مصادر الفعالية الذاتية لطالبات المرحلة الثانوية عند ممارستهن للتصميم الهندسي في مادة الفيزياء

مشاعل بنت عبدالله الدوسري و فهد بن سليمان الشايع*

Doi: //10.47015/20.3.9

تاريخ تسلم البحث: 2023/8/22 **تاريخ قبوله: 2024/1/23**

ملخص: هدف هذا البحث إلى تحديد مصادر الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات المرحلة الثانوية عند دراستهن للفيزياء وفق نموذج قائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي. لتحقيق أهداف البحث؛ اتبع المنهج النوعي "دراسة الحالة"، وجُمعت البيانات عن طريق المقابلات الفردية شبه المقننة التي أجريت مع (17) خبيرًا في مجال تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM، و(14) طالبة من طالبات الصف الثالث الثانوي (الصف 12) في مدينة الرياض. وبينت النتائج أن نموذج التدريس عزز الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي للطالبات من خلال أربعة مصادر هي: 1) الخبرات المتقنة: وذلك باكتساب الطالبات خبرة في التصميم الهندسي، وتحديدًا طريقة تفكير المهندسين في حل المشكلات. 2) الخبرة المماثلة: وذلك بتبني مبدأ التصميم كممارسة هندسية، والتعرف على المهن الهندسية. 3) الإقناع اللفظي: وذلك من خلال عمل الطالبات في مجموعات تعاونية لإيجاد الحلول، وجلسات الجدل العلمي. 4) الاستثارة العاطفية: وذلك بتبني النموذج مبدأ التعلم القائم على التصميم الذي يدعم البناء التدريجي للمفاهيم ذات العلاقة بالتصميم، مما يضمن تقديم تحديات هندسية لا تكون معقدة إلى حد الإحباط، ولا سهلة إلى حد الإهمال. وخلص البحث على عدد من التوصيات، وأبرزها: تعريض الطالبات للخبرات الهندسية بتطوير أنشطة هندسية تدعم المفاهيم العلمية الواردة في كتب الفيزياء، ومراعاة توضيح كيف يفكر العلماء والمهندسون عند حل المشكلات.

(**الكلمات المفتاحية**: التصميم الهندسي، مصادر الفعالية الذاتية، الخبرات المتقنة، الخبرة المماثلة، الإقناع اللفظي، الاستثارة العاطفية)

مقدمة: جاءت نظرية التعلم الاجتماعي لتكامل بين النظرية السلوكية والنظرية المعرفية في تفسير عملية التعلم، ووفقًا لنظرية التعلم الاجتماعي يحدث التعلم عن طريق الملاحظة الانتقائية التي تؤثر في العمليات المعرفية للملاحظ، فحتى يحدث التعلم بالملاحظة لابد أن يمر المتعلم بأربعة مراحل أولها أن يكون منتبهًا للسلوك الملاحظ، وفي المرحلة الثانية يرمز المتعلم السلوك في الذاكرة حتى يتمكن من تذكره واسترجاعه عند الحاجة، في المرحلة الثالثة على المتعلم أن يترجم السلوك الملاحظ والمخزن إلى سلوك قابل للقياس، وفي المرحلة الرابعة حتى تكون عملية التعلم متقنة كالنموذج الملاحظ لابد أن يتبع السلوك التعزيز المناسب (Alzghlwl, 2003).

يتحدد السلوك الإنساني تباديًا بتفاعل ثلاث مؤثرات هي: العوامل الذاتية، والعوامل السلوكية، والعوامل البيئية، حيث أطلق على هذه المؤثرات نموذج الحتمية التبادلية (Bandura, 1977). وفقًا لهذا النموذج؛ يحتاج المتعلم إلى عدد من العوامل المتفاعلة (شخصية، وسلوكية، وبيئية)، وتطلق العوامل الشخصية على معتقدات الفرد حول قدراته، وتتضمن العوامل السلوكية مجموعة الاستجابات الصادرة عن الفرد في موقف ما، وتشمل عوامل البيئة الأدوار التي يقوم بها من يتعاملون مع الفرد ومنهم الآباء، والمعلمون والأقران

* جامعة الملك سعود، السعودية.

© حقوق الطبع محفوظة لجامعة اليرموك، إربد، الأردن، 2024.

Self-Efficacy in Engineering Design among Female Secondary School Students in the Subject of Physics

Mashaeil Abdallah Al-Dosari and Fahad Suliman Al-Shaya, *King Saud University, Saudi Arabia.*

Abstract: The purpose of this study is to identify the sources of self-efficacy in engineering design among female secondary school students studying physics using an argument-driven engineering design model.To achieve research goals, the qualitative method “Case Study” approach was followed, and data were collected through semi-structured individual interviews with 17 experts in the field of STEM education and 14 twelfth grade female students in the city of Riyadh. The results showed that the teaching model enhanced self-efficacy in the engineering design of the students through four sources: 1) Mastery Experiences: by providing students with experience in engineering design, specifically the way engineers think in solving problems. 2) Vicarious Experiences: by adopting the principle of design as an engineering practice, and getting acquainted with the engineering professions. 3) Verbal Persuasion: which students obtained during their work in collaborative groups to find solutions, and the scientific argument sessions. 4) Emotional Arousal: in which the model adopts the principle of design-based learning that supports the gradual construction of concepts related to design and guarantees the existence of engineering challenges that are neither complex to the point of frustration nor easy to the point of neglect. The research concluded with a number of recommendations, the most prominent of which are: engaging students to engineering expertise by developing engineering activities that support scientific concepts in physics books; and clarifying how scientists and engineers think when solving problems.

(**Keywords**: Engineering Design, Sources of Self-efficacy, Mastery Experiences, Vicarious Experiences, Verbal Persuasion, Emotional Arousal)

(Zimmerman, 1989). وأكد باندورا **(**Bandura, 1977**)** عدم وجود أفضلية لأي من العوامل الثلاثة المكونة لنموذج الحتمية التبادلية في إعطاء الناتج النهائي للسلوك، وأن كل عامل من هذه العوامل يحتوى على متغيرات معرفية، ومن بين هذه المتغيرات التي تحدث قبل قيام الفرد بالسلوك ما يسمى بالتوقعات أو الأحكام سواء كانت هذه التوقعات خاصة بفعالية الذات (Self-Efficacy) التي تتعلق بإدراك الفرد لقدرته على القيام بأداء سلوك محدد، أي بالتنبؤ بأفعال الفرد المستقبلية، أو التوقعات الخاصة بالنتائج.

تُرجمت عدد من المصادر والأبحاث المنشورة باللغة العربية التي تناولت مفهوم (Self-Efficacy) بعدة مصطلحات منها، الفعّالية الذاتية، والكفاءة الذاتية، والفاعلية الذاتية. ويمكن الخلوص من مراجعة عدد من المعاجم التربوية والدراسات التي تناولت المفهوم إلى أن الفعّالية (Efficacy) هي القدرة على إنجاز المهمة (Word Reference, n.d.; Cambridge University Press, n.d.; Al-Ba'labakkī, 1995; al-Ba'labakkī & al-Ba'labakkī, 2008)، والفعّالية الذاتية (Self-Efficacy) تعني بالتحديد حكم الفرد على قدرته على إنجاز المهمة، لكن ليس بالضرورة أن يكون قادرًا على إحداث الأثر (Bandura, 1977). أما الفاعلية (Effectiveness) فهي القدرة على إنجاز المهمة بنجاح وإحداث الأثر المرغوب (Cambridge University Press, n.d.; Merriam-Webster, n.d.; Shiḥātah & wālnjār, 2003; Al-'Umr, 2007). تظهر فاعلية (Effectiveness) المعلّم إذا كان يمتلك القدرة على إنجاز مهمة التدريس والتأثير في سلوك الطلاب ضمن المحددات البيئية الواقعية (السائدة) في المدارس. والكفاءة (Efficiency) هي القدرة على إنجاز المهمة بنجاح وإحداث الأثر المرغوب لكن بجدارة وأهلية بأقل جهد وتكلفة (Oxford University Press, 2005; Word Reference, n.d.; Merriam-Webster, n.d; Alī, 2011).

في هذا البحث يتبنى الباحثان مصطلح الفَعالية Efficacy وتعريف باندورا (Bandura, 1977) والذي عرفها أيضًا بأنه حكم الفرد على قدرته في تنظيم وتنفيذ مسارات العمل المطلوبة لتحقيق إنجازات معينة. وحدد باندورا (Bandura, 1997) أربعة مصادر عامة تؤثر في الفعّالية الذاتية للفرد، وهي: الخبرات المتقنة (Mastery experiences)، والخبرات المماثلة (Vicarious experiences)، والإقناع اللفظي (Verbal Persuasion)، والاستثارة العاطفية (Emotional Arousal). وتعد الخبرات المتقنة المصدر الأكثر فعالية لخلق شعور قوي بالفعالية التي تبني النجاحات؛ بينما تقوض حالات الفشل شعور الفرد بفاعليته الذاتية، خاصةً إذا حدثت الإخفاقات قبل أن يتم ترسيخ الإحساس بالفعالية. وإذا حقق الأشخاص نجاحات سهلة فقط، فإنهم يتوقعون نتائج سريعة ويسهل تثبيط عزيمتهم بالفشل. إن الشعور المرن بالفعالية يتطلب خبرة في التغلب على العقبات من خلال المثابرة، لذا فإن بعض النكسات والصعوبات تخدم غرضًا مفيدًا في تعليم أن النجاح يتطلب عادة جهدًا متواصلاً، بعد أن يقتنع الأشخاص بأن لديهم ما يلزم للنجاح، فإنهم يثابرون في مواجهة الشدائد ويتعافون بسرعة من النكسات، ويصبحون أقوى (Bandura, 1997).

في حين تعد الخبرات المماثلة المصدر الثاني لتعزيز الفعّالية الذاتية من خلال البدائل التي توفرها النماذج الاجتماعية، حيث تزيد ملاحظة الفرد للمشابهين له وهم يؤدون الأنشطة بنجاح وبجهد متواصل؛ وترفع معتقداته بأنه يمتلك القدرات نفسها اللازمة للنجاح. ومن الممكن أن رؤية المشابهين يفشلون في أدائهم على الرغم من الجهد الكبير؛ تخفض معتقدات الفرد عن فعاليته وتقوض جهوده. تؤثر النماذج الاجتماعية على الفعّالية الذاتية المتصورة بشدة التشابه مع النماذج؛ فكلما زاد التشابه كانت نجاحات النماذج وإخفاقاتها أكثر إقناعًا. إذا رأى الأشخاص أن النماذج مختلفة تمامًا عن أنفسهم، فلن تتأثر فعّاليتهم الذاتية المتصورة كثيرًا بسلوك النماذج والنتائج التي تنتج عنها. وتأثيرات النمذجة تفعل أكثر من مجرد توفير معيار اجتماعي يمكن على أساسه الحكم على قدرات الفرد. يبحث الناس عن نماذج بارعة تمتلك الكفاءات التي يطمحون إليها؛ لأنه من خلال سلوكهم وطرق تفكيرهم المعلنة، تنقل النماذج المختصة المعرفة وتُعلّم الملاحظين مهارات وإستراتيجيات فعّالة لإدارة المتطلبات البيئية، لاكتساب الوسائل الأفضل وترفع من الفعّالية الذاتية المتصورة (Bandura, 1997).

ويمثل الإقناع اللفظي مصدرًا فاعلًا لتقوية معتقدات الأفراد بأن لديهم ما يلزم للنجاح. الأشخاص الذين يتم إقناعهم شفهيًا بأنهم يمتلكون القدرات لإتقان أنشطة معينة من المرجح أن يبذلوا جهدًا أكبر ويحافظوا عليها، أكثر مما لو كانت لديهم شكوكهم الذاتية ويبحثون في أوجه القصور الشخصية عند ظهور المشكلات. يُعد الإقناع اللفظي مهمًا لحث الآخرين على بذل الجهد لتحقيق النجاح، وتعزيز المهارات والإحساس بالفعّالية الذاتية. ويصعب غرس معتقدات عالية حول الفعالية الذاتية عن طريق الإقناع الاجتماعي فقط. إن التعزيزات غير الواقعية في الفعالية يتم إحباطها بسرعة من خلال النتائج السلبية لجهود الفرد. كذلك، فإن الأشخاص الذين تم إقناعهم بأنهم يفتقرون إلى القدرات يميلون إلى تجنب الأنشطة الصعبة التي تزرع الإمكانات ويستسلمون بسرعة في مواجهة الصعوبات. يحتاج الإقناع اللفظي إلى بناء مواقف للأفراد بطرق تمكنهم من النجاح، وتتجنب وضعهم مبكراً في مواقف غير مستعدين لها، حيث من المحتمل أن يفشلوا فيها كثيرًا (Bandura, 1997).

