فاعلية التعلم القائم على منحى (STEM-Robotics) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين في سلطنة عمان

The Effectiveness of Robotics-Integrated STEM Learning (STEM-Robotics) in Developing Scientific and Engineering Practices among Gifted Students in the Sultanate of Oman

أسمهان الخروصية[1،*]، علي الشعيلي[2]، عبد الله أمبوسعيدي[3]، حسين الخروصي[4]

[1] جامعة السلطان قابوس (سلطنة عمان)، s125176@student.squ.edu.om

[2] جامعة السلطان قابوس(سلطنة عمان)، alshuaili@squ.edu.om

[3] جامعة السلطان قابوس(سلطنة عمان)، amdusaidi40@hotmail.com

[4] جامعة السلطان قابوس(سلطنة عمان)، hussein5@squ.edu.om

تاريخ الاستلام:23-05-2026 تاريخ القبول: 15-07-2026 تاريخ النشر : 30-09-2026

ملخص: هدفت الدراسة الحالية إلى الكشف عن فاعلية التعلم القائم على منحى (STEM-Robotics) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين في سلطنة عمان. اتبعت الدراسة المنهج الكمي باستخدام التصميم شبه التجريبي ذي المجموعة الواحدة، تكونت عينة الدراسة من (28) طالبا وطالبة من طلبة الصفين الثامن والتاسع، وتم استخدام مقياس الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة. أظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين التطبيق القبلي والبعدي للمقياس لصالح التطبيق البعدي وبحجم أثر كبير في الممارسات العلمية الهندسية الثمانية. أدى دمج الروبوتات ضمن منحى STEM-Robotics إلى اكتساب الطلبة ممارسات العلماء والمهندسون في حل تحديات واقعية عبر أنشطة إثرائية من خلال تصميم وبرمجة روبوتات تؤدي مهام وظيفية محددة، وعلى ذلك أوصت الدراسة بتكييف أنشطة تعلم مادة العلوم وفق التعلم القائم على دمج الروبوتات، واقترحت إجراء المزيد من البحوث لدراسة الفروق بين ممارسات الطلبة الموهوبين وأقرانهم من الطلبة الاعتياديين وربطها بمتغيرات أخرى.

الكلمات المفتاحية: منحى STEM-Robotics؛ ممارسات علمية وهندسية؛ تصميم هندسي؛ طلبة موهوبين.

Abstract: This study examined the effectiveness of STEM-Robotics–based learning in developing scientific and engineering practices among gifted students in the Sultanate of Oman. Employing a quantitative one-group quasi-experimental design, the study involved 28 gifted male and female students from Grades 8 and 9. The Scientific and Engineering Practices Scale was administered before and after the intervention. The findings revealed statistically significant differences between pre- and post-test scores in favor of the post-test, with a large effect size across the eight scientific and engineering practices. The integration of robotics within the STEM-Robotics approach enabled students to engage authentically in scientific inquiry and engineering design through enrichment activities involving robot design and programming to address real-world challenges. The study recommends integrating robotics-based activities into science education and conducting further research examining scientific and engineering practices among gifted and non-gifted students across additional variables.

Keywords: STEM-Robotics Approach; Scientific and Engineering Practices; Engineering Design; Gifted Student.

*المؤلف المراسل:

1- مقدمة

يُمثّل الاهتمام بالطلبة الموهوبين استجابةً استراتيجية للتحولات المعرفية والتقنية المتسارعة، إذ باتت تنمية القدرات العلمية والهندسية لهؤلاء الطلبة ركيزة أساسية لبناء رأس مال بشري مبدع يدعم الابتكار والتنمية المستدامة. وفي هذا الإطار، تُعد بيئات التعلم القائمة على STEM مدخلًا فاعلًا لاستثمار طاقات الموهوبين، من خلال تنمية التفكير العلمي والهندسي وربط المعرفة النظرية بتطبيقاتها الواقعية، بما يسهم في إعداد جيل قادر على مواجهة التحديات المعاصرة والمشاركة الفاعلة في مستقبل المجتمع .

وقد أسهمت الثورة المعلوماتية في بروز توجه تربوي قائم على تكامل المعرفة وتداخل التخصصات، ويُعد منحى STEM أحد أبرز تجلياته المعاصرة، لما يوفره من ربط فاعل بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي. وفي هذا الإطار، يبرز منحى STEM–Robotics بوصفه مدخلًا تطبيقيًا يعزز توظيف الممارسات العلمية والهندسية في سياقات تعليمية واقعية، ويتسق مع توجهات معايير العلوم للجيل القادم في الولايات المتحد الأمريكية (Next Generation Science Standards – NGSS) التي تؤكد تنمية التفكير العلمي، والنمذجة، والاستدلال المبني على الأدلة (NGSS Lead States, 2013)، بما يسهم في إعداد متعلمين قادرين على الإبداع والاستجابة لمتطلبات الثورة الصناعية الرابعة.

