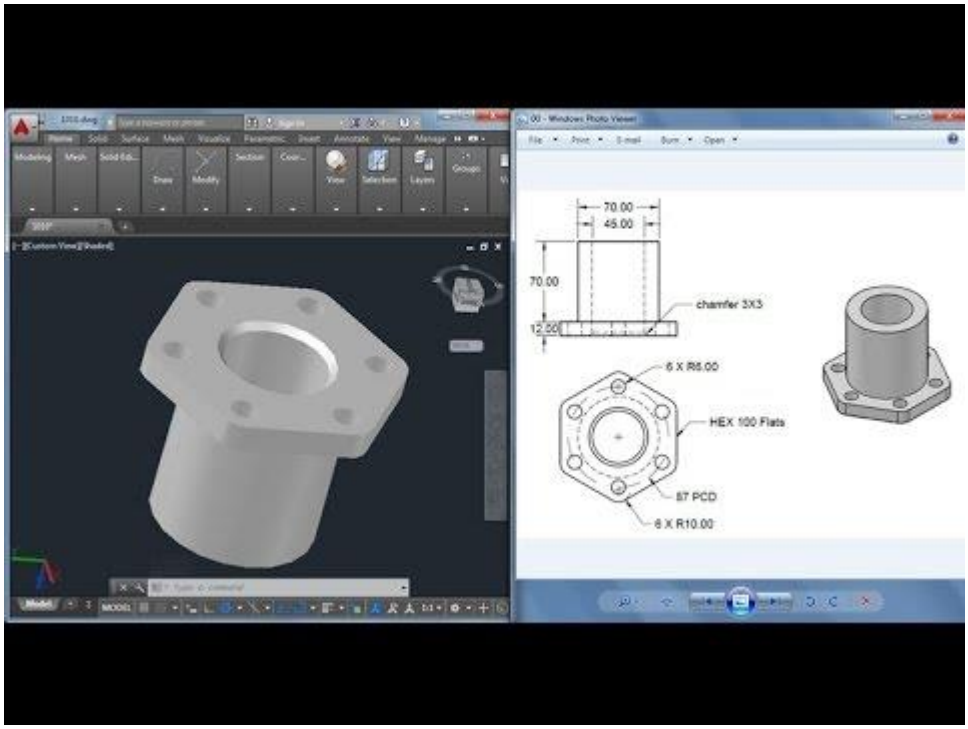
المقايس الفرنسية AFNOR وهو يستخدم نموذج معطيات مشابه للتوصيف الأولي للتبادل البياني إلا أن الصيغة أكثر تراصاً. (Zimmers، ١٩٨٣)

وأخيراً لابد من الإشارة إلى ملف تبادل المعطيات Data Exchange File (DXF) الذي أثبت وجوده مع انتشار أنظمة التصميم بمعونة الحاسوب المحمولة على الحواسيب الشخصية، والذي يعتمد على الرماز القياسي الأمريكي لتبادل المعلومات البينية. (Bullen، ٢٠١٥)

المواد البلاستيكية و المعدنية في مجال التصميم الصناعي

المنتجات البلاستيكية من تطوير لتصنيع تجربة عملية تطوير المنتجات، تصميم القالب، تصنيع القالب، الإنتاج التجريبي والإنتاج الضخم الرسمي. عمومًا، يتم الانتهاء من تطوير المنتجات من قبل المؤسسة تطوير المنتجات الجديدة نفسها أو بتكليف من شركة تطوير المنتجات؛ ويتكون تطوير العفن من قبل الشركات المتخصصة العفن التصنيع. (Gallaghe، ٢٠١٦)

وتنقسم المنتجات إلى تصميم وظيفي، تصميم المظهر، وتصميم شاسابل. إلى جانب النظر في وظيفة المنتج، وتصميم وظيفي ينبغي أيضا النظر في الكائن، وهي، تصميم الطبيعة البشرية من باوجي. تصميم وظيفي يجب أن تلبي متطلبات التصميم. تصميم تشكيل هو شرط أن المنتج يجب أن يكون راضيا، وتصميم المنتجات يعتبر عموما من وجهة نظر تشكيل البلاستيك. تصميم شاسابل يستخدم عادة في برامج محاكاة تدفق أو وفقا لتجربة المصمم، والتي يمكن أن يسمى عملية تصميم المنتجات. (Gallaghe، ٢٠١٦)

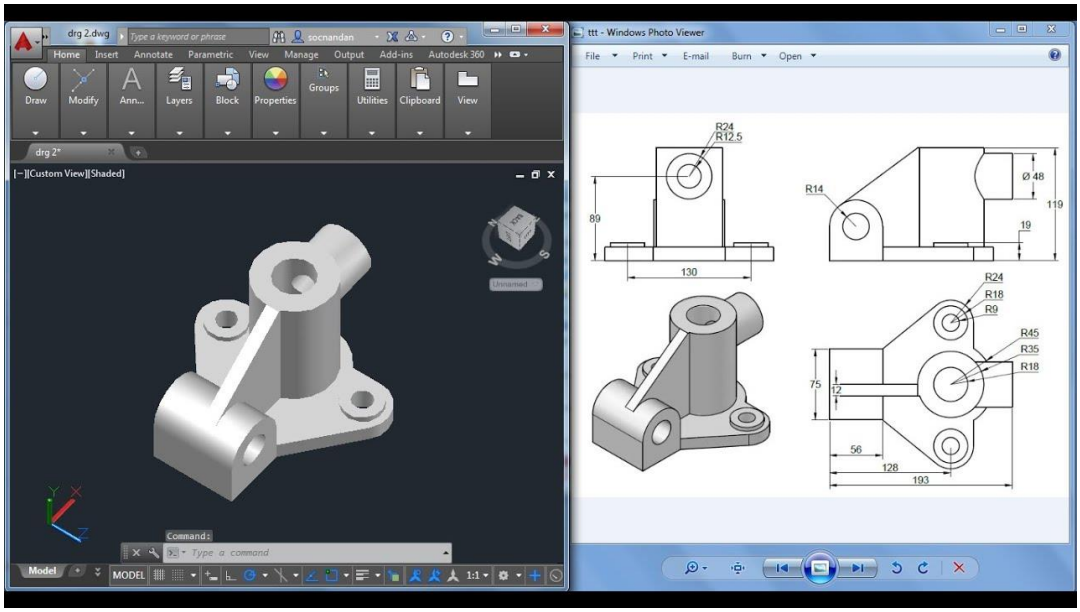


استخدام الأوتوكاد في تصميم القطاعات الصناعية

وبالإضافة إلى ذلك، يجب أن ينظر في تصميم المنتج من تصميم القالب وعملية التصنيع، وهو ما يسمى تصميم القالب من مرحلة تصميم المنتج. في معظم الحالات، فشلت تصميم المنتج للنظر بشكل كامل في تصميم شكل من المنتجات، أو للتأكيد على احتياجات وظيفة المنتجات وتجاهل تصميم المنتج نفسه لتصنيع المنتج وتصميم القالب وإنتاج إزعاج التصنيع. على وجه التحديد، عملية عملية الصب من الصعب تصميم نظام صب، ونظام طرد ونظام التبريد، وأنه من الصعب القضاء على عيب الحقن المرئية. من أجل تحقيق تأثير قبول المستخدم، وسوف يستغرق وقتا طويلا لتحسين صب ونظام التبريد، وتعقد هيكل العفن أو تغيير إطالة الوقت. وباختصار، فإن تصميم المنتج هذا يخفي العديد من الأخطار غير المتوقعة. ظهور وظهور في نهاية المطاف من المخاطر الخفية سوف يؤدي إلى تغيير تصميم المنتج أو زيادة تكاليف العفن والدورات. (Gallaghe، ٢٠١٦)

وبالإضافة إلى ذلك، ويرجع ذلك إلى عملية تصميم المنتجات وتصميم القالب، وعملية المعالجة في تقسيم الوقت، وعملية المسلسل، قد يؤدي إلى تغيير تصميم المنتجات في وقت لاحق، ورفع التكلفة. وعلاوة على ذلك، لأن مصمم العفن لا يمكن فهم نوايا المصمم بشكل جيد، وتصميم القالب يمكن أيضا أن تكون مشكلة جزئيا، وبالتالي تمديد تصميم العفن ودورة المعالجة. في هذه الورقة، والمنتجات البلاستيكية وطريقة حقن القالب تصميم متكامل، يدمج تصميم المنتجات وتصميم القالب على مرحلتين، وفي عملية تصميم المنتجات بالتفصيل النظر في تصميم شكل المنتج، ومنتجات التصميم التكنولوجي والمنتجات مرحلة التصميم من العفن عملية التصميم. (Gallaghe، ٢٠١٦)

طريقة ليس فقط يمكن النظر في صب المنتجات البلاستيكية، وتصميم قوالب وتصنيع المشاكل، ولكن أيضا يمكن تحسين نوعية المنتجات البلاستيكية تصميم، وتقصير دورة تطوير المنتج وتصميم العفن ودورة التصنيع، والحد من تكاليف تصنيع العفن، وفي نهاية المطاف تقليل التكلفة من المنتجات البلاستيكية. وقد تم تنفيذ هذه الطريقة في تشينغداو هاير العفن المشترك، المحدودة. وقد ثبت أن هذه الممارسة جيدة.