وتعد الاستثارة العاطفية المصدر الرابع المؤثر على الفعالية الذاتية، حيث لا تعد القوة المطلقة لردود الفعل العاطفية والجسدية هي المهمة بل بالأحرى كيف يتم إدراكها وتفسيرها. من المرجح أن ينظر الأشخاص الذين يتمتعون بحس عالٍ من الفعالية إلى حالة الإثارة العاطفية الخاصة بهم على أنها عامل مُيسِّر منشط للأداء، في حين أن أولئك الذين تحاط بهم الشكوك الذاتية يعدون استثارتهم شيئاً مُنهكاً (Bandura, 1997).

أجرى بيارس ونستون وزملاؤه (Byars-Winston et al., 2017) دراسة تحليل بعدي (61) دراسة عن المصادر الأربعة للفعّالية الذاتية في مجال مناهج تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (Science, Technology, Engineering and Mathematics – STEM)، ومناهج التعليم الأخرى، وتضمنت الدراسة متغير؛ الجنس، والعرق، والهوية، والعمر، وأشارت نتائج البحث، بما يتفق مع نظرية "باندورا" أن الخبرات المتقنة بشكل

عام أقوى علاقة بالفعّالية الذاتية، في حين كانت الخبرات المتقنة أكثر تنبؤية بقوة الفعّالية الذاتية لدى المشاركين الأصغر سنًا (ما قبل الكلية) في عينات مناهج تعليم STEM، وبينت نتائجها كذلك أن الخبرات المتقنة، والخبرات المماثلة، والإقناع اللفظي، تميل إلى إنتاج علاقات أقوى للفعّالية الذاتية لدى الذكور أكثر من الإناث، ولم تتضح العلاقات التنبؤية حسب العرق أو الهوية. ويؤكد كابري وزملاؤه (Carberry et al., 2009) أن مفهوم الفعّالية الذاتية يلائم طبيعة مجال التصميم الهندسي؛ لأنه في مجال الهندسة يكون التأثير في الفعّالية الذاتية أكثر وضوحًا بسبب الطبيعة التكرارية في عملية التصميم التي تُعد من مسلمات تعلُّم الهندسة، والفعّالية الذاتية تتحسن مع امتلاك الخبرة. وأجرت يوشر وزملاؤها (Usher et al., 2015) دراسة على (365) طالبًا في المراحل الجامعية الأولى، من جامعتين في جنوب شرق الولايات المتحدة، بغرض فحص الخبرات التي أثرت في الفعّالية الذاتية، ومحاولة فهم أفضل الطرق التي تتطور بها الفعّالية الذاتية، والعوامل التي يعدها الطلاب أكثر تأثيرًا في فعّاليتهم الذاتية في الهندسة، واستخدم الباحثون المنهج النوعي لتحليل الإجابة عن الأسئلة المفتوحة التي تم طرحها على الطلاب حول تجاربهم ذات الصلة بالفعّالية الذاتية في الهندسة، وأكمل الطلاب الاستبانة عبر الإنترنت، وكشفت النتائج عن خبرات غنية لكل مصدر من المصادر الأربعة المقترحة لبناء الفعّالية الذاتية وفقًا لنظرية باندورا؛ فأظهرت نتائج تحليل الإجابات أن الخبرات النشطة أسهمت في بناء حس المتعلّم بقدراته، فقد أشارت معظم إجابات الطلاب عن الأسئلة المتعلقة بخبرات الإنجاز الماضية في الهندسة إلى أن حصولهم على درجات جيدة أو اجتياز دورات متعلقة بالهندسة عزز من معتقداتهم عن فعّاليتهم الهندسية، ومن ناحية أخرى قوض الفشل الإحساس بالفعّالية، واتفق معظم الطلاب على أن الخبرات التعاونية والدورات التدريبية رفعت من فعّاليتهم الذاتية من خلال بناء أو تعزيز مهاراتهم الهندسية، وذكر بعض الطلاب أن التغلب على التحدي المعقد أصبح بمثابة خبرة إتقان قوية. ومن الخبرات التي ذكرها الطلاب وأسهمت في تعزيز فعّاليتهم؛ إتاحة الفرصة لهم بتعلم مفهوم هندسي صعب، أو الانخراط في البحث كطالب جامعي، أو المحاولة والخطأ في تصميم منتج.

وأفاد الطلاب في دراسة يوشر وزملائها (Usher et al., 2015) أن الخبرات المماثلة -كوجود مهندس في العائلة أو أحد الأصدقاء أو متابعة المهندسين عبر وسائل الإعلام (التلفزة أو المجلات) - كانت مصدرًا مؤثرًا للفعّالية الذاتية. ولقد أشار باندورا (Bandura, 1997) إلى تأثير النماذج الاجتماعية في الفعّالية الذاتية، فعندما يرى الفرد الآخرين - وخاصة من أفراد أسرته - يحققون نجاحًا، يمكن أن يقتنع بأن لديه أيضًا ما يلزم للنجاح. وفي السياق ذاته أجرى مارتن (Martin, 2011) دراسة تهدف إلى الكشف عن العوامل التي تؤثر في الفعّالية الذاتية للطلاب ذوي البشرة السمراء في المدارس الثانوية، الذين تم تسجيلهم في دورات تتبع منهج مشروع قيادة الطريق Project Lead The (Way – PLTW) لتحضيرهم للدراسة في كليات الهندسة، وأظهرت نتائجها أنه كلما زاد تعرض الطالب للخبرات الهندسية وللأفراد المؤثرين زادت فعّاليته الذاتية، وكانت الخبرات الهندسية الأكثر فاعلية هو العمل في بيئة هندسية، أو ورش عمل هندسية في يوم واحد، أو ممارسة الهوايات الهندسية. وصرح الطلاب بأنه عندما يتبع الخبرة الناجحة تعزيز ومديح فإن ذلك يكسب شعورًا مرنًا بالفعّالية والدافعية، وبالأخص عند تلقي رسائل إيجابية من أشخاص مهمين في حياتهم كالمعلّمين والآباء والأصدقاء. وكذلك، ذكر الطلاب أنه عند طلب الأصدقاء منهم المساعدة في المهام الهندسية فإن ذلك عزز ثقتهم في قدراتهم الهندسية. ويؤكد جاكسون (Jackson, 2015) أن عمل الطلاب ضمن فرق تعاونية متنوعة في تنفيذ الأنشطة، وتزويدهم بالتغذية الراجعة يزيد من فعّاليتهم الذاتية في الهندسة.

وكشفت دراسة يوشر وزملائها (Usher et al., 2015) عن المصدر الرابع للفعّالية الذاتية وهو الاستثارة العاطفية عند سؤال الطلاب عن مشاعرهم عند القيام بأعمال هندسية؛ فأبلغ ما يقرب من نصف الطلاب عن مشاعر إيجابية، مثل الشعور بالرضا والراحة، وفي المقابل أعربت نسبة كبيرة عن مشاعر الضغط والخوف والقلق من المهام الهندسية، وبشكل عام، تشير هذه النتيجة إلى أنه على الرغم من أن الطلاب قد يجدون صعوبة في الهندسة؛ فإنه يمكن الاستفادة من المشاعر الإيجابية في رفع فعّاليتهم في المهام. وذلك بأن يعملوا في أنشطة تتميز بتحدي قدراتهم بما يكفي لتنشيطهم، وليست صعبة لدرجة أنها تشل تفكيرهم (Schunk & Pajares, 2010). ولقد توصلت روسو (Russo, 2019) من دراستها إلى أن سبب مشاركة الطالبات في المهام الهندسية لأنها كانت تمثل تحديًا، وتتضمن أنشطة يدوية، وتتطلب التفكير والتأمل فيما تعلمن، وعلاوة على ذلك اتفقت المعلمات على أن طالباتهن شاركن في دروس الهندسة مع أن المهام الهندسية يصعب تدريسها.لذا؛ ترى يوشر وزملاؤها (Usher et al., 2015) أن على المعلّمين التفكير بعناية في كيفية إدراك الطلاب للعمل الذي يقومون به، وقد يكون التحقق من مستوى الإجهاد الذي يتحملونه أداة مفيدة لمساعدة المعلّمين على تفصيل التعليمات بطريقة فعالة. وفي المقابل ذكر جوناسن (Jonassen, 2011) أنه قد يتعرض الطلاب للإحباط عند حل المشكلات سيئة التنظيم غير مقيدة الحلول، إلا أنه يكون لديهم فهم أعمق لأن الفشل المنتج يؤدي إلى تعلُّم أفضل لحل المشكلات.

واهتمت الدراسات بتنمية الفعّالية الذاتية لدى الطلاب من خلال استخدام استراتيجيات تدريس متنوعة؛ كدراسة الشوارب وزملائه (Al-Shawārib, 2018) التي أشارت إلى أنه كلما زاد الإحساس بالفعّالية زاد الجهد والمثابرة والصلابة، فالأفراد ذوو الفعّالية الذاتية المرتفعة يتعاملون مع المشكلات والأنشطة الصعبة باتزان وهدوء. وتوصلت دراسة السلامات (Al-Salāmāt, 2018) إلى أن إستراتيجية جيسكو تجعل التعلُّم عملية نشطة تفاعلية، توفر للطالب فرصة للمناقشة، والبحث، والاستقصاء،

والتحليل، وإصدار القرار بشكل تعاوني، وتزيد الفعّالية الذاتية لديهم. كما أوضحت دراسة اليوسف والبلوي (Yūsuf & Al-Wālblwá, 2019) أن تحسن الفعّالية الذاتية المدركة لدى الطالبات يعود إلى طريقة التدريس التي حفزّت الطالبات لاستخدام أقصى أداء ذهني في التعامل مع المشكلات بأسلوب تخيلي إبداعي. وتوصلت دراسة بروق وزملاؤه (Burūq et al., 2021) إلى أن السقالات التعليمية كان لها الأثر الإيجابي في تحسين الفعالية الرياضية الذاتية لدى طلاب المرحلة الثانوية في الأدرن واقترح الدوسري والشايع (Al-Dawsarī & Al-Shāyi‘, 2023a) نموذجا لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي، ويقوم النموذج 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.

مشكلة الدراسة

حللت شيو وزملاؤها (Sheu et al., 2018) (104) دراسة بحثيةٍ نُشرت على مدار (37) عامًا خلال الفترة (1977-2013)، تناولت تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM)، ووجد الباحثون أن خبرات التعلُّم الإيجابية والإقناع اللفظي قد يفيدان في تنمية الفعّالية الذاتية لدى الطلاب، كما أن الطلاب عانوا من مستويات قلق أعلى في أداء أنشطة تعليم (STEM). كما أكد ماجور وكيرن (Major & Kirn, 2016) أن فصول العلوم التي تسعى لحل المشكلات الهندسية تُعد بيئة تعلُّم نشطة، تزيد الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب. 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 (Al-Khaṭīb, 2016).

ووجدت دراسة الدوسري والشايع (Al-Dawsarī & Al-Shāyi‘, 2023b) التي هدفت إلى الكشف عن دور النموذج المقترح في تعزيز الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات المرحلة الثانوية 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 دورًا واضحًا للنموذج التدريسي في تعزيز الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطالبات. ووفر 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.

ويأتي هذا البحث لدراسة مصادر الفعالية الذاتية للطلاب عند ممارسة عمليات التصميم الهندسي، وذلك من خلال استقصاء رأي الخبراء في النموذج التدريس المقترح القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي (Al-Dawsarī & Al-Shāyi‘, 2023a)، ودور ذلك النموذج في تعزيز تلك المصادر وفق رأي الطالبات.

