Dirasat: *Educational Sciences*, Volume 50, No. 4, 2023

Deanship of Scientific Research

The Role of a Physics Teaching Model Based on Argument-Driven Engineering Design in Enhancing Self-Efficacy of Secondary School Female Students

Mashaeil Abdallah Aldosari [1*], ***Fahad Suliman Alshaya*** [2]

[1]Ph.D. Department Candidate, Curriculum and Instruction, College of Education, King Saud University.

[2] Department Curriculum and Instruction, College of Education, King Saud University.

Received: 15/2/2023
Revised: 19/3/2023
Accepted: 5/4/2023
Published: 15/12/2023

* *Corresponding author:*
aldosari430@gmail.com

Citation: Aldosari, M. A. ., & Alshaya, F. S. . (2023). The Role of a Physics Teaching Model Based on Argument-Driven Engineering Design in Enhancing Self-Efficacy of Secondary School Female Students. *Dirasat: Educational Sciences*, *50*(4), 36–48. https://doi.org/10.35516/edu.v50i4.4206

© 2023 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

Objectives: The study aims to reveal the role of a proposed model for teaching physics based on argument-driven engineering design in enhancing the self-efficacy of engineering design among secondary school female students.

Methods: To achieve the objectives of the study, the parallel design convergent approach was adopted. Quantitative data was collected using a pre-experimental design (One-group pretest-posttest design), consisting of (35) 12th-grade female students. Qualitative data was collected by using a case study applied to (9) students from the same group to explore their perceptions of the model's role in enhancing their effectiveness.

Results: The results showed the effect of the model in enhancing self-efficacy of engineering design in all its concepts with a statistically significant degree, as the mean scores for self-concepts (confidence – motivation – the expectation of success) increased, and the concept of (anxiety) decreased. In addition, the qualitative results showed a clear effect of the teaching model in enhancing students' self-efficacy in engineering design among female students.

Conclusions: The proposed teaching model provided female students with varied learning opportunities based on the argument-driven engineering design, which gave them experience in engineering practices that helped them know how engineers think to solve problems, boosted their confidence in their self-efficacy, and raised their motivation and expectation of success, and on the other hand, it reduced their level of anxiety in design practices.

Keywords: Argument-driven engineering design, self-efficacy, STEM.

دور نموذج تدريسي للفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل في تعزيز الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات المرحلة الثانوية

مشاعل بنت عبدالله الدوسري [1*]، ***فهد بن سليمان الشايع*** [2]

[1] طالبة دكتوراه، قسم المناهج وطرق تدريس العلوم، كلية التربية، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية.

[2] قسم المناهج وطرق تدريس العلوم، كلية التربية، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية.

ملخّص

الأهداف: يهدف هذا البحث إلى الكشف عن دور نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي في تعزيز الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات المرحلة الثانوية.

المنهجية: لتحقيق أهداف البحث؛ أُتبع المنهج التقاربي المتوازي. جُمع البيانات الكمية باستخدام التصميم ما قبل التجريبي) مجموعة واحدة باختبار قبلي وبعدي)، مكونة من (35) طالبة من طالبات الصف الثالث ثانوي، وجمعت البيانات النوعية باستخدام تصميم دراسة الحالة طُبق على (9) طالبات من نفس المجموعة بغرض استقصاء تصوراتهن عن دور النموذج في تعزيز الفعالية الذاتية لديهن.

النتائج: أظهرت النتائج أثر النموذج في تحسين الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي بجميع مفاهيمه بدرجة دالة إحصائيا، حيث ارتفعت متوسطات مفاهيم (الثقة- الدافعية- توقع النجاح)، في حين انخفض مفهوم (القلق). وبينت النتائج النوعية دورا واضحاً للنموذج التدريسي في تعزيز الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطالبات .

الخلاصة: وفر نموذج التدريس المقترح للطالبات فرصاً متنوعة للتعلم القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي؛ والذي أكسبهن الخبرة في الممارسات الهندسية، وساعدهن في معرفة طريقة تفكير المهندسين في حل المشكلات مما عزز ثقتهن بفعاليتهن الذاتية، ورفع من دافعيتهن، وتوقع النجاح لديهن. ومن جهة أخرى انخفض مستوى القلق لديهن عند ممارسة عمليات التصميم الهندسي.

الكلمات الدالة : الفعالية الذاتية، التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي، العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM.

المقدمة:

تهدف التربية العلمية إلى أن يكون جميع المواطنين مثقفين علميًا، قادرين على توظيف المعرفة واستخدام التقنية والطريقة العلمية في التفكير، وفهم طبيعة العلاقة المتبادلة بين العلم والتقنية والمجتمع، لاتخاذ القرارات الشخصية والمجتمعية حول القضايا العلمية وتطبيقاتها التقنية. ويشهد القرن الحادي والعشرون انطلاق الثورة الصناعية الرابعة، التي أصبح فيها المواطن الذي يستخدم التقنية شريكاً في تصنيعها وتطويرها، مما ترتب على تغير الاحتياجات التعليمية في هذا القرن تبعًا لتطور التقنية وتعقيدها.

ويتميز المدخل التكاملي (Science, Technology Engineering and Mathematics: STEM) القائم على مبدأ الدمج بين العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات بقدرته على تمكين الطلاب من فهم التحديات العالمية والقضايا البيئية والتقنية وتأثيراتها، ويُعدهم لمواصلة تعليمهم الأكاديمي في التخصصات ذات الأولوية في مجالات العلوم والتقنية (Bybee, 2013). ويؤكد القسيم والقبلان والجراح والزغيبي(2022) على أن تصميم منهج العلوم في ضوء مدخل STEM يتطلب تنظيم المعرفة والممارسة في العلوم والتقنية والتصميم الهندسي والرياضيات بطريقة بينية، وتوظيفها من خلال مشكلات وخبرات تكاملية قائمة على المفاهيم العلمية والرياضية والهندسية وتطبيقاتها التقنية، مع ضرورة دعمها بتطبيقات وبرامج حاسوبية لمعالجة البيانات وبناء التصاميم، حيث يُستخدم التصميم الهندسي لحل المشكلات المستهدفة وفق أنشطة استقصائية تحفز التفكير مع توفير المصادر التعليمية المناسبة، مع التركيز على تقويم الأداء، وإيجاد حلول للمشكلات بطريقة واقعية.

ويشير الدغيدي وسيد والنجدي(2022) إلى أن تطبيق مدخل STEM بشكل تكاملي يقوم على مرتكزين أساسين هما: التصميم الهندسيّ كأحد أهم المهارات الرئيسة المكونة لتعليم STEM، والمعلم والذي يعتبر حجر الأساس لتنفيذ وتطبيق فلسفة تعليم STEM في الفصل الدراسي. ويستحضر الطلاب في تعليم STEM معارفهم حول العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات؛ لتوظيفها في حل المشكلات وتلبية الاحتياجات باستخدام التصميم الهندسي (Capraro & Slough, 2013)، حيث يُمثل التصميم الهندسي عاملاً مهماً في تحقيق التكامل في تعليم STEM، ويعد عملية منهجية منظمة ومتكررة لتصميم الأشياء والعمليات والأنظمة لتلبية الاحتياجات البشرية (National Research Council, 2009). وبذلك، أصبحت ممارسة الطلاب لعمليات التصميم الهندسي في مناهج العلوم مهمة لتلبية احتياجات ومتطلبات العصر، ومهارات القرن الواحد والعشرين.

وعلى المستوى الوطني في المملكة العربية السعودية؛ قدمت هيئة تقويم التعليم والتدريب (2019) الإطار التخصصي لمجال العلوم؛ بهدف تثقيف جميع المتعلّمين عبر تقديم المعارف التأسيسية في فروع العلوم المختلفة، وتمكينهم من الممارسات العلمية والهندسية، وتطبيقاتها المرتبطة بالقضايا المتعلقة بالإنسان والمجتمع والبيئة؛ لإعداد علماء ومهندسين وتقنيين. ويُعد التصميم الهندسي عملية منظمة لها عدد من الخطوات المحددة تتميز بأسلوب التكرار، حيث تبدأ الخطوة الأولى بتحديد المشكلة وتحديد معايير الحل والقيود، وتهدف الخطوة الثانية إلى إنتاج الأفكار لكيفية حل المشكلة، وغالباً ما يستخدم المهندسون البحث والاجتماعات (مثال: العصف الذهني) للوصول إلى مجموعة من الحلول وتصميم البدائل، وتتمثل الخطوة الثالثة في اختبار الحلول الممكنة من خلال عمل نماذج رياضية أو فيزيائية أو تجريبية، تقدم بيانات تُمكن المهندسين من تحليل جودة الحلول المختلفة التي تتناسب مع جميع المواصفات، ثم تقييم ما هو مطلوب لتطوير وتصميم الأفضل أو لتقديم النصيحة بحل أفضل (NGSS, 2013a). وهذه العملية تهدف لصنع شيء جديد أو محسّن، فهي تتطلب عمليات عقلية معقدة (Shirey, 2017).