تعدد المنتجات المعدينة والبلاستيكية المصممة باستخدام الاوتوكاد

المنتجات والعفن تصميم متكامل أسلوب المنتجات والقوالب هو تصميم متكامل في مرحلة تصميم المنتجات النظر المنتجات وظيفة، متطلبات هيكل والمنتجات متطلبات عملية صب، متطلبات مانوفاكتورابيليتي العفن؛ ويمكن تحسين طريقة تصميم كفاءة التصميم من خلال النظر في الأدوات ومتطلبات التجميع خلال تصميم يموت. (Gallaghe، ٢٠١٦)

يجب على المصمم تصميم المنتج وفقا للمتطلبات الوظيفية للمنتجات، بما في ذلك شكل المظهر، والتخطيط الأساسي، والأبعاد الرئيسية، وما إلى ذلك. يتم توفير ٣ د معلومات نموذج الإدخال من قبل المستخدم، مثل نموذج الخشب، ونماذج الشمع، والعينات، ويمكن أيضا أن يكون ٢ د أو ٣ د نمط التصميم الصناعي، قد يكون أيضا مجرد فكرة تقريبية للمستخدم أو الجمع بينهما.

يقوم مصممو المنتجات بتحويل هذه النماذج والافتراضات إلى نماذج هندسية مرئية على الكمبيوتر ومصممة لتقييم المستخدم لاستكمال تصميم الملف الشخصي للمنتج. يجب على المصمم التواصل مع المستخدم بشكل كامل لفهم احتياجات المستخدم وأفكاره. وللقيام بذلك، سيلزم إنشاء فريق مشترك للتطوير يتألف من مستخدمين ومصممين في البداية. حتى لو لم يتمكن المستخدمون من المشاركة لسبب ما، يجب عليهم التواصل مع المستخدم في الوقت المناسب لإكمال التصميم. (Gallaghe، ٢٠١٦)

التطبيق على برنامج التصميم الرقمي الأوتوكاد

برنامج الأوتوكاد

أوتوكاد وباللغة الإنجليزية هو Auto cad هو برنامج على الحاسوب يقوم بالتصميم والرسم وبه إمكانية القيام برسومات ثنائية الأبعاد وأيضاً رسومات ثلاقية الأبعاد، بدأ تطوير هذا البرنامج ووضع أولى خطوات تحديثه لجعله مواكب لعصره وللمساعدة في الأمور الحديثة التي تطرأ على علم الهندسة وكان ذلك في عام ١٩٨٢ وتم استخدامه كتطبيق للحواسب الشخصية، وبدأت الطفرة في عام ٢٠١٠ عي وجه خاص حيث أن برنامج الأوتو كاد أصبح متوفراً بشكل أكبر وبصورة أكثر شيوعاً كتطبيق ويب بالإضافة أنه كان يعمل خلال العديد من المتصفحات وليس هذا وفقط بل كان يعمل خلاص الهواتف الذكية أيضاً، يعتمد مبدأ التخزين السحابي تحت هذا الاسم الحالي التجاري أوتوكاد٣٦٠ (Auto cad 360).(CADFolks, 2018)

برنامج الأوتو كاد هو برنامج من تطوير وأيضاً من تسويق شركة أوتوديسك والتي قامت بإصدار النسخة الأولى من برنامج الأوتوكاد وكان ذلك بتاريخ (كانون الأول/ديسمبر/١٩٨٢) وذلك جاءه بعد العام الذي تبع شراء جون ووكر وهو الشخص المؤسس لشركة أوتوديسك للنموذج الأول لبرنامج الأوتوكاد وتلك الشراءات والمعاملات في مثل تلك الأمور لا يستهان بها فلا تكون بمبالغ بسيطة أو مبالغ قليلة يمكن لأي شخص أن يقوم بدفعها فعلى سبيل المثال شراء جون ووكر للنموذج الأول قد بلغ ١٠ ملايين دولار.(CADFolks, 2018)

يعتبر برنامج الأوتوكاد هو منتج أوتوديسك ذو الريادة والسيادة، وقد أصبح هذا البرنماج منذ مارس١٩٨٦ برنامج التصميم الأكثر انتشاراً في العالم كله للحواسب الشخصية وكانت هذه بمثابة طفرة في تلك الحقبة الزمنية أن يستطيع شخص عادي أن يقوم بعمل تصميم على حاسوبه الشخصي بشكل بسيط جداً ويعمل عليه ويكون بإمكانه بيع تلك التصاميم أو التخطيط لمشاريع ضخمة وهو في منزله، حيث أن تلك الإمكانية لم تكن متوفرة إلا في الحواسيب الضخمة والتي كانت تكلف مبالغ طائلة وتضاف لميزانية المشروع الذي يتم تخطيطه وعمل التصاميم المختلفة له، فبعد انتشار تلك التقنية على الحواسب الشخصية اختلف هذا الأمر تماماً وأصبح أكثر سهولة ويسر. (Fane, 2012)

برنامج الأوتوكاد هو برنامج تصميم ذو استخدام عام حيث أنه يتم استخدامه في العديد من المجالات فهو يستطيع الخدمة في مختلف الصور، حيث أن المهندسين في شتى التخصصات يستعيونون به لإنشاء الرسومات والتصاميم الهندسية، بالاضافة إلى أن مديري المشاريع سواء كانت المشاريع الخاصة أم المشاريع العامة التي تخص الدولة، ولا

يقتصر الأمر على ذلك وحسب بل أيضاً يمتد استخدام برنامج الأوتوكاد للعديد من المهن والصناعات المختلفة. (Fane, 2012)

برنامج إنتراكت (Interact) يعتبر هو التطبيق الذي شكل نقطة البداية وجدر الأساس لتطوير برنامج الأوتوكاد، وقد القام الشخص الذي اخترعه وهو مايكل ريدل بكتابته وكان ذلك في عام ١٩٧٧ وقد استخدم في برمجته لغة البرمجة إس بي إلSPL واختار تلك اللغة لسبب فإنه أراد أن يعمل هذا البرنامج على جهاز كمبيوتر مارين شيب سيستمز وكانت تلك الشركة ملكاً للشريكين الذين قاما بتأسيس شركة أوتوديسك من الأساس وهما جون ووكر و الأخر هو دريك دان، وكان برنامج انتراكت هو أول برنامج تتم برمجته من أجل خدمة التصميم وكان يعمل على جهاز حاسب من النوع الصغرى (microcomputer) في ذلك الوقت والمتعارف عليه في وقتنا الحالي تحت مسمى الحاسب الشخصي، وكل ذلك حدث في الفترة التي كان فيها عمل تصميم على الحاسوب هو أمر جلل وليس بالأمر السهل على بعض الناس لأن له تكلفة عالية وليس متاح لكل الناس في نفس الوقت أيضاً لأن كل البرامج حينها التي كانت تساعد وتساهم في عمل التصاميم الهندسية كانت تتم ولكن على الحواسب الضخمة (mainframe computer) أو حتى الصغيرة (minicomputer) وكلاهما لم يكن صغيرا بل كان ضخما جداً إذا ما تمت مقرنته بالمقاييس الحالية. (Saxena، ٢٠٠٥)

ثم لاحقاً وخصوصاً في عام ١٩٨١ قام كل من الشريكين جون ووكر ودريك دان بمعاونة عدد من الشركاء الأخرين بالاجتماع والتفاق علي القيام بشركة برمجيات وكانت تحمل إسم مارين سوفت وير بارتنرزMarin software partners والتي تم تسميتها فيما بعد أو عرفت لاحقاً بإسم أوتوديسك، وقد قرر الشركاء الذين قامو بتأسيس الشركة بإعادة برمجة برنامج إنتراكت من جديد ولكن في تلك المرة تم استخدام لغة برمجة مختلفة عن تلك التي تم استخدامها من قبل، حيث تم استخدام لغة البرمجة C وذلك حتى تكون ملائمة لأجهزة آي بي إم الحديثة والمتطورة وقد تم تغيير اسم البرنامج إلى مايكروكاد ومن ثم تم تطوير الاسم حتى يصل لشكله الحالي وبالصيغة التي يتم استخدامه بها حالياً وهي أوتوكاد، حيث أن ذلك لم يكن اسمه منذ النشأه ولم تكن بدايته كما كما انت الأن فقد عانى هذا البرنامج من العديد من المشاكل والتشتتات المختلفة حتى يصل للصورة التي هو عليها الأن (Regalla، ٢٠١٠).