سؤالا الدراسة

يسعى البحث للإجابة عن السؤال الرئيس الآتي: ***"ما مصادر الفعالية الذاتية لدى طالبات المرحلة الثانوية عند دراستهم للفيزياء وفق نموذج تدريس مقترح قائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي؟"*** وانبثق عنه سؤالين فرعيين، هما:

السؤال الأول: *"ما رأي الخبراء في مناسبة النموذج المقترح في تعزيز مصادر الفعالية الذاتية لطالبات المرحلة الثانوية؟"*

السؤال الثاني: *"كيف عزز النموذج المقترح مصادر الفعالية الذاتية لدى طالبات المرحلة الثانوية وفق وجهة نظرهن؟"*

أهداف الدراسة

يهدف هذا البحث إلى معرفة مصادر الفعالية الذاتية للتصميم الهندسي لدى طالبات المرحلة الثانوية عند دراستهن وفق نموذج لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي المقترح من (Al-Dawsarī & Al-Shāyi‘, 2023a).

أهمية الدراسة

يقدم البحث إضافة معرفية في مجال الفعالية الذاتية للطلاب في تعلم الفيزياء وفق سياق التصميم الهندسي، كما يقدم إرشادات للممارسين التربويين من معلمين ومشرفين ومخططي المنهج في سبل تعزيز مصادر الفعالية الذاتية لدى الطلاب.

مصطلحات الدراسة

تتمثل التعريفات الإجرائية لمصطلحات البحث بالآتي:

ممارسة التصميم الهندسي في تعلم الفيزياء: ويقصد فيه اجرائيا في البحث الحالي هو استخدام نموذج تدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجّه بالجدل العلمي المقترح من (Al-Dawsarī & Al-Shāyi‘, 2023a)، والذي 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.

مصادر الفعالية الذاتية: حدد باندورا (Bandura, 1997) أربعة مصادر عامة تؤثر في الفعّالية الذاتية للفرد، وهي: الخبرات المتقنة (Mastery Experiences)، والخبرات المماثلة (Vicarious Experiences)، والإقناع اللفظي (Verbal Persuasion)، والاستثارة العاطفية (Emotional Arousal).

وتحدد مصادر الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي إجرائيًا في هذا البحث بأنها المصادر التي وفرها نموذج التدريس وتؤثر في الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي من وجهة نظر خبراء تعليم STEM، وطالبات المرحلة الثانوية عمد دراستهن وحدة الضوء في مقرر فيزياء (3) والتي تتناول طبيعة الضوء، وإنعكاس وانكسار الضوء، والتداخل والحيود في الضوء. ويعرف كل مصدر منها إجرائيًا وفق الآتي:

- **الخبرات المتقنة:** الخبرة في الممارسات الهندسية التي وفرها نموذج التدريس من وجهة نظر خبراء تعليم STEM، وطالبات مقرر فيزياء 3 الآتي طُبق عليهن النموذج المقترح لتدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي.
- **الخبرات المماثلة:** خبرة المعرفة بمهنة الهندسة التي وفرها نموذج التدريس من وجهة نظر خبراء تعليم STEM، وطالبات مقرر فيزياء 3 الآتي طُبق عليهن النموذج المقترح لتدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي.
- **الإقناع اللفظي:** الإجراءات التي تعزز معتقدات الطالبات بقدرتهن على النجاح في التصميم الهندسي من وجهة نظر خبراء تعليم STEM، وطالبات مقرر فيزياء 3 الآتي طُبق عليهن النموذج المقترح لتدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي.
- **الاستثارة العاطفية:** الإجراءات التي تدعم الطالبات للمثابرة وتحمل صعوبات التصميم، من وجهة نظر خبراء تعليم STEM، وطالبات مقرر فيزياء 3 الآتي طُبق عليهن النموذج المقترح لتدريس الفيزياء القائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي.

منهجية الدراسة

اُستخدم المنهج النوعي، لأنه يساعد في الإجابة عن الأسئلة الوصفية أو توضيح كيفية تطبيق برنامج أو فكرة معينة (Gay et al., 2012). واستخدمت منهجية دراسة الحالة تحديدًا لجمع بيانات وصفية مع التركيز على الخصائص المحددة للنموذج والسياق والأحداث التي تنطوي عليها الحالة (Lodico et al., 2010). والحالة المستهدفة في هذا البحث هي دراسة مصادر الفعالية الذاتية لدى طالبات المرحلة الثانوية عند دراستهن للفيزياء وفق نموذج تدريسي قائم على التصميم الهندسي الموجه بالجدل العلمي.

مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من فئتين:

الفئة الأولى: الخبراء في مجال تعليم العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM) من ذوي الخبرة الأكاديمية والبحثية من أعضاء هيئة التدريس في الجامعات، والخبرة الميدانية في تعليم (STEM)، والخبرة العملية في مراكز تعليم (STEM). وبلغ عددهم (17) خبيراً، اختيروا بطريقة قصدية وفق خبراتهم. وفيما يلي وصف للخبراء المشاركين:

- خمسة من ذوي الخبرة الأكاديمية والبحثية: حاصلون على درجة الدكتوراه في تعليم العلوم، ولهم أبحاث منشورة أو كتب في مجال تعليم (STEM)، وأشرف بعضهم على طلاب دراسات عُليا في مجال تعليم (STEM). ثلاثة منهم يعملون في جامعات سعودية، واثنان منهم يعملون في جامعات عربية.
- ستة من ذوي الخبرة الميدانية في تعليم (STEM): حاصلون على بكالوريوس في العلوم، وأربعة منهم لديهم ماجستير في تعليم العلوم أو تقنيات التعليم، وواحد لديه دكتوراه في تعليم العلوم، والسادس لديه خبرة واسعة في تعليم (STEM) ولديه بحثين منشورين وكتابين في مجال تعليم (STEM). وجميعهم يعملون مشرفون في إدارات التعليم أو معلمون في المدارس الحكومية.
- ستة من ذوي الخبرة في المراكز العلمية في تعليم (STEM): حاصلون على بكالوريوس في العلوم، وثلاثة منهم حاصلون على درجة الماجستير في الفيزياء، وواحد حاصل على ماجستير في تعليم العلوم، وجميعهم لديهم خبرة طويلة في تدريس الفيزياء، وفي مراكز تعليم (STEM)، وقدموا دورات تدريبية عن تعليم (STEM) في المراكز العلمية.

الفئة الثانية: طبق النموذج المقترح على طالبات الثانوية الخامسة التابعة لمكتب تعليم المعذر بالرياض، اللاتي يدرسن مقرر الفيزياء (3)، خلال الفصل الدراسي الأول من العام الدراسي (2023/2022)، حيث اختير عشوائيًا طالبات أحد صفوف المدرسة من أصل ثلاثة صفوف يدرسن ذات المقرر، وبلغ العدد الإجمالي للصفوف الثلاثة (95) طالبة، وعدد طالبات الصف الذي طبق عليه النموذج (35) طالبة. في حين طبقت أداة البحث (المقابلة) على (14) طالبة منهن، اخترن وفق رغبتهن بالمشاركة، مع مراعاة تنوع مستوياتهن الدراسية وتحصيلهن العلمي (مرتفع، متوسط، منخفض).ويرجع سبب اختيار هذه المدرسة إلى تعاون الإدارة المدرسية ومعلماتها، وتوفر معمل حاسب، بالإضافة إلى أن الباحثة الأولى تعمل مشرفة في المكتب التابع للمدرسة.

أداة الدراسة

أعدت بطاقتا مقابلة فردية شبه مقننة لكل فئة من فئتي المشاركين بالبحث؛ مقابلة موجهة للخبراء، ومقابلة موجهة للطالبات. وفيما يلي وصف لطبيعة الأسئلة في كل نوع من بطاقات المقابلة:

- بطاقة مقابلة شبه مقننة للخبراء: اشتملت على ثلاثة أقسام رئيسة: يوضح القسم الأول الهدف من المقابلة وتعليماتها، ويتناول القسم الثاني المعلومات الديمغرافية عن الشخص المستهدف بالمقابلة وخبراته في مجال تعليم (STEM)، ويتضمن القسم الثالث أربعة أسئلة تستقصي عن مصادر الفعّالية في نموذج التدريس المقترح، وهي كالتالي:

1- إن الغرض من تضمين الهندسة في تعليم العلوم ليس موجهًا نحو الإعداد للمهن فقط؛ وإنما لدمج الطلاب في بيئة تمكنهم من التفكير كمهندسين عند حل المشكلات. برأيك كيف أتاح النموذج للطلاب فرصًا للتفكير والتصرف كمهندسين عند حل المشكلات؟ وهل ظهر بشكل مناسب؟ أم يحتاج إلى تعديل؟ وكيف يتم ذلك.

2- من الأدوار التعليمية التي على المعلم أن يقوم بها؛ زيادة إيمان الطلاب بقدرتهم على النجاح، والتعلم من الفشل والتغلب على العقبات التي تواجههم أثناء عملية التصميم الهندسي.في النموذج المقترح هل ظهر هذا الدور بشكل مناسب؟ وفي أي المراحل؟ أم أن النموذج يحتاج تعديل؟ وكيف يتم ذلك؟

3- برأيك كيف يمكن أن يؤثر مستوى التحدي الهندسي في استمرارية الطلاب لإكمال عملية التصميم؟ وبرأيك هل تم مراعاة هذه الفكرة بشكل مناسب في النموذج؟ أم يحتاج إلى تعديل؟ وكيف يتم ذلك.

4- كيف تتوقع تأثير الخبرات المماثلة (كوجود مهندس في العائلة أو أحد الأصدقاء أو متابعة المهندسين عبر وسائل الإعلام) في بناء حس الطلاب بقدراتهم على النجاح في الهندسة؟ وكيف عزز النموذج الخبرات البديلة؟ وهل ظهرت بشكل مناسب أو تحتاج إلى تعديل؟

- بطاقة مقابلة شبه مقننة للطالبات: تكونت من قسمين: يوضح القسم الأول الهدف من المقابلة وتعليماتها. في حين يتضمن القسم الثاني أربعة أسئلة تكشف عن مصادر الفعالية الذاتية التي وفرها النموذج من وجهة نظر الطالبات، وهي كالتالي:

1- ما رأيك في أنشطة الممارسات الهندسية؟

2- هل معرفتك بالمهن الهندسية مفيدة؟ ولماذا؟

3- في خطوة تخيل الحلول، هل ساعدك بناء الحجة حول أفضل تصـــــميم في استيعاب الحلول المقترحة للمشكلة؟ إذا نعم؟ وضحي بمثال؟،إذا لا؟ برأيك ما الطريقة التي يمكن أن تساعدك لاستيعاب الحلول؟

4- هل التوجيهات التي حصلت عليها من المعلمة لإكمال عملية التصميم في التحدي الهندسي كافية؟ إذا نعم وضحي ما التوجيهات التي ساعدتك؟ وإذا لا؟ ما الاقتراحات التي ترينها لتحسين الدرس؟

موثوقية البيانات النوعية

لتحقيق الموثوقية في نتائج البحث؛ اُتخذ عدد من الأساليب والإجراءات المتبعة في جمع البيانات النوعية وتحليلها. بمحاولة الالتزام بالمصداقية والاعتمادية، ومن ذلك:

- الالتزام بالمصداقية من خلال عدة إجراءات؛ بعد أخذ الأذن من الخبراء بإجراء المقابلات معهم، وكذلك من الطالبات وأولياء أمورهن، أُشعِر المشاركون بأن المقابلات مسجلة صوتيًا، وبإمكانية الانسحاب منها بإي وقت. أُجريت المقابلات عبر تطبيق ZOOM وذُكّر المشاركون بالهدف من المقابلة، وكانت المدة الزمنية كافية لجمع البيانات حيث استغرق إجراء المقابلة مع كل خبير ما بين (75-90) دقيقة، ومع كل طالبة ما بين (20-30) دقيقة. واتسمت المقابلات بالمرونة في طرح الأسئلة، وذلك بتعديلها حسب استجابة المشارك بشرط ألا تحيد عن أهداف المقابلة، وألا تحكم على آراء المشاركين أو معتقداتهم، وذلك بالحفاظ على سلوك محايد للمقابل. واستخدمت الرموز لوصف المشاركين والمشاركات حفاظًا على خصوصيتهم.

