دور التصميم والإبداع في تطوير التعليم الهندسي

إعداد الباحث

محمود عبد الحليم حماد

تحت إشـــراف

أ.د./ أسامة محمود فراج

أستاذ ورئيس قسم التعليم العالي والتعليم المستمر

كلية الدراسات العليا للتربية

جامعة القاهرة

أ.م.د /عمرو مصطفى أحمد حسن

أستاذ مساعد بقسم التعليم العالي والتعليم المستمر

كلية الدراسات العليا للتربية

جامعة القاهرة

د. تامر محمد أحمد خلف

مدرس بكلية الهندسة قسم الهندسة الميكانيكية

جامعة الأزهر

دور التصميم والإبداع في تطوير التعليم الهندسي

إعداد الباحث

محمود عبد الحليم حماد

المستخلص:

يواجه التعليم الهندسي اليوم تحديات كبيرة تتمثل في الحاجة إلى مواكبة التطورات التكنولوجية المتسارعة، وإعداد خريجين يتمتعون بمهارات القرن الحادي والعشرين. يُعدّ دمج التصميم والإبداع في المناهج الدراسية الهندسية أحد الحلول الفعّالة لمواجهة هذه التحديات، يهدف هذا البحث إلى تحديد دور التصميم والإبداع في تطوير التعليم الهندسي، وتحليل فوائده، واستكشاف أفضل الممارسات لدمجه في المناهج الدراسية، وتقديم توصيات لتطوير التعليم الهندسي من خلاله، تمّ استخدام المنهج الوصفي التحليلي في هذا البحث، حيث تمّ جمع البيانات من خلال المراجعة الأدبية، وتحليل الدراسات السابقة. أظهرت نتائج البحث أن التصميم والإبداع يلعبان دورًا هامًا في تطوير التعليم الهندسي من خلال تنمية مهارات حل المشكلات، والتفكير النقدي، والعمل الجماعي، والتواصل، وفهم المفاهيم الهندسية بشكل أفضل. يُساعد دمج التصميم والإبداع في المناهج الدراسية الهندسية على ربط التعليم بالعالم الحقيقي، وتطوير مهارات قابلة للتطبيق في سوق العمل. وأظهرت النتائج ايضا أن من أهم فوائد دمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي تحسين التعلم: يُصبح التعلم أكثر جاذبية وفعالية للطلاب، و زيادة الدافع: يُصبح الطلاب أكثر تحفيزًا للمشاركة في التعلم.، و تحسين التحصيل الدراسي: يُحقق الطلاب نتائج أفضل في اختباراتهم، و إعداد خريجين يتمتعون بمهارات القرن الحادي والعشرين: يكون الخريجون أكثر قدرة على التكيف مع التغييرات والتحديات في سوق العمل، وفي ضوء هذه الفوائد، يُوصى البحث بدمج التصميم والإبداع في جميع مراحل التعليم الهندسي، وتوفير فرص للطلاب لتطوير مهاراتهم في التصميم والإبداع، وتدريب أعضاء هيئة التدريس على استخدام التصميم والإبداع في التعليم،

وتغيير ثقافة التعليم الهندسي لتعزيز الإبداع والابتكار، والتعاون مع الصناعة لتوفير فرص للطلاب لتطبيق مهاراتهم في التصميم والإبداع في مشاريع حقيقية.

الكلمات المفتاحيةالتصميم – الابداع – تطوير التعليم– التعليم الهندسي – التطور التكنولوجي

Abstract

Engineering education today faces major challenges in keeping up with the rapid technological developments and preparing graduates with 21st-century skills. Integrating design and creativity into engineering curricula is one of the effective solutions to address these challenges. This research aims to identify the role of design and creativity in developing engineering education, analyze their benefits, explore best practices for integrating them into curricula, and provide recommendations for developing engineering education through them. The descriptive-analytical method was used in this research, where data was collected through literature review and analysis of previous studies. The research findings showed that design and creativity play an important role in developing engineering education by developing problem-solving skills, critical thinking, teamwork, communication, and better understanding of engineering concepts. Integrating design and creativity into engineering curricula helps connect education to the real world and develop skills applicable to the job market. The results also showed that the key benefits of integrating design and creativity in engineering education include improved learning (more engaging and effective for students), increased motivation (students become more motivated to participate in learning), enhanced academic achievement (students achieve better results in their exams), and producing graduates with 21st-century skills (graduates are more adaptable to changes and challenges in the job market). In light of these benefits, the research recommends integrating design and creativity at all stages of engineering education, providing opportunities for students to develop their design and creativity skills, training faculty on using design and creativity in education, changing the culture of engineering education to foster creativity and innovation, and collaborating with industry to provide opportunities for students to apply their design and

Keywords

Design - Creativity – Education Development - Engineering Education - Technological Development

المقدمة

يلعب التصميم والإبداع دورًا هامًا في تطوير التعليم الهندسي، حيث يُساعدان على إعداد خريجي الهندسة للمستقبل من خلال تزويدهم بالمهارات والقدرات اللازمة لحلّ المشكلات المعقدة، والابتكار، والتفكير النقدي، والعمل الجماعي. فهم احتياجات المستخدم، والتفكير الإبداعي، وحلّ المشكلات، والتواصل، كلها مهارات أساسية يُساعد التصميم على تنميتها لدى مهندسي المستقبل، كما يُشجع الإبداع على الابتكار، والتفكير النقدي، والمخاطرة، والتعاون، وهي مهارات ضرورية لنجاح مهندسي المستقبل في عالم سريع التغير، ويمكن دمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي من خلال مشاريع التصميم، وورش العمل الإبداعية، والمسابقات، وخلق بيئة تعليمية داعمة، وبالتالي، فإنّ التصميم والإبداع ضروريان لتطوير التعليم الهندسي وإعداد خريجي الهندسة للمستقبل.

أهداف البحث

١. تقييم تأثير دمج التصميم والإبداع على مهارات خريجي الهندسة

٢. تحليل الدراسات السابقة حول فعالية دمج التصميم والإبداع

٣. اقتراح استراتيجيات لدمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي بشكل فعال

أهمية البحث

يُعدّ هذا البحث ذا أهمية كبيرة لعدّة أسباب رئيسية:

١. تحسين مخرجات التعليم الهندسي:

- يُساعد دمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي على تحسين مهارات خريجي الهندسة في حلّ المشكلات، والتفكير النقدي، والابتكار، والعمل الجماعي.
- هذه المهارات ضرورية لنجاح مهندسي المستقبل في عالم سريع التغير.
- من خلال هذا البحث، يمكننا فهم كيفية دمج التصميم والإبداع بشكل فعال في التعليم الهندسي لتحسين مخرجاته.

٢. إعداد خريجي مهندسين أكثر كفاءة:

- يُساعد التصميم والإبداع على إعداد خريجي مهندسين أكثر كفاءة وقدرة على التكيف مع متطلبات سوق العمل المتغيرة.
- يمكن لخريجي الهندسة الذين يتمتعون بمهارات التصميم والإبداع أن يبتكروا حلولًا جديدة للمشكلات، ويتعاونوا بشكل فعال مع الآخرين، ويتواصلوا بوضوح، ويحلّوا المشكلات بكفاءة.
- من خلال هذا البحث، يمكننا تحديد أفضل الممارسات لدمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي لتخريج مهندسين أكثر كفاءة.

٣. تطوير مهارات القرن الحادي والعشرين:

- يُركز التعليم الحديث على تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين مثل التفكير النقدي، وحلّ المشكلات، والعمل الجماعي، والتواصل، والابتكار.
- يُعدّ التصميم والإبداع أدوات قوية لتنمية هذه المهارات لدى طلاب الهندسة.
- من خلال هذا البحث، يمكننا فهم كيفية استخدام التصميم والإبداع بشكل فعال لتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين لدى طلاب الهندسة.

٤. مواكبة التطورات المتسارعة:

- يتغير عالم الهندسة بسرعة كبيرة، وتظهر تقنيات جديدة بشكل مستمر.
- يُساعد التصميم والإبداع على إعداد خريجي مهندسين قادرين على مواكبة هذه التطورات المتسارعة والتكيف معها.
- من خلال هذا البحث، يمكننا تحديد أفضل الطرق لدمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي لمساعدة الطلاب على مواكبة التطورات في مجال الهندسة.

٥. تعزيز الابتكار:

- يُعدّ الابتكار ضروريًا لنمو وازدهار أي مجتمع.
- يُساعد التصميم والإبداع على تعزيز مهارات الابتكار لدى طلاب الهندسة.
- من خلال هذا البحث، يمكننا فهم كيفية استخدام التصميم والإبداع بشكل فعال لخلق بيئة تعليمية تُحفز الابتكار لدى طلاب الهندسة.

منهجية البحث

يُعدّ المنهج الوصفي التحليلي منهجية مناسبة لفهم دور التصميم والإبداع في تطوير التعليم الهندسي. يتم استخدام هذه البيانات لفهم تأثير دمج التصميم والإبداع على مهارات خريجي الهندسة، وآراء الخبراء حول فعالية دمج التصميم والإبداع، والتحديات التي واجهوها، وستُستخدم

هذه النتائج لتقديم توصيات لتحسين دمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي، ومن خلال استخدام المنهج الوصفي التحليلي، يمكننا جمع البيانات والمعلومات وتحليلها بشكل منهجي واستخلاص استنتاجات وتوصيات مفيدة لتحسين التعليم الهندسي.

. مفهوم التصميم وأهميته في التعليم الهندسي:

– تعريف التصميم

عرف Villamil & García التصميم الهندسي انه: عملية تتضمن تصور للأنظمة والمعدات والمكونات وذلك لتلبية حاجة، وهو عمل ابداعي مخصوص لاختيار ودمج وتحويل وتقييد ومعالجة وتشكيل الافكار والنتائج العلمية والقوانين الفيزيائية الي منتجات او عمليات مفيدة [١]. ويري Dym, et al. ان التصميم الهندسي هو عملية منهجية وذكية يقوم المصمم فيها بتقييم وانشاء وتحديد مفاهيم للأجهزة او الانظمة او العمليات، والتي تعمل وفقا لاحتياجات العميل في إطار مجموعة محددة من القيود [٢]. ويتقارب هذا التعريف مع تعريف ABET للتصميم الهندسي بانه "القدرة على تصميم نظام او مكون او عملية لتلبية الاحتياجات المرغوبة ضمن قيود واقعية مثل السياسات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية والاخلاقية والصحة والسلامة وقابلية التصنيع والاستدامة"[٣]

من التعريفات السابقة نلاحظ ان: التصميم عملية، تلبي حاجة للمجتمع، يبدا بفكرة، وينتهي بتصور كامل للمنتج المطلوب، يعتمد الطرق الابداعية في التفكير كما يعمل على تحويل الافكار والنظريات العلمية والفيزيائية الي منتجات حقيقية وملموسة، ويكون مقيدا بوسائل وادوات مخصوصة.