تم استخدام الإصدارات الأولى الخاصة ببرنامج الأوتوكاد بأدوات بدائية جداً خاصة بالخطوط Lines أو أِكال أخرى متعددة الخطوط polylines والدوائر وأيضاً الأقواس والنصوص المختلفة والكثير من الأمور الأخرى، ولبناء المزيد من الأدوات

الأكثر تعقيداً تم مد يد الدعم لبرنامج الأوتوكاد وذلك من خلال واجهة برمجة التطبيقات للغة سي++ وذلك حدث في الفترة في منتصف القرن الماضي. (W، ١٩٧٦)

التحديثات من برنامج الأوتوكاد والإصدارات المتقدمة من هذا البرنامج المتميز تحتوي على مجموعة كاملة من النماذج المجسمة الأساسية بالإضافة لأدوات أخرى خاصة بالرسم ثلاثي الأبعاد، وفي الإصدار الذي اطلقته الشركة عام ٢٠٠٧ من البرنامج أُبحت عملية إنتاج التصاميم ثلاثية الأبعاد أسهل بكثير وليست بالصعوبة التي كانت عليها من قبل وذلك حدث نتيجة عدد من التحسينات التي قامت الشركة بإضافتها على بيئة الرسم الثلاثي الأبعاد. (Benton, 2019)

بالإضافة إلى أنه تم تضمين محرك مينتال راي إلى أدوات التصيير، والذي قام برفع كفاءة عملية التصيير في البرنامج، وقام إصدار ٢١٠ من برنامج الأوتوكاد وظيفة النمذجة مجسمات ذات أبعاد ثلاثية وتقسيم شبكي لأسطحها، وإنتاج الرسومات التي تربط بين عناصرها بعض العلاقات البارامترية. (Benton، ٢٠١٩)

من أحدث إصدارات الأوتوكاد هو أوتوكاد٢٠١٥ وقد شكل هذا الإصدار الإصدار الرئيسي رقم تسعة وعشرون لبرنامج الأوتوكاد على نظام تشغيل ويندوز، وكان الإصدار الذي قبله مباشرة إصدار أوتوكاد ٢٠١٤ يمثل الإصدار الرابع على التوالي لأوتوكاد ولكن على نظام تشغيل ماك. (Benton، ٢٠١٩)

إن برنامج الأوتوكاد يدعم العديد من الأدوات لغرض التخصيص والأتمتة مثل أوتوليسب وأيضاً فيجوال ليسب بالإضافة إلى فيجوال بيسك للتطبيقات، وبالنسبة ل objectARX الذي يمثل مكتبة C++ ويعتبر بمثابة الأساس لتوسيع وظائف الأوتوكاد للعديد من مختلف المجالات التخصصية بالإضافة لإضافة منتجات مثل الأوتوكاد المعماري والأوتوكاد المدني وأ]ضاً ميكانيكي وإنتاج العديد من تطبيقات أوتوكاد من مختلف المصادر. (Benton, 2019)

بعض الإصدارات التخصصية

قامت شركة أوتوديسك بتطوير العديد من الإصدارات من الأوتوكاد محسنة بالعديد من الوظائف الإضافية لتصبح مناسبة لتخصصات هندسة وعلمية معينة

الاسم الرسمي	ما يقابل اسم المنتج بالعربية	الوصف
AutoCAD Architecture	حزمة أوتوكاد للهندسة المعمارية	التصميم المعماري
AutoCAD Electrical	حزمة أوتوكاد للهندسة الكهربائية	التصميم الكهربائي
AutoCAD Mechanical	أوتوكاد للهندسة الميكانيكية	التصميم الميكانيكي
AutoCAD Structural Detailing	أوتوكاد لرسم التفاصيل الإنشائية	برنامج للمهندسين الانشائيين لرسم التفاصيل وإعداد اللوحات الانشائية
AutoCAD Raster Design	أوتوكاد للتعامل مع الصور النقطية	استخلاص وتحرير المعلومات من الخرائط والمخططات الهندسية الورقية المدخلة للحاسب بالمسح الضوئي ومن صور الأقمار الصناعية
AutoCAD Civil 3D	حزمة أوتوكاد للهندسة المدنية	لتصميم وتوثيق استصلاح وتطوير الأراضي ومشاريع الطرق والمشاريع المائية
AutoCAD P&ID	أوتوكاد مخططات شبكات وتجهيزات الأنابيب	انشاء وتحرير وإدارة مخططات شبكات الأنابيب وتجهيزاتها.
AutoCAD Plant 3D	حزمة أوتوكاد لتخطيط المصانع	برنامج لتخطيط المصانع بشكل مثالي
AutoCAD MEP	حزمة أوتوكاد لتصميم أعمال الميكانيك – الكهرباء - السباكة	تصميم وتوثيق تجهيزات المباني الفنية الكهربائية والميكانيكية وأعمال السباكة
AutoCAD Map 3D	أوتوكاد الخرائط – ثلاثي الابعاد	برنامج نظم معلومات جغرافية ورسم خرائط
AutoCAD Design Suite	أوتوكاد مجموعة التصميم	تصميم ونمذجة ومحاكاة تصاميم هندسية بشكل ثلاثي الأبعاد
AutoCAD Utility Design	أوتوكاد تصميم المرافق	تصميم شبكات التوزيع الكهربائي والاتصالات للمرافق

أوتوكاد LT

هو إصدار أقل في السعر من الأوتوكاد العادي ولكن ببعض المميزات الأقل، تم إصدار النسخة الأولى منه في نوفمبر ١٩٩٣، حيث قامت شركة أوتوديسك بإصدار هذه النسخة حتى تكون قادرة على منافسة برمجيات التصميم بمعونة الحاسب وتكون منخفضة السعر، تم عمل تسويق لأوتوكاد LT بسعر ٤٩٥ دولاراً حتى يكون أول منتج أوتوكاد يتم تسويقه بسعر أقل من ١٠٠٠ دولار. (Fane, 2012)

كان من الممكن شراؤها في العديد من محلات الكمبيوتر العادية وذلك بالإضافة للعديد من الموزعين المعتمدين وذلك على عكس النسخة الكاملة من أوتوكاد والتي كان يتم توزيعها بشكل حصري على الموزعين المعتمدين فقط لشركة أوتوديسك. (Benton, 2019)

ابتداء من اصدار اوتوكاد LT2011 نشطت التجارة وارتفع سعر المنتج بشكل مفاجئ للتوقعات إلى ١٢٠٠ دولار، وهناك العديد والعديد من الإختلافات بين حزمة الأوتوكاد الكاملة وأوتوكاد LT يومكن تلخيص بعض الإختلافات الرئيسية على النحو التالي:

- أوتوكاد LT مقتصر فقط في الرسومات على تلك الرسومات التي تتعامل في المستوى ثنائي الأبعاد ويفتقر للقدرة على التعامل مع المجسمات ثلاثية الأبعاد.
- التخصيص: يفتقر للقدرة على التخصيص بواسطة أدوات البرمجة.
- رخصة الشبكة: لا يمكنه أن يُستخدم على العديد من الأجهزة على الشبكة.

أوتوكاد ٣٦٠

تم تسويقه سابقاً تحت مسمى أوتوكاد WS،أوتوكاد ٣٦٠ هو تطبيق ويب يمكنه أن يعمل عن طريق المتصفحات والهواتف الذكية ويعتمد مبدأ التخزين السحابي، ومن الممكن للأشخاص الذين يستخدمونه والحاصلين على حساب على الموقع أن يتصفحوا ويحرروا ويشاركوا ملفات الأوتوكاد وذلك من خلال أجهزة الهواتف الذكية بالإضافة لمتصفحات الويب وذلك باستخدام أدواتوخصائص أوتوكاد لكنها محدودة بعض الشئ. (Chappel, 2016)

نسخة الطالب

وهي عبارة عن إصدار أوتوكاد بخصم كبير على أسعار التجزئة التجارية لتأهيل الطلبة والمعلمين أيضاً ويكون مع تخيص لمدة ٣٦ شهراً. نسخة الطالب تلك تكون متشابهة تماماً بل متطابقة مع الاصدار الكامل مع وجود اختلاف واحد:

ملفات أوتو كاد المنسقة DWG التي يتم إناءها أو تحريرها بنسخة الطالب يتم تعليمها برمجياً شكل داخلي بانها لغايات تعليمية، وبالتالي فإنه عندما يتم اخراج أو نسخ أو طباعة أ] من هذه الملفات على أي من نسخ الأوتوكاد الكاملة فإن اللوحة المخرجة الناتجة يكون مطبوع عليها علامة مائية من الأربع جهات حتي توضح أن العناصر قد تم إنشاءها من نسخة الطالب وليس النسخة الكاملة أي ليست للإستعمال التجاري وإنما بغرض تعليمي وتجريبي للطلبة، أيضاً أنه في حال أن الملفات قد تم تحريرها من الأصدارات التجارية الكاملة من الأوتوكاد يتم التعليم داخليا لغرضها الأساسي وهو الغرض التعليمي.(Bullen, 2015)