وفي امتدادٍ لهذا التوجه القائم على تكامل المعرفة والتطبيق، تبرز الروبوتات التعليمية بوصفها مدخلًا تطبيقيًا يعزّز مبادئ تعليم STEM، ويجسّد الانتقال من التعلم القائم على التلقي إلى التعلم القائم على الممارسة والتجريب. إذ تتيح الروبوتات بيئات تعلم ثرية يُوظّف فيها الطلبة المفاهيم العلمية والهندسية والتكنولوجية في مواقف واقعية، بما يسهم في تنمية مهارات التفكير النقدي، وحل المشكلات، والعمل التعاوني. وتؤكد الأدبيات الحديثة أن قيمة الروبوتات التعليمية تكمن في قدرتها على دعم التعلم النشط القائم على الخبرة، من خلال تمكين المتعلمين من اختبار فرضياتهم، وتحليل نتائج أدائهم، وتحسين حلولهم عبر دورات متكررة من المحاولة والتعديل (Atmatzidou & Demetriadis, 2016; Anwar et al., 2019).

وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن الروبوتات التعليمية تُسهم في رفع الدافعية وتحسين مستويات الانخراط، إلى جانب تعزيز الإبداع والميول نحو التخصصات العلمية لدى الطلبة، بما في ذلك الطلبة الموهوبون الذين يُظهرون استجابة قوية لبيئات التعلم التفاعلية القائمة على الروبوتات (Kucuk & Sisman, 2020; Ouyang & Xu, 2024). كما تُظهر الأبحاث أن الروبوتات تتيح تعلمًا حسيًا قائمًا على التجربة العملية، وتوفر سياقًا متكاملاً لمعالجة مفاهيم متعددة التخصصات ودعم الكفاءات المستقبلية مثل التفكير الحاسوبي والهندسي (Jung & Won, 2018; You, Chacko, & Kapila, 2019).

لقد جرى توظيف الروبوتات التعليمية في تعليم STEM عبر مداخل تدريسية متعددة، من أبرزها التعلّم القائم على المشروعات، والتصميم الهندسي، والتفكير التصميمي، لما تتيحه من أطر منهجية لحل المشكلات وبناء النماذج واختبارها وتحسينها بصورة تكرارية. وقد أكدت دراسات حديثة فاعلية دمج الروبوتات ضمن هذه المداخل في تنمية مهارات حل المشكلات والتعلم التجريبي واتخاذ القرار القائم على الأدلة لدى الطلبة (Coufal, 2022; Lai & Cheng, 2023; Tramonti, Longo, & Dini, 2023). كما تشير المراجعات الكمية المعاصرة أن أثر الروبوتات التعليمية في تعلم STEM يتاثر بطبيعة الاستراتيجية التدريسية، ومستوى دعم المعلم، ومدة التدخل (Ouyang & Xu, 2024). وبناءً على ذلك، اعتمدت الدراسة الحالية مراحل التفكير التصميمي إطارًا إجرائيًا

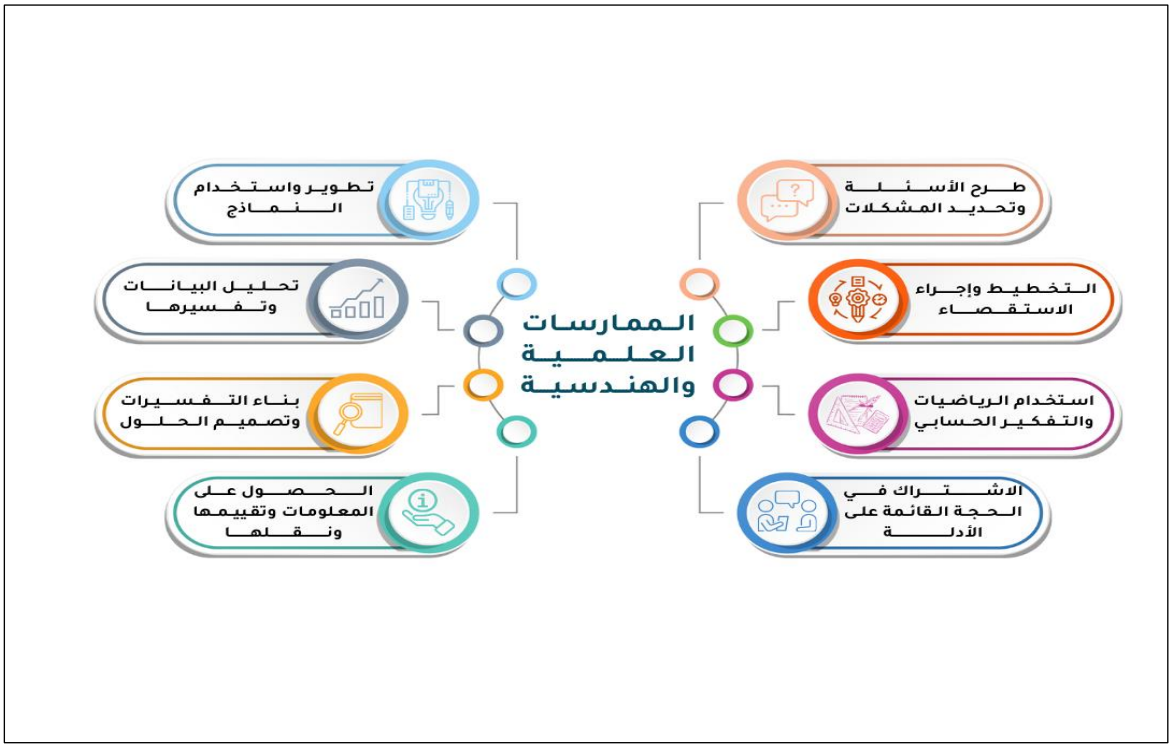
لتنفيذ أنشطة STEM–Robotics. ويوضح الشكل (1) مراحل التفكير التصميمي Stanford University (d.school, 2018).