– أهمية التصميم في التعليم الهندسي

من الاهداف الرئيسية في التعليم الهندسي تخريج مهندسين قادرين على التصميم [٤] وهو نشاط رئيسي في كل المناهج الهندسية " [٥]. وتؤكد العديد من الدراسات على اهمية دور التصميم في تعلم المهارات والممارسات الهندسية والتفكير الابداعي [٦]. ويري Hubka & Eder اهمية التعلم النظري مع الممارسة العملية في تعلم التصميم واهمية النظر الي اساليب تدريس التصميم كنموذج لتعزيز الابداع [٧]، كما يؤكد Daly et al اعتماد تطوير وتنمية الابداع الهندسي من خلال التركيز على تعلم مهارات التصميم في التعليم الهندسي [٨]، حيث انه بدون الابداع قد يكون

هناك مهندسين مؤهلين تقنيا، ولكنهم قطعا غير قادرين على الابتكار، وهو ما يعكس اهمية تدريس التصميم كعامل محفز للإبداع في التعليم الهندسي [٩]

ايضا يؤكد de Vere ان مركزية التصميم في التعليم الهندسي والاهتمام به يؤدي لتطوير المهارات المعرفية ويزيد القدرة على حل المشكلات في العالم الحقيقي

– خطوات التصميم الهندسي

قام Pahle & Beitz بتقديم نموذج أكثر تفصيلا ويتكون من أربع مراحل كالتالي:

الخطوة الاولي توضيح المهمة Planning and Clarifying حيث يتم تقديم كل ما يخص المنتج المطلوب تصميمه من معلومات يحدد خصائص ووظائف المنتج ومميزاته وخصائص الاداء بالنسبة له كما يذكر احتياجات السوق منه والخصائص المطلوب اضافتها له في التصميم الجديد

الخطوة الثانية (التصميم المفاهيمي) Conceptual Design يحتوي على انشاء مفاهيم لتمثيل كيفية اداء المنتج، وفهم تقريبي لجميع المكونات التي تتطلب تكوين النظام بأكمله، وتطوير سلسلة من الحلول المحتملة، وتقييم ادائها ومدي تطبيقها العملي

في هذه المرحلة المصمم يحتاج الي عصف ذهني للحصول علي أكبر قدر من الافكار واحتماليتها [١٠] Shah et al. (2003) شاه واخرون سماها ادوات الابداع وقسمها الي فئتين: بديهية ومنطقية

البديهية: توفير الافراد لإنتاج أكبر عدد من الافكار دون الالتفات الي فاعليتها باستخدام العصف الذهني او التحليل المورفولوجي ورسم الخرائط الذهنية

المنطقية: تعمل على مساعدة المهندسين في حل المشكلات بشكل منهجي وفق خطوات محددة يظهر فيها الابداع على المدي الطويل مثل استخدام نظرية TRIZ لحل المشكلات في التصميم وفق خطوات محددة لإظهار التناقضات في عملية تصميم الانظمة والقضاء عليها

الخطوة الثالثة تصميم التجسيد Embodiment Design وهي جزء من عملية التصميم يتم فيها وضع المفهوم الاولي للمنتج النهائي حيث ينتقل المصممون من المفهوم الكلي للتصميم الي المفهوم الجزئي حيث يتم فحص جميع المكونات وعناصر التصميم باستخدام المبادئ الهندسية مع مراعاة فعاليتها الاقتصادية كما يتم تحديد ترتيب المكونات وتداخلها وتحديد القيود الهندسية

الخطوة الرابعة التصميم التفصيلي Detail Design وفيها يتم تحسين المكونات وتحديد خصائص أكثر دقة للمنتج مثل الابعاد والتفاوتات وخشونة السطح، ايضا نوع المواد المستخدمة، طرق التصنيع المستخدمة في الانتاج ...الخ

بعد ذلك يتم انشاء النموذج الاولي للتحقق من النموذج العملي للتصميم واكتشاف اوجه القصور في اداء المنتج او شكله. كما يعطي صورة اولية لشعور المستخدم الحقيقي للمنتج، والنموذج الاولي له قيمة كبيرة حيث يمكن مراجعة التصميم وتفادي اخطاءه المحتملة قبل ان يتم تداوله في السوق بشكل رسمي [١١]

– تصميم الآلات في الهندسة الميكانيكية وأهدافها وأسسها

يتم تعريف تصميم الآلة في الهندسة الميكانيكية على أنه عملية تحويل مصادر الطاقة إلى آليات تنتج الإخراج المرغوب وفقًا للمتطلبات المحددة. يهدف تصميم الآلة إلى إنشاء آلة جديدة تسهم في الابتكار وتحسين الانتاج وتطوير التكنولوجيا الحالية. على سبيل المثال، إذا كان صندوق التروس الحالي ثقيلًا جدًا أو غير قادر على تحمل الأحمال المطلوبة، يمكن إعادة تصميمه بالكامل. وعلى الجانب الآخر، إذا كان الصندوق الحالي يفي بمتطلبات الحمولة العالية، فيمكن إجراء تعديلات أساسية في التصميم لتحقيق تحسينات إضافية (Tang & Li, 2011).[١٢]

اهداف التصميم الميكانيكي

يساعد تصميم الماكينات على فهم أساسيات تصميم المكونات والعناصر والأجزاء والوحدات الأكثر أهمية والأكثر استخدامًا في العديد من الآلات. ومن خلال تجميع مكونات الآلة الصغيرة، يصنعون آلة كبيرة. لذلك، فإن الآلة عبارة عن تجميع لمكونات فردية مصممة جيدًا [١٣].

ويمكن ايجاز اهمية التصميم الهندسي في انتاج الآلات والانظمة في امرين

١. **اختيار المكونات والمواد المناسبة للمكون الهدف المطلوب تصميمه:** يتطلب التصميم اختيار المكونات الأساسية والمواد الملائمة التي تلبي المتطلبات المحددة للآلة. يجب أن تكون هذه المكونات والمواد قادرة على تحمل الأحمال والقوى المطبقة عليها وتوفير الأداء المطلوب.

٢. **الحسابات والأبعاد اللازمة لإخراج هذا المكون:** يتعين على مهندسي التصميم إجراء الحسابات اللازمة لتحديد الأبعاد المناسبة للمكونات بناءً على الأحمال المتوقعة والقدرات الميكانيكية للمواد المستخدمة في التصنيع. [١٤]

اسس التصميم الميكانيكي

الاسس التي يجب ان يراعيها مهندس التصميم عند تصميم الماكينات العناصر التالية

• **الغرض أو الهدف Purpose or Goal** من التصميم: يجب أن يمتلك مهندس التصميم معرفة مكثفة وكاملة بكل مكون من مكونات الآلة وتطبيقاتها وعملياتها.

• **الآلية Mechanism** التي يحتاجها لإنجاز التصميم: يجب على مهندس التصميم اختيار مجموعة من الآليات التي يمكن أن تساعد في تزويد الآلة بالوظيفة المطلوبة والحركة القابلة للتطبيق.

• **فحص وتحليل الأحمال Load Scrutiny and Analysis**: عندما يتم الانتهاء من مفهوم التصميم، فإنه يحتاج إلى تحليل كافة الأحمال في تصميم الماكينة.

• **اختيار المواد Material Choice**: اختيار مواد التصنيع الصحيحة دائمًا أمرًا صعبًا ويحتاج إلى اهتمام خاص.

• **تصميم كل عنصر The Design of every Element**: يجب إجراء تحليل الحمل الديناميكي والثابت على كل عضو من خلال تقييم القوى العاملة والمؤثرة على كل عنصر.

• **التعديلات Modifications**: بمجرد الانتهاء من عملية تصميم كل عنصر، يمكن معالجة تعديل العناصر بما يجعلها في تناسب مع بعضها البعض لتحسين التصميم.

• **الرسومات Drawings**: يجب وضع رسم تفصيلي ووضع القياسات عليه لكل مكون وتقديمه لمعالجة التصميم من مفهومه الأساسي إلى مرحلة التصنيع.

• **مرحلة التصنيع Manufacturing Stage**: بمجرد اكتمال مرحلة التصميم بنجاح، يجب الموافقة على الفكرة والمفهوم الذي تم تطويره على الورق لمزيد من التصنيع. يجب على المصمم أن يقيم بشكل موثوق المعايير المطبقة لتوصيف التصاميم والأداء المتوقع الخاص بها ((Benjamin Cheong, 2019) [١٥]

٢. الإبداع في تعليم التصميم الهندسي:

الابداع لغة: ابدعت الشيء: اخترعته على غير مثال، والمبدع: المنشئ او المحدث الذي لم يسبقه اليه أحد [١٦]

واصطلاحا يعرفه هافل: انه القدرة على تكوين تركيبات او انشاء تنظيمات جديدة[١٧]

وفقًا لقاموس Random House Webster's Unabridged Dictionary (الإصدار ٣,٠)، فإن الإبداع هو "القدرة على تجاوز الأفكار، أو القواعد، أو الأنماط، أو العلاقات التقليدية، أو ما شابه ذلك، وإنشاء أفكار وأشكال وأساليب وتفسيرات جديدة ذات معنى، وما إلى ذلك."

ويؤكد هذا التعريف على خلق شيء مبتكر ومفيد من المعرفة والخبرة الموجودة مسبقا، وهو ما يتفق مع الطريقة التي يرى بها معظم المهندسين الإبداع [١٨]. ويرتبط الابداع في الهندسة بحلول المشكلات حيث يري .(Kazerounian & Foley, 2007) ان مهنة الهندسة تتطلب من المهندسين التعرف على المشكلات والتحقق من صحتها وحلها بأنفسهم من خلال العمل الجماعي [١٩]. كما يؤكد كروبلي ان "المهندسون يهتمون بشكل أساسي بتطبيق المعرفة والمهارات لحل المشكلات. تأخذ هذه الحلول عادةً شكل مصنوعات ملموسة (منتجات)، أو ترتيبات أكثر تعقيدًا للعناصر المادية (الأنظمة)، أو طرق عمل الأشياء (العمليات)، أو غيرها من الحلول غير الملموسة ذات القيمة المضافة (الخدمات)"[٢٠]

– أهم التحولات في تاريخ التعليم الهندسي

خلال مائة عام حدثت تحولات كبيرة في التعليم الهندسي [٢١] حيث كان التعليم الهندسي قائم علي العلوم النظرية فقط (de Vere et al ., & Siu &; Cropley & Cropley,) حتي اصبح اليوم يتجه بشكل اساسي للإبداع, كما اصبح مواكبا للقضايا العلمية والعملية معا

التحول الاول بين عامي ١٩٣٥ , و١٩٦٥ انتقل فيه التعليم الهندسي من الممارسة العملية فقط الي الاعتماد أكثر على النظريات العلمية [٢٢] (. Froyd et al)

كما ظهر مفهوم الإبداع لأول مرة في الهندسة في خمسينيات القرن العشرين، وكان يعني وصف القدرة على "تجميع أفكار جديدة من خلال مزيج من الخبرة الماضية والحالية"[٢٣]. الا ان مفهوم الابداع زاد الاهتمام به أكثر في الولايات المتحدة الامريكية بعد إطلاق الاتحاد السوفيتي القمر الصناعي 'Sputnik 1' مما شكل صدمة لدي الغرب والامريكان وخرجت الدراسات لتؤكد ان غياب الابداع عن التعليم الهندسي هو السبب المباشر في هذا الفشل [٢٤]

التحول الثاني جاء منذ اواخر الخمسينات واوائل الستينات من القرن العشرين وهو التأكيد على التعلم بالممارسة [٢٥] الا ان تأثير سباق الفضاء العالمي وازمة الطاقة والتطورات النووية والحرب الباردة واستخدام الكمبيوتر منذ منتصف السبعينات واوائل الثمانينات زاد من الاهتمام بالنظرية العلمية على حساب الممارسة العملية بهدف مساعدة الطلاب لفهم المبادئ المعقدة بشكل أفضل [٢٦] مما قلل ايضا من الاهتمام بالإبداع والاهتمام بالنظرية[٢٧]