وحتى نتمكن من فهم برنامج الأوتوكاد نفسه يجب علينا شرح بعض العناصر التفصيلية عن البرنامج والتي عن طريق فهم هذه العناصر سنفهم هذا البرنامج بالتفصيل وآلية عمله ومن هذه العناصر:

- الأوامر

- فائدة البرنامج
- المميزات والعيوب لبرنامج الأوتوكاد
- محاكاه الواقع
- التحليل الهندسي
- تقييم التصميم
- المعايير اللازمة لتطبيق برنامج الأوتوكاد في مجال التصميم الصناعي

الأوامر

A, *ARC/ القوس
AA, *AREAالحساب مساحه منطقه
AL, *ALIGNللمحاذاه
AP, *APPLOADلتحميلlisp
AR, *ARRAYلعمل نسخ متكررة او دائريه
ATT, *ATTDEFلكتابه الاتربيوت
B, *BLOCKبلوك
BR, *BREAKلعمل قطع في خط
C, *CIRCLEدائره
CO, *COPYالنسخ
DI, *DISTلحساب مسافه
DO, *DONUTلعمل نقطه كبيره
DT, *TEXTللكتابه العاديه
E, *ERASEالمسح
ED, *DDEDITلاضافة علي الكتابه
EX, *EXTENDالامتداد
F, *FILLETالتوصيل بالقوس
H, *HATCHالتظليل
I, *INSERTلتحميل بلوك او ملف
L, *LINEخط
LA, *LAYERخصائص الطبقات
LI, *LISTمعرفة طول الخط السميك
LT, *LINETYPEخصائص الخط
LTS, *LTSCALEخصائص اظهار الخطوط المتقطعه
M, *MOVEالتحريك

MI, *MIRRORالانعكاس
MO, *PROPERTIESالخصائص
O, *OFFSETالنسخ ببعد معين
OS, *OSNAPتحديد نقط الاظهار مثل بدايه الخط ومنتصفه والعمودي عليه وهكذا
P, *PANلمسك اللوحه باليد
PL, *PLINEلرسم خط متصل ذو سمك وقوس
PO, *POINTلرسم نقطه
PU, *PURGEلتقليل مساحه اللوحه وخذف الغير مستخدم
RE, *REGENلعمل ريفريش للوحه
S, *STRETCHلاستطاله
SC, *SCALEللتكبير
SPL, *SPLINEلرسم خط متعرج
ST, *STYLEانواع الخطوط
T, *MTEXTكتابه مزدوجه
UN, *UNITSوحده الرسمmm or inch
X, *EXPLODEللتفجير
XL, *XLINEلرسم خط مسقيم بطول اللوحه
XR, *XREFلتحميل الاكس ريفر
Z, *ZOOMلتكبير والتصغير(Fane, 2012)

فوائد برنامج الأوتوكاد

الأمر ليس عبارة عن مجموعة من الرسومات المنظمة كما يبدو عليه الأمر فهو ليس بهذه البساطة هناك مشاريع من الممكن أن تتوقف عليها رسمة تم تخطيطها بوساطة برنامج الأوتوكاد فهو يفيد المهندسين بصفة خاصة لأن هذه أكثر فئة من الناس تستخدم هذه البرامج ومن الممكن أن يلفت البرنامج انتباه الشخص الذي يضع التصميم والمخططات للمشروع لأمر مهم لم يكن قادرا على اكتشافه إذا رسم هذه الرسمة بيده.) مهران(2019 ,

هناك العديد والعديد من الأمور التي يجب أن تتم معرفتها عن هذا البرنامج العظيم، فإن أوامره وقدراته أكبر بكثير من أن يتم وضعها وجمعها في كتاب أو مجلد، حيث أن هناك العديد من الأوامر والمتنوعة للعمل على الكاد كما تم ذكرها من قبل ، كالتدوير والتجسيم والدوال وعمل البلوكات بالإضافة للبطاقات وأوامر الرؤية والعديد غيرها.(Chappel, 2016)

ومن الأمور المهمة والمفيدة أيضاً أن يطلع كل المهندسين في جميع أنحاء العالم على هذا البرنامج الرائع ويتعلموا كيفية العمل عليه حتى يكون بإمكانهم توظيف التقنيات الحديثة التي توصل الناس إليها مع عملهم وبالتالي يؤثر ذلك بالإيجاب على جودة العمل وبالتالي يفيد الصالح العام فمن المهم بل والضروري أن يتطلع الشخص باستمرار على التجديدات في جميع المجالات بشكل عام ليواكب العصر وعلى مجاله بشكل خاص ليتميز في عمله ولا يتم دفنه في التراب بسبب جهله. (Benton، ٢٠١٩)

بالإضافة إلى أن هذا البرنامج ليس ببرنامج عادي أو مجرد برنامج عابر مفيد يستعمله البعض ويقتصر الموضوع على ذلك، بل إنه برنامج ضخم وفي يومنا هذا يعتبر برنامج الأوتوكاد أحد أكثر البرامج الهندسية العالمية استخداماً في العالم، لذلك فإن اتقان هذا البرنامج والعمل عليه بشكل جيد يفتح العديد من الفرص أمام المهندسين حول العالم حتي يصبحوا جزء لا يتجزأ من النسيج الهندسي العالمي، فمن الممكن أن يستفيدو في يوم ما من خبرة الأشخاص الأخرين بل وقد يفيدوهم أيضاً. (Benton، ٢٠١٩)

مميزات وعيوب الأوتوكاد

المميزات

البرنامج الأوتوكاد العديد من المزايا المختلفة والمتنوعة المفيدة لكل مستخدميه في جميع المجالات ولكن من الصعب جداً أن يتم حصر كل هذه المزايا التي يحتويها الأوتوكاد حيث أنه برنامج ثنائي الأبعاد وثلاثي الأبعاد، ف بعض المزايا التي يقدمها الأوتوكاد:

- الإحداثيات: وهي أحد أهم الأمور ومن الأمور الأساسية في الأعمال الهندسية، ومن الممكن أن تتم الإستفادة من أكثر من نوع للإحداثيات، على سبيل المثال الإحداثيات الكارتيزية وأيضاً الإحداثيات القطبية.
- البرنامج يقدم خلفية نقطية تحتوي على شبكة من المقاييس والتي تحدد بواسطة المستخدم وتساعده في عمله وفي الرسم الدقيق للمسافات البعيدة، بالإضافة إلى أن نظام سناب يساعد في القفز المباشر إلى أقرب نقطة في الشبكة.
- يحتوي الأوتوكاد على نظام يتم به إدخال الزوايا الإفتراضية وذلك تبعاً للنظام العشري.
- يحتوي الأوتوكاد على أوامر الحذف والنسخ للعناصر على بعد مسافة معينة، ويحتوي على أمر تدوير لحواف الأشكال التي تم رسمها، وأيضاً أمر Trim الذي يتم استخدامه لكي يتم مسح جزء معين من خط أو من الرسمة وليس الرسمة كلها والعديد والعديد من الأوامر الأخرى.

- يحتوي على خاصية تسمى From ويتم استخدامها بكثرة في رسم الأعمدة وذلك في الرسم المعماري بالإضافة للعديد من الإستخدامات الأخرى لهذه الخاصية.
- هناك نظامين مستخدمان بكثرة في الأوتوكاد وهما ortho وpolar ويستخدمان في رسم الخطوط الألإقية والرأسية ورسم الخطوط وفقاً للزوايا التي تم تحديدها بواسطة المستخدم، وعن طريق النظام الثاني يمكن الرسم عن طريق الماوس، والذي بدوره يعمل على تحديد اتجاه الخط عن طريق نظام أورثو ومن ثم كتابة الطول المطلوب.
- نظام polar tracking الذي يتم استخدامه بكثرة في الرنامج والذي يتم فيه الاعتماد على المسارات للوصول لنقطة معينة من أجل الرسم.
- فلاتر النقاط: تمكننا هذه الخاصية أن نحدد نقطة معينة استناداً على الإحداثي السيني لنقطة والصادي لنقطة أخرى.
- يقدم الأوتوكاد المزيد من المرونة، حيث أن بإمكانه أن يرسل البيانات بشكل مباشر إلى تطبيقات رقمية أخرى مثل مشغلCNC الذي يكون في السيارة وبرنامج آخر مثل FEA بالإضافة لتقنية ال3D
- من السهل جداً عمل تعديلات إذا تواجد خطأ في التصميم فمن السهل اكتشافه وتعديله.
- لو اعتبرنا أن للطاقة البشرية ثمن معين فإن الأوتوكاد يعتبر أقل تكلفة بكثير
- صديق البيئة أكثر من الرسم اليدوي حيث عند إجراء تعديلات يتم إلقاء قصاصات الورق والتي تتلف البيئة.
- يتميز بمساحة كبيرة من الممكن أن تخزن جميع التعديلات اللازمة والتصميمات المطلوبة.
- يعتبر أكثر أماناً حيث أن به خاصية لتشفير البيانات.
- أكثر دقة وفاعلية من الرسم اليدوي.
- يوفر المزيد من الوقت والجهد.
- لا يمكن بأي شكل من الأشكال لبيانات الأوتوكاد أن تتحلل أو أن تتلاشى أو حتي أن تحترق وتصفر بمرور الزمن كما يحدث في الطرق العادية الأخرى.
- كما أنه يوجد برامج أوتو كاد تعمل على أجهزة حتى لو كان المعالج للجهاز ضعيف.
- استخدام الطبقات أكثر سهولة