شكل (1) : مراحل التفكير التصميمي

وفي إطار الاهتمام بالطلبة الموهوبين تحديدًا، تشير الأدلة إلى فعالية البرامج القائمة على التكامل بين الروبوتات وعمليات التصميم الهندسي في تنمية الإبداع، والمرونة المعرفية، ومهارات حل المشكلات. فقد بينت الدراسات الحديثة أن الطلبة الموهوبين يُظهرون قدرة عالية على استثمار التعلم المعزز بالروبوتات، ويتمتعون بدافعية ذاتية وتعلم مستقل وسريع، إلى جانب ميل واضح للتعاون عند توفر مهام معقدة (Sen, Ay, & Kiray, 2021). كما أظهرت البحوث أن دمج الروبوتات ضمن تعليم STEM يوسع فرص التعلم العميق لدى الطلبة الموهوبين، ويُكسبهم مهارات التفكير الحسابي والهندسي بصورة عملية وممتدة (Angeli et al., 2016).

وقد أسّس المجلس القومي للبحوث في الولايات المتحدة الأمريكية لهذا المفهوم ضمن إطار تعليم العلوم من الروضة حتى الصف الثاني عشر، مؤكدًا أن الممارسة العلمية تتجاوز المهارة الإجرائية لتشمل أبعادًا معرفية واجتماعية ومادية (National Research Council, 2012). واعتمدت معايير العلوم للجيل القادم (NGSS) هذا التوجه ضمن إطارها ثلاثي الأبعاد، حيث تشكّل الممارسات العلمية والهندسية أحد أبعاده الرئيسة، بما يعكس دورها في بناء تعلم علمي عميق وتنمية الكفاءة في محو الأمية العلمية عبر مراحل التعليم المختلفة (NGSS Lead States, 2013b). ويوضح الشكل (2) الممارسات العلمية والهندسية الثمان التي تتضمنها معايير العلوم للجيل الجديد.



الشكل (2): الممارسات العلمية والهندسية بتصرف من (National Research Council, 2012)

تُعد الممارسات العلمية والهندسية أحد المرتكزات الرئيسة في تعليم العلوم الحديث، إذ تمثل جوهر التعلم القائم على الاستقصاء والتصميم وحل المشكلات. وانطلاقًا من الإطار المفاهيمي الذي قدّمه المجلس القومي للبحوث (NRC)، يقدّم الجدول (1) عرضًا موجزًا للممارسات العلمية والهندسية الثماني، موضحًا جوهر كل ممارسة ودورها في دعم تعلم علمي عميق وتطبيقي، بما يشكّل مرجعًا تنظيميًا يُستند إليه في بناء أدوات الدراسة وتحليل نتائجها (محمد، 2022).

جدول (1) توصيف الممارسات العلمية والهندسية

الممارسة	التوصيف
طرح الأسئلة وتحديد المشكلات	صياغة أسئلة علمية قابلة للاختبار وتحديد مشكلات قابلة للاستقصاء أو الحل الهندسي.
تطوير النماذج واستخدامها	توظيف النماذج المادية والتمثيلات التجريدية لشرح الظواهر وإظهار العلاقات داخل الأنظمة.
تخطيط الاستقصاء وتنفيذه	تصميم وتنفيذ استقصاءات علمية متنوعة لاختبار الفرضيات وجمع الأدلة.
تحليل البيانات وتفسيرها	تنظيم البيانات وتمثيلها لاكتشاف الأنماط والعلاقات وتفسير النتائج علميًا.
استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي	تطبيق الأدوات الرياضية والحاسوبية في بناء النماذج وتحليل الظواهر ودعم التفسير.
بناء التفسيرات وتصميم الحلول	تقديم تفسيرات علمية منطقية أو تصميم حلول هندسية فعّالة للمشكلات.
الاشتراك في الحجة القائمة على الأدلة	الدفاع عن التفسيرات أو الحلول بالاستناد إلى الأدلة ومقارنة البدائل نقديًا.
الحصول على المعلومات وتقييمها ونقلها	البحث في المصادر العلمية، وتقييم موثوقيتها، والتواصل الواضح بالنتائج.