التحول الثالث منذ اوائل التسعينات كان الاهتمام بالتصميم الهندسي لملاحظة صعوبة فهم وتطبيق مبادئ التصميم مما يعني خبرة اقل في الممارسة الهندسية الفعلية لان التركيز كان علي

العلوم النظرية أكثر Cropley & Cropley, 1998;Froyd et al., 2012; Shaheen, 2010

– أهمية الإبداع في التعليم الهندسي

وتتعدد الاسباب للاهتمام بالإبداع وتنميته لدي طالب الهندسة للأسباب التالية:

– تزايد الطلب العالمي على المهندسين المبدعين والقادرين على حل المشكلات الهندسية بطريقة ابداعية، كما يرتكز تطوير الصناعة بشكل اساسي على المهندسين المبدعين والتي يمتد أثرها للمجتمع ككل، بل ان ازدهار الامم يعتمد على قدرتها في الاقتصاد العالمي القائم على المعرفة والابداع الهندسي لهذا فقد أصبح الإبداع والابتكار هدفا رئيسا عالميا للتعليم وقد اعتبرت الابحاث الروسية والغربية أن "الهدف الرئيسي للتعليم هو تشكيل شخصية قادرة ليس فقط على نسخ أعمال الاجيال الخلاقة الإبداعية السابقة وانما لخلقها". كما اكدت الدراسات ان تعزيز الإبداع فى التعليم امر حيوي لأنه يساعد الطلبة على الفهم والاستيعاب بصورة اوضح ولدفع الطلبة لتطوير عمليات التعليم الخاصة بهم (٢٨)

– يعد الابداع في التعليم الهندسي أمرًا ضروريا لاستيعاب متطلبات سوق العمل والمجتمع التكنولوجي بعد التخرج. وفي مرحلة العمل، يكون على المهندسين قيادة هذه الحضارة من خلال الإبداع والتميز.

– يسعى التعليم الهندسي من خلال تدريس الابداع إلى جعل البرامج الدراسية تركز على التطوير بدلاً من المعرفة فقط، وذلك لمواكبة التكنولوجيا العالمية المتغيرة وحل المشكلات بفعالية.(٢٩)

– عناصر الإبداع الهندسي وعوامل تعزيزه

هناك ثلاث عناصر لازمة للإبداع في التعليم الهندسي

- التدريس الابداعي "Creative teaching"
- التعلم الابداعي "Creative learning"
- التدريس من اجل الابداع "Teaching for creativity"

العنصر الاول يعني بطريقة تدريس المعلمين، والثاني يتعلق بالطريقة التي يتعلم بها الطلاب، والبيئة الداعمة والمحفزة للإبداع، اما الثالث المقصود به الادوات والاساليب المستخدمة اثناء التدريس(٣٠)

عوامل تعزيز الابداع

هناك عاملان ضروريان لتعزيز الابداع بصفة عامة

الاول وهو المعرفة والتي يمكن ان تساعد او تعيق الابداع كما قرر كروبلي 2015a لا يوجد ابداع بدون معرفة فالشخص "يحتاج الي مخزون من الافكار التي يمكن تغييرها او دمجها ولذلك فان الفضول الفكري الناتج من المعرفة مهم جدا لتعزيز الابداع "[٣١]، فكما تحتاج المعرفة الي الابداع للاستفادة منها يحتاج الابداع للمعرفة ليكون مصدرا له

الثاني وهو الدافع للإبداع وهو اما داخلي ينشا من رد الفعل الايجابي للفرد تجاه المهمة نفسها او خارجي من عوامل خارج المهمة نفسها، كما يزيد الدافع الرغبة في العمل والفضول والمحاولة تكرارا ومرارا والبحث عن بدائل اخري مما يكلف جهدا ووقتا. يمكن ان يمتلك المصمم الخبرة والتفكير الابداعي ومعرفة ابداعية كبيرة، ولكن بدون الحافز لن يفعل اي شيء [٣٢]

ويقترح (كروبلي وكروبلي، ١٩٩٩) لتحفيز التفكير التباعدي:

- أ. الانفتاح Openness
- ب. المرونة Flexibility
- ج. عدم المطابقة Nonconformity
- د. الرغبة في تحمل المخاطر Willingness to take risks
- هـ. القدرة على التعامل مع المشاكل التي تتسم بالغموض Tolerance of ambiguity

و. شجاعة المرء في قناعاته The courage of one's own convictions [٣٣]

– مراحل الإبداع في الهندسة

مراحل الإبداع وفقا لتايلور :[٣٤]

يري تايلور الابداع على انه تسلسل هرمي يبدأ من الانتاج او التطبيق المباشر للمنتج دون ابداع وينتهي عند مستوي التخليق او الانشاء وهو منتج علي غير مثال مسبوق

المستوى الاول: يتضمن الإبداع التعبيري expressive creativity: وهو القدرة على تطوير فكرة فريدة من نوعها مع عدم الاهتمام بجودتها. ويضرب مثالا بطالب الهندسة الذي طلب منه تصميم مجسم ملجأ باستخدام متر مربع من الورق المقوى، وثلاثة أمتار من الخيط، وثلاثين سنتيمتراً من شريط لاصق.

المستوى الثاني: الإبداع التقني technical creativity: وهو الكفاءة لإنشاء منتجات ذات مهارات بارعة، ولكن مع عفوية تعبيرية قليلة، مثال، محاكاة الطالب لتصميم الجسر الذي قدمه المدرب له بشكل متقن.

المستوى الثالث: الإبداع الخلاق inventive creativity: والقدرة على تطوير استخدام جديد للأجزاء القديمة وطرق جديدة لرؤية الأشياء القديمة بطريقة مبتكرة، حيث يستخدم الطالب افكار قديمة وموجودة من قبل لإخراج منتج جديد.

المستوى الرابع: الإبداع الابتكاري innovative creativity: هو القدرة على اختراق المبادئ التأسيسية أو تأسيس مدرسة فكرية، وصياغة مغادرات مبتكرة. يستطيع الطالب الهندسي أن "يفكر خارج الصندوق"، ليتخطى التفكير الحالي للهندسة ويطور طريقة جديدة فى التصميم والتصميم.

المستوى الخامس وأعلى مستوى هو الإبداع الناشئ emergent creativity *وهو* القدرة على دمج أكثر المبادئ التجريبية او الافتراضات التي تقوم عليها مجموعة من المعارف، كما هو الحال فى عمل آينشتاين حول النسبية العامة.

ويؤيد كروبلى J. Cropley .A [٣٥]هذه المستويات، بل ويرى أن المستوى الثالث هو أهم المستويات التي ينبغي أن تكون هدفا للمهندسين والتي يتوافر فيها الجدة والفاعلية.

من مراحل الإبداع الهندسي ايضا التفكير المتقارب والتفكير المتباعد.

– التفكير المتباين والتفكير المتقارب في الإبداع الهندسي

التفكير المتباين (التباعدي) والإبداع

Divergent Thinking and Creativity

أحد العناصر الرئيسية للإبداع هو التفكير التباعدي، والذي يتضمن إنتاج حلول أو إجابات أو أفكار جديدة وربما متعددة لمشكلة أو سؤال من المعلومات المتاحة. ويتم قياسه من خلال أربع خصائص رئيسية

١. الطلاقة fluency، أي القدرة على توليد العديد من الاستجابات أو الأفكار، يتطلب التدريب على العصف الذهني لتحقيق الطلاقة العالية الكثير، مع التركيز على جودة الاستجابات.

٢. المرونة flexibility، أي القدرة على تغيير الشكل، أو تعديل المعلومات، أو تغيير وجهات النظر، بمعنى آخر، مرونة الطالب تعني كونه قادر على توليد أفكار متنوعة من وجهات نظر جديدة.

٣. الأصالة originality أو القدرة على توليد استجابات غير عادية أو جديدة، ينبغي هنا تشجيع الطالب في الهندسة على ممارسة الخيال الجريء، والمجازفة في تحديد الحداثة وترشيدها.

٤. التفصيل elaboration، والقدرة على تزيين الفكرة بالتفاصيل. حيث يتطلب تطوير اي فكرة جديدة والتحول في النهاية إلى منتج مبتكر ان تكون هناك معرفة قوية وواسعة بالعلوم والهندسة.[٣٦]

التفكير التقاربي والإبداع

Convergent Thinking and Creativity

يري كروبلي الفارق بين التفكير المتقارب والمتباعد ان التفكير المتقارب يركز على استخلاص أفضل حل أو إجابة لمشكلة أو سؤال معين من المعلومات المتاحة. بينما يؤدي التفكير التباعدي إلى التباين في حين أن التقاربي يؤدي إلى تفرد إنتاج المعلومات[٣٧]. ويعتقد جيلفورد بأن التفكير التباعدي هو الأساس المعرفي للإبداع إلا أن كلتا مدرستي التفكير تشاركان بشكل تفاعلي في تطوير الإبداع. وقد يلعب التفكير المتقارب دورًا أكثر أهمية في المرحلة المبكرة من تطور الإبداع، الا ان هناك حاجة إلى حد أدنى من المعرفة التقليدية والواقعية (التفرد) لإنتاج أفكار جديدة (التنوع)[٣٨] . لكن عادةً ما يكون المهندسون المبدعون ماهرين في التفكير المتباعد والمتقارب[٣٩].

٣. تقييم الإبداع في المنتج الهندسي:

<u>الابداع كمنتج</u>

<u>تعريف الابداع بدلالة الانتاج</u>

<u>ما هو المنتج الهندسي</u>

المنتج الهندسي هو ناتج من نواتج العملية الهندسي ويشير الي اي شيء يتم تصميمه وتشغيله وتطويره من قبل المهندسين ويتضمن تطبيق المفاهيم الهندسية والتكنولوجية كما انه يمثل تلبية لحاجة او حل مشكلة من مشكلات المجتمع، ويتم تعريفه على أنه تطبيق للمعرفة الهندسية لتصميم وتصنيع الانظمة التي تلبي الاحتياجات البشرية او هو اي شيء يتم تصميمه وتصنيعه بواسطة المهندسين ويتضمن تطبيق الاسس العلمية والتكنولوجية او هو نتاج العمليات الهندسية ويشمل التصميم والتحليل والتصنيع والاختبار، والتشغيل، والصيانة، والتحسين.

ويري كروبلي ان اهمية المنتج الهندسي انه تعبير او تجسيد لمعني الابداع الهندسي الحقيقي في مهنة تعتمد على الماديات ولغة الارقام كأساس لها، وان الحديث عن الابداع الهندسي ليس له معني دون ذكر المنتج، والمنتج الهندسي حسب تعريفه انه تلبية لحاجات

المجتمع ينقسم الي اربعة اقسام ك اشياء مصنعة، عمليات، انظمة، خدمات ويوضح الجدول التالي امثلة لكل نوع

جدول (١) احتياجات المجتمع من أنواع المنتجات

اشياء مصنعة Artifact	شيء مصنّع – الادوات، الاجهزة، السلع الاستهلاكية. على سبيل المثال، مطرقة، هاتف خلوي، مقص.
العمليات Process	طريقة لعمل او إنتاج شيء ما – خط إنتاج، إجراء، تسلسل محدد من الإجراءات لتحقيق نتيجة معينة.
النظام System	هناك مجموعة من العناصر المتفاعلة التي تشكل انظمة معقدة وموحدة متكاملة لها خصائص لا تظهر إلا على مستوى الكل. على سبيل المثال، طائرة، سيارة، نظام نقل، نظام اتصالات.
خدمه Service	نظام منظم من العمالة والمواد المساعدة المستخدمة لتلبية الاحتياجات المحددة. الحسابات المصرفية، خطط التقاعد، خدمة التوصيل إلى المنازل، مجالسة الأطفال، إلخ.