- سهولة عمل النسخ وفقاً للحاجة.
- يمكن تداول الرسومات بمنتهى السهولة عن طريق البريد الإلكتروني.
- من السهل الإحتفاظ بنسخ احتياطية للرجوع لها عند الحاجة إليها وتكون محفوظة بعيداً عن أي تلف. (Benton، ٢٠١٩)

والمزيد والمزيد من الذي توفره وتقدمه برامج الأوتوكاد ولكن ليس هذا يعني أنها خالية من العيوب فلكل شئ مزايا وعيوب لكن عيوبها تعبر عديمة القيمة إذا تم مقارنتها بكم الإستفادة والمميزات التي في هذا البرنامج. (Benton، ٢٠١٩)

العيوب

لا يخلو أي شئ من العيوب على الإطلاق ولكن لبرنامج الأوتوكاد بعض العيوب التي من الممكن أن نتحدث عنها مثل:

- الغلطات البسيطة قد تؤدي لكوارث
- من الممكن أن يجعل الناس في حاجلة كسل بعض الشئ
- من الممكن أن يكون هناك خللاً في البرنامج فيؤثر على صحة الرسم
- من الممكن وجود خطأ في جهاز الكمبيوتر نفسه (Benton، ٢٠١٩)

النمذجة ومحاكاة الواقع

النمذجة في الأساس هي عبارة عن عملية الغرض منها توليد وإنشاء بعض النماذج المجردة أو النماذج الإصطلاحية، العلوم بمجملها تعمل على عرض مجموعة ضخمة وفي ازدياد مستمر من المناهج،وتكون التقنايات والنظريات كلها حول كل نوع من أنواع النماذج العلمية المتخصصة، بالإضافة أ]ضاً إلى أن هناك بعض النظريات العامة التي تدور حول النمذجة العلمية ويتم عرضه في فلسفة العلوم وأيضاً نظرية الأنظمة أو حقول جديدة مثل التمثيل المرئي knowledge visualization. (Chappel، ٢٠١٦)

برنامج الأوتوكاد من أكثر البرامج محاكاه للواقع وذلك نظراً لكثرة استخدامه في أمور من الأمور شديدة الواقعية فيجب أن يكون على قدر كافي من المحاكاه حتي تزيد درجة دقته، فيوجد نموذج تقريباً لكل شئ في الأوتوكاد حيث يتم استخدام الأوتوكاد في العديد من المجالات المختلفة وكل مجال له نماذج مختلفة يمكن تطبيق البرنامج بها وتلك المجالات هي:

- الصناعة

- البناء
- التخطيط الإنشائي والمعماري
- نظم المعلومات الجغرافية ورسم الخرائط والطبوغرافيا
- إلكترونيك
- الكهربائية(الرسوم البيانية الخاصة بالأسلاك)
- ميكانيك

كل مجال من تلك المجالات يمنحه الأوتوكاد فرصة حتى يمكنه تطبيق نماذجه الموجودة في الطبيعة وعلى أرض الواقع على نماذج مصغرة على البرنامج فعلى سبيل المثال يمكن للبرنامج عمل مجسمات ثلاثية الأبعاد، وعند رسم منشآت مدنية فإنها تكون بشكل قريب جداً جداً للموجودة في الطبيعة بإمكانية توضيح الطبقات المختلفة من الأرض وعمل ما يسمى التهشير وهو يوضع الفرق بين المستويات الموجودة على الرسم الموضح في البرنامج. (Benton، ٢٠١٩)

في بداية الأمر لعمل محاكاه بشكل صحيح يجب أولاً معرفة كيفية استخدام برنامج الأوتوكاد حتى نتمكن من عمل التطبيقات المختلفة على البرنامج لتكون أقرب ما يمكن للواقع وعمل النماذج بشكل دقيق واحترافي، وللعمل على برنامج الأوتوكاد واستخدامه بشكل سليم يجب اتباع الآتي:

تحديد نوعية المشروع الذي تعمل عليه

برنامج الأوتوكاد كما تحدثنا يغطي نطاقاً واسعاً جداً م نالتطبيقات والاستخدامات المختلفة والمتنوعة، ويمكنك أن تجد داخل برنامج الأوتوكاد مجموعة من البرمجيات التي تم تصميمها تبعاً لمجال اهتمامك، متضمنة البرمجيات التي تركز وتهتم بالرسوم المعمارية أو الميكانيكية وأيضاً المدنية أو تلك المتعلقة بالطيران أو حتي الكهربية. (Chang، Performance Evaluation Using CAD/CAE، ٢٠١٣)

التأكيد أولاً من تلبية الحاسوب لمتطلبات نظام البرنامج

ويتطلب الأوتوكاد ما يلي:

- عدد ٢جيجا بايت رام
- عدد ٢ جيجا بايت مساحة خالية للتثبيت
- جودة للشاشة لا تقل عن ٧٦٨*١٠٢٤

- إنترنت إكسبلورر ٧ فأحدث

تثبيت برنامج الأوتوكاد على الجهاز

وتلك الخطوة هي خطوة بسيطة يرافقها بعض التعليمات التي تقوم بتوضيحها خطوة بخطوة وتظهر بواسطة مساعد التثبيت.

التدرب على التنقل داخل البرنامج

مساحة العمل في الأوتوكاد ممكن تقسيمها إلى مساحتين منفصلتين، حيث أن مساحة الرسم تقوم بتغطية معظم الشاشة بالإضافة إلى أِرطة الأدوات التي تكون موجودة فوق مساحة الرسم وتحتها وتتضمن ما يلي:

- زر التطبيق: حرف الA الأحمر الكبير المتواجد أعلى يسار الشاشة هو عبارة عن زر تطبيق يتم استخدامه لطباعة بعض لملفات والخروج من البرنامج.
- شريط الأدوات السريع: يتواجد هذا الشريط بجوار زر التطبيق وبه بعض الأوامر الشائعة في أي برنامج مثل حفظ و فتح وما إلى ذلك.
- شريطRibbon: ويقع هذا الشريط أسفل شريط الأدوات السريع وبه سلسلة مختلفة من الألسنة مثل:
  - الرئيسية
  - إدخال
  - شرح
  - عرض.... إلخ (Kimura، ١٩٩٥)

شريط أدوات الأوامر

ويوجد هذا الشريط أعلى شريط الحالة مباشرة وهو يعبر عن طريقة تواصل البرنامج معك، أي أنه يمثل حلقة الوصل بين المستخدم والبرنامج الذي يتم اعطاء من خلاله الأوامر ويرد البرنامج طالباً بعض الأمور التوضيحية حتى يقوم بعمل تلك الأوامر بشكل صحيح وعلى أكمل وجه وفقاً رغبة المستخدم. (Kimura، ١٩٩٥)

١- قم بعمل رسماً جديداً

عن طريق الضغط على "ملف جديد" من شريط الأدوات السريع، حيث أن الرسم الجديد يقوم باستخدام الإعدادات الافتراضية ١ و ٢ سواء المترية أو الإنجليزية، ثم قم باختيار "نماذج" المتواجدة تحت خيارات مربع الحوار وذلك إذا أراد المستخدم اللجوء لإعدادات محددة للرسم، ثم بعد ذلك قم برسم شكلاً بسيطاً عدة مرات، قم بإتقان الأساليب البسيطة في برنامج الأوتوكاد والتدريب على المهارات الأساسية قبل الإنتقال للمرحلة الأصعب وهي الرسومات المعقدة. (عيد، ٢٠١٢)