يتضح مما سبق أن الممارسات العلمية والهندسية تمثل ركيزة أساسية في تعليم العلوم المعاصر، إذ تتجاوز اكتساب المعرفة إلى تنمية كفاءات متكاملة تشمل التحليل، والتفسير، والتصميم، وبناء الحجج القائمة على الأدلة، والتواصل العلمي. ويسهم دمج هذه الممارسات في بيئات التعلم في تمكين الطلبة من فهم العلم والهندسة بوصفهما

عمليتين مترابطتين للاستقصاء وحل المشكلات، بما يعزز التفكير النقدي والإبداعي واتخاذ القرار الواعي. كما يدعم تنميتها المتدرجة عبر المراحل الدراسية نموًا معرفيًا ومهاريًا تراكميًا، ويؤكد توجه المعايير الحديثة على إبراز تعلم الطلبة من خلال ممارساتهم العلمية والهندسية وتطبيق المعرفة في سياقات واقعية.

ينطلق التوجّه نحو توظيف مداخل تعليمية مبتكرة، مثل STEM–Robotics، من الهدف الرابع من أهداف التنمية المستدامة الذي يؤكد على ضمان تعليمٍ نوعيٍّ وشامل، وتعزيز فرص التعلّم مدى الحياة، وبناء القدرات البشرية القادرة على الإبداع والابتكار والمنافسة في مجتمعات المعرفة (UNESCO, 2016). ويتجسّد هذا التوجّه على المستوى الوطني في رؤية عُمان 2040، ولا سيما في محور الإنسان والتنمية، الذي يركّز على تنمية المواهب البشرية وخلق قدرات تنافسية مستدامة (وحدة متابعة تنفيذ رؤية عُمان، 2020)،. وفي هذا السياق، يُعدّ التعليم القائم على المشروعات، وعمل التصاميم الهندسية، ومن بينها الروبوتات التعليمية من المداخل الفاعلة التي تسهم في تنمية التفكير لدى المتعلمين، وتعزيز مواهبهم، وبناء قدراتهم المعرفية والمهارية، من خلال انخراطهم في مواقف تعلم تطبيقية تتيح التحليل، والتجريب، وحل المشكلات، واتخاذ القرار، بما يدعم إعدادهم للمشاركة الفاعلة في الاقتصاد القائم على المعرفة. وفي هذا الإطار، شهدت سلطنة عُمان تطورًا مؤسسيًا ملحوظًا في رعاية الموهوبين، من خلال تطوير هياكل متخصصة وبرامج إثرائية وطنية، مثل STEM OMAN وبرامج الابتكار والأولمبياد العلمي، بما يعكس توجهًا استراتيجيًا نحو تعزيز رأس المال البشري المبدع، ومواءمة التعليم المدرسي مع متطلبات الاقتصاد المعرفي والتنافسية العالمية (وزارة التعليم، 2022؛ 2024).

تركّز الدراسة الحالية على الممارسات العلمية والهندسية بوصفها بُعدًا مفاهيميًا محوريًا في تعليم STEM، ولا سيما في سياق تعليم الطلبة الموهوبين. ويُنظر إلى هذه الممارسات على أنها تمثّل نمطًا من التعلم القائم على الفعل والتفكير معًا، حيث ينخرط المتعلم في أنشطة العلماء والمهندسين من خلال الاستقصاء، والتصميم، وبناء النماذج، وتفسير البيانات، واتخاذ القرارات المبنية على الأدلة.

تُظهر الأدبيات الحديثة عن الروبوتات التعليمية في سياقات STEM اتساقًا واضحًا في نتائجها، وتشير المراجعات المنهجية الحديثة في تعليم STEM إلى وجود أثر إيجابي عام لدمج الروبوتات التعليمية في تنمية نواتج تعلم متعددة، مع تباين هذا الأثر تبعًا لجملة من العوامل التعليمية والسياقية. ففي مراجعة منهجية للدراسات التجريبية في تعليم STEM، قام أويانغ وشو (Ouyang & Xu, 2024) بتحليل وتصنيف نتائج البحوث وفق متغيرات التدخل التعليمي، مثل استراتيجية التدريس، ودعم المعلم، ومدة التطبيق، ونوع الروبوت، ومستوى المتعلمين، وخلصا إلى أن فاعلية الروبوتات التعليمية ترتبط بدرجة كبيرة بجودة تصميم التعلم والاستراتيجية التدريسية المصاحبة، أكثر من ارتباطها بالأداة التقنية ذاتها. كما خلصت المراجعة المنهجية التي قدّمها دارماوانسه وآخرون (Darmawansah, Hwang, Chen, & Liang, 2023) إلى أن الاتجاهات البحثية الحديثة في STEM تركز بصورة متزايدة على التكامل بين الممارسات العلمية والهندسية والتفكير الحاسوبي ضمن سياقات تعلم قائمة على المشروعات. وتدعم هذه النتائج ما توصلت إليه مراجعة تشانغ، لوو، تشو، وبين (Zhang, Luo, Zhu, & Yin, 2021) التي أكدت أن الروبوتات التعليمية تعزز مهارات التفكير العليا واتجاهات الطلبة نحو STEM عندما تُدمج في أنشطة تتطلب التصميم، والتجريب، والتحسين المتكرر.