- لتحقيق الاعتمادية؛ تم توضيح تصميم البحث وإجراءات تطبيقه ومحدداته، وتوضيح كيفية جمع البيانات وتحليلها، وتقديم وصف دقيق للعينة، والسياق الذي تم فيه تنفيذ التجربة ودور الباحثين.

- لموثوقية تدوين البيانات؛ تفرغ البيانات كتابيًا بعد الانتهاء من كل مقابلة، مع الالتزام باللغة التي عبّر فيها المشاركون عن أفكارهم وإن كانت تميل للعامية، والحرص على الاستشهاد بالأفكار المناقضة للأنماط. وروعي أن تحليل البيانات في البحث النوعي هي عملية استقرائية، يتم فيها جمع بيانات صغيرة، ودمجها تدريجيًا لتشكيل أوصاف واستنتاجات أوسع وأكثر عمومية، لأن عملية التحليل تهدف إلى تقديم تفسير ذي معنى. واستخدم برنامج MAXQDA بغرض ترميز البيانات وتنظيمها الذي يتميز بسهولة الاستخدام واختصار الوقت والجهد المبذول بالتحليل اليدوي.

- لموثوقية تحليل البيانات؛ رمزت البيانات بتجزئة النص من خلال عملية استقرائية لتضييق البيانات في موضوعات قليلة (Creswell, 2012). وقسمت البيانات إلى أجزاء صغيره وتسميتها، وقد تكون التسمية بكلمات المشاركين أنفسهم وتكون معبرة عن البيانات، أو بلغة الباحث نفسه، أو بمصطلح تربوي حسب ما يراه الباحث مناسباً. وتبني البحث الترميز المغلق وفق التحليل الطوبولوجي (النمطي) Typological Analysis، ويهدف هذا النوع من التحليل إلى تصنيف البيانات إلى فئات بناءً

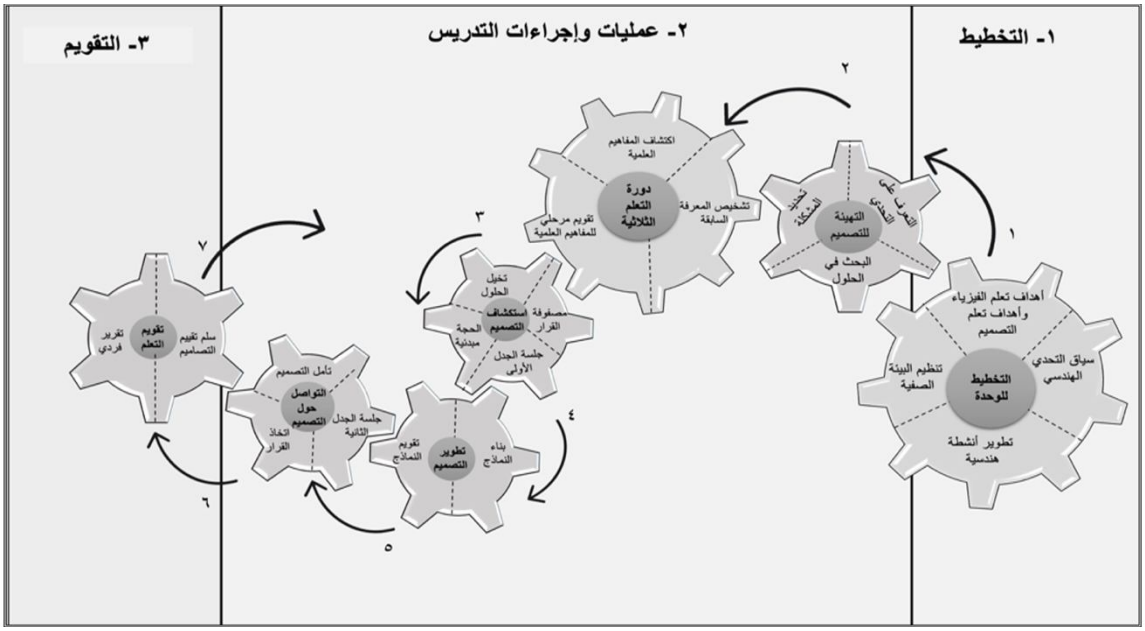
على معالم مستمدة من أهداف البحث أو النظرية التي يقوم عليها البحث، وفق الآتي: 1) تحديد المَعْالم التي سيتم التحليل بناءً عليها: وكانت مصادر الفعالية الذاتية وفق باندورا (Bandura, 1997) أربعة مصادر تؤثر في الفعّالية الذاتية للفرد، وهي: الخبرات المتقنة، والخبرات المماثلة، والإقناع اللفظي، والاستثارة العاطفية. 2) قراءة البيانات وتحديد البيانات المرتبطة بكل معْلم على حدة. 3) قراءة البيانات لكل معْلَم، وتسجيل الأفكار الرئيسة للمعْلم في ملخصات. 4) البحث عن الأنماط والعلاقات والموضوعات داخل كل معلم. 5) قراءة البيانات الخام وترميزها وفقًا للأنماط المحددة سابقًا، وعمل قائمة بالفئات وما يتناسب معها من الأنماط. 6) تحدد ما إذا كانت الأنماط مدعومة بالبيانات، والبحث في البيانات عن أمثلة مناقضة للأنماط. 7) البحث عن علاقات بين الأنماط المحددة. 8) كتابة الأنماط في تعميم جملة واحدة. 9) اختيار اقتباسات من البيانات تعزز تعميم النتائج.

نموذج التدريس المقترح

صمم الدوسري والشايع (Al-Dawsarī & Al-Shāyi‘, 2023a) نموذجًا لتدريس الفيزياء قائم على التصميم الهندسي الموجَّه بالجدل العلمي انظر الشكل (1)، ويتكون النموذج من ثلاثة أبعاد أساسية هي؛ التخطيط وعمليات وإجراءات التدريس، والتقويم.

الشكل (1)

نموذج التدريس المقترح (Al-Dawsarī& Al-Shāyi‘, 2023a).



يتضمن بعد التخطيط بتحديد أهداف لتعلم الفيزياء وللتصميم الهندسي، وبناء سياق للتحدي الهندسي، وتطوير أنشطة للممارسات الهندسية تدعم التحدي، وتهيئة البيئة الصفية. والبعد الثاني يتضمن عمليات وإجراءات التدريس التي تشمل التهيئة للتصميم الهندسي، ودورة التعلم الثلاثية، وتنفيذ عملية التصميم الهندسي. أما البعد الثالث يتضمن تقويم نواتج التعلم باستخدام سلم تقييم التصاميم، وبتكليف الطالبات بكتابة تقرير.

إجراءات الدراسة

للإجابة عن سؤالي الدراسة مرت الإجراءات بالآتي:

- صُممت أدوات البحث؛ بطاقتي مقابلة شبه المقننة (للخبراء، للطالبات).
- عُرضت وأدوات البحث على مجموعة من المحكمين المختصين في تعليم العلوم والفيزياء والهندسة، وتعديله في ضوء آرائهم.
- أُجريت المقابلات شبه المقننة مع الخبراء خلال ستة اسابيع، وتفريغها كتابيا، ثم تحليلها.
- نُفذت الوحدة المطورة على الطالبات، بعد استكمال الموافقات الرسمية وموافقة الطالبات واولياء أمورهم، واستغرق تطبيق النموذج سبعة أسابيع.
- أُجريت المقابلات شبه مقننة الطالبات خلال أسبوع واحد، وتفريغها كتابيا، ثم تحليلها.

نتائج الدراسة

أولاً: النتائج المتعلقة بالسؤال الأول، والذي ينص على: *"ما رأي الخبراء في مناسبة النموذج المقترح في تعزيز مصادر الفعالية الذاتية لطالبات المرحلة الثانوية؟"*

للإجابة عن هذا السؤال الأول، تم جمع البيانات من مقابلة (17) مشاركًا ومشاركة، متنوعي الخبرة في مجال تعليم (STEM) (5) من ذوي الخبرة البحثية والأكاديمية، (6) من ذوي الخبرة الميدانية، (6) من ذوي الخبرة في المراكز العلمية لتعليم STEM. وفيما يلي تفصيل ذلك وفق المصادر التي حددها باندورا (Bandura, 1997):

1- الخبرات المتقنة

اتفق جميع الخبراء على أن نموذج التدريس المقترح وفّر للطلاب فرصًا لاكتساب خبرة في التصميم الهندسي، فأشارت الخبيرة (ب ج، خبرة بحثية) إلى أن "النموذج يعطي للطالب الفرصة يفكر بطريقة المهندسين ويستفيد من ممارساتهم ويطبقها بطريقة صحيحة". وبينت الخبيرة (م ج، خبرة مراكز علمية) أنه من ميزات النموذج أنه يساعد الطالبات في بناء الخبرة في تحديد المشكلة وحلها، وهذا يعزز فرص نجاح عدد من البرامج الإثرائية التي تقدمها المدرسة للطالبات، فذكرت أنه "إذا طلبنا التسجيل في برنامج البحث والابتكار، ترفض الطالبات لأنهن لا يستطعن تحديد مشكلة لدرستها، ولسن مستقلات بأنفسهم في القدرة على البحث لمشروع لوحدهم، لذا تعريض الطالبات لهذه المشاريع من مراحل مبكرة أفضل".

وحدد ستة من الخبراء نوع الخبرة التي قد يكتسبها الطلاب، وهي طريقة تفكير المهندسين في حل المشكلات. فوضحت الخبيرة (م ح، خبرة ميدانية) "طبعًا وفر لهم فرصة التصميم، طالما إنه عندهم مشكلة واتبعوا خطوات التصميم الهندسي وتوصلوا للمنتج فهم فكروا كالمهندسين". وأعطى الخبير (ع ط، خبرة مراكز علمية) شاهد من خبرته على تأثير الخبرات على قدرات الطلاب وتفاعلهم "إذا عملت مع الطلاب تجربة يبدأ التفاعل وتبرز قدراتهم وتختلف ميولهم". لذا أيد الخبير نفسه أن تكون خبرة تعلُّم التصميم الهندسي في الكتب الرسمية، ولا تكون مقتصرة على المراكز العلمية لتعليم (STEM) "إذا وضعت التصميم الهندسي في الكتاب لجميع الطلاب صار عند الكل الفرصة في المشاركة في النشاط". وكذلك اقترحت الخبيرة (س ل، خبرة مراكز علمية) أن "تضاف في المناهج مسائل تحل بطريقة هندسية مثل ما يكون عندي أسئلة أحلها بالقوانين الرياضية، يوضع في الكتاب مشكلات تحل بالطريقة الهندسية فيها إبداع أكثر". وللتأكد من مدى تأثير الخبرات التي قدمها النموذج على الطلاب؛ اقترح أحد الخبراء بعد الانتهاء من التصميم، أن يُجرى على الطلاب اختبار يقيس قدرة الطلاب على النجاح في عملية التصميم الهندسي، وهذا ما أشار إليه الخبير (ع ي، خبرة ميدانية) "حتى اعرف التأثير احتاج يكون عندي اختبار في الأخير يكشف عن نظرة الطلاب للهندسة، وأقيس معتقداتهم واتجاهاتهم نحو التصميم".

مما سبق؛ اتضح أن جميع الخبراء اتفقوا على أن النموذج وفر للطالبات مصدرًا للخبرات المتقنة في التصميم الهندسي.