بعد ذلك تكون عرفت كيف يكون بمقدرتك عمل رسمة متكاملة الأوصاف في برنامج الأوتوكاد بالإضافة لاتباع الأوامر التي تم تلخيصها فيما سبق ومن ثم نبدأ بعمل النماذج المحاكية للواقع سواء كانت في رسومات تم رسمها يدوياً فنقوم بنقلها على البرنامج، أم أنها تم رسمها على البرنامج بشكل مباشر ووضع بعض الأمور المساعدة مثل المجسمات الصغيرة وما إلى ذلك لتضيف بعض المحاكاه والدقة إلى التصميم الذي تم العمل عليه. (Kimura، ١٩٩٥)

تقنيات النمذجة الهندسية

قامت شركة أوتوديسك بالإعلان عن وجود منتجات برنامج أوتوكاد متضمنة برنامج أوتوكاد ومنصات البرامج الرائدة للتوثيق والتصميم ثنائي الأبعاد والتصميم الثلاثي الأبعاد، وبرنامج أوتوكادLT لكل من الاختصاصين الزخرفة و أيضاً رسم المخططات في التصاميم الثنائية الأبعاد، تتضمن الإصدارات الأخيرة من أوتوكاد العديد من المميزات الجديدة والمتقدمة مثل الأدوات الجديدة الخاصة بنمذجة الأسطح وشفافية الكائنات وإضافة الطبقات المختلفة. (Bullen، ٢٠١٥)

هذه الأدوات المتقدمة تساعد المصممين على أن يقومو بتنفيذ أفكارهم والمساعدة في زيادة معدل الإنتاج، وتتوافق منتجات أوتوكاد مع إصدارات أنظمة التشغيل الخاصة بويندوز ٧ هوم بريميوم المنزلي، وبروفشنال، وأيضاً إنتربرايز، بالإضافة إلى ألتيميت، ولا يقتصر الأمر على ذلك فقط بل يتوافق أيضاً مع الأنظمة الخاصة بتشغيل ويندوز فيستا، بالإضافة لويندوزXP . (Benton، ٢٠١٩)

عن كل هذه الإصدارات الجديدة والمتقدمة ذات التقنيات الحديثة تحدث غوري ستارك وهو نائب رئيس منتجات منصات أوتوكاد قائلاً:

"واصلنا في الإصدارات الجديدة من أجل زيادة الاستثمار ورفع الإنتاج ورسم المخططات، كما أننا أضفنا مجموعة جديدة وتكون أكثر فاعلية، من تقنيات النمذجة ثلاثية

الأبعاد بالإضافة إلى التصيير من أجل مساعدة الملايين من الأشخاص الذين يقومون باستخدام أوتوكاد في كل أنحاء العالمعلى نشر تصاميمهم وتقويتها عن طريق خصائص البرنامج المتقدمة وما يقدمه من خدمات فيرتقوا بتصاميمهم لأقصى الحدود، جهزنا برنامج أوتوكاد بالعديد والعديد من المميزات بالإضافة إلى أحدث التقنيات وأكثرها تقدماً وذلك لتلبية احتياجات ومطالب مجموعة مستخدمي أوتوديسك العالمية، وصببنا تركيزنا على إمداد البرنامج بالعديد من الأدوات الجديدة والتي من الممكن أن يتم الإعتياد عليها سريعاً إلا أنها ذات تأثير بالغ في سير العمل اليومي"

يتيح برنامج أوتوكاد الفرصة للمصممين أن يقوموا باستخدام أدوات تصيير أكثر تقدماً تتسم بالمزيج من المرونة والتحكم وذلك عند إعدادهم وتنفيذهم للتصاميم الثلاثية الأبعاد.

- أدوات نمذجة الأسطح: هي عبارة عن مجموعة من الأدوات الجديدة التي تقوم بمنح المستخدم القدرة على إنشء الأسطح الملساء بالإضافة لقدرته على القيام بالأسطح الانتقالية بينما ميزة ترابط الأسطح تقوم بالمحافظة على العلاقة بين كافة الكائنات.
- نقطة غيمة الدعم(توسيع عرض نقطة العرض):
تقوم هذه النقطة بدعم دقة عرض كبيرة جداً قد تصل حتى ٢ مليار نقطة وذلك حتى يتيح للمستخدم أن يتصور بسرعة الأجسام التي تم مسحها مباشرة ضمن نطاق النموذج.

- قيود استدلالية:
تمنح للمصممين القدرة على الاستدلال على القيود الهندسة وبصورة مباشرة خلال عملية الرسم.

- تحسين أوامر التظليل: ويساعد ذلك في الرسومات التخطيطية حيث أن تحسين أوامر التظليل يعمل على زيادة كفاءة الرسم التخطيطي، على صعيد آخر تتيح الأنماط المختلفة للتظليل المتدرج الفرصة للمستخدم في إضافة المزيد من الألوان وبعض الظلال على الرسوم والتصاميم التي يعمل عليها.
- أدوات Time saver: أًصبح الموضوع متوسع أكثر الأن عما كان عليه فيما سبق حيث أن تلك الأدوات كانت مقتصرة ومحصورة فقط على

العملاء المشتركين في أوتوديسك فقط، بينما مع حركة التوسع والتقدم التي حدثت أصبحت الأن متاحة لجميع مستخدمي أوتوكاد وأصبح بإمكانهم التمتع بهذه الأدوات والإمكانيات المتقدمة.

- أوتوكادLT: يعتمد هذا البرنامج على سمعته الواسعة وصيته الشائع والمنتشر حول العالم وذلك لقدرته على زيادة ورفع مستوى الإنتاجية وذلك يتم عن طريق بعض الأوامر الجديدة والتي لديها القدرة أن تجعل تنفيذ المهام اليومية ليس بالأمر الجلل بل تجعل تنفيذ تلك المهام أمراً في غاية السهولة والدقة وأكثر كفاءة وسلس بصورة كبيرة، وذلك بالإضافة إلى أوامر التظليل التي تم تحسينها وأدوات ال Time saver المتواجدة داخل برنامج الأوتوكاد، يضيف برنامج أوتوكاد LT العديد من الأدوات الجديدة والتي بدورها تقوم بمنح المستخدم خيارات جديدة وذلك للتحكم في مظهر الرسومات وتلك الخيارات يمكن ذكر بعضها فيما يلي:
  - الشفافية الخاصة بالعديد من الكائنات والطبقات
    - حيث تقوم بتوفير العديد من الخيارات الجديدة لتقوم بتنظيم مزهر الرسوم والوصول بذلك غلى تصميم جيد يتناسب مع الرغبة الداخلية للشخص المصمم. (Benton، ٢٠١٩)
  - مقابض مجمع الخطوط ذات الوظائف المتعددة
    - ذلك الإختيار يقوم بإتاحة الفرصة للقام بتعديلات مجمعة على مجموعات من الخطوط مرة واحدة ويتم ذلك بصورة دقيقة وأكثر سرعة وذلك يسهل على المصمم أو المستخدم العمل بشكل أسرع وأدق وأيضاً سرعة تعديل الأخطاء والعمل عليها بصورة أكثر فاعلية وشكل إيجابي.
  - القدرة على إنشاء وتحديد جميع الكائنا المتشابهة
    - ويحدث ذلك بالإعتماد على خصائص الكائنات الموجودة بشكل مسبق في برنامج الأوتوكاد وذلك يعمل على توفير الوقت لدى المصمم أو المستخدم وخاصة إذا أراد القيام بعمل تعديل على الرسوم الهندسية التي قام بتخطيطها. (Regalla، ٢٠١٠)

المجموعة الجديدة من برنامج الأوتوكاد تحتوي على العديد من التطبيقات الخاصة جداً والقائمة على منصة أوتوكاد والقائمة التالية توضح بعض من تلك التطبيقات:

- أوتوكاد Architecture(الهندسة المعمارية):
  - يقوم هذا البرنامج بالمساعدة على القيام بالرسومات المعمارية وتوثيقها أيضاً، وقد تم إضافة عليه العديد من القيود الجديدة للهندسة والأبعاد ولم يقتصر الأمر على مجرد بعض الأوامر التي تسهل التصميم على المستخدم وحسب وتسهيل الأبعاد وما إلى آخره بل هناك العديد من الأمور والعناصر التي بإمكانها مساعدة المهندس المعماري وتهدف لتحديث أدواته من أجل تسهيل وتسريع عملية التصميم. (Chang، Design Theory and Methods Using CAD/Cae: The Computer Aided Engineering Design Series، ٢٠١٤)