معايير الابداع في المنتج الهندسي

الحداثة Novelty

لتعريف المنتج بانه ابداعي يجب ان يؤدي الي شيء جديد وغير مكرر ويؤكد Sprecher ان الحداثة شرط اساسي مطلق للإبداع في الهندسة او في اي مجال اخر

ويشترط في المنتج الهندسي ان تكون الحداثة مقبولة اجتماعيا يمكن للمجتمع او الفرد استيعابها والانتفاع بها

الفاعلية Effectiveness

وهو ما يعني ان يكون فاعلا ومؤثرا، مناسبا، مفيدا قادرا على القيام بما تم تصميمه من اجله مع كونه جديدا كما ذكرت Amabile. ومن هنا نشأ مصطلح "الابتكار الزائف" Pseudo "Creativity –" الذي ذكره Cattell & Butcher والذي يعني منتجا جديدا او انه لا يتماثل مع نوعه او انه خارج عن المألوف وفقط، ولكن ما لم يكن ذا فائدة او يلبي حاجة للمجتمع او يقوم بحل مشكلة فهو ليس ابداعيا [٤٠] الا ان كروبلي صنف المنتج الذي يتميز بالحداثة ولا يتميز بالفاعلية بانه مبدع، ولكنه ابداع زائف Qusi – Creativity[٤١]

الاناقة Elegance

الاناقة وهي تعني روعة وجمال التصميم يقول ألبرت أينشتاين انه ليس من الصعب العثور على حلول جديدة للمشاكل، ولكن الاصعب هو ايجاد حلول تتميز بجمال وروعة التصميم وهو ما اورده واكد عليه Miller [٤٢]

الانشاء او "التخليق" Genesis

القدرة على انشاء منتج جديد على غير مثال الاسس التقليدية ويتم البناء عليه لمنتجات جديدة او حل مشكلة لم يسبق لاحد ان لاحظها من قبل ويكون الحل المقترح اساسا جديدا لمنتجات وابتكارات جديدة تتميز كلها بالحداثة

ويعد الانشاء هو قمة الابداع للمنتج الهندسي، قد يكون منتجا ملموسا او نظرية او حل مشكلة

امثلة – ما قدمه الخوارزمي في كتابه علم الجبر كان اساس لجل الاكتشافات التكنولوجية في القرون التالية

- تجارب الحسن بن الهيثم حول عمل العين وتكوين الصورة واستخدام الزجاج في كتاب المناظير كان اساسا في اختراع الكاميرا والنظارة
- نظرية النسبية لأينشتاين كانت اساسا لأبحاث الفضاء والاقمار الصناعية
- التليفون المحمول كان اساسا لمنتجات جديدة

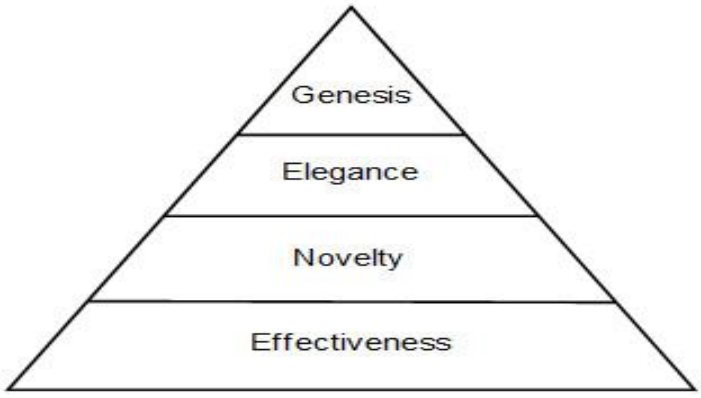
وعلي ما سبق يمكن تصنيف المنتجات في اربعة مستويات

منتج يتميز بالفاعلية Effectiveness

منتج يتميز بالفاعلية والحداثة Effectiveness & Novelty

منتج يجمع بين الفاعلية والحداثة والاناقة Effectiveness & Novelty & Elegance &

ومنتج يتميز بالإنشاء Genesis وهو قمة هرم الابداع كما يلي



شكل (١) هرم معايير الابداع

The hierarchy of creativity criteria. FIGURE (3)

Source: Cropley, David. (2015). Creativity in Engineering: Novel Solutions to Complex Problems.

لاحظ ان اهم عنصر موجود يدل على الابداع هو الحداثة Novelty

ونظرا لموضوع الدراسة سوف يكتفي الباحث بأهم مقاييس ابداع المنتج

نظرًا لأن الكثير من الهندسة تركز على التصميم، فغالبًا ما يكون المنتج ذا أهمية قصوى؛ فهو العامل الموحد والظاهر والذي يربط بين الهندسة والإبداع(٤٣).

يري كثيرا من الباحثين ان قياس ابداع المنتج هو من الجوانب الاكثر تأثيرا في قياس الابداع

فائدة تقييم المنتج انه يساعد المحللين على تشخيص المشاكل واوجه القصور، كما انه ضروري للشركات الرائدة قبل طرح المنتج بالأسواق لأنه يعطي رؤية حول معدل نجاح المنتج

عند خضوع المنتج للتقييم البشري فانه اولا يحتاج الي اضافة الفاعلية والجمال وغيرها من الصفات التي تجعل المنتج ابداعيا، ويختلف معني تقييم الابداع للمنتج حسب المجال الذي يقيم فيه المنتج ويتأثر هذا المعني بالخلفية الثقافية والتعليمية والادراك والتوقعات والبيئة على الطريقة التي يقيمون بها المنتج وبهذا تظهر اختلافات كثيرة في موثوقية المتفاعلين إذا لم يكونوا من الخبراء. (٤٤)

كما يعد المستهلك طرفا في تقييم المنتج الابداعي فالمستهلك يتطلع دائما الي منتجا مبتكرا اضافة الي جمال التصميم والفاعلية للمنتج لهذا يحتاج سوق العمل الي مصممين مبدعين وليس فقط اذكياء او فنيين مهرة (٤٥)

<u>ادوات تقييم المنتج</u>

قسم Horn & Salvendy طرق او ادوات قياس الابداع الي ثلاث فئات رئيسية:

- **القياس غير المباشر للإبداع Indirect measurement of creativity** يعتمد على افتراض ان الافراد المبدعين أكثر قدرة على انتاج منتجات ابداعية وعليه فاذا كانت التقييمات تؤكد ابداع الفرد فهذا يعني ابداع المنتج وتعد مقاييس The Measures of Eminence, the Self– reported creative activities and achievements, هي أشهر الاساليب لتقييم ابداع الفرد

- **تحكيم الخبراء Global Judgment**_لا يأخذ في الاعتبار اي تعريف للإبداع يقيس عليه المنتج، ولا يشترط ان تتوافر صفات الابداع في الشخص صاحب الانتاج، ولكن فقط طالما ان مجموعة من الخبراء من ذوي الخبرة والمعرفة في المحال اتفقوا على كونه مبدع فهو مبدع وتعد تقنية The Consensual Assessment Technique (CAT) هي الاشهر

- **طريقة النماذج القائمة على المعايير Criterion Based Models** تقوم بتقييم الابداع من خلال مجموعة من المعايير والمؤشرات الخاصة بالمنتج مثل (الحداثة، الاداء الفني للمنتج .....) التي يستخدمها الخبراء لتقييم المنتج، اهم الادوات المستخدمة في هذه الطريقة مصفوفة تحليل المنتج الابداعي Creative Product Analysis Matrix (CPAM) والمقياس الدلالي للمنتج الابداعي Creative Product Semantic Scale (CPSS)[٤٦]

من الواضح ان تقييم الخبراء حاضر في الطرق الثلاثة لتقييم الشخص او لتقييم المنتج بناء على معايير او بدون معايير والسبب ان مفهوم الابداع هو مفهوم ديناميكي اي متغير من منتج لأخر حسب العوامل المؤثرة فيه ولا يوجد منتج تم لاتفاق على انه منتج ابداعي من جميع او غالب البشر وله حسابات رياضية محددة في تقييم هذا الابداع ما عدا تقييم حداثة المنتج له حسابات رياضية موضوعية يمكن البناء عليها

اولا: تقييم الخبراء Global Judgment

يتضمن تقييما شاملا للإبداع ولا يهدف الي تحديد عوامل الابداع، لا يعتمد او يأخذ في الاعتبار اي تعريف للإبداع، يقوم على مجموعة من الخبراء الذين يتفقون بشكل مستقل على ان المنتج ابداعي، وهو من اهم التقييمات على الاطلاق والاكثر موثوقية وهو أكثر اتصالا بموضوع الدراسة

تقنية التقييم التوافقي Consensual Assessment Technique (CAT)

- ذكر Amabile 1982[٤٧] انه إذا اتفقت مجموعة من الخبراء في مجال ما ان المنتج ابداعي فيجب قبول ان المنتج ابداعي بالفعل
- وهو نسبي لأنه لا يقيس الابداع المطلق للمنتج وانما يقيسه بناء على المقارنة بمنتجات موجودة بالفعل يعرفها الخبراء المقيمون او يتم ادراجها بالفعل في الدراسة
- وهو ديناميكي يتغير فيه تعريف الابداع بناء على مجال المنتج الذي يقيم فيه الابداع، وتصور الخبراء في نفس المجال لمفهوم الابداع ووقت ومكان تقييم الابداع
- تتحدد مدي موثوقية اداة القياس من مدي اتفاق الخبراء في تقييم المنتج الابداعي

- من أجل القضاء على الأخطاء المنهجية المحتملة من التقييم، اقترح أمابيل (١٩٨٢) خمسة متطلبات يجب مراعاتها قبل إجراء القياس: (أ) يجب اختيار الخبراء في المجال كحكام، (ب) يجب على الحكام تقييم المنتجات بشكل مستقل، (ج) يجب الحكم على المنتجات بالنسبة لبعضها البعض، (د) يجب على كل قاض مراقبة المنتجات بشكل عشوائي مختلف النظام، و(هـ) يجب أن يُطلب من الحكام تقييم المنتجات على أبعاد أخرى بالإضافة إلى الابداع للتأكد من قدرة الحكام علي تمييز الاختلاف بين الابداع والعوامل الأخرى وان تقييمهم لا يعتمد فقط علي المهارة الفنية للمنتج , على سبيل المثال، قام Tsai (2013) بدراسة إبداع ٤٦ مجموعة مجمعة باستخدام ٦ خبراء ووجد أن تصور الخبير للإبداع يشمل جوانب فنية وجمالية. استخدمت Hennessey, Amabile, Valgeirsdottir and Onarheim (2015)[٤٨]، بالإضافة إلى and Mueller (2011)[٤٩] هذين العاملين في تقييم إبداع المنتج، وأضافوا عناصر إضافية لاستكشاف ارتباطاتها بالإبداع.