2- الخبرات المماثلة

أكد الخبراء أن نموذج التدريس المقترح وفّر مصادر للخبرات المماثلة، وهي: التعريف بمهنة الهندسة ذات العلاقة بنوع المنتج، وتسليط الضوء على سيرة مهندس أو مهندسة يكون لهم منجزات عالمية في مجالهم. وتوفير روابط لمواقع إلكترونية تعرض كيف يعمل المهندسون على إنتاج تقنيات معينة. وهذا ما وضحته الخبيرة (ز ص، خبرة بحثية) "ظهر في الوحدة المطورة تعزيز الخبرات المماثلة من خلال؛ الخطاب الموجه من لجنة تقييم المشاريع للطالب وكأنه مهندس حقيقي، والروابط والصور الموجودة، ومن الفقرة المكتوبة عن المهندسة زها حديد، كل هذه الأساليب تعزز فكرة الخبرات المماثلة، ووجودها بطريقتها الحالية واضحة وكافية".

أيد اثنان من الخبراء التغيير الذي تم في فقرة المهن في الكتاب المدرسي، حيث تم استبدال مهنة اختصاصي النظارات بتوضيح لعمل المهندسين المعمارين والتعريف بالمهندسة زها حديدي. فذكرت الخبيرة (ب ج، خبرة بحثية) "وقفت على الاستبدال الي تم في الوحدة المطورة لأنه مناسب للموضوع الذي سيقدم أكثر من مهنة فحص النظر المذكورة في الكتاب". ورأى الخبير (ع ق، خبرة ميدانية) ضرورة التوعية بالمهن من المرحلة المتوسطة "الميول المهنية تظهر من المرحلة المتوسطة، وليس في المرحلة الثانوية لذا؛ لابد من الاهتمام بالمهن المرتبطة بالموضوع". ونظرًا لحداثة التخصص بالنسبة للفتيات في سياقنا المحلي؛ تحتاج الطالبات التوعية بمهنة الهندسة، وهذا ما أكدته الخبيرة (أ ع، خبرة مراكز علمية) "وهذه الخبرات مهمه لتأثيرها على الميول المهنية، خصوصًا في مجال الهندسة المعمارية حديث بالنسبة للطالبات عندنا في السعودية".

وأيد ثلاثة من الخبراء أهمية تزويد الطلاب بالمواقع الإلكترونية التي تعرض كيف يعمل المهندسون على الابتكار وإنتاج التقنيات، مع مراعاة جودة المحتوى بحيث يعكس طبيعة عمل المهندسين. وهذا ما نبه إليه الخبير (ع ط، خبرة مراكز علمية) "ولا يكون المقطع عبارة... عن موقع يشرح بطريقة الالقاء كيف تعمل الثلاجات والمكيفات والبرادات، هذه المواقع غير مفيدة، ولا تعكس الواقع الحقيقي لعمل المهندسين".

وبالنسبة لاستضافة المهندسين داخل الفصول الدراسية جاءت استجابات (15) من الخبراء بالتأييد لهذه الفكرة. فذكر الخبير (ع ص، خبرة بحثية) من واقع خبرته من الدورات التدريبية "مهم جدًا فكرة الخبرات المماثلة او الاستعانة بالخبراء في تعليم (STEM)،

انا حضرت دورة في الاتحاد الأوربي يركز على استضافة الخبراء لتعليم (STEM). وكذلك في جامعة احمد زويل يستضيفوا علماء في تخصصات مختلفة يتكلموا عن تجاربهم". وقدم بعض الخبراء مبررات تُظهر أهمية زيارات المهندسين للفصول الدراسية والتواصل مع الطلاب. ومن ذلك؛ 1) المعلّم للمساندة في تخصص الهندسة. وهذا ما وضحه كلٌ من (ع ق، خبرة ميدانية) "احتاج خبير متخصص في الهندسة فيه بعض الجزئيات ما أقدر افتي فيها احتاج مهندس يساعدني"، و(ن ع، خبرة ميدانية) "مهما كانت المعلمة متدربة يظل المهندس له دور وبيعطي أفكار وبيسهل لهم الطريق. ويعطيهم أفكار للتطبيق بشكل أسهل كأنه خبير لهم". 2) التأثير الإيجابي على دافعية الطلاب. استشهد بعض الخبراء من خبراتهم كيف لاحظوا هذا الأثر على طلابهم. ذكرت الخبيرة (م ح، خبرة ميدانية) "جداً مؤثر من واقع تجربة كنت ادرس فيزياء٤ موضوع الاشعاعات وسألت الطالبات هل فيه أحد عندكم من أهلكم يعمل في قسم الأشعة في المستشفى وهل ممكن يزورنا في الفصل. لو تشوفيني كيف الطالبات يطرحون الأسئلة على اخصائية الأشعة ويتعاملون معها كخبير، كنا نتكلم كيف الوقاية من الاشعاع. فهم أخذوا المعلومات منها كخبير غير عني كمعلمة". ووضّح الخبير (ع ط، خبرة مراكز علمية) "ومن خبرتي إذا استدعينا زائر من مصنع معين؛ ألاحظ تأثير كبير في الطلاب بعد مغادرة الزائر، على سبيل المثال عندنا في محافظتنا شركة أدوية واحرص على مدرس الكيمياء يأخذ الطلاب إلى الشركة. لما يرجع الطلاب تلقين الطلاب عندهم ربط بالكيمياء والصيدلية والتجارة، كل شيء يتعلق بهذا المصنع".

وذكرت الخبيرة (أ ب، خبرة مراكز علمية) صعوبة التواصل مع المهندسين والتنسيق لدعوتهم للحضور في الفصول الدراسية "استضافة المختصين في المدارس إيجابي جداً ويعتبر من احلامنا لو أحد يزور المدارس، لكن صعب توفير هذه الخدمة". واقترحت الخبيرة (أ ع، خبرة مراكز علمية) حلولًا للتواصل مع المهندسين؛ "اكيد تواصل الطالبات مع المهندسين مفيد، وممكن عن طريق صفحات خاصة لتجمع المهندسين في هذا المجال، وزيارة المهندسين هذا الاجراء معتبر في تعليم (STEM) بشكل عام، يمكن الاستعانة عن طريق اتصال أو فيديو أو برنامج الزوم". واعترض اثنان من الخبراء على الاستعانة بالمهندسين في فصول العلوم للمبررات التالية: 1) قد يتحول التعليم من التركيز على الفيزياء إلى التركيز على الهندسة. ذكر الخبير (س ش، خبرة بحثية) "ما أشوف أنه مهم إني أدخله في قضية كيف يكون مهندس وأغمسه في هذا القضية بقدر ما هو الجزء الي يخدم تنفيذ النشاط. وعلى سبيل المثال في صفوف العلوم أحياناً نقول كيف الطالب يمارس أدوار العلماء وهذا ما هو صحيح؟ هو لن يمارس أدوار العلماء الي يمارسه الطالب أدوار بسيطة نعطيه نفس المهارات يمارسها العالم بمستواه كطالب. لذا ما أرى أنه نغمسه في الهندسة لا نعطيها أكبر من حجمها يعني نعيشه الجو حتى يشتغل، المهم أوسع خبراته في كيفية توظيف المعرفة العلمية في سياق هندسي، لكن ما أشوف أنه نعطيه حجم كبير أنه خلك أنت مهندس". 2) قد يتسبب حوار المهندس مع الطلاب في مناقشة وطرح موضوعات عميقة في الهندسة تؤثر سلبًا على دافعية الطلاب في التعلُم. فوضّح الخبير (ع غ، خبرة بحثية) "انتبهي من أن المهندس يركز على المادة العلمية الخاصة بالهندسة، وإنما يركز على كيف حل المشكلات الهندسية. قد تكون لغة الحديث هندسية، كإجراء احترازي اتفقي معه مسبقًا، ما الموضوعات التي سيتحدث فيها مع الطالبات. وبصراحة ابتعدي عن هذه الخطوة بخاف انه يشتت الطالبات".

أما بالنسبة لتأثير وجود مهندس في أفراد العائلة على فعّالية الطلاب في التصميم الهندسي؛ فقد اختلفت آراء الخبراء في تأثير مهنة أحد أفراد العائلة على الطالب. لا تؤيد اثنتان من الخبراء أن لمهنة الأب أثر على الطالب. وهذا ما أشارت إليه الخبيرة (ب ج، خبرة بحثية) "هذا يعود حسب اهتمام الطالب وميوله، شفنا ناس كثير آبائهم أطباء لكن أبناءهم ما طلعوا أطباء". وذكرت الخبيرة (م ج، خبرة مراكز علمية) "ليس على كل حال ترجع لمهارة الاتصال والتواصل عند الطالب، فلو أبوي متخصص في هذا الشيء ما راح أسئلة. مثلاً عندك سير العلماء هل تؤثر عليهم؟ ما هو شرط حسب الطالبة واهتماماتها. وقدرتها على التواصل والاتصال". في حين أكد خمسة من الخبراء وجود هذا التأثير. فأشارت الخبيرة (ز ص، خبرة بحثية) إلى أنه "من ناحية الخبرة المماثلة فيه أبحاث عليها؛ إن الطلاب الي عائلاتهم لهم علاقة بتخصصات (STEM) يكملون في نفس المجالات، لأنه صار فيه ألفه وتعرف على التخصص، كما أنه فيه تحفيز من حولهم عليها، وفيه رغبة ذاتية نابعة من خارج المدرسة". وذكر الخبير (ع ط، خبرة بحثية) "لو سألنا الطالب في الصف الثالث ثانوي وين تبي تروح بعد الثانوي وما الكلية الي ترغب تلتحق فيها؟ وحدد كل منهم تخصص معين، ثم رجعنا لعائلة كل طالب تجدين فيه أحد منهم نفس التخصص الي اختاره الطالب". وذكرت كذلك الخبيرة (س ل، خبرة مراكز علمية) "نعم لها تأثير كبير شوفي أنت في بعض العوائل إذا درست أحد البنات تخصص معين تجدين اختها إلا بعدها دخلت نفس التخصص، كذلك تأثير الأب وتخصصه على الأبناء".

مماسبق اتضح أن النموذج وفر مصدر للخبرات المماثلة من خلال توفير المصادر التقنية واستضافة مهندسة داخل الصف توضح طبيعة عمل المهندسين.

3- الإقناع اللفظي

إن التعزيز الإيجابي من الزملاء والمعلّم يسهم في تنمية الفعّالية الذاتية في التصميم لدى الطلاب؛ لذلك كان من إجراءات نموذج التدريس المقترح أن يعمل الطلاب في مجموعات تعاونية لإيجاد الحلول، وأن تشارك هذه المجموعات في جلسات الجدل العلمي. وفيما يلي آراء الخبراء في مدى مناسبة هذه الإجراءات:

- التعزيز من الزملاء داخل المجموعة: ركّز النموذج تعلُّم الأقران من خلال عمل الطلاب في مجموعات، حيث ذكرت الخبيرة (م ط، خبرة ميدانية) "اهتم نموذج التدريس بالبيئة الصفية، وكيف يتم تحويل الفصل لورشة عمل". وناقشت خبيرة كيف أن النموذج هيأ بيئة صفية تدعم تعلُّم الطلاب من خلال تطوير التصاميم التي تقدمها المجموعات، فذكرت الخبيرة (ش ف، خبرة ميدانية) "يظهر في النموذج دعم للعمل الجماعي، وتوضيح كيف سيتم التعامل مع النماذج بعضها لم ينجح وبعضها نجح وبعضها تحتاج تعديل حتى تنجح. هذا الشي في التفكير رائع جدا". واقترحت خبيرتان أن يُذكر في محددات استخدام النموذج؛ تحقيق التنوع عند تشكيل المجموعات، حيث أكدت الخبيرة (م ح، خبرة ميدانية) على أن "تكون فرق العمل متنوعة في المستوى العلمي"، كما أكدت الخبيرة (م ج، خبرة مراكز علمية) أن "ندمج في كل مجموعة طالبة متميزة تساعد زميلاتها".