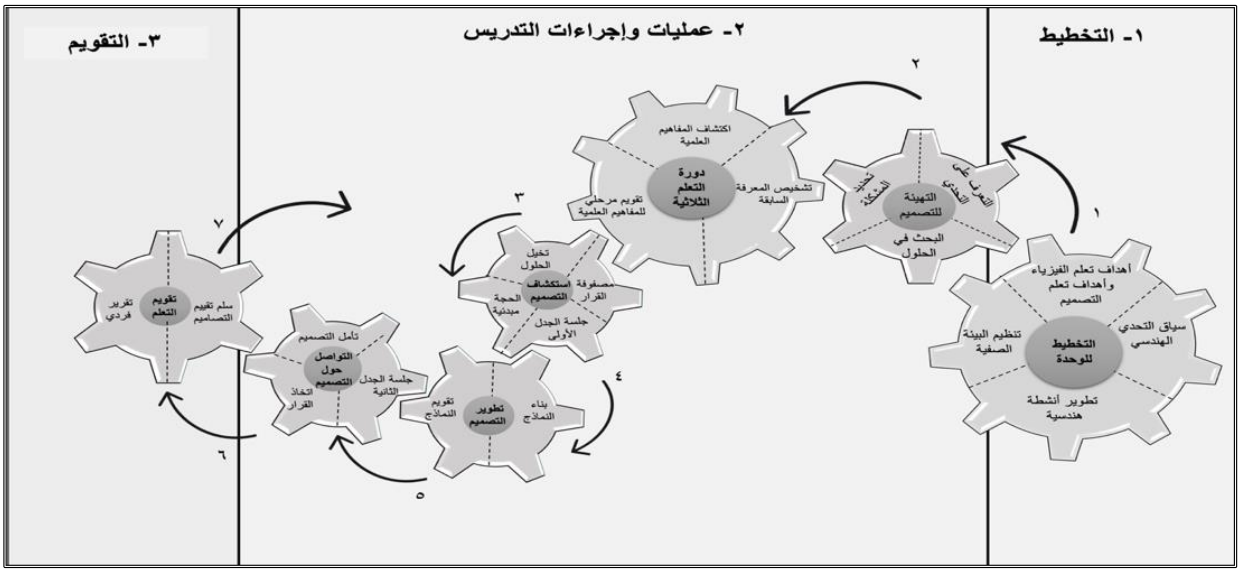
وتُعد ماساتشوستس الولاية الأولى في أمريكا في تبني تعليم الهندسة في جميع المستويات الدراسية، وتمر عملية التصميم الهندسي في المرحلة الثانوية لمناهج ولاية ماساتشوستس Engineering Design Process for the Massachusetts State في تسع خطوات كالتالي: تحديد المشكلة وتعريفها، والبحث عن الحاجة أو المشكلة، وتقديم الحلول الممكنة، واختيار الحل الأفضل أو الحلول الممكنة، وإنشاء نموذج أولي، ثم اختبار الحل وتقويمه، والتواصل بالحل أو الحلول الممكنة، ثم إعادة التصميم، وتختم خطوات التصميم الهندسي بالإتمام (مغادرة الدورة) (Hynes et al., 2011).

ويعد التواصل من المهارات الهندسية الأساسية التي من الممكن أن يمارسها الطلاب من خلال الكتابة، أو العروض التقديمية لإقناع المستفيد بالتصميم المقترح، وهذا يجعل الطلاب ينخرطون في عملية الجدل، التي تمكنهم من فهم محتوى العلوم بغرض تبرير حلول التصميم الهندسي الخاص بهم (Mathis, Siverling, Glancy & Moore, 2017). ويؤكد شحات والشايع (2022) أهمية الجدل العلمي في تكوين الثقافة العلمية للطلاب؛ إذ يسهم في مساعدة الطلبة على توليد الأفكار، والبحث عن المعلومات، والاستقراء والاستدلال، وتقديم الحجج والبراهين المعززة للأفكار مما يؤثر إيجابيًا على عملية تعلمهم للعلوم، وعليه أصبح تعزيز الحوار والجدل العلمي هدفًا أساسيًا لتعلم العلوم وتعليمها.

وقدم آل محي والشايع (2022) نموذجا لتدريس الكيمياء، قائم على الاستقصاء المعّزز بالجدل العلمي Argument-Driven Inquiry, ADI، يتكون من أربع خطوات هي: الاستقصاء العلمي، وجلسة الجدل، ومناقشة الاستقصاء، وكتابة تقرير الاستقصاء، باعتبار علاقة التأثير والتأثر بين سمات الاستقصاء، وطبيعة الاستقصاء المعقدة، وغير الخطية، وديناميكية عناصر الجدل العلمي (البيانات، الأدلة، التبرير)، لتحقيق اندماج الطلاب في ممارسة الجدل.

ويستخدم المهندسون الجدل العلمي لإيجاد أفضل الحلول لمشكلة ما ضمن قيود ومعايير محددة (NRC, 2012). وفي هذا السياق، طوّر باز وآخرون (Baze, Hutner, Crawford, Sampson, Chu, Rivale & Hannah, 2018) نموذجًا تعليميًّا يسمى الهندسة الموجهة بالجدل Argument Driven Engineering ADE، تم تصميمه ليمكن المعلّمين من دمج الهندسة في فصول العلوم من دون إهمال لمحتوى العلوم، ويتكون النموذج من ثمانية مراحل تتمثل بالآتي: التقديم للمشكلة، وتوليد المفهوم، ثم اختيار الفكرة وذلك بعد توليد مفاهيم مختلفة، وتبدأ جلسة الجدل حول التصميم في المرحلة الرابعة، يعقبها مرحلة تطوير التصميم يتم فيها بناء النماذج الأولية واختبارها، ثم تأتي مرحلة تقوم الحجج وهي جلسة الجدل الثانية التي يقدم فيها الطلاب نماذجهم النهائية لزملائهم في الفصل، وتعقد في المرحلة السابعة جلسة مناقشة تأملية، وفي المرحلة الثامنة يعمل الطلاب على تطوير التقرير والذي يتضمن كتابة تقارير نهائية فردية ويتم مراجعة هذه التقارير بعد ذلك من قبل الأقران من خلال تسليم كل واحد تقريره للآخر، وتقديم هذه التقارير للمعلم الذي يقوم بتقويمها تقويماً فرديًّا؛ كلٍّ على حدة.

واقترحت دراسة الدوسري والشايع (2023) نموذجا لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي، ويوضح الشكل (1) النموذج المقترح.



الشكل (1): نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي (الدوسري والشايع، 2023)

يتضح من الشكل (1) أن النموذج يتكون من ثلاثة أبعاد رئيسة هي: التخطيط، وعمليات وإجراءات التدريس، وتقويم نواتج التعلم. ففي التخطيط؛ تُحدد أهداف تعلم للتصميم الهندسي تدعم أهداف تعلم العلوم، ويُصمم سياق تحدي هندسي للوحدة، وأنشطة لتطوير الممارسات العلمية والهندسية تدعم حلول التصميم الهندسي، كما يتطلب تطبيق هذا النموذج تهيئة البيئة الصفية بحيث يُنظم الطلاب في مجموعات، ويوضع أمامهم مخطط يوضح دورة عملية التصميم الهندسي، وتوفر الاحتياجات المادية للتصميم. أما عمليات وإجراءات التدريس داخل الصف فتمر بثلاث مراحل؛ مرحلة التهيئة للتحدي الهندسي، ثم الانتقال لدورة التعلم ليتمكين الطلاب من تعلم المفاهيم العلمية والممارسات العلمية والهندسية ذات العلاقة بالتصميم، ثم مرحلة استخدام عملية التصميم الهندسي لإيجاد الحلول. ويعتمد تقويم نواتج التعلم في هذا النموذج التدريسي على أسلوب التقويم الجماعي باستخدام مصفوفة اتخاذ القرار. وأسلوب التقويم الفردي وذلك بتكليف كل طالب بكتابة تقرير يوضح كيف تمت عملية التصميم، وتحديد المفاهيم العلمية التي قام عليها التصميم (الدوسري والشايع، 2023).

ومن جهة أخرى؛ تعد الفعّالية الذاتية Self-Efficacy إحدى القضايا الرئيسة المرتبطة بالتصميم الهندسي، حيث تعني حكم الفرد على قدرته في إنجاز مهمة محددة؛ وهي بنية نفسية تُشير إلى توقع (حكم) الفرد عن قدرته على تنظيم وتنفيذ مسارات العمل المطلوبة لتحقيق إنجازات معينة، حيث تُحدد الفعّالية الذاتية مسارات العمل التي يختار الناس اتباعها، ومقدار الجهد الذي يبذلونه في مساعٍ معينة، والمدة التي سيستمرون فيها لمواجهة العقبات والإخفاقات، ومرونتهم في مواجهة الشدائد، وما إذا كانت أنماط تفكيرهم تعيقهم أو تُساعدهم، ومقدار الإجهاد والاكتئاب الذي يواجهونه في التعامل مع المتطلبات البيئية، ومستوى الإنجازات التي يحققونها (Bandura, 1977).