- في بعض اختبارات الموسيقي او الشعر او حتى المعادلات الرياضية يتم منح الخبراء بعض الوقت لإنشاء عمل فني باستخدام مجوعة من التعليمات والادوات المعدة سابقا ثم يطلب منهم تقييم او الحكم علي مدي ابداع جميع المنتجات لجميع المشاركين.

- هناك ثلاثة انواع يمكن الاستعانة بهم في تقييمات CAT

- **النوع الاول "الخبراء" experts or Judges** وهم اهل التخصص الذين يجمعون بين الخبرة والعلم ويعد هؤلاء كما افاد Byrne, MacDonald, and Carlton (2003)[٥٠] الاستعانة بهم ضرورة لاي تقييم من اجل الموثوقية والقوة , وفي دراسة قام بها Hickey[٥١] (2001) لقياس الإبداع في ١٢ مقطوعة موسيقية باستخدام الأسلوب التوافقي , واثبتت النتائج بين مختلف درجات المحكمين إلى أن معلمي الكورال ومنظري الموسيقى (الخبراء) هم الحكام الأكثر ملاءمة لتقييم المؤلفات الموسيقية, وتعد عملية تقييم الابداع باستخدام الاسلوب التوافقي كافية طالما كان هناك خبراء علي مستوي جيد حتي اصبحت نظرية CAT معروفة باسم المعيار الذهبي "Golden Standard" كما قرر Carson, 2006

- **النوع الثاني وهم اشباه الخبراء (quasi–experts)** امثال مدرسون اللغة او المهندسون او الفنيين وذلك حين يصعب الوصول الي الخبراء لتعذر وجودهم او ارتفاع التكلفة وقد اثبتت التجارب من وجود تشابه في النتائج التي اعتمدت على الخبراء والتي اجريت بواسطة اشباه الخبراء.[٥٢]

- **النوع الثالث المبتدئين novices** وهم من لهم صلة بالمجال، ولكن لم يكتسبوا اي شيء من الخبرة فيه مثل الطلاب او حديثي التخرج، وقد اسفرت نتائج المقارنة بين المحكمين المناسبين عن ادلة مقنعة تمنع استخدام المبتدئين او الاعتماد على تقييماتهم فقط في قياس الابداع [٥٣]

يمثل عدد المحكمين قيمة في موثوقية التحكيم، ويقترح البعض عددا يتراوح بين ٥ – ١٠ محكمين، ولكن بشكل عام كما يؤكد Baer & McKool, 2009a انه كلما زاد عدد المحكمين كلما زادت نسبة الموثوقية بين المقيمين

مقياس تشخيص الحلول الابداعية Creative Solution Diagnosis Scale (CSDS)

اقام كروبلي مقياسه بناء على معايير الابداع في المنتج الهندسي وهي كالتالي

- **(الجدة) (Novelty):**

حتى نقول إن منتجاً مبدعاً فأنه يجب أن يؤدى إلى شيء جديد وغير مكرر و" الجدة هي شرط أساسي مطلق للإبداع هذا ينطبق على الهندسة كما هو الحال فى المجالات الاخرى

وأن تكون هذه الجدة مقبولة اجتماعيا يمكن للمجتمع او الفرد استيعابها والا ادت إلى نتائج عكسية.

- **الفاعلية (Effectiveness')**: وهي تعني ان المنتج يجب أن يكون " مناسبا " أو " صحيحا " أو " مفيدا " أو " قيما ".. وهكذا، قادرا على القيام بما تم تصميمه من أجله فضلا عن كونه جديدا.

- **الاناقة Elegance:**

وهو الجانب الجمالي في المنتج حتى يثير اعجاب ورغبة المستهلك، يقول ألبرت أينشتاين أنه ليس من الصعب العثور على حلول جديدة للمشاكل الجزء الاصعب هو ايجاد حلول انيقة Miller, 1992. Grudin (1990) وقد عزز هذه الفكرة فى كتابه. The grace of[٥٤] great things [italics added.

التكوين أو الإنشاء Genesis:

والمقصود بالإنشاء فى الإبداع الهندسي كما أورده كروبلى ٢٠١٥: ((٥٥))

حالة تجعل المنتج متفردا بحيث

- يمتد ليتم تطبيقه على حالات أخرى سواء كانت مقصودة بالحل عند وضعه أم لا.
- يدل على وجود مشاكل لم يسبق لها أن لوحظت من قبل ويقترح الحاجة إلى عمل جديد.

- يضع أساسًا لمنتجات ابتكارية لاحقة تتميز كلها بالجدة، على الرغم من أن المنتج المبتكر الأصلي صاحب هذه الصفة ربما لم يكن لديه أي فكرة عن الابتكار المستقبلي.
- الانشاء هو كسر النموذج التقليدي فيما يتعلق بالمنتجات الهندسية، ويعد الانشاء هو قمة الابداع الهندسي

ولفهم هذا المفهوم الاخير بصورة عملية يكفي ان نعرف ان ابحاث الحسن بن الهيثم حول طريقة عمل العين وتكوين الصورة واستخدام الزجاج للرؤية ما رصده فى كتابه المناظير كان الاساس فى اختراع الكاميرات والنظارات فيما بعد.

وما قدمه الخوارزمي فى كتابه (علم الجبر) من معادلات كانت اساسا لجل الاكتشافات التكنولوجية فى القرون التالية.

وضع كروبلي تنظيما يمكن من خلاله تمييز المنتج الابداعي كالتالي

جدول (٢) تمييز الابداع الحقيقي للمنتج من الابداع الزائف

المعيار	نوع المنتج				
	روتيني	مبدع	انيق	مبتكر	شبه إبداعي
الفاعليه	+	+	+	+	-
الجدة	-	+	+	+	+
انيق	-	-	+	+	؟
انشائي	-	-	-	+	؟

من خلال الجدول تلاحظ ان المنتج الروتيني يتصف بالفاعلية فقط اما المنتج الابداعي يتصف بالفاعلية والجدة ... وهكذا ورتبها ترتيبا هرميا كما بالشكل

يمكن القول إن CSDS الذي تم اقتراحه كمقياس لإبداع المنتج يتكون من إجمالي سبعة عوامل أو أبعاد، كل منها تم قياسه من خلال مؤشرات يمكن ملاحظتها ويقوم بالتقييم مجموعة من الخبراء، وقد أثبتت الأبحاث التجريبية الحديثة بهذا المقياس أن CSDS يمكن أن يستخدمه الخبراء من المهندسين واشياخ الخبراء المهندسون والفنيون، بل والمبتدئون مثل طلاب الهندسة على حد سواء مع موثوقية عالية لتقييم الإبداع من الاشياء المصنعة [٥٦]

وضع كروبلي في البداية ثلاثين عنصرا يتم تقييم الابداع من خلالها مرتبة ترتيبا هرميا كالتالي:

جدول (٣) يبن التسلسل الهرمي لمقياس CSDS المكونة من ٣٠ عنصر

إبداع المنتج						
الانشاء	الاناقة		الجدة			الملائمة
	داخلي	خارجي	المعرفة	المعرفة	اشكالية	

التأسيسية **الانتقالية** **رؤية** **الاستطلاعية**	- الكمالية - الرشاقة - الانسجام - الاستدامة	- الاقرار به - الاقتناع به - التمتع به	- اعادة - التوجيه - اعادة البناء - اعادة البدء - إعادة التعريف - التكرارية	- التكرارية - التجميعية - التزايدية	- التشخيص Prescription – - التنبؤ	- التصحيح - الاداء - الملائمة - قدرة التشغيل - الامان - المتانة

الا انه عدله بعد ذلك ليكون ٢٧ عنصرا فقط كالتالي

جدول (٤) يبين التسلسل الهرمي لبنية عناصر CSDS المنقحة المكونة من ٢٧ عنصرًا.

الانشاء	الاناقة	الدفع	Problematization	الملائمة والفاعلية
الرؤية **الانتقالية** **Seminality** **الاستطلاعية** **Germinality** **المؤسسية**	- الكمالية - المتعة - الاستدامة - الرشاقة - الاقناع - الانسجام - الاقرارية	- إعادة التوجيه - اعادة البناء - اعادة البدء - اعادة التعريف - التكرارية	- Prescription – - المراجعة - التشخيص	- الأداء - الملائمة - التصحيح - قدرة التشغيل - المتانة - الامان

فى حين أن هذه خطوة إيجابية لقياس إبداع المنتجات فى مجال الهندسة

تحديات تقييم الابداع في المنتج الهندسي

مع تزايد الاهتمام بفعالية تقنيات التفكير في أبحاث التصميم الهندسي، زاد التحدي في قياس البناء الغامض للإبداع. يعتبر تقييم الإبداع في الأفكار أمرًا حيويًا في نظام التصميم الهندسي لعدة أسباب. أولاً، يساعد التقييم الصحيح الباحثين على تحديد طرق التصميم التي تساعد الأفراد أو الفرق على توليد الأفكار الإبداعية بشكل أكثر فعالية أو انتشارًا. [٥٧] ثانيًا، يوفر

التقييم الكمي للأداء الإبداعي وسيلة للمصممين لتقييم إبداع أفكارهم بشكل صحيح وتحسين حلولهم. (٥٨)

على الرغم من توفر العديد من المقاييس لقياس الإبداع في التصميم، إلا أنها تعرضت لعدة انتقادات منها:

- قلة قدرتها على التعميم عبر المجالات المختلفة، حيث إن بعض المقاييس المستخدمة قد تكون فعالة في قياس الإبداع في تصميم مجال معين، ولكن يصعب تعميمها واستخدامها في مجالات أخرى، هذا يعود إلى اختلافات المجالات والتخصصات وطبيعة الإبداع في كل منها.

- واستخدام القياسات الذاتية، قد تعتمد بعض المقاييس على تقييم الأفراد أنفسهم لمدى إبداع أفكارهم أو تصميماتهم. ومع ذلك، قد يكون هناك تحفظات بشأن مدى صحة هذه القياسات الذاتية ومدى قدرتها على تقدير الإبداع بشكل موضوعي.

- غموض طرق القياس وتوقيت طرق التقييم قد يكون هناك عدم وضوح فيما يتعلق بطرق القياس المستخدمة ومتى يجب تقييم الإبداع في عملية التصميم. قد يكون هناك تحدي في تحديد اللحظة المناسبة للتقييم، سواء كان ذلك خلال عملية التصميم أو بعدها.

- وتعدد المفاهيم، يمكن أن يكون هناك تباين في المفاهيم والتعاريف المستخدمة للإبداع في التصميم بين الأدبيات والتخصصات المختلفة، وقد يتسبب ذلك في عدم اتساق واضح في استخدام المقاييس وفهمها. (٥٩)

- واحدة من المشكلات الرئيسية في استخدام هذه الأساليب المختلفة لقياس الإبداع هي أنها يمكن أن تؤثر على قدرتنا على مقارنة النتائج. وقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن استخدام مقاييس إبداعية مختلفة على نفس مشكلة التصميم يمكن أن يؤدي إلى تصنيفات للإبداع لا تتطابق تمامًا. لذلك، هناك حاجة إلى مزيد من البحوث والتطوير في مجال تقييم الإبداع في التصميم الهندسي لتحسين دقته وموثوقيته. (٦٠)

وبناءً على ذلك، يعتمد الباحثون في نظرية التصميم والمنهجية مجموعة واسعة من المقاييس لتقييم الإبداع، مثل تقنية التقييم التوافقي (CAT)، ولجان الخبراء، مقياس تشخيص الحلول الابداعية Creative Solution Diagnosis Scale (CSDS) باعتبارها أكثر موثوقية وأدق نتيجة حيث انها تستخدم تدابير ذاتية لقياس الإبداع، وتعتمد على اتفاق "الخبراء" في المجال بشكل مستقل على مدي درجة الابداع في المنتجات الفنية. (٦١)

٤. التكامل بين التصميم والإبداع لتطوير التعليم الهندسي:

التكامل بين التصميم والإبداع لتطوير التعليم الهندسي

يُعدّ دمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي أمرًا ضروريًا لتخريج مهندسين قادرين على مواجهة تحديات القرن الحادي والعشرين.