- جلسات الجدل العلمي: أسهم الجدل العلمي في منح الطلاب فرصًا للمناقشة مع أقرانهم في كيفية التعديل والتطوير على نماذجهم، حيث أشارت الخبيرة (أ ع، خبرة مراكز علمية) إلى أن "جلسات الجدل ممكن أن تساعد الطلاب في معالجة نقاط الضعف في حلولهم مثل الذي يفكر بصوت عالي". كما أكد النموذج فكرة التعلُّم من الفشل، فوضّحت الخبيرة (ز ص، خبرة بحثية) "كان التأكيد على تعزيز فكرة التعلم من الفشل والقيمة المضافة منها من خلال الجدل العلمي مثلاً لما يبرر التعديلات على التصاميم الخاصة بهم في جلسات الجدل". كما أكد النموذج على دور التعزيز اللفظي في رفع الفعّالية الذاتية من خلال تكرار جلسات الجدل، فذكرت الخبيرة (م ط، خبرة ميدانية) "لاحظت فيه مرحلتين تكررت، وهي جلسات الجدل، وهذا الشيء مهم جداً بحيث يكون لدى الطلاب إيمان وثقة بمشاريعهم". ومن الممكن أن يحصل الطلاب على التعزيز اللفظي من خلال التأمل، وصرّحت الخبيرة (أ ع، خبرة مراكز العلمية) أنه "من النقاط المميزة بالنموذج هو التقرير التأملي المطلوب من الطالبة بمعنى الطالبة تراجع عملية التعلم من بداية المشروع إلى نهايته".

ومما سبق يتضح أن عمل الطالبات في مجموعات ومشاركتهن في جلسات الجدل العلمي وفرت مصدر للإقناع اللفظي الذي يعزز الفعالية الذاتية لديهن في التصميم الهندسي.

4- الاستثارة العاطفية

من مسلمات عملية التصميم الهندسي تعرّض النماذج المبدئية للمهندسين للإخفاق والفشل؛ مما أدى إلى ظهور الطبيعة التكرارية في عملية التصميم. وهذا يتطلب من المهندسين المثابرة والإصرار للوصول للحل، وهذا يعكس مدى فعّاليتهم في التصميم. هذا السياق للتصميم الهندسي يتطلب معرفة كيفية المحافظة على استمرارية الطلاب لإنجاز التصميم، التي بدورها تُعبر عن فعّاليتهم الذاتية في التصميم الهندسي. لقد سعى نموذج التدريس المقترح إلى تقديم إجراءات تدعم الطلاب للمثابرة وتحمل صعوبات التصميم. ومن هذه الإجراءات مراعاة مناسبة مستوى التحدي للمرحلة العمرية للطلاب، وتزويد المعلّم بدليل إجرائي عند استخدام نموذج التدريس المقترح. وفيما يلي آراء الخبراء في مدى مناسبة هذه الإجراءات:

- مستوى التحدي الهندسي: اتفقت أربع خبيرات على صعوبة التحدي على الطلاب، وذلك لأن خبرة التصميم الهندسي جديدة عليهم، وقُدم لهم في المرحلة الثانوية دون أن يكون لديهم خبرات سابقة في مراحل التعليم المبكرة. وهذا ما أشارت إليه الخبيرة (ن ع، خبرة ميدانية) "الطلبة ما يتقنون التصميم من البداية، ويمكن ما توصل لهم الفكرة، يحتاج لهم تدريب من بدري ويتعلمون على التصميم من رياض الأطفال. بس صعب نبدأ من الثانوي". واقترحت بعض الخبيرات التدرج في تقديم التحدي الهندسي، وذلك بأن يُقدم للطلاب تصاميم بسيطة متدرجة في الصعوبة إلى أن تصل إلى تحدي الوحدة. وهذا ما اتفقت معه الخبيرة (م ج، خبرة مراكز علمية) بقولها: "يعني لو بدأت الطالبة بتصاميم بسيطة وصغيرة، ثم نضع هذا التصميم ختامي نهاية الوحدة التعليمية". يتفق الباحثان مع ما اقترحته الخبيرات، ولكن محدودية الوقت هو الذي يمنع من زيادة عدد التصاميم الهندسية. مع العلم أن التحدي الهندسي المقدم للطالبات عبّر عن مجموعة من المشكلات البسيطة التي تم التعرض لمناقشتها أثناء معالجة المفاهيم العلمية في الوحدة.

وفي المقابل عبّر أربعة من الخبراء عن مناسبة التحدي لمستوى الطلاب، وكانت المبررات كالتالي: 1) الحلول المحتملة للتحدي الهندسي تعتمد على المعرفة العلمية في كتاب الطالب. فذكرت الخبيرة (ز ص، خبرة بحثية) " نقطة القوة في هذا النموذج أنه جاء بناء التصميم من تطوير وحدة موجودة بكتاب الطالب، والكتاب في الأصل يراعي المعرفة السابقة لدى الطلاب باعتباره أنه منهج حلزوني، فهو مبني على شيء موجود من قبل...، على الأقل نضمن بنسبة كبيرة أنه مناسب لمستوى الطلاب". 2) الآلية التي اتبعها النموذج لوصول الطلاب للحلول؛ وذلك بالتدرج في تقديم المعرفة العلمية ذات العلاقة بالتحدي الهندسي. فوضّح الخبير (ع ق، خبرة ميدانية) أنه "واضح من شرح النموذج تدرج في الصعوبة فبدأ النموذج بالتهيئة والكشف عن المعرفة السابقة ثم تعلم المفاهيم والممارسات الهندسية ثم العودة لاقتراح الحلول". 3) تنوع الأنشطة الهندسية المطورة بحيث راعت الفروق الفردية بين الطلاب. ووضّحت الخبيرة (أ ع، خبرة مراكز علمية) أن "النموذج راعى الصعوبة والسهولة فيه إجزاء بالنموذج سهل على الطالب القيام فيها، وفيه أجزاء تشكل تحدي للطالب، فالنموذج معالج الفروق الفردية بين الطالبات، على سبيل المثال في وحدة الضوء المطبق عليه النموذج نشاط الأوساط المادية بالنسبة لنفاذية الضوء هذه المعلومات سهله على الطالبة، ولكن في الأنشطة المتعلقة بقوانين الانعكاس كان النشاط أكثر عمقا وفيه تطبيق لمفهوم فيزيائي، يعني

الأنشطة متنوعة بين السهولة والصعوبة، والصعوبة التي فيها معقوله جدًا. 4) التحدي الهندسي المقدم للطلاب يستثير تفكيرهم لإيجاد الحلول. علقت الخبيرة (م ط، خبرة ميدانية) بان النموذج "يجعل الطالبة محور العملية التعليمية سواًء طالبة موهبة أو غير موهبة إذا قدم لها بطريقة شيقة وماتعة واتحت لها فرص تعلم ذاتي من خلال الروابط، أتوقع أنه ما راح يكون صعب ابدًا بالعكس النموذج المقترح بيقدم طريقة في التعليم جديدة ونوعية". ويتفق الباحثان مع هذا التوجه.

- توجيهات المعلّم: ذكر خمسة من الخبراء على أن دليل المعلّم وصف بدقة دور المعلّم والطالب. فذكرت الخبيرة (ش ف، خبرة ميدانية) أن "النموذج كان متدرج جداً في الخطوات مع الطلاب والمعلم". ولاحظت الخبيرة (م ط، خبرة ميدانية) "أنه في كل ورقة عمل للطالب كان هناك توجيهات للمعلم كيف التعامل مع هذه الورقة فكان دور المعلم موجه وميسر". يحتاج دليل المعلّم تطويرًا في معالجة التصورات المماثلة عن عملية التصميم؛ فاقترحت الخبيرة (ش ف، خبرة ميدانية) " ضروري أن يؤكد المعلم على الطلاب أنه في دورة التصميم الهندسي يمكن إعادتها من أي مرحلة وجدت إنه عندي خلل في مرحلة معينة ارجع وأعدل". وكذلك اقترحت الخبيرة (س ل، خبرة مراكز علمية) أن يضمن دليل المعلم "بعض الأخطاء المتوقع أن يقع فيها الطلاب، كأن يوضح دليل المعلم كيف يعالج الفروق الفردية والأخطاء الشائعة".

ثانياًا: النتائج المتعلقة بالسؤال الثاني، والذي نص على: *"كيف عزز النموذج المقترح مصادر الفعالية الذاتية لدى طالبات المرحلة الثانوية وفق وجهة نظرهن؟"*

للإجابة عن هذا السؤال، تم إجراء مقابلات فردية مع (14) طالبة، وذلك بغرض استقصاء المصادر التي وفرها نموذج التدريس لتعزيز فعّاليتهن الذاتية في التصميم الهندسي.

1- الخبرة المتقنة

وفر النموذج المقترح للطالبات فرصًا لاكتساب خبرة في التصميم الهندسي وتحديدًا طريقة تفكير المهندسين في حل المشكلات. صرحت جميع الطالبات بطرق مختلفة كيف أثرت عليهن تجربة المشاركة في عملية التصميم الهندسي للمركز التعليمي، وفيما يلي بعض من إجابات الطالبات. فعبّرت (الطالبة أ.ب) أنها أصبحت تفكر كمهندسة، حيث ذكرت "بصراحة كنت مستغربة دورة التصميم الهندسي، ما كنت متوقعة أكون مهندسة صدق وهذا مشروع صدق أن اكون فيه مهندسة"، ووضحت (الطالبة ج د) "صرت أعرف التصميم الهندسي، صحيح إني ما راح أكون مثل المهندسين الحقيقيين لكن صرت فاهمة أكثر من أول". كما وضحت عدد من الطالبات كيف تغير التصور الخاطئ لديهن عن الهندسة، فعلى سبيل المثال، ذكرت (الطالبة رس)" قبل كنت آخذه فكره غير عن الهندسة، كيف نستخدم المسطرة والمنقلة ونرسم مخططات، لكن بعد ذلك عرفت أن الهندسة أفكار ونشارك بالأفكار". كما أكدت الطالبات أنهن استطعن تجاوز الصعوبات أثناء عملية التصميم، فأكدت (الطالبة د ن) "في البداية حسيت أن الخطوات كثيرة، وفيه تفرعات كثيرة، لأنه ما كان عندي خلفية عن الهندسة، بعد ذلك صرت فاهمة كل خطوة ماذا تحتاج، وعارفة الصعوبات بكل خطوة، وكيف أتغلب عليها، لأنه كنا نأخذ تغذية راجعة أول بأول، وكان فيه انتقادات تنبهنا على الأخطاء، وتفكيري مع زميلاتي والتعديل، وكل شيء غلطت فيه عرفت الصح وعدلته". وأشارت طالبتان إلى كيفية انعكاس هذه الخبرة على حياتهما اليومية، فذكرت (الطالبة ك ر) "أستاذة اختلفت نظرتنا للأشياء بعد ما درسنا التصميم، أنا حاليا في المباني التي اشوفها في الشارع أجلس أفسرها تفسير علمي، من ناحية الإضاءة، وأشكال الكواسر". وأكد (الطالبة ص ل) أنها اصبحت تتقمص تفكير المهندين، حيث ذكرت " كيف أفكر بعقل مهندس في مكان الإضاءة وتوزيعها".

2- الخبرة المماثلة

من أبرز مصادر الفعّالية الذاتية التي قدمها النموذج؛ هي الخبرة المماثلة، حيث استضيفت مهندسة معمارية عن بعد، عبر منصة زوم، لتشارك الطالبات خبرتها الأكاديمية في تخصص الهندسة، وتجيب عن استفساراتهن. بدأت المهندسة بالتعريف بعلم الهندسة، ثم عددت بعض الكفايات العلمية والشخصية لمن يرغب في اختيار دراسة الهندسة، وعرضت على الطالبات رسماً توضيحياً لخطوات عملية التصميم الهندسي، ثم وضحت طريقة "سوات" لتقييم المشاريع. كما وضحت المهندسة العلاقة المتبادلة بين الهندسة والمجتمع، وتحديدًا كيف تطور شكل النوافذ في التصاميم العمرانية من بداية بيوت الطين. وقارنت التصميم القديم بالتصميم الحديث للمباني الذي أثر سلبًا على تصميم النوافذ ولم تؤد الغرض منها. وأشارت المهندسة إلى تأثير جائحة كورونا في اتجاه المجتمع إلى تعديل مشكلة إهمال نوافذ المنزل. وأكدت المهندسة العلاقة المتبادلة بين الهندسة والمجتمع.