وبمراجعة موسعة للأبحاث المنشورة باللغة العربية التي تناولت مفهوم الفعّالية الذاتية، وجِدَ أنها تستخدم عدة مصطلحات منها؛ الكفاءة الذاتية، أو

الفعّالية الذاتية، أو الفاعلية الذاتية للتعبير عن مصطلح واحد باللغة الإنجليزية وهو Self-Efficacy. ترجم البعلبكي والبعلبكي (٢٠٠٨) Efficacy إلى فعّالية أو نجاعة. وعُرفت كذلك بأنها القدرة على تحقيق النتيجة المرجوة، أو الطريقة لتحقيق شيء ما، أو جودة التأثير (Cambridge University Press, n.d.& Merriam-Webster, n.d.). وفي هذا البحث يتبنى الباحثان مصطلح الفعّالية الذاتية، حيث يرد مصطلح Efficacy عادةً مع مفهوم Self-Efficacy الذي عُرفه باندورا (Bandura, 1977) بأنه حكم الفرد على قدرته في تنظيم وتنفيذ مسارات العمل المطلوبة لتحقيق إنجازات معينة.

إن الكشف عن معتقدات الفعّالية الذاتية مهم لفهم وتوجيه سلوك الأفراد واهتماماتهم ودوافعهم، مع الأخذ بعين الاعتبار أن الفعّالية الذاتية ليست المحدد الوحيد للسلوك، فلن ينتج عن توقعات الفعّالية الذاتية فقط الأداء المطلوب إذا كانت المهارات غير متوافرة، وعلاوة على ذلك فهناك العديد من الأشياء التي يمكن للأفراد أن يفعلوها وهم على يقين من النجاح ومع ذلك لا يؤدونها لأنه ليس لديهم حوافز للقيام بذلك. ومع ذلك، فبالنظر إلى المهارات والحوافز المناسبة، تعد توقعات الفعالية من المحددات الرئيسية لاختيار الأشخاص للأنشطة، في مهمة، وتتأثر الفعّالية الذاتية بأربعة مفاهيم ذاتية هي: الثقة، والدافعية، وتوقع النتائج، والقلق أو التشكيك بالذات تجاه المهمة (Bandura, 1977).

أشار كاربري وهولاند ولي(Carberry, Ohland & lee, 2009) إلى أنه نادراً ما يتم تحليل الفعّالية الذاتية تجاه هذه المفاهيم الأربعة، لذا؛ قاموا بتطوير أداة تقيس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي، حيث يتكون المقياس من أربعة محاور تمثل المفاهيم الذاتية المرتبطة بمهمة التصميم وهي: الثقة، والدافعية، وتوقع النتائج، والقلق. وتوصلوا إلى أن معامل ارتباط الدافعية 0.779، وتوقع النتائج 0.919، حيث كان مرتبط ارتباطا عاليا وبشكل إيجابي مع الفعّالية الذاتية، في حين كان القلق مرتبطًا بشكل سلبي 0.539- بالكفاءة الذاتية، وهذا يعني أن القلق ينخفض بارتفاع الفعّالية الذاتية، ولكن لا يعنى أن الفعّالية الذاتية العالية والخبرة الهندسية الواسعة تقضي على القلق تمامًا.

وطور ماجور وكيرن (Major & Kirn, 2016) مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي الذي قدمه كاربري ولي وهولاند(Carberry, Lee & Ohland, 2010)؛ وذلك بإضافة سؤالين لتصنيف أربعة عناصر يعتقد الطلاب أنها ستحفزهم على إكمال مهمة التصميم، وتصنيف أربعة عناصر يعتقدون أنها أسباب لعدم النجاح في استكمال مهمة التصميم، أظهرت النتائج الكمية تغييراً ضئيلاً للغاية في الدافعية والقلق لدى الطلاب عند القيام بالتصميم الهندسي، وهذا قد يرجع للمشاركة في تجربة تعليمية واحدة قائمة على المشروع، وكان هناك زيادة ملحوظة في تصورات الطلاب حول ثقتهم وتوقع النجاح، وكشفت النتائج عن وجود علاقة قوية بين فعّالية الطلاب والدافعية، وبين الدافعية وتوقع النجاح. وتتفق هذه النتيجة مع نظرية باندورا التي تؤكد أن التأثيرات الإيجابية للفعّالية الذاتية للطلاب تزيد الدافعية الذاتية لديهم، وهذا يدعم تصور الطلاب في قدرتهم على النجاح في مهمة ما.

وأجرت روسو (Russo, 2019) دراسة على طالبات ثانوية أوريجون المتبنية للجيل التالي من معايير العلوم NGSS؛ وهدفت في دراستها إلى الاستقصاء عن تصورات الطالبات بشأن فعّاليتهن الذاتية في الهندسة، وطلبت منهن إكمال استبانة تصف تصوراتهن، ثم إجراء مقابلات مع عشر طالبات تم اختيارهن عشوائيًا، وكشفت النتائج أن الطالبات قدرن فعّاليتهن الذاتية في الهندسة بأنها متوسطة إلى مرتفعة، أما فعّاليتهن في العلوم فتراوحت بين مرتفعة إلى مرتفعة جدًا، وعزون ذلك إلى أن المشروعات الهندسية لا تتم بشكل كاف، لذلك؛ لم يتمكنَّ من اكتساب خبرة في الهندسة كما حدث في العلوم.

مشكلة البحث:

ينسجم مفهوم الفعّالية الذاتية مع طبيعة مجال التصميم الهندسي؛ بمعنى أنه في مجال الهندسة يكون التأثير في الفعّالية الذاتية أكثر وضوحًا بسبب الطبيعة التكرارية في عملية التصميم التي تُعد جزءًا من خبرة تعلُّم الهندسة، والفعّالية الذاتية تتحسن مع امتلاك الخبرة، وعليه، يمكن أن تكون المعلومات حول المفاهيم الذاتية لفعّالية الطلاب في التصميم الهندسي مفيدة للمعلّمين عند تخطيط الدروس (Carberry, et. al., 2009).

وتُعد فصول العلوم التي تسعى لحل المشكلات الهندسية بيئة تعلُّم نشطة، تزيد الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب (Major & Kirn, 2016)، ومن مواصفات بيئات التعلُّم النشطة السماح للطلاب بالمشاركة الإيجابية في الأنشطة الجماعية، التي تتيح لهم فرص المناظرات وتحليل الآراء والادعاءات من خلال ممارسة الجدل العلمي (الخطيب، ٢٠١٦). ولقد خلصت دراسة فيلا وبورزر (Fila & Purzer, 2013) إلى وجود علاقة ارتباطية إيجابية بين الفعّالية الذاتية وانخراط الطالب في الجدل العلمي. وأظهرت دراسة القرني والأحمد (٢٠١٨) إلى أن أقل مستوى للكفاءة الذاتية لمعلمات العلوم في المرحلة الثانوية في ضوء توجه (ستيم)، ظهر في تنمية معارفهن وممارساتهن المتعلقة بالهندسة.

واقترحت دراسة الدوسري والشايع (2023) نموذجا لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي، ويقوم النموذج على خمسة مبادئ أساسية، هي: يستند إلى التعلم القائم على التصميم، ويُظهر التصميم كممارسة هندسية، ويؤكد على دور الطلاب في اتخاذ القرار أثناء عملية التصميم الهندسي، ويُعزز الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب، وينمي عادات العقل الهندسية. ويأتي هذا البحث لدراسة دور هذا النموذج في تعزيز الفعالية الذاتية لطالبات المرحلة الثانوية عند دراستهم لوحدة الضوء.

أسئلة البحث:

سعى البحث للإجابة عن السؤالين الآتيين:

1. ما أثر نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي في تعزيز الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات الصف الثالث ثانوي عند دراستهن لوحدة الضوء؟
2. ما تصورات طالبات الصف الثالث ثانوي في دور النموذج في تعزيز فعاليتهن الذاتية للتصميم الهندسي؟

أهداف البحث:

هدف هذا البحث إلى معرفة دور نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي، والمقترح من الدوسري والشايع (2023) في تعزيز الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات الصف الثالث ثانوي عند دراستهن لوحدة الضوء.