- أوتوكاد Electrical (الهندسة الكهربائية):
  - يقوم هذاالبرنامج بمساعدة مصممي التحكم الكهربائي في العديد من الأمور التي يحتاجون إليها للقيام بتصميماتهم ومخططاتهم، فهذا البرنامج يقوم بتسهيل تلك العملية عليهم حيث يساعد على سرعة القيام بعمل التصميم وأيضاً المساعدة في الوصول بسهولة لقدر كبير ووافي من المعلومات المفهرسة قد يساعد الكثير من المصممين، وهذه المعلومات تكون خاصة بالمشاريع الكبيرة للتحكم الكهربائي بشكل متميز. (Chang، Performance Evaluation Using CAD/CAE، ٢٠١٣)
- أوتوكاد Mechanical (للهندية الميكانيكية):
  - تقوم بتقديم بيئة التصميم السلسلة في البرنامج للشخص المصمم غلى العديد من وظائف التصميم المهتمة بالأبعاد، والتي تقوم من تلقاء نفسها بترتيب أبعاد الأجزاء بشكل تلقائي ويتم ذلك مع بقة خصائص الرسم، ويتم ذلك دون الإحتياج لفتح مربع الحوار مع البرنامج. (Chang، Design Theory and Methods Using CAD/Cae: The Computer Aided Engineering Design Series، ٢٠١٤)
- أوتوكاد MEP(للهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة):

- يوفر البرنامج الفرصة للزيادة الكبيرة في القيام بإنتاج رسوم مخططات لكل من مهندسي الكهرباء وأيضاً الميكانيك وذلك بالإضافة إلى السباكة وكل هذا بجانب الأشخاص المصممين ورسامي المخططات. (Chang، Product Manufacturing and Cost Estimating Using CAD/CAE، ٢٠١٣)
- وقد تمت إضافة مميزات جديدة على البرنامج لعدة أغراض تخدم المصممين والمستخدمين وتساهم في حفظ وإنشاء أوامر الحجب في الأوتوكاد، ويوجد بالإمكان أيضاً رسم أنابيب مائلة وموازاة أنابيب التمديد بشكل أكثر سهولة واحترافية أكثر مما كان الأمر عليها في قديم الزمان. (Chappel، ٢٠١٦)

وهناك العديد والعديد من الأمور التي تساعد على النمذجة في برنامج الأوتوكاد حيث يقوم بعمل محاكاه للواقع وبشكل إحترافي يسهل على المصممين والمستخدمين الكثير من الوقت والمال والجهد أيضاً وتسعى الشركة لجعا الأمر أكثر راحة وأكثر محاكاه للواقع عن طريق القيام ببعض التحديثات في النسخة التي تقوم بتقديمها بشكل مستمر كل عام وتقوم بإبها الناس وإسعاد المستخدمين لأنها تقدر جهودهم بشكل مستمر وتسهل عليهم عملهم. (Leesley، ٢٠٠٤)

٦,٥ . التحليل الهندسي

التحليل الهندسي يختص بدوره بتطبيق العديد من الأسس والعمليات الخاصة بالتحليل العلمي ويتم ذلك على جهاز معين أو تقنية معينة تكون محل دراسة، ويكون ذلك بهدف دراسته ومعرفة كل ما يتحلق به والقدرة على البث في خصائصه وحالته، والتحليل الهندسي في أسايه يعتمد بشكل كلي على التفكيك، وتفصيل الأمور، حيث أن التحليل الهندسي يقوم بقسم التصميم الهندسي إلى آليات تشغيل أو كما يسميها البعض آليات إخفاق، ومن ثم بعد ذلك يبدأ في أن يحلل و أن يقيم المكونات الأساسية والفرعية لكل آلية منها على حدة، وبعد دراسة كل المكونات على حدة يقوم بعمل إعادة تجميع لتلك المكونات ويتم ذلك ليس بعشوائية وإنما وفقاً لأس فيزيائية معينة وبمساعدة القوانين الطبيعية الأساسية. (CADFolks، ٢٠١٨)

فقيام الكاد بأمور مثل النمذجة ومحاكاة الواقع والشفافية في الكائنات والطبقات المختلفة التي توجد على الأوتوكاد والأوامر الموجودة به كلها ما هي إلا عناصر صغيرة بسيطة يقوم الكاد بفعلها منفردة كل على حدة، والتجميعات من تلك العناصر سواء كانت

خطوط او دوائر أيا كان فتلك التجميعات هي التي تعطي الشكل النهائي أي التصميم الخارجي الذي يسعى المصمم لتنفيذه في المشروع. (Benton، ٢٠١٩)

تقييم التصميم

التصميمات التي يقوم بها الناس ليست عبثية لكن هناك أصول وقواعد للقيام بتلك التصميمات حتى لا يكون بها عيب أو على الأقل حتى لا يكون بها عيب ملحوظ وبناء على الإلتزام بتلك القواعد يكون تقييم التصميم، فيجب على المصمم أن يكون على دراية كافية بأصول وأسس التصميم حتى لا يقع في الأخطاء وعلى الشخص الذي يقوم بتقييم ذلك التصميم أن يكون خبير في تلك الأصول والأسس حتى يكون رأيه صحيح ووافي لكل الشروط الواجب توافرها في التصميم الذي تم تخطيطه. (Benton، ٢٠١٩)

فمراجعة التصميم هي أحد أهم الخطوات في عملية تطوير المنتج والتي فيها يتم تقييم التصميم في مقابل عدد من المتطلبات، وذلح ختى تتحقق نتائج الأنشطة السابقة ومعرفة المشكلات من قبل أن يتم الإلتزام بأي عمل آخر حتى وإن تطلب هذا في بعض الأحيان إعادة ترتيب للأولويات، فإذا نجحت المراجعة النهائية للتصميم يؤدي ذلك لطرح هذا المنتج. (Benton، ٢٠١٩)

مراجعة التصميم وتقييمه جزءاً صرورياً من طرق التحكم في التصميم وذلك عند تطوير أي منتج في بعض الطرق أو السياقات مثل تطوير وتحديث الأجهزة الطبية، ومن التعريف يظهر أنه يجب أن تتضمن المراجعة أشخاصاً خارج الفريق الذي كان يعمل على التصميم نفسه الذي يتم تقييمه ومراجعته.

عملية المراجعة تلك تدخل أيضاً في العديد من الأعمال الهندسية إن لم تكن تدخل في جميع الأعمال الهندسية في كل المجالات وبصورة خاصة تلك الإنشاءات التي تتضمن التصنيع الثقيل والأعمال الكبيرة والمهمة لأن الخطأ في مثل هذه الأمور يسبب كوارث. (Benton، ٢٠١٩)

برامج الأوتوديسك تحتوي على مراجع للملفات وأدوات تعقيب على الصناعات المعمارية وأيضاً الهندسية بالإضافة للبنائية وتسمى ببرامج مراجعة التصميم. (Chappel، ٢٠١٦)

مراحل مراجعة التصميم

من أجل تقييم تصميم ما مقابل المتطلبات التي يحتاجها، ويجب وضع عدد كافي من العناصر في الحسبان ومن تلك العناصر:

- الاختبارات الفيزيائية.
- المحاكاه الهندسية.
- الفحوص.

توقيت مراجعة التصميم

من الأمور المتعارف عليها والمتداولة في عمليات هندسة النظم التي تحتوي على الطابع الرسمي أن التكلفة الخاصة بتصحيح خطأ ما تزيد وتتفاقم كلما تقدمت العمليات خلال عملية التطوير، وذلك يعني بذل جهود إضافية في المراحل الأولى من التطوير، وذلك بهدف الكشف عن الأخطاء وتصحيحها وهذا الأمر ليس يسيراً بلأنه من الأمور التي تستحق العناء، ومراجعة التصميم هي أحد نماذج تلك المجهودات التي نتحدث عنها، لذلك فإنه على سبيل المثال من الممكن أن يتم تنفيذ عدد من المراجعات الخاصة بالتصميم وذلك بهدف تقييم التصميم ويحدث ذلك استناداً على عدة مجموعات مختلفة من المعايير مثل:

- التطابق
- إمكانية الإستخدام
- سهولة التطويع اللغوي
- التأثير البيئي

أو من خلال العديد من المراحل الأخرى المتعددة الخاصة بعملية التصميم وتقييمه. (Chappel، ٢٠١٦)

معايير تطبيق الأوتوكاد في التصميم الصناعي

برنامج الأوتوكاد يستخدم في العديد من المجالات من ضمن المجالات التي يتم الاستعانة فيها ببرنامج الأوتوكاد هو مجال التصميم الصناعي، وهو من أخطر المجالات التي يتم فيها استخدام الأوتوكاد لأن التصميم الصناعي يمر بالعديد من المراحل المختلفة وتلك المراحل بها العديد من التفاصيل الكثيرة والمتشعبة والتي يجب أن تكون على مستوى عالي جداً من الدقة لتجنب حدوث مشكلات وكوارث لذلك مراجعة التصماميم في المجال الصناعي مهمة جداً، لذذلك فإن هناك بعض الشروط التي يجب أن يتم مراعاتها عند استخدام برنامج الكاد في مجال الصناعة مثل:

- الإلتزام بالدقة الشديدة
- توضيح أبسط الأمور حتى يكون التصميم واضح لمن يراه بكل سهولة

- أن تتم تفعيل طرق مراجعة التصميم أولاً بأول حتي لا تتراكم الأخطاء
- يفضل العمل على كل جزء على حدة ثم تجميع الكل في آخر التصميم

وتختلف الشروط من صناعات لأخرى على حسب ماهية الصناعة نفسها فالشروط في مجال الميكانيك تختلف عن الإتصالات، في مجال التخطيط العمراني تختلف عنها في مجال التخطيط الإنشائي وهكذا لذلك يجب تحري الدقة فيما يتم التصميم له بمنتهى الحساسية. (Benton، ٢٠١٩)

النتائج

نظرًا لتشابه المنتجين من الناحية التصنيعية فيُرجح الحديث عن مميزاتهما معًا ز كان الهدف من استخدام الأوتو كاد هو تحقيق أقصى إستفادة من قدرة الأوتوكاد على نقل التصميم ثلاثي الأبعاد وتحويله إلى مساقط رؤية ثلاثة؛ وهي المسقط الرأسي والمسقط الجانبي والمسقط الأفقي بغرض تحدد تفاصيل المنتجين بدقة وعمل نماذج مصغرة مجسمة باستخدام البرنامج لكل جزء منفصل داخل المنتج.