عبّرت الطالبات خلال مقابلتهن عن استفادتهن من لقاء المهندسة؛ لأنهن كنا بحاجة للتعرف على متطلبات دراسة تخصص الهندسة، فعبرت (الطالبة د ر) "استفدنا من مقابلة المهندسة أنها هي تعتبر لنا كمثال، وبصراحة استفدنا أن نعرف عن الهندسة، لأننا طلاب آخر سنه وصعب علينا تحديد التخصص". كما ذكرت بعض الطالبات أثناء المقابلة أنها تعرفن على مهنة الهندسة، والطريقة التي يفكر بها المهندسون، فقالت (الطالبة ق د) "نحن ما عندنا فكرة واضحة عن المهن، ما كنت أعرف أن المهندسين يفكرون بهذه الطريقة". وأكدت عدد من الطالبات أن تنفيذهم لمشروع التصميم الهندسي ومقابلة المهندسة ساعدهن في اكتشاف ميولهن لهذا التخصص، حيث ذكرت (الطالبة د ن) "عمل المشروع ومقابلة المهندسة تساعد أنك تتعرف على الهندسة، ويمكن لما تدرس هذا الشيء تحبه فتدخل هذا التخصص". وذكرت (الطالبة ك ر) "عمل المشروع ومقابلة المهندسة تساعد أنك تتعرف على الهندسة، ويمكن لما تدرس هذا الشيء تحبه فتدخل هذا التخصص".

ووضحت (الطالبة ص ل) "استفدت من كلامنا مع المهندسة كيف دخلت هذا المجال وكيف تخصصت". وعبرت (الطالبة ل د) "استفدنا من مقابلة المهندسة أنها هي تعتبر لنا كمثال لنا بعدين. وبصراحة استفدنا انه نعرف عن الهندسة لأنه حنا طلاب آخر سنه وصعب علينا تحديد التخصص وحنا ما نعرف".

3- الإقناع اللفظي

إن التعزيز الإيجابي من الزملاء والمعلّم يسهم في تنمية الفعّالية الذاتية في التصميم الهندسي لدى الطلاب. لذلك، كان من إجراءات النموذج المقترح للتدريس أن تعمل الطالبات في مجموعات تعاونية لإيجاد الحلول، وأن تشارك هذه المجموعات في جلسات الجدل العلمي. ولقد عبرت بعض الطالبات عن دور العمل في فريق في تعزيز تعلمهن، والبعض منهن أشار إلى دور جلسات الجدل العلمي. ذكرت (الطالبة أ ب) "الحلول لها أفكار كثيرة فعلشان اختار فكرة محددة فكنا في مجموعتنا الي تختار فكرة تبررها لنا وتقنعنا فيها وكان فيه أسلوب نقاش بينا كمجموعة". وعبّرت (الطالبة ج د) "بناخذ اراء بعض وبنتناقش عن أشياء كثيره سواء كان عندنا غلط ناخذ اراء زميلاتنا، نعدل على التصميم". وبينت (الطالبة ش س)" لما كنت في المجموعة واقترح حل لزميلاتي يصححون لي اخطائي". وبالنسبة لجلسات الجدل العلمي ساهمت في تعزيز قراراتهن أشارت (الطالبة د ن)" لما شاركت بحجتي قدام زميلاتي. وصارت الثقة عندي أكبر بعد ما شرحت تصميمي". وعبرت كذلك (الطالبة ق د) " كنت سعيدة بان تعليقات الطالبات ما كانت سيئة". وفي المقابل كانت المجموعات التي تستقبل التغذية الراجعة على نماذجها، تشكر وتبدي الاحترام لزميلاتهن. ردت (الطالبة ل د) "شكرًا شكرًا مره على الاقتراح". وبينت الطالبة٥ "تمام بنأخذ بعين الاعتبار وجهة نظركم". وردت (الطالبة م ل) "حبيت أشكركم على ملاحظاتكم". قد يكون سبب ظهور روح الإيجابية بين الطالبات عائدة لعدة أسباب منها: المرحلة العمرية فالطالبات في هذه المرحلة وصلن إلى مستوى من القدرة على ضبط الانفعالات النفسية. أيضًا تأكيد المعلّمة الدائم خلال الحصص على طبيعة الحلول الهندسية العلمية أن جميع الحلول صحيحة ولا يوجد حل أفضل بل حل أنسب حسب متطلبات المستفيدين من التصميم. وقد تكون التوجيهات المصاحبة لجلسات الجدل العلمي أسهمت في ضبط سلوك الطالبات.

4- الاستثارة العاطفية

يتطلب التصميم الهندسي معرفة كيفية المحافظة على استمرارية الطلاب لإنجاز التصميم، التي بدورها تُعبر عن فعّاليتهم الذاتية في التصميم الهندسي. وأثناء المقابلات مع الطالبات؛ اتفقت آراء معظم الطالبات على أن مرحلة إعادة التصميم تسببت في شعورهن بالإحباط، وبررن ذلك لعدة أسباب. ذكرت (الطالبة أ ب) "كنت متحمسة حتى أخلص بسرعة، لكن لما وصلنا التقييم، وبنرجع نعدل خف حماسي، وقلت ثقتي في مشروعي". ووضحت (الطالبة رس)" في كل الخطوات كنت متحمسة، بس فيه شيء حاس فيه بالخوف وهو لما سوينا إعادة التصميم ما شعرت بالحماس أبداً، وكنت خايفة أن فكرتنا ما راح تكون صحيحة". يتضح من آراء الطالبات أن جدة الطريقة التي تعلمّنّ بها عند تنفيذ المشروع، وليس صعوبته؛ أثرت على حماسهن في العمل على المشروع. لذا، فإن حل هذه المشكلة عند الطالبات تأتي مع الوقت بعد أن يدركن طبيعة طريقة المهندسين في حل المشكلات. ومن الأسباب التي قد تكون أثرت سلبًا على حماس الطالبات تجاه التصميم الهندسي وجود الالتزامات الأكاديمية؛ كالاختبارات التحصيلية، واختبار القدرات، الذي يتطلب من الطالبات الاستعداد لهن من أجل التقديم على الجامعة. فقد أشارت (الطالبة س ا) إلى أن "المشروع لو جاء في وقت بدري كان أفضل، عندنا قدرات وتحصيلي، لو أخذناه في أول أو ثاني ثانوي أفضل". لذا؛ يفضل أن تتعرض الطالبات للتصميم الهندسي في مراحل دراسية مبكرة؛ حتى تكتسبن الخبرة ويصبح التعلُّم لديهن أسهل.

في حين عبّرت بعض الطالبات عن حماسهن أثناء عملية التصميم الهندسي، فذكرت (الطالبة ش س) "كنت متحمسة لإيجاد حلول التصميم"، بل بعض الطالبات وصلت لمرحلة متابعة حسابات في مواقع التواصل الاجتماعي لمهندسين، فعبّرت (الطالبة ل د) "زاد عندي الحماس أكثر وصرت أبي أطبق على مشكلات ثانية تصميم فنادق، أو تصاميم أخرى، صرت أدخل مواقع آراء مهندسين، وصرت أتابع حسابات مهندسين في تويتر، فصارت الخطوة أكثر متعة بعد ما تعمقت فيها". ويتضح مما سبق، كيف اختلفت ردود أفعال الطالبات تجاه مرحلة إعادة التصميم، لكن كان معظمهن يشعرن بالإحباط، وكان ذلك يشكل تحدياً بالنسبة للمعلّمة في السعي والمحاولة للمحافظة على استمرارية حماس الطالبات تجاه مشاريعهن.

مناقشة النتائج

أكدت النتائج أن نموذج التدريس المقترح مد الطالبات بمصادر الفعّالية الذاتية الأربعة: الخبرات المتقنة، والخبرات المماثلة، والاستثارة العاطفية، والإقناع اللفظي، فقد وفّر النموذج للطالبات فرصًا لاكتساب خبرة في التصميم الهندسي، وتحديدًا طريقة تفكير المهندسين في حل المشكلات. ولقد نوه باندورا (Bandura, 1997) إلى أن الخبرات المتقنة هي الطريقة الأكثر فعالية لخلق إيمانٍ قوي بفاعلية الفرد الذاتية. وهذا ما توصلت إليه أيضًا دراسة مارتن (Martin, 2011) أن الخبرات الهندسية الأكثر فاعلية تأتي من العمل في بيئة هندسية، أو ورش عمل هندسية في يوم واحد، أو ممارسة الهوايات هندسية. وأشارت يوشر وزملائها (Usher et al., 2015) إلى أن معظم إجابات الطلاب عن الأسئلة المتعلقة بخبرات الإنجاز الماضية في الهندسة عزز معتقداتهم في فعّاليتهم الهندسية. وكشفت نتائج دراسة روسو (Russo, 2019) أن الطالبات قوّمن فعّاليتهن الذاتية في الهندسة أقل من فعّاليتهن في

العلوم لأن المشروعات الهندسية لا تتم بمعدل كاف كما حدث في العلوم.

ومن مصادر الفعّالية الذاتية التي وفرّها نموذج التدريس المقترح الخبرة المماثلة، من خلال اقتراح إضافة أنشطة عن المهن الهندسية توضح الأهداف التي يسعي المهندسون إلى تحقيقها، والتعرف على الأدوات والتقنيات التي يستخدمها المهندسون أثناء أداء مهامهم. كذلك تبني مبدأ التصميم كممارسة الذي يتطلب أن يعرف الطلاب الممارسات المعرفية التي تعكس طبيعة عمل المهندسين. وهذا ما أشار إليه باندورا (Bandura, 1997) بأن النمذجة تُعلم الملاحظين مهارات واستراتيجيات فعّالة لإدارة المتطلبات البيئية، لأن اكتساب الوسائل الأفضل ترفع من الفعّالية الذاتية المتصورة.

من المعروف في سياقنا الحالي حداثة دراسة تخصص الهندسة بالنسبة للطالبات، فكانت استضافة مهندسة معمارية لها الأثر لدى الطالبات، وهذا ما أكده باندورا (Bandura, 1997) أن تأثير النماذج الاجتماعية على الفعّالية الذاتية بشدة التشابه مع النماذج؛ وكذلك عندما يرى الفرد الآخرين يحققون نجاحًا، يمكن أن يقتنع بأن لديه أيضًا ما يلزم للنجاح. وهذا ما أكدته دراسة يوشر وزملائها (Usher et al., 2015) أن الخبرات المماثلة - كوجود مهندس في العائلة أو أحد الأصدقاء أو متابعة المهندسين عبر وسائل الإعلام (التلفزة أو المجلات) – كانت مصدرًا مؤثرًا للفعّالية الذاتية.

وكذلك من مصادر الفعّالية الذاتية التي وفرّها النموذج الإقناع اللفظي، حيث أشار باندورا (Bandura, 1997) إلى أن الأشخاص الذين يتم إقناعهم شفهيًا يمتلكون القدرات لإتقان أنشطة معينة من المرجح أن يبذلوا جهدًا أكبر ليحافظوا عليها. لذلك كان من إجراءات نموذج التدريس أن تعمل الطالبات في مجموعات تعاونية لإيجاد الحلول، والتأكيد على طبيعة المشكلات الهندسية التي تقبل عدة حلول جميعها صحيحة، ولا يوجد حل أفضل بل حل أنسب حسب متطلبات المستفيدين من التصميم. ولقد نوه باندورا (Bandura, 1997) إلى أن التعزيزات غير الواقعية في الفعالية يتم إحباطها بسرعة من خلال النتائج السلبية لجهود الفرد. وفي هذا البحث ساهمت جلسات الجدل العلمي في نموذج التدريس في حماية الطالبات من التعرض للتعزيز السلبي اللفظي من خلال توفير فرص للمناظرات وتحليل الآراء والادعاءات.

ذكر جاكسون (Jackson, 2015) أنه من الاعتبارات التعليمية في أنشطة التصميم الهندسي، والتي تؤثر في الفعّالية الذاتية للطلاب؛ عمل الطلاب ضمن فرق تعاونية متنوعة في تنفيذ الأنشطة، وتزويدهم بالتغذية الراجعة. وتضيف يوشر وزملائها (Usher et al., 2015) أنه عندما يتبع الخبرة الناجحة تعزيز ومديح فإن ذلك يكسب شعورًا مرنًا بالفعّالية والدافعية، وبالأخص عند تلقي رسائل إيجابية من أشخاص مهمين في حياتهم كالمعلمين والآباء والأصدقاء، وكذلك يُعد طلب المساعدة في المهام الهندسية بين الطلاب تعزيز لثقتهم في قدراتهم الهندسية.