أهمية البحث:

تتمثل الأهمية النظرية للبحث في أنه يُسهم في تقديم إضافة معرفية توضح كيفية تحسين الفعالية الذاتية عند استخدام السياق الهندسي في تعليم الفيزياء. أما الأهمية التطبيقية للبحث فتظهر في ترجمة مقياس للفعالية الذاتية للتصميم الهندسي يمكن استخدامه في البيئة السعودية على وجه الخصوص والعربية على وجه العموم. كما يُقدم للمعلمين والمشرفين إرشادات في تعزيز الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي يمكن أن يساعدهم في تخطيط دروس قائمة على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل وتنفيذها.

حدود البحث:

يقتصر البحث على الحدود التالية:

الحدود الموضوعية: تطبيق مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي.

الحدود الزمانية: طُبق البحث خلال العام الدراسي ١٤٤٢/ ١٤٤٣هـ.

الحدود المكانية: طُبق البحث في الثانوية الخامسة بمدينة الرياض التابعة لمكتب تعليم غرب.

مصطلحات البحث:

يُعرف النموذج المقترح لتدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي إجرائيًا بأنه: تمثيل مخطط لتوجيه تدريس الفيزياء، يتكون من ثلاثة عناصر هي: التخطيط، وعمليات وإجراءات التدريس، وتقويم نواتج التعلم، ويستند النموذج إلى التعلم القائم على التصميم من خلال الدمج بين الاستقصاء العلمي والتصميم الهندسي، والموجه بالمنطق القائم على الأدلة من خلال الممارسات الهندسية لتنمية مهارة اتخاذ القرار أثناء عملية التصميم، وتعزيز الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي وتنمية عادات العقل الهندسية لدى طالبات المرحلة الثانوية (الدوسري والشايع، 2023).

وتُعرف الفعالية الذاتية في التصميم الهندسي إجرائيا في هذا البحث بأنها تعني حكم (توقع) الطالبة على قدرتها في إنجاز التصميم الهندسي، ويتضمن ذلك مستوى الثقة بالنفس والدافعية التي تمتلكها ومرونتها في توقع النتائج مما يخفض مستوى القلق لديها. وتقاس بالدرجة الكلية التي تحصل عليها الطالبات من الاستجابة على المقياس المترجم لكاربي وزملائه (Carberry et al., 2010) والمكون من أربعة مفاهيم ذاتية هي: الثقة، والدافعية، وتوقع النتائج، والقلق، وتُفسر هذه الدرجات باستقصاء آراء الطالبات حول فعّاليتهن الذاتية في التصميم الهندسي.

منهجية البحث:

يتبنى البحث المنهج التقاربي المتوازي Parallel Design Convergent، وهو أحد أشكال المنهج المختلط Mixed Methods ذو التصميم المتزامن، وذلك عن طريق جمع البيانات الكمية Quantitative والنوعية Qualitative في وقت واحد، حيث استخدم منهج البحث الكمي، والمتمثل في التصميم ما قبل التجريبي لمجموعة واحدة ذي القياسين القبلي والبعدي، والذي يعد أحد أنواع البحث الكمي التجريبي (Gay, Mills & Airasian, 2012)؛ للإجابة عن السؤال الأول. وقد اختير هذا التصميم مع أنه يعد من أضعف أنواع التصاميم التجريبية، لأنه الأنسب لهذا البحث، حيث يعتمد على المقارنة القبلية والبعدية لذات المجموعة، لتعذر وجود مجموعة ضابطة نظرا لطبيعة المتغير المستقل المرتبط بالتصميم الهندسي، والذي يتطلب قياسه على ذات المجموعة، التي درست وفق النموذج القائم على التصميم الهندسي، بشكل قبلي وبعدي.

في حين استخدم البحث منهج البحث الكيفي، والمتمثل في تصميم دراسة الحالة، بغرض الوصول إلى فهم عميق لحالة معينة، قد تكون لفرد أو أفراد أو فصل معين في مدرسة، وتكون دراسة الحالة في وضعها وسياقها الطبيعيين، دون الانشغال بتعميم النتائج على الحالات الأخرى (العبدالكريم، 2012). وذلك للإجابة عن السؤال الثاني، الذي يستقصي تصورات الطالبات عن دور النموذج في تعزيز الفعالية الذاتية لديهن، وذلك بغرض التفسير العميق للنتائج من خلال مقارنة النتائج الكمية مع النوعية للتحقق من صحتها وتأكيدها (Creswell, 2012)

المشاركون في الدراسة:

تمثل المجتمع المستهدف Target Population في هذا البحث بالطالبات اللاتي يدرسن مقرر الفيزياء (3) في الثانوية الخامسة التابعة لمكتب تعليم المعذر بالرياض خلال العام الدراسي 1443 هـ (2022/2021)، وعددهن (95) طالبة في الفصل الدراسي الأول. ويرجع سبب اختيار هذه المدرسة إلى تعاون الإدارة المدرسية ومعلماتها، وتوفر معمل حاسب، بالإضافة إلى أن الباحث الأول تعمل مشرفة في المكتب التابع للمدرسة. وتكونت عينة البحث من أحد صفوف المدرسة، والذي اختير عشوائيا، وبلغ عدد طالبات اللاتي طبقن التجربة (35) طالبة. وقد أخذ الأذن من الطالبات بتطبيق الدراسة وكذلك موافقة أولياء أمورهن. كما اختيرت عينة منهن لإجراء المقابلات معهن بعد إتاحة الحرية لهن في قبول المشاركة أو عدمها. واستخدمت الرموز لوصف الطالبات المشاركات حفاظًا على خصوصيتهن. وبلغ عدد الطالبات المشاركات في المقابلة (14) طالبة تراوحت أعمارهن ما بين (17-18) سنة، وتنوعت مستوياتهن الدراسية وتحصيلهن العلمي بين (مرتفع، متوسط، منخفض)، والوضع الاجتماعي والاقتصادي للطالبات متقارب يسكن في نفس الحي الذي تقع فيه المدرسة.

مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي:

للإجابة عن سؤالي البحث؛ استخدم مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي، وهو مُعد بلغته الإنجليزية من كاربي وآخرون (Carberry et al., 2010)، ويهدف لقياس أربعة مفاهيم ذاتية: الثقة، والدافعية، وتوقع النجاح، والقلق، ويستند إلى خطوات عملية التصميم الهندسي لمناهج ولاية ماساتشوستس بأمريكا التي تتكون من تسع خطوات هي: تحديد المشكلة وتعريفها، والبحث عن الحاجات أو المشكلة، وتقديم الحلول الممكنة، واختيار الحل الأفضل أو الحلول الممكنة، وإنشاء نموذج أولي، واختبار وتقييم التصميم، والتواصل حول التصميم، وإعادة التصميم. ويتكون المقياس من شق كمي للإجابة عن السؤال الأول؛ يضم (36) فقرة، تتوزع على محاور المقياس الأربعة، وهي: الثقة، والدافعية، وتوقع النجاح، والقلق، يعبر فيه الطالب عن رأيه بمدى ثقته ودافعيته وتوقعه للنجاح وقلقه، تجاه كل خطوة من خطوات التصميم التسع الواردة أعلاه، وذلك بتقدير موقفه بتدرج يبدأ من صفر إلى عشرة. واستخدم الشق الكيفي من المقياس للإجابة عن السؤال الثاني؛ وكان عبارة عن بطاقة مقابلة شبه مقننة، تكونت من ثمانية أسئلة لاستقصاء آرائهن حول ثقتهن، ودافعيتهن، وتوقع النجاح، ومستوى القلق لديهن قبل وبعد المشاركة في عملية التصميم الهندسي.

صدق مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي وثباته:

للتحقق من صدق الأداة؛ تبنى الباحثان ما ورد في الدليل الإرشادي الخامس للقياس نظرية الصدق الحديثة والقائمة على أعمال ميسيك Messick، الذي يُعد من مؤسسي فكرة وحدة الصدق، التي تتمثل في صدق المفهوم المعني بدمج متكامل لمصادر الأدلة، التي تستهدف تفسير درجات المقياس، وما يترتب عن نتائج اتخاذ القرار في ضوء دلالة الدرجات. لذا؛ على الباحث أن يلجأ إلى البحث عن مصادر متعددة للأدلة بدلاً من الاكتفاء بمصدر واحد فقط (تيغزه، 2009). وتبنى الباحثان عدداً من مصادر الأدلة ذات الصلة بطبيعة أداة البحث الحالي، وهي:

- **الأدلة القائمة على فحص محتوى المقياس والمقابلة للفعّالية الذاتية:**

قام الباحثان بترجمة المقياس وأسئلة المقابلة للغة العربية. وللتأكد من دقة الترجمة؛ عُرضت النسختين على محكمين مختصين في اللغة الإنجليزية والمناهج وطرق التدريس والقياس والتقويم، للتأكد من سلامة ودقة الترجمة للغة الإنجليزية، وأجريت التعديلات وفق رأي المحكمين حيث انحصرت التعديلات في ثلاث مواضع فقط في المقياس، وعدد من التعديلات الصياغية على أسئلة المقابلة، مثل تحويل بعض المصادر إلى أفعال. ورغبة بالتأكد من جودة الترجمة؛ أعيدت ترجمة المقياس والمقابلة من قبل متخصص في اللغة العربية إلى الإنجليزية مرة أخرى، وعند مقارنة النسخة الأصلية مع نسخة الترجمة العكسية، ظهر الاختلاف في ثلاث مفردات في المقياس، ومفردتين في أسئلة المقابلة، ويعود سبب الاختلاف بين النسختين هو استخدام المرادفات، وهذا أمر مقبول لأنه قد لا تظهر الترجمة العكسية بالكلمات ذاتها في النسخة الأصلية.