تكشف مراجعة الأدبيات المعاصرة أن توظيف الروبوتات التعليمية في تعليم STEM حظي باهتمام بحثي، غير أن هذا الاهتمام انصرف في الغالب إلى قياس جوانب تعلم محددة أو مهارات منفصلة، دون معالجة متكاملة

لتنمية الممارسات العلمية والهندسية بوصفها بُعدًا بنيويًا في تعلم العلوم. كما يلاحظ محدودية الدراسات التجريبية التي استهدفت هذه الممارسات لدى الطلبة الموهوبين، ولا سيما في السياق العربي والعُماني. ومن ثم، تأتي الدراسة الحالية لتقصّي فاعلية برنامج STEM–Robotics في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين في سلطنة عُمان.

1.1- مشكلة الدراسة وسؤالها

رغم التوجه العالمي المتزايد نحو تطوير تعليم العلوم بما يعزز تنمية الكفايات العلمية والهندسية، تشير التقارير الدولية إلى أن توظيف الطلبة للممارسات العلمية والهندسية وربط المعرفة النظرية بتطبيقاتها العملية ما يزال دون المستوى المأمول (NASEM, 2023) . وقد أظهرت دراسات حديثة أن ضعف دمج هذه الممارسات في تدريس العلوم يؤدي إلى فجوة بين التعلم النظري ومتطلبات الأداء في المواقف الواقعية، ويحدّ من تنمية الفهم العميق ومهارات التفكير العليا والابتكار لدى الطلبة (Darmawansah et al., 2023).

وفي السياق العُماني، تؤكد فلسفة التعليم على أهمية مراعاة خصائص المتعلمين واحتياجاتهم عند تطوير المناهج والبرامج التعليمية بما يحقق نماءهم المعرفي والمهاري (مجلس التعليم، 2017). كما أبرزت دراسات محلية أهمية توظيف التقنيات الحديثة في تحسين تعليم الطلبة، وهو ما يتسق مع التوجه نحو دمج التكنولوجيا في تعليم STEM، ولا سيما من خلال الروبوتات التعليمية (المجيني، 2022)، التي أكدت الأدبيات والمؤتمرات الدولية فاعليتها في تعزيز التعلم العلمي والهندسي (Jäggle, Vincze, Weiss, Koppensteiner, Lepuschitz, & Merdan, 2019).

وانطلاقًا من خبرة الباحثين، كشفت الممارسات الميدانية ومسح استطلاعي شمل معلمين، ومختصين، وطلبة من الصفوف (8–10) عن ضعف في امتلاك الممارسات العلمية والهندسية، ومحدودية معرفة الطلبة بمنحى STEM، وقلة خبرة المعلمين في استخدام الروبوتات التعليمية، إلى جانب تحديات تتعلق بضيق الوقت ونقص الأدوات والتأهيل المتخصص، رغم اتفاق المختصين على فاعلية الأنشطة القائمة على تكامل STEM مع الروبوتات.

وعليه ارتأى الباحثون سبر غور هذه المشكلة واستقصاء أثر تدخل تعليمي على الممارسات العلمية والهندسية لدى المتعلمين، وبرزت هذه الدراسة التي تمثلت في الحاجة إلى تجريب تدخل تعليمي قائم على تكامل STEM مع الروبوتات يهدف إلى تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة، ولا سيما الموهوبين، ضمن إطار تعليمي منظم يسهم في تضييق الفجوة بين التعلم النظري والتطبيقي، ويوفر بيئات تعلم محفزة ومرتبطة بسياقات واقعية. وانطلاقًا من ذلك، تسعى الدراسة الحالية إلى تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين من خلال تبنّي نموذج تعلّم يتكامل في مراحله وخطواته مع الممارسات الثماني الواردة في معايير NGSS ، وذلك عبر تطبيق التعلم القائم على منحى (STEM–Robotics) ، وفي إطار هذا التوجّه، تتناول الدراسة السؤال الرئيس الآتي:

"ما فاعلية التعلم القائم على منحى (STEM–Robotics) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين ؟")

2.1– فرضية الدراسة

افترضت الدراسة الحالية الفرضية الصفرية الآتية:

- لا يوجد فرق دال إحصائيا عند مستوى ($\alpha = 0.05$) في الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين بين متوسط درجاتهم في القياس القبلي والقياس البعدي.

3.1- أهداف الدراسة

هدفت الدراسة الحالية إلى التعرف على فاعلية التعلم القائم على منحى (STEM-Robotics) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين

4.1- أهمية الدراسة

تتمثّل الأهمية النظرية للدراسة الحالية في الآتي:

- إثراء الأدب التربوي في مجال تعلم العلوم وتعليمها من خلال تقديم إضافة علمية تتعلق بتنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين.
- توسيع فهم السياق الهندسي لتوظيف الروبوتات في تعلم العلوم، وتسليط الضوء على دور التكامل بين STEMوالروبوتات في تعزيز مهارات الاستقصاء والتصميم الهندسي.
- دعم الاتجاهات الحديثة في تعليم العلوم القائمة على الممارسات، وتوجيه الباحثين نحو تبنّي أطر تربوية تدمج التعلم القائم على الروبوتات ضمن التطبيقات الهندسية.