يُمكن تحقيق ذلك من خلال:

١. مشاريع التصميم:

- **تعزيز مهارات التفكير التصميمي:** يُمكن من خلال مشاريع التصميم تعليم الطلاب مهارات التفكير التصميمي، مثل حلّ المشكلات، والتفكير الإبداعي، والتعاون، والتواصل.
- **دمج المعرفة النظرية مع التطبيق العملي:** تُتيح مشاريع التصميم للطلاب تطبيق المعرفة النظرية التي تعلموها في مواقف واقعية، مما يُساعدهم على فهم مفاهيم الهندسة بشكل أفضل.

٢. بيئة تعليمية إبداعية:

- **خلق بيئة محفزة للابتكار:** يجب أن تُشجّع بيئة التعليم الهندسي على الإبداع والتفكير خارج الصندوق.

يُمكن من خلال دمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي تخريج مهندسين قادرين على حلّ المشكلات بشكل إبداعي، والتفكير خارج الصندوق، وتصميم حلول هندسية مبتكرة.[٦٢]

دور التصميم في تعزيز الإبداع في التعليم الهندسي

يلعب التصميم دورًا هامًا في تعزيز الإبداع في التعليم الهندسي من خلال عدة جوانب:

١. التركيز على حل المشكلات:

يُركز التصميم على حل المشكلات الواقعية، مما يُحفز الطلاب على التفكير بشكل إبداعي وتطوير حلول مبتكرة.

٢. التعلم العملي:

يتضمن التصميم التعلم العملي، حيث يشارك الطلاب في مشاريع تصميمية تتطلب منهم تطبيق مهاراتهم الهندسية وتجاربهم الإبداعية.

٣. التعاون:

يُشجع التصميم على العمل الجماعي والتعاون بين الطلاب، مما يُساعدهم على تبادل الأفكار وتطوير حلول إبداعية بشكل جماعي.

٤. التفكير النقدي:

يتطلب التصميم مهارات التفكير النقدي، حيث يجب على الطلاب تحليل المشكلات وتقييم الحلول المختلفة قبل اختيار أفضلها.

٥. مهارات التواصل:

يُساعد التصميم الطلاب على تطوير مهارات التواصل، حيث يجب عليهم شرح أفكارهم وتقديم عروض توضيحية لتصميماتهم.

٦. التعلم الذاتي:

يُشجع التصميم على التعلم الذاتي، حيث يجب على الطلاب البحث عن المعلومات واستكشاف أفكار جديدة لتنفيذ مشاريعهم التصميمية.

٧. الثقة بالنفس:

يُساعد إكمال مشاريع التصميم بنجاح على تعزيز ثقة الطلاب بأنفسهم وقدراتهم الإبداعية.

٨. الإبداع كمهارة أساسية:

يُصبح الإبداع مهارة أساسية في الهندسة، حيث يُساعد المهندسين على مواجهة التحديات الجديدة وتطوير حلول مبتكرة تُلبي احتياجات المجتمع.

أمثلة على استخدام التصميم في التعليم الهندسي:

- **مشاريع التصميم:** يُمكن للطلاب تصميم منتجات جديدة أو تحسين منتجات موجودة، مثل تصميم جسر أو مبنى أو جهاز طبي.
- **النمذجة والمحاكاة:** يُمكن للطلاب استخدام أدوات النمذجة والمحاكاة لاختبار أفكارهم وتصميماتهم قبل تنفيذها.
- **التصميم الرقمي:** يُمكن للطلاب استخدام برامج التصميم الرقمي لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد وتصميمات جرافيكية.
- **التصميم التشاركي:** يُمكن للطلاب العمل مع أشخاص من مجالات أخرى، مثل التصميم الصناعي أو الهندسة المعمارية، لتطوير حلول إبداعية.

خاتمة:

يُعد التصميم أداة قوية لتعزيز الإبداع في التعليم الهندسي. من خلال التركيز على حل المشكلات والتعلم العملي والتعاون، يُمكن للتصميم مساعدة الطلاب على تطوير مهاراتهم الإبداعية والتفكير النقدي وتصبح مهندسين مبتكرين يُساهمون في تحسين المجتمع.

– استراتيجيا ## دور التصميم في تعزيز الإبداع في التعليم الهندسي

يلعب التصميم دورًا هامًا في تعزيز الإبداع في التعليم الهندسي من خلال عدة جوانب:

١- التركيز على حل المشكلات:

يُركز التصميم على حل المشكلات الواقعية، مما يُحفز الطلاب على التفكير بشكل إبداعي وتطوير حلول مبتكرة .

٢- التعلم العملي

يتضمن التصميم التعلم العملي، حيث يشارك الطلاب في مشاريع تصميمية تتطلب منهم تطبيق مهاراتهم الهندسية وتجاربهم الإبداعية .

٣-التعاون

يُشجع التصميم على العمل الجماعي والتعاون بين الطلاب، مما يُساعدهم على تبادل الأفكار وتطوير حلول إبداعية بشكل جماعي .

٤-التفكير النقدي

يتطلب التصميم مهارات التفكير النقدي، حيث يجب على الطلاب تحليل المشكلات وتقييم الحلول المختلفة قبل اختيار أفضلها .

٥- مهارات التواصل:

يُساعد التصميم الطلاب على تطوير مهارات التواصل، حيث يجب عليهم شرح أفكارهم وتقديم عروض توضيحية لتصميماتهم .

٦-التعلم الذاتي:

يُشجع التصميم على التعلم الذاتي، حيث يجب على الطلاب البحث عن المعلومات واستكشاف أفكار جديدة لتنفيذ مشاريعهم التصميمية .

٧-الثقة بالنفس:

يُساعد إكمال مشاريع التصميم بنجاح على تعزيز ثقة الطلاب بأنفسهم وقدراتهم الإبداعية.

٨-الإبداع كمهارة أساسية

يُصبح الإبداع مهارة أساسية في الهندسة، حيث يُساعد المهندسين على مواجهة التحديات الجديدة وتطوير حلول مبتكرة تُلبي احتياجات المجتمع[٦٣].

** أمثلة على استخدام التصميم في التعليم الهندسي:

- **مشاريع التصميم:** يُمكن للطلاب تصميم منتجات جديدة أو تحسين منتجات موجودة، مثل تصميم جسر أو مبنى أو جهاز طبي.
- **النمذجة والمحاكاة:** يُمكن للطلاب استخدام أدوات النمذجة والمحاكاة لاختبار أفكارهم وتصميماتهم قبل تنفيذها.
- **التصميم الرقمي:** يُمكن للطلاب استخدام برامج التصميم الرقمي لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد وتصميمات جرافيكية.
- **التصميم التشاركي:** يُمكن للطلاب العمل مع أشخاص من مجالات أخرى، مثل التصميم الصناعي أو الهندسة المعمارية، لتطوير حلول إبداعية.

خاتمة:

يُعد التصميم أداة قوية لتعزيز الإبداع في التعليم الهندسي. من خلال التركيز على حل المشكلات والتعلم العملي والتعاون، يُمكن للتصميم مساعدة الطلاب على تطوير مهاراتهم الإبداعية والتفكير النقدي وتصبح مهندسين مبتكرين يُساهمون في تحسين المجتمع.

– تطبيقات عملية لتحقيق التكامل بين التصميم والإبداع في التعليم الهندسي

١. مشاريع التصميم المتكاملة:

- **دمج مجالات هندسية مختلفة:** يُمكن للطلاب العمل على مشاريع تصميمية تتطلب دمج مجالات هندسية مختلفة، مثل الهندسة الميكانيكية والكهربائية والبرمجيات، لتطوير حلول إبداعية لمشكلات حقيقية.
- **التعاون مع خبراء من مجالات أخرى:** يُمكن للطلاب العمل مع خبراء من مجالات أخرى، مثل التصميم الصناعي أو علم النفس، للحصول على مدخلاتهم وتطوير حلول إبداعية تُلبي احتياجات المستخدمين بشكل أفضل.
- **استخدام أدوات التصميم المتقدمة:** يُمكن للطلاب استخدام أدوات التصميم المتقدمة، مثل برامج التصميم ثلاثي الأبعاد وأدوات النمذجة والمحاكاة، لتطوير نماذج واختبارات واقعية لتصميماتهم.[٦٤]

٢. المسابقات والفعاليات التصميمية:

- **تنظيم مسابقات تصميمية للطلاب:** يُمكن تنظيم مسابقات تصميمية للطلاب لتشجيعهم على ابتكار حلول إبداعية لمشكلات محددة.

- **المشاركة في فعاليات التصميم العالمية:** يُمكن تشجيع الطلاب على المشاركة في فعاليات التصميم العالمية، مثل مسابقات التصميم الهندسي، للاحتكاك بِمُصممي عالميين وتعلم أفضل الممارسات في مجال التصميم.
- **عرض مشاريع التصميم للجمهور:** يُمكن تنظيم معارض لِعرض مشاريع التصميم للجمهور لِتقييمها والحصول على ملاحظات قيّمة.

٣. بيئة تعليمية داعمة للإبداع:

- **توفير مساحات مخصصة للتصميم:** يُمكن توفير مساحات مخصصة للتصميم في الجامعات، مثل مختبرات التصميم وورش العمل، لِتوفير بيئة مناسبة للطلاب لِتنفيذ مشاريعهم التصميمية.
- **تشجيع العمل الجماعي:** يُمكن تشجيع العمل الجماعي في الفصول الدراسية ومشاريع التصميم لِخلق بيئة تعاونية تُحفز الإبداع وتبادل الأفكار.
- **تقييم الطلاب بناءً على مهاراتهم الإبداعية:** يُمكن دمج معايير تقييم جديدة تُركز على مهارات الطلاب الإبداعية، مثل مهارات حل المشكلات والتفكير النقدي والعمل الجماعي، بالإضافة إلى مهاراتهم الهندسية التقليدية.

٤. برامج تدريبية للمُحاضرين:

- **توفير برامج تدريبية للمُحاضرين لِتعلم مهارات التصميم:** يُمكن توفير برامج تدريبية للمُحاضرين لِتعلم مهارات التصميم وتطوير مهاراتهم في دمج التصميم في مناهجهم الدراسية.
- **تشجيع المُحاضرين على المشاركة في مشاريع التصميم:** يُمكن تشجيع المُحاضرين على المشاركة في مشاريع التصميم مع الطلاب لِاكتساب خبرة عملية وتطوير مهاراتهم في مجال التصميم.
- **تبادل أفضل الممارسات بين المُحاضرين:** يُمكن تنظيم ورش عمل ومؤتمرات لِتبادل أفضل الممارسات بين المُحاضرين فيما يتعلق بدمج التصميم في التعليم الهندسي.[٦٥]

٥. التعاون مع الشركات والمؤسسات:

- **العمل مع الشركات لِتنفيذ مشاريع تصميمية واقعية:** يُمكن للجامعات العمل مع الشركات لِتنفيذ مشاريع تصميمية واقعية، مما يُتيح للطلاب فرصة العمل على مشكلات حقيقية وتطوير مهاراتهم العملية.