- **الأدلة القائمة على البنية الداخلية لمقياس الفعّالية الذاتية:**

طُبق المقياس على عينة استطلاعية خارج عينة البحث بلغ حجمها (38) طالبة، وحُسبت معاملات ارتباط بيرسون للكشف عن قوة العلاقات الارتباطية بين درجة كل فقرة والدرجة الكلية للبُعد الذي تنتمي إليه، والعلاقة بين درجة كل بُعد والدرجة الكلية للمقياس. ويوضح الجدول (1) هذه العلاقات.

جدول 1: معاملات ارتباط بيرسون لفقرات مقياس الفعّالية الذاتية بالدرجة الكلية لكل بعد

الثقة		الدافعية		توقع النجاح		القلق	
الفقرة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط
1	0.772**	1	0.795**	1	0.645**	1	0.752**
2	0.768**	2	0.818**	2	0.665**	2	0.795**
3	0.615**	3	0.811**	3	0.627**	3	0.788**

الثقة		الدافعية		توقع النجاح		القلق	
الفقرة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط	العبارة	معامل الارتباط
4	**0.769	4	**0.745	4	**0.620	4	**0.849
5	**0.598	5	**0.622	5	**0.596	5	**0.843
6	**0.734	6	**0.618	6	**0.718	6	**0.821
7	**0.772	7	**0.784	7	**0.688	7	**0.847
8	**0.655	8	**0.713	8	**0.579	8	**0.739
9	**0.602	9	**0.720	9	**0.706	9	**0.659
الكلي	**0.748**	**الكلي**	**0.692**	**الكلي**	**0.703**	**الكلي**	**0.794**

** دال عند مستوى(0.01) أو أقل.

يبين الجدول (1) أن قيمة معامل ارتباط كل فقرة مع بُعدها تتراوح ما بين (0.849 – 0.579)، وقيم معامل ارتباط الأبعاد بالمقياس تراوحت بين (0.794 – 0.692)، ويلاحظ أن أغلبها تعد معاملات ارتباط عالية، حيث تجاوزت 0.67، في حين كان بعضها تعد معاملات ارتباط متوسطة، كما كانت جميعها داله إحصائيًا عند مستوى (0.01) أو أقل، وهي معاملات تقع في المدى المقبول لمعاملات الارتباط.

- **ثبات مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي:**

لحساب ثبات المقياس؛ استخدمت معادلة ألفاكرونباخ، ويوضح الجدول (2) معامل ثبات كل بعد من الأبعاد، حيث تراوحت بين (0.892 – 0.713)، وتعد جميعها معاملات ثبات مرتفعة ومقبولة.

جدول 2: معامل ألفا كرونباخ لحساب ثبات مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي

م	المحور	معامل الثبات
1	الثقة	0.713
2	الدافعية	0.892
3	توقع النجاح	0.748
4	القلق	0.786

ويتضح مما سبق أن مؤشرات ثبات مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي بنسخته العربية يمكن الوثوق بها لتطبيق الأداة في البحث.

- **الأدلة القائمة على نتائج المقياس والمقابلات ومرتباتها:**

من الآثار الإيجابية لاستخدام المقياس أنه يساعد في تصنيف الطالبات من حيث الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي، أما الآثار السلبية المتوقعة أن تؤثر في نتائج المقياس فهي الرهبة التي يمكن أن تحدث للطالبات عند تطبيقه عليهن. لذا؛ وُضح للطالبات الهدف من المقياس، والتأكيد عليهن بأن البيانات التي سيتم الحصول عليها تُستخدم لأغراض البحث فقط ولا علاقة للتقييم الصفي بها. كما سعى البحث لتحقيق الموثوقية في نتائج البحث من خلال الأساليب والإجراءات المتبعة في جمع البيانات النوعية وتحليلها، وذلك بمحاولة الالتزام بالمصداقية والاعتمادية. والتزم البحث بتحقيق المصداقية من خلال عدة إجراءات؛ فقد كانت المدة الزمنية التي تم جمع البيانات فيها كافية، حيث استغرق إجراء المقابلة مع كل طالبة ما بين (20-30) دقيقة. واستغرق تنفيذ نموذج التدريس المقترح سبعة أسابيع. وقبل إجراء المقابلات ذُكّرت المشاركات بالهدف من المقابلة، وبإمكانية الانسحاب منها، كما أُشعِر المشاركات بأن المقابلات والحوارات الصفية مسجلة صوتيًا، وبعد الانتهاء من كل مقابلة يتم تفريغها كتابيًا. واتسم طرح الأسئلة بالمرونة أثناء المقابلات، وذلك بتعديلها حسب استجابة المشارك بشرط ألا تحيد عن أهداف المقابلة، وألا تحكم على آراء المشاركين أو معتقداتهم وذلك بالحفاظ على سلوك محايد. وعند تحليل البيانات النوعية، التزم باللغة التي عبّرت فيها المشاركات عن أفكارهم، وإن كانت تميل للغة العامية. ولتحقيق الاعتمادية، ولإمكانية الحصول على نتائج مشابهة لنتائج البحث الحالي؛ تم توضيح تصميم البحث وإجراءات تطبيقه ومحدداته، وتصميم دليل معلم لاستخدام نموذج التدريس، وتوضيح كيفية جمع البيانات وتحليلها، وتقديم وصف دقيق للعينة، والسياق الذي تم فيه تنفيذ التجربة ودور الباحثين.

سياق تطبيق البحث ومحدداته:

يقوم النموذج التدريسي للتصميم الهندسي الموجه بالجدل على خمسة مبادئ أساسية، هي: يستند على التعلم القائم على التصميم، ويُظهر

التصميم كممارسة هندسية، ويؤكد على دور الطلاب في اتخاذ القرار أثناء عملية التصميم الهندسي، ويُعزز الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب، وينمي عادات العقل الهندسية. ويتكون النموذج من ثلاثة أبعاد رئيسة هي: التخطيط، وعمليات وإجراءات التدريس، وتقويم نواتج التعلم، وطبق البحث في وحدة الضوء، ولمدة سبعة أسابيع، ومن خلال مشروع تصميم الإضاءة النهارية عند دراستهم لوحدة الضوء (الدوسري والشايع، 2023).

وطبق البحث ميدانيا خلال الفترة الزمنية لجائحة كورونا، التي كان مطبقا فيها التعليم المتزامن (حضوريًا وعن بُعد)، وهو المعتمد في المدارس التي يتجاوز فيها عدد الطلاب في الصف الواحد (20) طالباً. حيث يُقسم الطلاب إلى مجموعات، يتم حضور طالبات كل مجموعة للمدرسة (5) أيام كل أسبوعين، بحيث يتواصل عن بُعد مع الطالبات من خلال منصة "مدرستي" في فصول افتراضية، ولكل طالبة في المنصة ملف خاص بها يحوي أوراق العمل والمهام المطلوبة منها. كما يمكن تقسيم الطالبات إلى مجموعات في الفصول الافتراضية وتُطبق الاختبارات عبر المنصة. وعلى المدارس الالتزام بتطبيق الإجراءات الاحترازية في الفصول الدراسية؛ مِنْ حضْر لتبادل الأوراق والأقلام بين الطالبات، وارتداء الكمامات، واستخدام المعقمات، وتطبيق أنظمة التباعد الاجتماعي.

النتائج:

للإجابة عن سؤالي البحث؛ طبق مقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي على عينة الطالبات، قبل تنفيذ نموذج التدريس المقترح وبعد تنفيذه، وأجريت مقابلات فردية مع (14) طالبة. ومن تحليل البيانات التي تحصل عليها من نتائج المقياس الكمي، وتحليل المقابلات، توصل البحث إلى النتائج الآتية.