الأهمية التطبيقية للدراسة

تتجلّى الأهمية التطبيقية للدراسة فيما يأتي:

- توفير أداة مقنَّنة لقياس الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة، تتمثل في مقياس شامل للممارسات الثماني، قابل للاستخدام في البيئات العربية بمختلف سياقاتها التعليمية.
- تقديم نموذج وظيفي للعاملين في الحقل التربوي –من معلمين ومشرفين ومطوري مناهج– يوضح كيفية دمج الروبوتات في تعليم العلوم ضمن سياق هندسي يعزز التعلم النشط ويطوّر الممارسات العلمية والهندسية داخل الحصص الدراسية.
- الإسهام في تحسين الممارسات الصفية من خلال تزويد المعلمين بأساليب تطبيقية لربط المحتوى العلمي بالأنشطة التصميمية التي تعتمد على الروبوتات، بما يدعم مهارات القرن الحادي والعشرين لدى الطلبة الموهوبين.

5.1- مصطلحات الدراسة

الفاعلية: مدى قدرة البرنامج على تحقيق الأهداف المخططة وإحداث التغير المرغوب في نواتج التعلم أو السلوك الفعلي لدى المتعلمين، بما يعكس اتساق المخرجات مع الأهداف التعليمية وتأثير التدخل في السياق التعليمي الواقعي (Rossi, Lipsey, & Henry, 2019, pp. 33–37).

منحى (STEM): مدخل تعليمي قائم على التكامل البنائي بين مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، بحيث تُدرَّس بصورة مترابطة ضمن مهام تعلم حقيقية تتطلب الاستقصاء، والتفكير النقدي، والتصميم الهندسي، مما يُمكّن المتعلمين من تطبيق المعرفة بصورة وظيفية داخل سياقات حياتية ومهنية مستقبلية (Bybee, 2013, p. 10) .

الممارسات العلمية والهندسية (Scientific Engineering Practices): هي مجموعة من الأنشطة التي يستخدمها العلماء والمهندسون لفهم الظواهر الطبيعية أو تصميم حلول للمشكلات، وتشمل

الاستقصاء، وبناء النماذج، وتحليل البيانات، واستخدام الأدلة في التفسير والتصميم (National Research Council, 2012).

ويقصد بالممارسات العلمية والهندسية إجرائيًا : بأنها الدرجة التي يظهر بها الطلبة الموهوبون أداءً فعليًا في الممارسات الثماني الواردة في معايير العلوم للجيل القادم (NGSS)، وتشمل: طرح الأسئلة وتحديد المشكلة، و تطوير النماذج واستخدامها ، وتخطيط الاستقصاءات وتنفيذها، وتحليل البيانات وتفسيرها، واستخدام الرياضيات والتفكير الحسابي، وبناء التفسيرات وتصميم الحلول، والمشاركة في في الجدل القائم على الأدلة، والحصول على المعلومات وتقييمها وتبادلها. ويتم قياس هذه الممارسات من خلال مقياس الممارسات العلمية والهندسية المعد لذلك، والذي يتكون من مؤشرات أداء مرتبطة بكل ممارسة، وتُقاس استجابات الطلبة عليه باستخدام مقياس ليكرت الثلاثي بهدف تحديد مستوى امتلاكهم لهذه الممارسات قبل تطبيق برنامج STEM–Roboticsوبعده.

الطلبة الموهوبون (Gifted Student): عرفهم رينزولي (Renzulli, 2012) بأنهم: الطلبة الذين يظهرون أو لديهم القدرة على إظهار مستويات عالية من الإنجاز مقارنة بأقرانهم من نفس العمر أو الخبرة أو البيئة، ويحتاج هؤلاء الطلبة إلى خدمات وبرامج تعليمية متمايزة تفوق ما يُقدم عادة في المناهج الدراسية العادية لتلبية احتياجاتهم التعليمية. وعرفت وزارة التعليم (2024) الطلبة الموهوبين بأنهم "الطلبة الذين لديهم استعدادات وقدرات استثنائية تميزهم عن بقية أقرانهم، والمحققين مستويات عالية من الإنجاز في واحد أو أكثر من المجالات التي يحددها المختصون ويقدرها المجتمع، كالمجال العلمي، والأدبي، والفني، والرياضي، والموسيقي وغيرها من المجالات، وهم بذلك بحاجة إلى رعاية خاصة لتطوير قدراتهم والاستثمار فيها" (ص 1).