- **استقطاب خبراء من الشركات لِمشاركة خبراتهم مع الطلاب:** يُمكن دعوة خبراء من الشركات لِمشاركة خبراتهم مع الطلاب في ورش العمل والمحاضرات، مما يُساعد الطلاب على فهم احتياجات سوق العمل وتطوير مهاراتهم التصميمية المُتعلقة بالقطاع الصناعي.
- **توفير فرص عمل للطلاب في مجال التصميم:** يُمكن للجامعات العمل مع الشركات لِتوفير

– تجارب ناجحة لتطوير التعليم الهندسي باستخدام التصميم والإبداع

تجارب ناجحة لتطوير التعليم الهندسي باستخدام التصميم والإبداع

يشهد مجال التعليم الهندسي ثورةً في السنوات الأخيرة مع ازدياد الاعتماد على التصميم والإبداع لتعزيز مهارات الطلاب وتطوير خبراتهم العملية.

أمثلة على تجارب ناجحة:

١. برنامج "تحديات التصميم" في جامعة ستانفورد:

- يُقدم هذا البرنامج للطلاب فرصةً لِتصميم حلول إبداعية لمشكلات حقيقية تواجهها المجتمعات المحلية.
- حقق البرنامج نجاحًا كبيرًا في تحفيز الطلاب على المشاركة في مشاريع التصميم، وتطوير مهاراتهم في حل المشكلات، والعمل الجماعي، والتواصل.
-

٢. مشروع "تعلم التصميم" في جامعة MIT:

- يُركز هذا المشروع على دمج مهارات التصميم في المناهج الدراسية لِجميع طلاب الهندسة.
- يُساعد المشروع الطلاب على اكتساب مهارات التصميم الأساسية، مثل التفكير التصممي، والنمذجة، والاختبار، والتصوير البصري.

٣. مسابقة "التصميم الهندسي للطلاب" في جامعة كاليفورنيا بيركلي:

- تُعد هذه المسابقة منصةً لِلتنافس بين طلاب الهندسة من جميع أنحاء العالم لِتصميم حلول إبداعية لمشكلات محددة.
- تُساعد المسابقة الطلاب على تطوير مهاراتهم في التصميم، والابتكار، وريادة الأعمال.[٦٦]

-

٤. مختبر "التصميم التجريبي" في جامعة كارنيجي ميلون:

- يُتيح هذا المختبر للطلاب فرصةً لِتصميم وتنفيذ مشاريع التصميم باستخدام أدوات وتقنيات متقدمة.
- يُركز المختبر على تعزيز مهارات الطلاب في التفكير النقدي، والتحليل، والنمذجة، والاختبار.

٥. برنامج "التصميم المستدام" في جامعة Aalto:

- يُركز هذا البرنامج على دمج مبادئ الاستدامة في تصميم المنتجات والعمليات الهندسية.
- يُساعد البرنامج الطلاب على تطوير حلول إبداعية تُلبي احتياجات المجتمع مع مراعاة البيئة.

تُقدم هذه الأمثلة لمحات عن بعض التجارب الناجحة لتطوير التعليم الهندسي باستخدام التصميم والإبداع. تُساعد هذه التجارب الطلاب على اكتساب مهارات وخبرات عملية هامة تُلبي احتياجات سوق العمل المُتغيرة.[٦٧]

خلاصة وتعقيب

أظهرت الدراسة أن التصميم والإبداع يلعبان دورًا هامًا في تطوير التعليم الهندسي. فمن خلال دمج التصميم والإبداع في المناهج الدراسية، يمكن للطلاب تطوير مهاراتهم في حل المشكلات، والتفكير النقدي، والعمل الجماعي، والتواصل. كما يمكن للتصميم والإبداع مساعدة الطلاب على فهم المفاهيم الهندسية المعقدة بشكل أفضل، وتطبيقها على العالم الحقيقي؛ ممّا يُعزز جودة التعليم ويُؤهلهم بشكل أفضل لسوق العمل. وفيما يلي الفوائد الرئيسية من ذلك:

١. تنمية مهارات حل المشكلات:

- يواجه المهندسون في حياتهم المهنية العديد من التحديات المعقدة التي تتطلب حلولًا مبتكرة. يُساعد دمج التصميم والإبداع في المناهج الدراسية الطلاب على تطوير مهارات حل المشكلات من خلال:
  - **التفكير التحليلي:** تحليل المشكلات وتحديد مكوناتها والعوامل المؤثرة عليها.
  - **التفكير الإبداعي:** ابتكار حلول جديدة وفريدة من نوعها للمشكلات.
  - **التقييم:** تقييم الحلول المختلفة واختيار أفضلها.
  - **التنفيذ:** تطبيق الحلول المختارة على أرض الواقع.

٢. تعزيز مهارات التفكير النقدي:

- يُساعد التصميم والإبداع الطلاب على تطوير مهارات التفكير النقدي من خلال:
  - **طرح الأسئلة:** طرح أسئلة مفتوحة وتحدّي الأفكار المسبقة.
  - **تحليل المعلومات:** تحليل المعلومات بشكل نقدي وتقييم موثوقيتها.
  - **تقييم الحجج:** تقييم الحجج المختلفة وتحديد نقاط قوتها وضعفها.
  - **اتخاذ القرارات:** اتخاذ قرارات مدروسة بناءً على تحليل المعلومات وتقييم الحجج.

٣. تحسين مهارات العمل الجماعي:

- غالبًا ما تتطلب مشاريع التصميم والإبداع تعاونًا بين الطلاب. يُساعد ذلك على تطوير مهارات العمل الجماعي من خلال:
  - **التواصل الفعّال:** التواصل بشكل فعّال مع أعضاء الفريق الآخرين.
  - **التعاون:** التعاون مع أعضاء الفريق لتحقيق الأهداف المشتركة.
  - **حلّ النزاعات:** حلّ النزاعات التي قد تنشأ بين أعضاء الفريق بشكل بناء.
  - **المشاركة:** مشاركة المسؤوليات والواجبات بشكل عادل بين أعضاء الفريق.

٤. تعزيز مهارات التواصل:

- يُساعد التصميم والإبداع الطلاب على تطوير مهارات التواصل من خلال:
  - **التواصل الشفهي:** تقديم عروض تقديمية لشرح أفكارهم وتصاميمهم.
  - **التواصل الكتابي:** كتابة التقارير والمذكرات لتوثيق عملهم.
  - **التواصل البصري:** استخدام الرسومات والمخططات لشرح أفكارهم بشكل فعّال.

٥. تحسين فهم المفاهيم الهندسية:

- يُساعد التصميم والإبداع الطلاب على فهم المفاهيم الهندسية المعقدة بشكل أفضل من خلال:
  - **التطبيق العملي:** تطبيق المفاهيم الهندسية على مشاريع واقعية.
  - **التفكير المكاني:** تطوير مهارات التفكير المكاني لتصميم وبناء النماذج والهياكل.
  - **التعلم التجريبي:** التعلم من خلال التجربة والخطأ.

٦. ربط التعليم الهندسي بالعالم الحقيقي:

- يُساعد التصميم والإبداع الطلاب على ربط التعليم الهندسي بالعالم الحقيقي من خلال:

- **حلّ مشكلات حقيقية:** العمل على مشاريع تصميم تهدف إلى حلّ مشكلات حقيقية يواجهها المجتمع.
- **التعاون مع جهات خارجية:** التعاون مع شركات ومؤسسات لتنفيذ مشاريع تصميم واقعية.
- **تطوير مهارات قابلة للتطبيق:** تطوير مهارات قابلة للتطبيق في سوق العمل.

وبناء على ما سبق يُعدّ دمج التصميم والإبداع في المناهج الدراسية الهندسية خطوة ضرورية لتطوير تعليم هندسي أكثر فاعلية وجاذبية للطلاب.

التوصيات:

- **دمج التصميم والإبداع في المناهج الدراسية الهندسية:** يجب على كليات الهندسة دمج التصميم والإبداع في جميع مراحل التعليم الهندسي، بدءًا من المقررات التمهيدية وحتى الدراسات العليا.
- **توفير فرص للطلاب لتطوير مهاراتهم في التصميم والإبداع:** يجب على كليات الهندسة توفير فرص للطلاب لتطوير مهاراتهم في التصميم والإبداع من خلال مشاريع التصميم، ومسابقات التصميم، وورش العمل، والبحوث.
- **تدريب أعضاء هيئة التدريس على استخدام التصميم والإبداع في التعليم:** يجب على كليات الهندسة تدريب أعضاء هيئة التدريس على استخدام التصميم والإبداع في التعليم.
- **تغيير ثقافة التعليم الهندسي:** يجب على كليات الهندسة تغيير ثقافة التعليم الهندسي لتعزيز الإبداع والابتكار.
- **التعاون مع الصناعة:** يجب على كليات الهندسة التعاون مع الصناعة لتوفير فرص للطلاب لتطبيق مهاراتهم في التصميم والإبداع في مشاريع حقيقية.

بالإضافة إلى التوصيات المذكورة أعلاه، فإن هناك عددًا من المجالات الأخرى التي يمكن البحث فيها، مثل:

- **تأثير التصميم والإبداع على تعلم الطلاب:** يمكن إجراء المزيد من البحوث لفهم تأثير التصميم والإبداع على تعلم الطلاب، مثل دوافعهم، ومشاركتهم، ورضاااهم عن التعليم.
- **أفضل الممارسات لدمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي:** يمكن إجراء المزيد من البحوث لتحديد أفضل الممارسات لدمج التصميم والإبداع في التعليم الهندسي.

- **دور التكنولوجيا في دعم التصميم والإبداع في التعليم الهندسي:** يمكن إجراء المزيد من البحوث لفهم دور التكنولوجيا في دعم التصميم والإبداع في التعليم الهندسي.

من خلال إجراء المزيد من البحوث في هذه المجالات، يمكننا الاستمرار في تطوير التعليم الهندسي وجعله أكثر فاعلية وجاذبية للطلاب.

المراجع

[1]Villamil, E. y García, Introducción al proyecto de ingeniería - Libro de materia, [online], Buenos Aires, 2003. [consultado en: Noviembre 10 de 2021]. Disponible en: http://materias.fi.uba.ar/6612/archives/Libro_materia.pdf.

[2]Dym, C., Agogino, A., Eris, O., Frey, D. and Leifer, L., Engineering design thinking, teaching, and learning. Journal of Engineering Education., 94(1), pp. 103-120, 2005. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x

[3]ABET. Criteria for accrediting engineering programs, 2016 – 2017, ABET [online]. 2016. [Retrieved 10 November 2021]. Disponible en: http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for- accrediting-engineering-programs-2016-2017/#outcomes.

[4]Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. Journal of Engineering Education, 94(1), 103-120.

[5]Li, Y., Wang, J., Li, X., & Zhao, W. (2006). Design creativity in product innovation. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 33(3-4), 213-222. doi: 10.1007/s00170-006-0457-y

[6]Pappas, E. (2002). Creative Problem-solving in Engineering Design. Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education (ASEE) South-eastern Section Meeting. University of Florida, Gainesville علي سبيل المثال:

Cropley, D., & Cropley, A. J. (2000). Fostering Creativity in Engineering Undergraduates. High Ability Studies, 11(2), 207-219. doi:10.1080/13598130020001223. ودراسة

de Vere, I. (2009). Developing Creative Engineers: A Design Approach to Engineering Education. Paper presented at the International Conference on Engineering and Product Design Education, University of Brighton, UK. ودراسة

[7]Hubka, V., & Eder, W. E. (2003). Pedagogics of Design Education. International Journal of Engineering Education, 19(6), 799-809.