إن من التحديات التي واجهها النموذج عند تطبيقه هو ضعف رغبة الطالبات في إكمال عملية التصميم الهندسي، حيث بدا على الطالبات مشاعر الإحباط بسبب عدم نجاح نماذجهن المبدئية. مع أن نموذج التدريس المقترح سعى لضمان مناسبة التحدي الهندسي لمستوى الطالبات بتبني مبدأ التعلم القائم على التصميم، وذلك بأن تكون أهداف تعلم التصميم الهندسي ذات علاقة بأهداف تعلم الوحدة. كما أن هذا المبدأ يدعم البناء التدريجي للمفاهيم ذات العلاقة بالتصميم. بالإضافة لما سبق فإن فشل النماذج المبدئية من مسلمات عملية التصميم الهندسي.

وقد أشار باندورا إلى أن الاستثارة العاطفية من مصادر الفعّالية الذاتية، ولكنها تعتمد على ردة فعل الأفراد، فمن المرجح أن ينظر الأشخاص الذين يتمتعون بحس عالٍ من الفعالية إلى حالة الإثارة العاطفية الخاصة بهم على أنها عامل مُيسِّر منشط للأداء، في حين أن أولئك الذين تحاط بهم الشكوك الذاتية يعدون استثارتهم شيئاً منهكاً (Bandura, 1997). ويرى جوناسين (Jonassen, 2011) أن الطلاب الذين يتعرضون للإحباط عند حل المشكلات المعقدة يكون فهمهم أعمق، لأن الفشل المنتج يؤدي إلى تعلُم أفضل لحل المشكلات. ومن جانب أخر ذكرت يوشر وزملاؤها (Usher et al., 2015) أن حالات الفشل تقوض الفعّالية، خاصةً إذا حدثت الإخفاقات قبل أن يتم ترسيخ الإحساس بالفعالية، وفي المقابل إذا حقق الأشخاص نجاحات سهلة فقط، فإنهم يتوقعون نتائج سريعة ويسهل تثبيط عزيمتهم. ولقد توصلت روسو (Russo, 2019) من دراستها إلى أن سبب مشاركة الطالبات في المهام الهندسية لأنها كانت تمثل تحديًا، وتتضمن أنشطة يدوية، وتتطلب التفكير والتأمل فيما تعلمن، وعلاوة على ذلك اتفقت المعلمات على أن طالباتهن شاركن في دروس الهندسة مع أن المهام الهندسية يصعب تدريسها.

ويمكن ان تستثمر مشاعر الإحباط لتكون حافزاً للمثابرة والوصول إلى الإحساس بمشاعر الإنجاز المميز، وهذا ما أشارت إليه دراسة شنك وباجارس (Schunk & Pajares, 2010) بأنه حتى يتمتع الطلاب بمشاعر إيجابية تزيد من الفعّالية الذاتية لديهم ينبغي أن يعملوا في أنشطة تتميز بتحدي قدراتهم بما يكفي لتنشيطهم، وليست صعبة لدرجة أنها تشل تفكيرهم. لذا ترى يوشر وزملاؤها (Usher et al., 2015) أن على المعلمين التفكير بعناية في كيفية إدراك الطلاب للعمل الذي يقومون به، وقد يكون التحقق من مستوى الإجهاد الذي يتحملونه أداة مفيدة لمساعدة المعلمين على تفصيل التعليمات بطريقة فعالة.

التوصيات

بناء على ما توصل إليه البحث من نتائج، فإنه يوصي بالآتي:

- تعريض الطالبات للخبرات الهندسية بتطوير أنشطة هندسية تدعم المفاهيم العلمية في كتب الفيزياء، وتوضيح كيف يفكر العلماء وكيف يفكر المهندسون عند حل المشكلات.
- تطوير كتب العلوم بإضافة فقرة التوعية بالمهن الهندسية.
- تشجيع الطالبات على ممارسة الأنشطة في حصص العلوم ضمن فرق تعاونية وتزويدهن بالتغذية الراجعة المناسبة على أدائهن.
- يمكن للمعلمات توعية الطالبات بأن فشل النماذج العلمية تُعد من صور النجاح لأن الفشل المنتج يؤدي إلى تعلُّم أفضل لحل المشكلات.

الدراسات المقترحة

بناء على ما توصل إليه البحث من نتائج، فإنه يقترح مواصلة البحث بدراسات تستهدف الكشف عن:

- محددات بناء تحديات هندسية في كتب الفيزياء.
- تأثير النماذج الاجتماعية على اختيار المهنة لدى الطالبات.
- العلاقة بين مستوى تعقيد التحدي الهندسي ومستوى الاجهاد الذي تتحمله طالبات المرحلة الثانوية عند إيجاد الحلول الهندسية.

References

Al-Baalbaki, Munir, Al-Baalbaki, Ramzi. (2008). *The Modern Resource*. Dar Al-Ilm Lil-Malayin.

Al-Baalbaki, Ruhi. (1995). *Al-Mawrid Dictionary - Arabic/English*. Dar Al-Ilm Lil-Malayin.

Al-Dosari, Mashael & Alshaya, Fahad. (2023- b). 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.

Al-Dosari, Mashael & Alshaya, Fahad. (2023-a). A Proposed Physics teaching model at secondary schools based on argument-driven engineering design. *Journal of Studies Curricula and Teaching Methods*, 261, 67-116.

Al-Ghani. (n.d.). Efficiency. *In the dictionary of the algani*. Retrieved Aug 12, 2022 from https://www.almaany.com/ar/dict/ar-ar.

Ali, Mohamed El-Sayed. (2011). *Encyclopedia of Educational Terms*. Dar Al-Masirah for Printing and Publishing.

Al-Khatib, Mona Faisal (2016). The effect of using task-based-learning strategy in development of achievement, scientific argument skills and attitude toward methods of teaching special needs for the student teacher. *International Specialized Educational Journal*, 5(10), 122-148.

Almaeani. (n.d.). Efficiency. *In the comprehensive almaeani*. Retrieved in Aug 12, 2022 from https://www.almaany.com/ar/dict/ar-ar.

Al-Omar, Abdulaziz bin Saud. (2007). *Language of educators*. Gulf Arab States Bureau of Education.

Al-Salamat, Muhammad Khair Muhammad. (2018). The effect of teaching physics using the Jigsaw strategy on developing scientific sense and perceived self-efficacy among first-year secondary school students. *Zarqa Journal of Research and Humanities*, 18(3), 441-455.

Al-Shawareb, Iyad., Saada, Faiza & Al-Nasraween, Moein. (2018). The level of creative thinking in solving the future problems and its relation to the self - perceived competence of the first grade students in Jordan. *An-Najah University Journal for Research*, 32(9), 1777-1802.

Al-Youssef, Rami Mahmoud & Al-Balawi, Hind Salim. (2019). The effect of a training program based on the Trivinger model for creative problem solving in developing the perceived self-efficacy of first-year secondary school female students in Tabuk city in the Kingdom of Saudi Arabia. *Educational Sciences Studies - University of Jordan*, 46, 117-132.

Al-Zaghloul, Imad. (2003). *Learning Theories*. Dar Al-Sharq.

Arabic language almueasir. (n.d.). Effectiveness. In the Dictionary of Arabic language almueasir. Retrieved on Aug 12, 2022 from : https:// www.almaany.com/ar/dict/ar-ar.

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*. Stanford University. W.H. Freeman & Company.

Barouk, Imad., Al-Zoubi, Ali & Jawarneh, Tariq. (2021). The effectiveness of employing the educational scaffolding strategy in teaching mathematics in improving self-efficacy among secondary school students in Jordan. *Jordan Journal of Educational Sciences*, 18(2), 319-329

Byars-Winston, A., Diestelmann, J., Savoy, J. N. & Hoyt, W. T. (2017). Unique effects and moderators of effects of sources on self-efficacy: A model-based meta-analysis. *Journal of Counseling Psychology,* 64(6), 645.

Cambridge University Press. (n.d.). *Effectiveness. In Cambridge dictionary*. Retrieved Aug 12, 2022 from: https:// dictionary.cambridge.org/dictionary/english/effectiveness?q=Effectiveness.

Cambridge University Press. (n.d.). *Efficacy. In Cambridge dictionary*. Retrieved Aug 12, 2022 from: https://dictionary. cambridge.org/dictionary/english/efficacy?q= Efficacy.

Cambridge University Press. (n.d.). *Efficiency. In Cambridge dictionary*. Retrieved on: Aug 12, 2022. From: https://dictionary.cambridge.org/ dictionary/english/efficiency?q=Efficiency.

Carberry, A., Ohland, M. & Hee-Sun, L. (2009, Jun 14-17). *Developing an instrument to measure engineering design self efficacy*. 2009 Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education, Texas, USA.

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

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

Jackson, A. M. (2015). *Instructional design considerations promoting engineering design self-efficacy*. Master of Science, Purdue University. ProQuest Dissertations Publishing.

Jonassen, D. H. (2011). *Design problems for secondary students*. https://digitalcommons. usu.edu/ncete_publications.

Lodico, Marguerite G., Spaulding, Dean T. & Voegtle, Katherine H. (2010). *Methods in educational research: from theory to practice (2nd ed)*. Jossey-Bass.

Major, J. C. & Kirn, A. (2016, Jun 26-29). *Engineering design self-efficacy and project-based learning: How does active learning influence student attitudes and beliefs?* presented paper. 2016 ASEE Annual Conference & Exposition American Society for Engineering Education-ASEE, New Orleans.

Martin, B. R. (2011). *Factors influencing the self-efficacy of black high school students enrolled in PLTW pre-engineering courses*. Doctoral dissertation, Capella University. ProQuest Dissertations Publishing.

Merriam- Webster. (n.d.). Efficacy. In *Merriam-Webster.com dictionary*. Retrieved August 16, 2022, from: https://www.merriam-webster.com/dictionary/efficacy.

Merriam-Webster. (n.d.). Effectiveness. In *Merriam-Webster.com thesaurus*. Retrieved August 16, 2022, from https://www.merriam-webster.com/thesaurus/effectiveness.

Merriam-Webster. (n.d.). Efficiency. In *Merriam-Webster.com thesaurus*. Retrieved August 16, 2022, from: https://www.merriam-webster. com/thesaurus/efficiency.

Oxford University Press. (2005). *Oxford Word power*. Oxford University Press.

Russo, J. (2019). *The perceptions of female high-school students regarding their engineering self-efficacy*. Doctoral Dissertation, Concordia University. ProQuest Dissertations publishing.

Schunk, D. H. & Pajares, F. (2010). Self-efficacy beliefs. *International Encyclopedia of Education*, 668- 672.

Shahata, Hassan & Al-Najjar, Zainab. (2003). *Dictionary of Educational and Psychological Terms*. The Egyptian Lebanese House.

Sheu, H., Lent, R., Miller, M., Penn, L., Cusick, M. & Truong, N. (2018). Sources of self-efficacy and outcome expectations in science, technology, engineering, and mathematics domains: A meta-analysis. *Journal of Vocational Behavior* 109, 118–136.

Usher, E., Mamaril, N., Li, C., Economy, D., & Kennedy, M. (2015, Jun 14- 17). *Sources of self-efficacy in undergraduate engineering* [presented paper]. 2015 ASEE Annual Conference & Exposition American Society for Engineering Education-ASEE, Washington. USA.

Word Reference. (n.d.). Efficacy. In *Word Reference. com*. Retrieved Aug 12, 2022 from https://www.wordreference.com/enar/Efficacy

Word Reference. (n.d.). Efficiency. In *Word Reference. com*. Retrieved Aug 12, 2022 from https://www.wordreference.com/enar/Efficiency.

Zimmerman, B.J. (1989). A social cognitive view of self- regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81, 329- 339.