ويرجع اختيار الباحث لاستخدام برنامج الأوتوكاد الميكانيكي في تصميم منتجيه السالف طرحهما نظرًا لمميزات الأوتوكاد المتعددة. حيث أنه في المنتج الأول وبالنظر لتعدد تفاصيل المنتج وصغر حجمه فوُجد أن المصمم في حاجة إلى أداة مراقبة الجودة الموجودة في برنامج الأوتوكاد وهو ما يميزة عن حزمة برامج ال CAM وذلك لمراجعة التصاميم وتحديد ما بها من أخطاء للتأكد من جودة التصميم ومدى ملائمة المنتج لوظيفته التي صُمم من أجلها كما سهل وجود الطبقات عمل الفتحات الصغيرة في الصامولة واستبدال الطبقة واختيارغيرها لسهولة الرسم والتصميم كما أنه ساعدت أدوات أخر مثل trim في نسخ تلك المنحنيات الصغير إلى باقي المنتج اختصارًا لوقت المصمم. كما أن الأداة المُصنعة ذات منحنيات متعددة وحادة ووهو ما يوفره برنامج الأوتوكاد بسهولة بالغة بعكس حزمة برامج CAE أو CAM.

وفي المنتج الثاني يوضح برنامج الأوتوكاد وبدقة أماكن اللحام وطريقة عملها وهو ما تتميز به حزمة CAD عامة نظرًا لتمدد المستوى البصري لها واستخدام محاور الاحداثيات التلقائية ودقة زوايا الإنحراف داخل البرنامج سهلت تمصيم المنتج. وفي كلا المنتجين اعتمد الأوتوكاد علي نظرية التحليل الهندسي حيث أنه يقوم بتفصيل كل الأمور والأوامر التي يعطيها المصمم له أو المستخدم العادي حتي يقوم بعمل تحليل منطقي لها فقاً لما تمت برمجته عليه ومن ثم يقوم بتنفيذ الأمر بالصورة التي يرديها المصمم دون حدوث خلل أو صورة من صور التشتت في تلك العملية المنطقية التي يقوم بها برنامج الأوتوكاد.

الخاتمة

استطاع برنامج الأوتوكاد أن يسهل التصميم في الوقت الذي مضى وسيجعله أكثر سهولة وأكثر دقة فيما هو قادم، فإنه أحد أعظم الإنجازات التي حضرت علي البشرية، فهو يفيد التصميم في كل المجالات والذي يترتب على جودة التصميم هي جودة المنتج النهائي وجودة الصناعة وجودة المنشآت وتحقيق الرفاهية لكل من من ساهم في إنجاز ذلك المشروع والذي سيستفيد من هذا المشروع من مستهلكين من عامة الناس، لكن أولا يجب فهم خصائص البرنامج جيداً ف الأخطاء في مثل هذه الأمور ليس من المحمود عواقبها لذلك يجب التعلم والتعرف بشكل جيد ومتقن أولاً على تفاصيل البرنامج ثانياً على ما يقدمه البرنامج من خدمات تؤهل المصممين للقيام بما هو يدور ويجول في خواطرهم بأسرع الأوقات وبأدق التفاصيل وبأعلى إنتاجية.

المراجع

- خليل، أحمد حامد.(٢٠١٨) أثر التصوير الرقمي على تطور الرسوم الساخرة(فن الكاريكاتير). الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية.
- عيد، أ. ع. (٢٠١٢). الفن الرقمي كوسيط تقني لإثراء التصميم التشكيلي .
- عبد الغني، مروة أحمد محمد إبراهيم.(٢٠١٦). العلاقات التبادلية بين المعالجات ثلاثية الأبعاد والكتابات العربية .
- مهران، شيماء عبد الستار شحاته.(٢٠٠٧) تفعيل دور مصمم الأثاث في تحديث وتنمية صناعة الأثاث. بحث مقدم للحصول على درجة الماجستير في مجال التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

Benton, G. O. (2019). Mastering AutoCAD 2019 and AutoCAD LT 2019.

Bullen, G. &. (2015). Teaching and Learnning in Degital World.

CADFolks. (2018). AutoCAD 2018 - Beginners Guide.

Chang, K.-H. (2013). Performance Evaluation Using CAD/CAE.

Chang, K.-H. (2013). Product Manufacturing and Cost Estimating Using CAD/CAE.

Chang, K.-H. (2014). Design Theory and Methods Using CAD/Cae: The Computer Aided Engineering Design Series.

Chappel, E. (2016). AutoCAD Civil 3D 2016 Essentials: Autodesk Official Press.

Fane, B. (2012). AutoCAD For Dummies.

Gallaghe, P. B. (2016). Advanced Distributed Learning.

Kimura, F. (1995). Computer-Aided Tolerancing: Proceedings of the 4th Cirp Design Seminar the University of Tokyo.

Leesley. (2004). Computer Aided Process Plant Design.

Marefe. (2018, May 16). تصميم بمساعدة الحاسوب. Retrieved December 3, 2019, from Marefe: https://www.marefa.org/تصميم_بمساعدة_الحاسوب

Paoluzzi, P. A. (2003). Geometric Programming for Computer Aided Design.

Regalla, S. P. (2010). Computer Aided Analysis And Design.

Saxena, A. (2005). Computer Aided Engineering Design.
W, W. A. (1976). Proceedings of the Second International Conference on Foundations of Computer Aided Process Design.
Zimmers, M. G. (1983). CAD/CAM : Computer-Aided Design and Manufacturing.

المراجع

Benton, G. O. (2019). *Mastering AutoCAD 2019 and AutoCAD LT 2019.*

Bullen, G. &. (2015). *Teaching and Learnning in Degital World.*

CADFolks. (2018). *AutoCAD 2018 - Beginners Guide.*

Chang, K.-H. (2013). *Performance Evaluation Using CAD/CAE.*

Chang, K.-H. (2013). *Product Manufacturing and Cost Estimating Using CAD/CAE.*

Chang, K.-H. (2014). *Design Theory and Methods Using CAD/Cae: The Computer Aided Engineering Design Series.*

Chappel, E. (2016). *AutoCAD Civil 3D 2016 Essentials: Autodesk Official Press.*

Fane, B. (2012). *AutoCAD For Dummies.*

Gallaghe, P. B. (2016). *Advanced Distributed Learning.*

Kimura, F. (1995). *Computer-Aided Tolerancing: Proceedings of the 4th Cirp Design Seminar the University of Tokyo.*

Leesley. (2004). *Computer Aided Process Plant Design.*

Marefe. (2018, May 16). *تصميم بمساعدة الحاسوب*. Retrieved December 3, 2019, from Marefe: https://www.marefa.org/الحاسوب_بمساعدة_تصميم

Paoluzzi, P. A. (2003). *Geometric Programming for Computer Aided Design.*

Regalla, S. P. (2010). *Computer Aided Analysis And Design.*

Saxena, A. (2005). *Computer Aided Engineering Design.*

W, W. A. (1976). *Proceedings of the Second International Conference on Foundations of Computer Aided Process Design.*

Zimmers, M. G. (1983). *CAD/CAM : Computer-Aided Design and Manufacturing.*

خليل, أ. (2018). *أثر التصوير الرقمي على تطور الرسوم الساخرة (فن الكاريكاتير)*. الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية.

عيد, أ. ع. (2012). *الفن الرقمي كوسيط تقني لإثراء التصميم التشكيلي*.

فكري, م. (2018). *العلاقات التبادلية بين المعالجات ثلاثية الأبعاد والكتابات العربية*.

مهران, ش. ع. (2019). *تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال التصميم الداخلي والأثاث*.