إجابة السؤال الأول:

للتعرف على أثر تطبيق البرنامج على الفعالية الذاتية للطالبات في التصميم الهندسي، درست الفروق في المقياس بين التطبيقين القبلي والبعدي، واستخدم اختبار (ت) لعينتين مترابطتين (Paired Sample T-test)؛ ويظهر في الجدول (3) نتائج المقياس على النحو التالي:

جدول 3: اختبار(ت) لعينتين مترابطتين بين التطبيقين القبلي والبعدي لمقياس الفعّالية الذاتية

الأبعاد	التطبيق	العدد	المتوسط الحسابي*	الانحراف المعياري	قيمة ت	مربع إيتا
الثقة	القبلي	35	60.83	10.58	**4.885	0.51
	البعدى	35	81.77	9.35		
الدافعية	القبلي	35	65.60	11.09	**4.043	0.44
	البعدى	35	80.14	12.67		
توقع النجاح	القبلي	35	60.74	9.61	**5.713	0,57
	البعدى	35	82.69	8.52		
القلق	القبلي	35	41.09	7.92	**2.041	0.24
	البعدى	35	29.17	8.48		

* تدريج المقياس من 0 إلى100

** ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01)

يوضح الجدول (3) وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01) بين متوسطات درجات مفاهيم الفعّالية الذاتية بين التطبيقين القبلي والبعدي، حيث ارتفعت متوسطات درجات المفاهيم الثلاثة الأولى (الثقة – الدافعية – توقع النجاح) بين التطبيقين القبلي والبعدي لصالح التطبيق البعدي. في حين انخفض متوسط درجة مفهوم القلق بعد تطبيق المعالجة وكان دالاً إحصائيا. وهذا يدل على أن المفاهيم الذاتية الأربعة المكونة للفعّالية تحسنت؛ فيلاحظ أن درجة الثقة، والدافعية، وتوقع النجاح في القيام بعملية التصميم الهندسي أصبحت أفضل، وأن درجة القلق انخفضت تجاه التصميم الهندسي. وتشير النتائج أيضا إلى أن حجم الأثر الناجم عن توظيف نموذج التدريس المقترح في تنمية الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي كان كبيرا جدا لجميع المفاهيم الأربعة، حيث كانت قيم مربع إيتا أعلى من (0.14) (حسن، 2011).

وتتفق هذه النتائج مع نتائج دراسة كاربري وآخرون (Carberry et al., 2010) التي توصلت إلى أن الثقة والدافعية وتوقع النتائج ترتفع بارتفاع الفعّالية الذاتية، في حين القلق ينخفض بارتفاع الفعّالية. وكذلك تتفق نتائج هذا البحث جزئيًا مع دراسة ماجور وكيرن (Major & Kirn, 2016) التي توصلت إلى زيادة ملحوظة في تصورات الطلاب حول ثقتهم وتوقع النجاح، في حين اختلفت معها في حدوث تغيير ضئيل للغاية في الدافعية والقلق لدى الطلاب عند القيام بالتصميم الهندسي، حيث كان التحسن كبيراً ودالاً إحصائياً، وقد يعود ذلك لطبيعة النموذج التدريسي.

إجابة السؤال الثاني:

أجريت مقابلات مع عينة مكونة من (14) طالبة، اختيرت حسب تنوع مستوى تحصيلهن الدراسي؛ بغرض استقصاء تصوراتهن في كيفية تحسن الفعّالية الذاتية من وجهة نظرهن. وفيما يلي تفصيل نتائج ذلك لكل مفهوم من مفاهيم الفعالية الذاتية الأربعة.

- **مفهوم الثقة:**

عند سؤال الطالبات عن مدى شعورهن بالثقة في قدرتهن على التصميم الهندسي قبل المشاركة في مشروع تصميم الإضاءة النهارية كانت الإجابات كالآتي: أشارت (6) طالبات أنه قبل المشاركة في عملية التصميم لم يكن لديهن ثقة بقدرتهن على القيام بخطوات التصميم، فعلى سبيل المثال ذكرت الطالبة 1: "*في البداية ما كنت أعرف شي عن الهندسة*". في حين عبرّت (8) طالبات أنه كان لديهن ثقة في قدرتهن على التصميم؛ وحددت (6) منهن أن ثقتهن كانت عالية في خطوة تحديد المشكلة، فذكرت الطالبة ٢: "*تحديد مشكلة التصميم سهلة*". وقد يكون سبب شعور الطالبات بالثقة في قدرتهن على تحديد المشكلة قبل المشاركة في عملية التصميم لأنه سبق لهن ممارسة هذه المهارة أثناء الاستقصاء وفي مختبر الفيزياء، فذكرت الطالبة ٤: "*نحن متعودين عليها من أولى ثانوي ونحن مع المعلمات يعطوننا مشكلات ويطلبون منا التفكير فيها*". وكذلك حددت طالبتان أن لديهن ثقة في قدرتهن على بناء النماذج، فذكرت الطالبة ٣: "*كنت أحس أن ثقتي عالية في مرحلة تحديد المشكلة، وعمل نموذج أولي، ما عندي مشاكل في هذه المراحل*". قد يكون سبب ثقتهن في قدرتهن على بناء النماذج قبل المشاركة في عملية التصميم، أن الطالبات أثناء مشاركتهن في عملية التصميم الهندسي استخدمن برنامجاً افتراضياً لتصميم الإضاءة. ويعد هذا البرنامج مشابهاً إلى حدّ ما للألعاب الافتراضية التي يمارسنها في هواتفهن المحمولة.

وعند سؤال الطالبات عن مدى شعورهن بالثقة في قدرتهن على التصميم الهندسي بعد المشاركة في عملية التصميم الهندسي؛ أشار معظم الطالبات إلى زيادة ثقتهن في قدرتهن على التصميم، ولكن ليس في جميع الخطوات. فذكرت الطالبة ٥: "*بصراحة بعد ما خلصنا الوحدة زادت ثقتي بنفسي، مثلاً خطوة إيجاد حلول التصميم زادت فيها ثقتي أكثر*". وكذلك عبرت الطالبة ٧: "*بعد ما طبقت حسيت أن ثقتي تحسنت عن أول وصار عندي فكرة عن كيفية الهندسة، وكيف دراستها في الجامعة*". في حين كانت الخطوة التي مازالت معظم الطالبات غير واثقات في قدرتهن عليها هي خطوة اختيار أفضل تصميم، وبرر بعضهن السبب، فذكرت الطالبة ٨: "*لكثرة الحلول والحيرة في اختيار الحل الأفضل*". وقد يكون سبب ضعف ثقة الطالبات في هذه الخطوة لقلة خبرتهن في إيجاد الحلول للمشكلات المفتوحة التي يمكن أن تحتمل أكثر من إجابة صحيحة.

- **الدافعية:**

عند سؤال الطالبات عن مدى حماسهن تجاه عملية التصميم الهندسي قبل المشاركة في مشروع تصميم الإضاءة النهارية؛ اتفقت الطالبات على أن خطوة بناء نموذج أولي هي أكثر خطوة كُنَّ متحمسات لها قبل البدء بالمشروع، ما عدا طالبة عبّرت بأن مشاعرها مختلطة ما بين الحماس والخوف. فذكرت الطالبة 1: "*في البداية كان شعوري ملخبط* [*متذبذب*] *ما بين خوف كيف راح أنجز، وما بين أنه فكرة جديدة عليّ كمشروع في الهندسة، يعني ما بين خوف وحماس*". وعند سؤال الطالبات عن مدى حماسهن تجاه عملية التصميم الهندسي بعد المشاركة في العملية؛ أشار معظم الطالبات إلى زيادة حماسهن للتصميم الهندسي، فذكرت الطالبة 2: "*زاد عندي الحماس أكثر وصرت أريد أطبق على مشكلات ثانية تصميم فنادق، أو تصاميم أخرى*". وعبّرت الطالبة ٣ بأن معرفتها بالتصميم زاد من حماسها للهندسة، فقالت: "*زاد حماسي لأني صرت أعرف التصميم، صحيح أنني ما راح أكون مثل المهندسين الحقيقيين لكن صرت فاهمه أكثر من أول*".

أما الخطوة التي لم يتحمسن لها الطالبات قبل وبعد المشاركة في عملية التصميم؛ هي خطوة إعادة التصميم. فذكرت الطالبة 4: "*حماسي ضعيف في مرحلة إعادة التصميم، لأنه أنتِ الآن خلصت التصميم ووائقة منه، وتجيك الملاحظات والتعليقات من الفرق الثانية فأحس حماسي راح، لأني لازم أعيد الشغل، وتفكرين في حلول جديدة*". وأشارت الطالبة ٥ إلى أن: "*احنا* [*نحن*] *متعودين إذا بدينا المشروع نبي نخلص منه ونسلمه، ما نبي نجلس نعيده*". يتضح من مبررات الطالبات أن عدم حماسهن عائد لضعف استيعابهن للطبيعة التكرارية لعملية التصميم الهندسي.