[8]Daly, S. R., Mosyjowski, E. A., & Seifert, C. M. (2014). Teaching Creativity in Engineering Courses. Journal of Engineering Education, 103(3), 417-449. doi:10.1002/jee.20048.

[9]de Vere, I. (2009). Developing Creative Engineers: A Design Approach to Engineering Education. Paper presented at the International Conference on Engineering and Product Design Education, University of Brighton, UK.

[10]Shah, J., Vargas-Hernandez, N., & Smith, S. (2003). Metrics for measuring ideation effectiveness. Des Stud, 24(2), 111–134.

[11]Kamyar Hazeri ،(٢٠١٩) .Development and validation of a product creativity evaluation framework for the assessment of functional consumer products, Imperial College London, Unpublished doctoral dissertation.

[12]Tang Y. & Y. Li, (2011). "Development of a laboratory HILs testbed system for small UAV helicopters," in Proceedings of the IASTED International Conference on Robotics (Robo '11), pp. 428–436, Pittsburgh, Pa, USA, November 2011.

[13]Schreiber, Barbara A., McCarthy Willard J. & McGeough Joseph A., (2020). The Editors of Encyclopedia Britannica, https://www.britannica.com/technology/machine-tool

[14]Hussein Younus Razzaq, Hussein Mohammed Hasan and Kadhim Raheem Abbas) 2021 ,(Machine Design Modern Techniques and Innovative Technologies, Journal of Physics: Conference Series,

Volume 1897, Sixth International Scientific Conference for Iraqi Al Khwarizmi, Society (FISCAS) 2021 22-23 November 2020, Cairo, Egypt.

(15)Benjamin Cheong, Paolo Giangrande, Xiaochen Zhang, Michael Galea, Pericles Zanchetta, Patrick Wheeler, (2019). "Fast and Accurate Model for Optimization-based Design of Fractional-Slot Surface PM Machines", Electrical Machines and Systems (ICEMS) 2019 22nd International Conference on, pp. 1-6, 2019.

(١٦) مبادئ الابداع، طارق السويدان وآخرون، ص٨

(١٧) طارق محمد السويدان، محمد أكرم العد لوني، "مبادئ الإبداع "، مهندسو الحياة، الطبعة الثالثة، دون بلد النشر، ٢٠١٢، ص: ١٥

(18)S. J. E. Christiano, and M. R. Ramires, Creativity in the classroom: special concerns and insights, in Frontiers in Education Conference, IEEE, Washington, DC (1993).

(19)Kazerounian, K., & Foley, S. (2007). Barriers to Creativity in Engineering Education: A Study of Instructors and Students Perceptions. Journal of Mechanical Design, 129(7), 761-768. doi: 10.1115/1.2739569(10)

(20)Cropley, D. (2015a). Creativity in Engineering: Novel Solutions to Complex Problems. USA: Elsevier

(21)Froyd, J. E., Wankat, P. C., & Smith, K. A. (2012). Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education. Proceedings of the IEEE, 100 (pp. 1344–1360).

(22)Froyd, J. E., Wankat, P. C., & Smith, K. A. (2012). Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education. Proceedings of the IEEE, 100 (pp. 1344–1360).

(23)Ferguson, E. S. (1993). Engineering and the Mind's Eye. UK: London: The MIT Press.p57

(24)Cropley, D. (2015a). Creativity in Engineering: Novel Solutions to Complex Problems. USA: Elsevier

(25)Kazerounian, K., & Foley, S. (2007). Barriers to Creativity in Engineering Education: A Study of Instructors and Students Perceptions. Journal of Mechanical Design, 129(7), 761-768. doi: 10.1115/1.2739569

(26)Dutson, A. J., Todd, R. H., Magleby, S. P., & Sorensen, C. D. (1997). A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project- Oriented Capstone Courses. Journal of Engineering Education, 86(1), 17-28.

(27)Cropley, D. (2016). Nurturing Creativity in the Engineering Classroom. In R. Beghetto & J. C. Kaufman (Eds.), Nurturing Creativity in the Classroom (pp. 212-226). New York: Cambridge University Press.

(٢٨) محمود عبد الحليم (٢٠٢٠)، فاعلية برنامج مقترح قائم على التعلم بالمشروع في تنمية الابداع لدي طالب الهندسة الميكانيكية، جامعة القاهرة، رسالة ماجستير غير منشورة

(29)Chuck Allen ,2011, Standards Development Forum, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, First Published June 1, ,١٩٩٩ Other.

(30)Lin, Y.-S. (2011). Fostering Creativity through Education – A Conceptual Framework of Creative Pedagogy. Creative Education, 02(03), 149-155. doi: 10.4236/ce.2011.23021

(31)Wang, C. (2007). On the Inspiration of Creative Thinking for Engineering Students. Paper presented at First IEEE International Symposium on Information Technologies and Applications in Education, Kunming, China) .10)p59

(32)Amabile, T. M. (1998). How to kill creativity. Harvard Business Review, 76(5), 77-87. (10)p59

(33)Cropley, D. H. and Cropley, A. J. (1999) Creativity and innovations in systems engineering, in Systems Engineering Test and Evaluation Conference: Conceiving, Producing and Guaranteeing Quality Systems, Systems Engineering Society of Australia, Adelaide, Australia.

(34)Taylor, A .An emerging view of creative actions. In I. A. Taylor and J. W. Getzels (Eds.), Perspectives in creativity, 1975. (pp. 297-325). Chicago: Aldine.

(35)A. J. Cropley, Creativity and cognition: producing effective novelty, Roeper Rev., 21 (1999) pp. 253-260

(36)Baillie, C. (2002) Enhancing Creativity in Engineering Students. Engineering and Science Education Journal, Vol. 11. pp. 185 – 192.

(37)Cropley, A. J. (1999) Creativity and Cognition: producing effective novelty, Roeper Rev. Vol. 21, pp 253 – 260.

(38)Ibid

(39)Liu, Z. and Schönwetter, D. J. (2004) Teaching Creativity in Engineering. International Journal of Engineering Education. Vol. 20, No. 5, pp 801 – 808.

(40)Cattell, R. B., & Butcher, H. J. The prediction of achievement and creativity. New York: Bobbs-Merrill, 1968.

(41)Cropley, D. H. Creativity in engineering. In G. E. Corazza and S. Agnoli (Eds.), Multidisciplinary Contributions to the Science of Creative Thinking, Chapter 10 (pp. 155-173), London, UK: Springer, 2015 .

(42)Miller, G. R. and Cooper, S. C., "Something Old, Something New: Integrating Engineering Practice into the Teaching of Engineering Mechanics." Journal of Engineering Education, Vol. 84, No. 2 (1995) pp. 105-115

(43)Cropley, D. H. Creativity in Engineering: Novel Solutions to Complex Problems: Elsevier, 2015.

(44)Christiaans, Henri H. C. M) .2002). Creativity as a Design Criterion. Creativity Research Journal, 14(1),41-) .٥٤12)

(45)Cropley, D.H& Croplet, A.J .(2000). Fostering Creativity in Engineering Graduates. High Abillity Studies, 11 (2), 207-) .٢١٩12)

(46)Horn, D., & Salvendy, G. (2006b). Product creativity: conceptual model, measurement, and characteristics. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 7(4), 395–412.

(47)Amabile, T. M. (1982). Social psychology of creativity: A consensual assessment technique. Journal of Personality and Social Psychology, 43(5), 997–1013. https://doi.org/10.1037/0022-3514.43.5.997

(48)Valgeirsdottir, D., & Onarheim, B. (2015). Beyond Creativity Assessment: Comparing Methods and Identifying Consequences of Recognised Creativity. The Third International Conference on Design Creativity (3rd ICDC), 1–8.

(49)Hennessey, B., Amabile, T. M., & Mueller, J. (2011). Consensual Assessment. In M. Runco & S. Pritzker (Eds.), Encyclopedia of Creativity2. Boston.

(50)Byrne, C., MacDonald, R., & Carlton, L. (2003). Assessing creativity in musical compositions: flow as an assessment tool. British Journal of Music Education, 20(3), S0265051703005448. https://doi.org/10.1017/S0265051703005448

(51)Hickey, M. (2001). An application of Amabile&apos ;s consensual assessment technique for rating the creativity of children&apos ;s musical compositions. Journal of Research in Music Education, 49(3), 234–244. https://doi.org/10.2307/3345709

(52)Baer, J., Kaufman, J. C., & Riggs, M. (2009). Brief Report: Rater-Domain Interactions in the Consensual Assessment Technique. The International Journal of Creativity & Problem Solving2, 19(2), 87–92.

(53)Kaufman, J. C., Baer, J., Cole, J. C., & Sexton, J. D. (2008). A comparison of expert and nonexpert raters using the Consensual Assessment Techqnique. Creativity Research Journal, 20(2), 171–178. https://doi.org/10.1080/10400410802059929

(54)Miller, G. R. and Cooper, S. C., "Something Old, Something New: Integrating Engineering Practice into the Teaching of Engineering Mechanics." Journal of Engineering Education, Vol. 84, No. 2 (1995) pp. 105-115

(1) Cropley, D. H. Creativity in engineering. In G. E. Corazza and S. Agnoli (Eds.), Multidisciplinary Contributions to the Science of Creative Thinking, Chapter 10 (pp. 155-173), London, UK: Springer, 2015 .

(56)Cropley, A. J., & Cropley, D. H. Resolving the paradoxes of creativity: An extended phase model. Cambridge Journal of Education, 2008, 38(3), 355-373.

[57]Shah, J., Smith, S., and Vargas-Hernandez, N., 2003, "Metrics for Measuring Ideation Effectiveness," Design Studies, 24, pp. 111-) .١٢٤13)
[58]Christiaans, H. H., 2002, "Creativity as a design criterion," Communication Research Journal, 14(1), pp. 41-) .٥٤13)

(١٣) [٥٩]

[60]Ratings on Creative Concept Selection.," Journal of Gosnell, C. A., and Miller, S. R., 2016, "But is it creative? Delineating the Impact of Expertise and Concept Mechanical Design, 138(2)(2), pp. 021101-021101- 021101-) .٠٢١١١١13)
[61]Shah, J., Smith, S., and Vargas-Hernandez, N., 2003, "Metrics for Measuring Ideation Effectiveness," Design Studies, 24, pp. 111-124. (13)

٦٢ العبد الله العتيبي، ٢٠٢٠، تصميم التفكير في التعليم الهندسي: منظور إسلامي، دار الأكاديمية الإسلامية للنشر والتوزيع.

٦٣ مها عواد، .التصميم في التعليم الهندسي: نهج إبداعي لتعلم حل المشكلات .دار النهضة ، ٢٠٢٢.

64

- ٦٥ أحمد فريد، الإبداع في الهندسة كيف: يُساعد التعليم الهندسي على تنمية مهارات التفكير الإبداعي .دار الايمان للننشر ، ٢٠٢١.

66 University of California ,Berkeley) .n.d .(.Engineering Design Competition .Retrieved from https://me.berkeley.edu/research-areas-and-major-fields/design/

67