- **توقع النجاح:**

عند سؤال الطالبات عن مدى شعورهن بتوقع النجاح في التصميم الهندسي قبل المشاركة في مشروع تصميم الإضاءة النهارية؛ صرحت (8) طالبات أنهن يتوقعن النجاح في التصميم الهندسي، ولكن تفاوتت إجابات الطالبات في تحديد الخطوات التي يتوقعن النجاح فيها، فذكرت (4) طالبات منهن أن لديهن القدرة على النجاح في خطوة تحديد المشكلة. في حين ذكرت (4) طالبات أنهن يتوقعن النجاح في خطوة بناء النموذج، وذكرت (4) طالبات أنهن لا يتوقعن نجاحهن في خطوة بناء النموذج. يُلاحظ اختلاف إجابات الطالبات في تقييم قدرتهن على النجاح في بناء النماذج، مع أن معظمهن أظهرن الحماس لهذه الخطوة، وهذا يدل على أن فعّاليتهن الذاتية في التصميم جيدة رغم عدم توقعهن بالنجاح إلا أنه لديهن الرغبة في القيام بهذه الخطوة. وذكرت إحدى الطالبات أنه على الرغم من أن لديها القدرة على النجاح في النموذج قبل المشاركة في عملية التصميم، فإنه بعد انتهاء التجربة أصبحت ترى أنه "*بعد التجربة عرفت أن بناء النموذج يحتاج قدرة أكثر وشغل أكثر، ويحتاج دقة والتزام بمعايير، حيث ما أقدر أعمل أي نموذج على كيفي*". ويتضح من تعليق الطالبة أن تصورها عن فعّاليتها الذاتية أصبح أكثر عمقًا.

وبعد تنفيذ التصميم الهندسي؛ تحسن شعور الطالبات للأفضل في توقع نجاحهن عند القيام بالتصميم الهندسي. ومع أن خطوة إعادة التصميم من الخطوات التي ظهر فيها قلّة حماس الطالبات تجاهها بعد المشاركة في عملية التصميم، إلا أنهن -في الوقت نفسه- يتوقعن نجاحهن في هذه الخطوة، وقد يكون ذلك عائداً لدور جلسات الجدل العلمي التي ساعدتهن على التفكير بطرق مختلفة لإيجاد الحلول. فوضّحت الطالبة ١: "*لما أخذت التغذية الراجعة من البنات جلست أفكر ليش أنا ما شفت هذا الشي، ليش ما فكرت مثل ما فكروا، وصرت أفكر بطريقة ثانية وأقارن بين تفكيري أول وبعد ما سمعت التغذية الراجعة، وصرت اطلع [استخرج] الاختلافات بين الطريقتين*".

- **القلق:**

مع أن مستوى القلق عند الطالبات انخفض بعد المشاركة في مشروع التصميم؛ إلا أنه استمر الشعور بالقلق لدى الطالبات في خطوتي اختيار أفضل تصميم، وإعادة التصميم. فقبل المشاركة في التصميم؛ ذكرت الطالبة 1: "*خطوة اختيار أفضل تصميم ماكنت مرتاحة لها، لأنه ما عندي فكرة كيف أفرق بين الحلول وأقول هذا أحسن من هذا*". وبعد التصميم ذكرت الطالبة 2: "*أنا بنيت نموذج أولي وتعبت فيه ويمكن يطلع على أخطاء كثيرة فخفت منها*". يُلاحظ أن قلق الطالبات مرتبط بعدم معرفتهن بطبيعة عملية التصميم الهندسي.

يتضح مما سبق؛ أن الخبرات السابقة لدى الطالبات كمعرفتهن بمهارة تحديد المشكلة، وبناء النماذج الافتراضية، أثرت إيجابيًا على توقع الطالبات عن فعّاليتهن الذاتية في التصميم. في حين ضعف معرفتهن بطبيعة عملية التصميم؛ كتعدد الحلول للمشكلة الهندسية، والطبيعة التكرارية للعملية، أثر سلبًا على توقع الطالبات عن فعّاليتهن الذاتية في التصميم.

وهذا يؤيد ما أوصت به دراسة كاربي وزملائه (Carberry et al., 2010) بأنه يمكن تطوير إستراتيجيات تدخل لتحسين الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب، وأن الثقة، والدافعية، وتوقع النجاح، والقلق تُعد مؤشرات جيدة على الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي.

خاتمة البحث:

يتضح من تعاضد إجابة السؤالين السابقين (الكمي والكيفي) أن نموذج التدريس المقترح عزز الفعالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطالبات، فقد كشفت نتائج التطبيق القبلي والبعدي لمقياس الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي المطبق على الطالبات زيادة ملحوظة لدى الطالبات في الثقة، والدافعية، وتوقع النجاح في عملية التصميم الهندسي، وانخفض القلق لديهن تجاه التصميم. وأكدت نتائج المقابلة الفردية مع الطالبات تلك النتائج بشكل عام. وهذا ما يؤكد نتائج الدراسات السابقة (Carberry et al., 2010؛ Major & Kirn, 2016؛ Russo, 2019).

إن امتلاك الطالبات للخبرات السابقة عزّز ثقتهن بالقدرة على المشاركة في الخبرات الجديدة. حيث وفّر نموذج التدريس المقترح للطالبات فرصًا لاكتساب خبرة في التصميم الهندسي وتحديدًا طريقة تفكير المهندسين في حل المشكلات، مما خلق لدى الطالبات إيمانٍ قوي بفاعليتهن الذاتية. ومما يؤيد أن اكتساب الخبرة يعزز الثقة تبرير الطالبات لسبب ثقتهن في قدرتهن على تحديد المشكلة، وبناء النماذج قبل المشاركة في عملية التصميم الهندسي، فذكرن أن لديهن خبرة سابقة في تحديد المشكلة من ممارسة الاستقصاء في مختبر الفيزياء، ولديهن ثقة في بناء النماذج لأنهن مارسن ألعاباً افتراضية في هواتفهن المحمولة مشابهة للبرنامج الافتراضي المستخدم لتصميم الإضاءة في المبنى. وفي المقابل كانت الخطوة التي مازالت معظم الطالبات غير واثقات في قدرتهن عليها، حتى بعد المشاركة في عملية التصميم هي خطوة اختيار أفضل تصميم، نظراً لقلة خبرة الطالبات في إيجاد الحلول للمشكلات المفتوحة التي يمكن أن تحتمل أكثر من إجابة صحيحة. بالإضافة إلى ذلك تعْود الطالبات في الفصول الدراسية على الإجابة الأحادية على الأسئلة، إما أن تكون خاطئة أو صحيحة.

لقد ساعد نموذج التدريس المقترح في تنمية دافعية الطالبات مما عزّز فعّاليتهن في عملية التصميم الهندسي. وذلك يعود إلى أن أحد المبادئ التي يقوم عليها النموذج وهو تبني التصميم كممارسة، والذي يتطلب أن تتعرف الطالبات على الممارسات المعرفية للمهندسين وطريقة تفكيرهم في حل المشكلات، فاقترح النموذج إضافة أنشطة عن المهن الهندسية توضح الأهداف التي يسعى المهندسون إلى تحقيقها، والتعرف على الأدوات والتقنيات التي يستخدمها المهندسون أثناء أداء مهامهم. وتظل الخطوة التي لم تتحمس لها الطالبات في عملية التصميم الهندسي هي خطوة إعادة التصميم، وقد يعود السبب أيضاً إلى تعْود الطالبات على تسليم المشاريع التي يكلفن بها، دون تزويدهن بتغذية راجعة تتطلب إعادة العمل.

وتُشير النتائج أيضاً أنه بعد مشاركة الطالبات في التصميم الهندسي؛ تغير شعورهن للأفضل في توقع نجاحهن عند القيام بالتصميم الهندسي. وقد يكون ذلك عائداً لدور جلسات الجدل العلمي في نموذج التدريس في حماية الطالبات من التعرض للتعزيز السلبي اللفظي من خلال توفير فرص للمناظرات وتحليل الآراء والادعاءات، التي ساعدتهن على التفكير بطرق مختلفة لإيجاد الحلول. وهذا يؤيد ما توصلت إليه نتائج دراسة فيلا وبورزر (Fila & Purzer, 2013).

وساعد نموذج التدريس المقترح على خفض مشاعر القلق لدى الطالبات في معظم خطوات عملية التصميم الهندسي. وذلك يعود إلى أن النموذج سعى لضمان مناسبة التحدي الهندسي لمستوى الطالبات بتبني مبدأ التعلم القائم على التصميم، الذي يقوم على تحقيق التكامل بين الاستقصاء والهندسة، وذلك بأن تكون أهداف تعلم التصميم الهندسي ذات علاقة بأهداف تعلم الوحدة. بالإضافة إلى أن هذا المبدأ يدعم البناء التدريجي

للمفاهيم ذات العلاقة بالتصميم، أي أن هذا المبدأ قد يضمن تقديم تحديات هندسية لا تكون معقدة إلى حد الإحباط، ولا سهلة إلى حد الإهمال. كما أن نتائج المقياس تُشير إلى انخفاض مستوى القلق في خطوات عملية التصميم الهندسي ما عدا خطوتي اختيار أفضل تصميم، وإعادة التصميم. قد يكون ذلك عائد إلى عدم معرفة الطالبات بالطبيعة التكرارية لعملية التصميم التي جعلت فشل النماذج المبدئية من مسلمات عملية التصميم الهندسي. وهذا يؤكد على أهمية معرفة الطالبات بطبيعة الهندسة المختلفة عن طبيعة العلوم.

التوصيات والدراسات المقترحة:

يمكن إيجاز التوصيات التطبيقية التي خلص إليها هذا البحث على النحو الآتي:

- تعزيز فصول العلوم بمهمات تعليمية تهدف إلى مشاركة الطالبات في حل المشكلات الهندسية؛ واختيار مستويات التحديات الهندسية مناسبة للمرحلة العمرية للطالبات، وتنظيم الطالبات في الفصول المطبقة ضمن فرق تعاونية، والعناية بالتعزيز اللفظي.
- تطوير كتب الفيزياء الحالية في ضوء مدخل العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM القائم على التصميم الهندسي لتمكين الطالبات من الممارسات والهندسية.
- الاستفادة من المقياس المترجم للفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي.
- تطوير كتب العلوم بإضافة سيرة حياة المهندسين المحليين والعالميين، والتوعية بالمهن الهندسية.
- تشجيع الزيارات الميدانية سواء باستضافة المهندسين في المدارس، أو زيارة الطلاب لمواقع عمل المهندسين في (المصانع- المكاتب- المواقع الميدانية).

ومن الدراسات المقترحة التي ما زالت بحاجة للبحث؛ هي:

- إجراء دراسة تهدف إلى مقارنة الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي بين طلاب وطالبات المرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية.
- إجراء دراسة تهدف إلى الكشف عن العلاقة بين الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي، والفهم المفاهيمي لعملية التصميم الهندسي.
- دراسة العلاقة بين الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب واتجاههم نحو المهن الهندسية.

بحث مستل من رسالة دكتوراه أجريت بجامعة الملك سعود.

المصادر والمراجع

آل مجي، س.، الشايع، ف. (2020). نموذج مقترح لتدريس الكيمياء قائم على الاستقصاء المعزّز بالجدل العلمي. *المجلة السعودية للعلوم التربوية، الجمعية السعودية للعلوم التربوية والنفسية*، (69)، 41-66.

البعلبكي، م.، والبعلبكي، ر. (2008). *المورد الحديث*. دار العلم للملايين.

تيغزة، أ. (2009). نظرية الصدق الحديثة ومتضمناتها التطويرية لواقع القياس. *علم النفس والتنمية الفردية والمجتمعية، جامعة الملك سعود، كلية التربية*.

حسن، ع. (2011). *الإحصاء النفسي والتربوي*. دار الفكر العربي.

الخطيب، م. (2016). أثر استراتيجية التعلم المرتكز على المهمة في تنمية التحصيل ومهارات الجدل العلمي والاتجاه نحو مادة طرق تدريس ذوي الاحتياجات الخاصة لدي الطالبة المعلمة. *المجلة التربوية الدولية المتخصصة*، 5(10)، 122-148.

الدغيدي، هـ.، سيد، ش.، والنجدي، م. (2022). *العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM) : مدخلٌ تكامليٌّ للتعلُّم*. دار جامعة الملك سعود للنشر.

الدوسري، م.، والشايع، ف. (2023). *نموذج مقترح لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي. اللقاء العشرون للجمعية السعودية للعلوم التربوية والنفسية (جستن) بعنوان "دور المؤسسات التربوية والنفسية في تعزيز القدرات البشرية"*، الجمعية السعودية للعلوم التربوية والنفسية، جامعة الملك سعود.

شحات، م.، والشايع، ف. (2022). *تعلم وتعليم العلوم القائم على الحوار والجدل العلمي*. دار جامعة الملك سعود للنشر.

العبدالكريم، ر. (2012). *البحث النوعي في التربية*. مطابع جامعة الملك سعود.

القرني، ن.، والأحمد، ن. (2018). الكفاءة الذاتية لمعلمات العلوم في المرحلة الثانوية للتدريس في ضوء توجه العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات. *المجلة الدولية التربوية المتخصصة*، 7(11)، 15-28.

القسيم، م.، القبلان، ف.، الجراح، ز.، والزغيبي، م. (2022). *تعلم وتعليم العلوم القائم على الحوار والجدل العلمي*. دار جامعة الملك سعود للنشر.

هيئة تقويم التعليم والتدريب. (2019). *الإطار التخصصي لمجال تعلم العلوم الطبيعية*. https://etec.gov.sa/ar/productsandservices.

REFERENCES

Abdul Karim, R. (2012). *Qualitative research in Education*. King Saud University Press.

Al dosage, M., & Alshaya, F. (2023). A proposed model for teaching physics based on engineering design guided by scientific controversy. *The twentieth meeting of the Saudi Society for Educational and Psychological Sciences (Justin) Entitled "The Role of Educational and Psychological Institutions in Enhancing Human Capabilities*, Saudi Society for Educational and Psychological Sciences, King Saud University.

Al Mohi, S., & Alshaya, F. (2020). A suggested model for teaching chemistry based on investigation supported by scientific controversy. *Saudi Journal of Educational Sciences, Saudi Society for Educational and Psychological Sciences*, (69), 41-66.

Al-Khatib, M. (2016). The impact of the task-based learning strategy on the development of achievement, scientific argumentation skills, and the attitude towards teaching methods for people with special needs for the student teacher. *Specialized International Educational Journal, 5*(10), 122-148. http://doi.org/10.12816/0036044

Al-Qarni, N., & Al-Ahmad, N. (2018). The self-efficacy of science teachers in the Secondary stage for teaching in the light of the orientation of science, technology, engineering and mathematics. *International Specialized Educational Journal, 7*(11), 15-28.

Al-Qasim, M.; Al-Qablan, F.; Al-Jarrah, Z.; & Al-Zoghibi, M. (2022). Learn and teach science based on scientific dialogue and debate (Chapter 13), (In Arabic), In Alshaya, F.; Balushi, S.; Mansour, N. (Editors). *Reference in Science Learning and Teaching: From Theory to Practice*, 349-374. Riyadh: King Saud University Publishing House.

Baalbaki, M., & Baalbaki, R. (2008). *Modern resource*. House of knowledge for millions. Lebanon.

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215.

Bandura, A. (1997). Self-Efficacy; The Exercise of Control, VV. *H. Freernan, 8*.

Baze, C. L., Hutner, T. L., Crawford, R. H., Sampson, V., Chu, L., Rivale, S., & Brooks, H. S. (2018, June). Board 61: An Instructional Framework for the Integration of Engineering into Middle School Science Classrooms. In *2018 ASEE Annual Conference & Exposition*.

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities.

Cambridge University Press. (n.d.). Efficacy. In *Cambridge dictionary*. Retrieved from https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/efficacy?q=Efficacy.

Capraro, R. M., & Slough, S. W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? An introduction to STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach. In *STEM project-based learning* (pp. 1-5). Brill.

Carberry, A., Lee, H., & Ohland, M. (2010). Measuring Engineering Design Self-Efficacy. *Journal of Engineering Education, 99*(1), 71–79. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01043.

Carberry, A., Ohland, M., & Lee, H. S. (2009, June). Developing An Instrument To Measure Engineering Design Self Efficacy. In *2009 Annual Conference & Exposition* (pp. 14-450).

Creswell, J. (2012). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches*. (4th ed.). Sage Publications.

Fila, N. D., & Purzer, S. (2013, June). The quality of engineering decision-making in student design teams. In *2013 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 23-1227).

Gay, L., Mills, Geof, E. & Airasian, P. (2012). *Educational research: competencies for analysis and applications (10th ed).* Pearson.

Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications.

Major, J. C., & Kirn, A. (2016, June). Engineering design self-efficacy and project-based learning: How does active learning influence student attitudes and beliefs?. In *2016 ASEE Annual Conference & Exposition*.

Mathis, C. A., Siverling, E. A., Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2017). Teachers' incorporation of argumentation to support engineering learning in STEM integration curricula. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *7*(1), 6. https://doi.org/10.7771/2157-9288.1163.

Mathis, C. A., Siverling, E. A., Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2017). Teachers' incorporation of argumentation to support engineering learning in STEM integration curricula. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *7*(1), 6.

National Research Council [NRC]. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/12635.

National Research Council [NRC]. (2012). *Standards for K-12 Engineering Education*. The National Academies Press. https:// doi.org/10.17226/12990.

Next Generation Science Standards [NGSS]. (2013a). *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press. https://n9.cl/kyqmyh

Shirey, K. L. (2017). *" How Do We Make This Happen?" Teacher Challenges and Productive Resources for Integrating Engineering Design into High-School Physics* (Doctoral dissertation, University of Maryland, College Park).