2- الطريقة والإجراءات

1.2- منهجية الدراسة

استخدمت الدراسة الحالية المنهج الكمي ذي التصميم شبه التجريبي للمجموعة الواحدة ذات القياس القبلي والبعدي (One–Group Pretest–Posttest Design) ، وذلك لملاءمته لطبيعة الدراسة وأهدافها، التي تركز على تقصّي فاعلية تدخل تعليمي إثرائي متخصص قائم على منحى STEM–Robotics موجّه لفئة محددة من الطلبة الموهوبين. ويُعد هذا التصميم مناسبًا في الدراسات التربوية التي يصعب فيها توفير مجموعة ضابطة مكافئة، سواء لأسباب تنظيمية أو أخلاقية، أو لارتباط التدخل ببرنامج إثرائي نوعي يُقدَّم لمجموعة محددة وفق معايير اختيار رسمية (Creswell & Creswell, 2018).

كما أن اعتماد تصميم المجموعة الواحدة ينسجم مع طبيعة البرامج الإثرائية للطلبة الموهوبين، التي تُنفّذ غالبًا ضمن أطر زمنية محددة وأعداد مقننة من المشاركين، ويُعد مناسبًا عند التركيز على قياس التغير في أداء الأفراد أنفسهم قبل التدخل وبعده، بما يتيح تقدير فاعلية البرنامج بدقة داخل المجموعة المستهدفة. حيث خضعت هذه المجموعة لتطبيق التعلم القائم على منحى STEM–Robotics. وقد جُمعت البيانات باستخدام القياسين القبلي والبعدي لمقياس الممارسات العلمية والهندسية، وذلك بهدف الكشف عن التغيرات التي طرأت على أداء أفراد العينة بعد تطبيق المعالجة التجريبية.

2.2- أفراد الدراسة

تكوّنت عينة الدراسة من (28) طالبًا وطالبة من الطلبة الموهوبين في الصفين الثامن والتاسع بمدارس ولاية السيب بمحافظة مسقط، الملتحقين بالبرنامج الإثرائي الصيفي لعام (2025م)، وقد تم اختيارهم اختيارًا قصديًا

بالاستناد إلى كشوف المديرية العامة للتربية الخاصة والتعليم المستمر بوزارة التعليم. ويُعد هذا الحجم من العينات متسقًا مع طبيعة البرامج الإثرائية المكثفة التي تتطلب تفاعلًا مباشرًا، وتدريبًا عمليًا، وإشرافًا دقيقًا أثناء تنفيذ أنشطة الروبوتات، كما أنه مناسب إحصائيًا للتصاميم شبه التجريبية ذات القياسات المتكررة، ولا سيما عند استخدام الاختبارات اللامعلمية الملائمة لصغر حجم العينات، مما يدعم سلامة التحليل الإحصائي ودقة تفسير النتائج.

3.2- أداة الدراسة

تمثلت أداة الدراسة في مقياس الممارسات العلمية والهندسية، وفيما يلي توضيح لإجراءات بناء الأداة:

تم إعداد مقياسًا للممارسات العلمية والهندسية ليتوافق مع أطر العلوم الحديثة التي حددتها معايير الجيل القادم للعلوم (NGSS)، والتي تؤكد على أهمية إشراك الطلبة في أنشطة البحث العلمي والتصميم الهندسي كعمليات معرفية ومهارية مترابطة (National Research Council, 2012) . واعتمد تصميم المقياس على تحليل أدوات سابقة تناولت الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين والعاديين، مثل دراسة براند (Brand, 2020) التي ركّزت على ممارسات التخطيط للتجارب وتحليل البيانات، ودراسة ليدرمان وآخرون (Lederman et al., 2014) التي أبرزت دور الممارسات في بناء الفهم العلمي عبر التجريب والتفسير. كما استفاد المقياس من نموذج بايبي (Bybee, 2013) الذي يربط بين الممارسات العلمية ومراحل التعلم القائم على الاستقصاء في إطار STEM، كما تم بناء المقياس بعد مراجعة مجموعة من الدراسات والأدبيات التربوية التي تناولت تحديد وتمثيل الممارسات العلمية والهندسية في المناهج التعليمية (الوهر، 2020؛ سمارة، 2021؛ آل فرحان وإبراهيم، 2024؛ خضر، ومجدي، وحسن، 2024). تكون المقياس من (38) عبارة، وتمت الاستجابة لعبارات المقياس باستخدام مقياس ليكرت الثلاثي: دائما (3نقاط)، أحيانا (نقطتان)، نادرا (نقطة واحدة)، وتم التحقق من صدق المقياس وثباته كما يلي:

صدق المقياس: تم التحقق من صدق المقياس والتأكد من ملاءمته للبيئة العمانية بطريقتين:

- **الصدق الظاهري:** للتحقق من ملاءمة المقياس للفئة العمرية المستهدفة ومواءمته للسياق التعليمي في سلطنة عُمان، عُرضت صورته الأولية على مجموعة من المحكّمين من ذوي الاختصاص في المناهج وطرق التدريس، والإشراف التربوي، والتعليم المدرسي، والموهوبين. وقد هدف التحكيم إلى تقويم وضوح العبارات، وانتمائها للممارسات العلمية والهندسية التي تقيسها، في ضوء تداخل هذه الممارسات (Schwarz et al., 2017)، إضافة إلى مراجعة الصياغة والدقة العلمية واللغوية ومدى تحقيق كل عبارة لهدفها. وبناءً على ملاحظات المحكّمين، أُجريت التعديلات اللازمة على المقياس.
- **صدق البناء:** بعد الأخذ بملاحظات المحكّمين، طُبّق المقياس على عينة استطلاعية مكوّنة من (60) طالبة من الصفين الثامن والتاسع الأساسي من خارج عينة الدراسة، وحُسب معامل الارتباط المصحح (Corrected Item–Total Correlation) من خلال ارتباط عبارات كل ممارسة بالدرجة الكلية للمقياس. وقد تراوحت قيم معاملات الارتباط بين (0.57–0.70)، وهي قيم تشير إلى اتساق داخلي مقبول وملاءمة بنية مفردات المقياس (Cohen & Swerdlik, 2010).

ثبات المقياس: تم حساب معامل الثبات باستخدام معامل ألفا لكرونباخ (Cronbach's Alpha)، على عينة استطلاعية من الطالبات مكونة من (60) طالبة من الصفين الثامن والتاسع، وكانت النتيجة النهائية لثبات المقياس (0.88)، ويُعد هذا المستوى من الثبات مؤشرًا قويًا على الاتساق الداخلي للمقياس، إذ يرى عدد من الباحثين أن القيم التي تفوق (0.70) تُعد مقبولة في البحوث التربوية والنفسية، بينما تشير القيم التي تفوق (0.80) إلى مستوى مرتفع من الثبات والموثوقية (Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2019) ويوضح الجدول (2) قيم معاملات الثبات لكل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية، وللممارسات مجتمعة.

جدول (2) معامل ثبات بيرسون لمقياس الممارسات العلمية والهندسية

الممارسة	قيمة معامل الثبات
طرح الأسئلة وتحديد المشكلة	0.68
تطوير النماذج واستخدامها	0.61
تخطيط الاستقصاءات وتنفيذها	0.72
تحليل البيانات وتفسيرها	0.73
استخدام الرياضيات والتفكير الحسابي	0.72
بناء التفسيرات وتصميم الحلول	0.74
الاشتراك في الحجة القائمة على الأدلة	0.64
الحصول على المعلومات وتقييمها ونقلها	0.69
الممارسات العلمية والهندسية ككل	0.88

4.2- مواد الدراسة

تكونت مواد الدراسة من كتيب دليل المعلم، وكتيب كراسة الطالب، وكتيب دليل المستخدم لمنصة STEM-Robotics، إلى جانب جهاز حاسب آلي، وحقيبة ليجو (EV3) لكل مجموعة، وحلبة خاصة لكل نشاط. ويتضمن كتيب دليل المعلم توصيفًا منهجيًا لآلية توظيف الروبوتات في معالجة المشكلات المرتبطة بأنشطة البرنامج، حيث تم اختيار موضوعات الأنشطة بما يتلاءم مع طبيعة دمج الروبوتات في التوصل إلى حلول للمشكلات العلمية والهندسية. كما تم تصميم ثمانية أنشطة تعليمية موزعة على موضوعات في مجالي الأحياء والفيزياء، بما يحقق التكامل بين المفاهيم العلمية والتطبيقات العملية القائمة على الروبوتات. وحصل كتيب دليل المعلم على الملكية الفكرية من وزارة التجارة والصناعة وترويج الاستثمار بسلطنة عمان بتاريخ (9/ 11/ 2025م) المسجلة بالرقم (CPRG0006558568).

أما كتيب كراسة الطالب، فيتضمن توصيفًا للتعلم القائم على دمج الروبوتات، مع توضيح دور الطالب في كل مرحلة من مراحله، إلى جانب أسئلة تأملية تهدف إلى تتبع ممارسات الطلبة أثناء تنفيذ الأنشطة العلمية في الوحدات التدريبية. وحصل كتيب كراسة الطالب على الملكية الفكرية من وزارة التجارة والصناعة وترويج الاستثمار بتاريخ (9/ 11/ 2025م) بسلطنة عمان المسجلة بالرقم (CPRG0006558466).

بينما يُعد كتيب دليل المستخدم لمنصة STEM-Robotics كتيبًا إرشاديًا موجَّهًا لكل من الطالب والمعلم، وقد استُخدم خلال البرنامج التدريبي لتقديم تصور عام عن محتويات المنصة وتبويباتها المختلفة، كما تضمن آلية تفعيل المنصة التدريبية، وطريقة رفع المنتج النهائي للحل الذي تم التوصل إليه، فضلًا عن توضيح إجراءات الإجابة عن سؤال التحدي المطروح في نهاية كل نشاط. وحصلت منصة STEM-Robotics على الملكية الفكرية من وزارة التجارة والصناعة وترويج الاستثمار بسلطنة عمان بتاريخ (9/ 11/ 2025م) المسجلة بالرقم (CPRG0006558670).

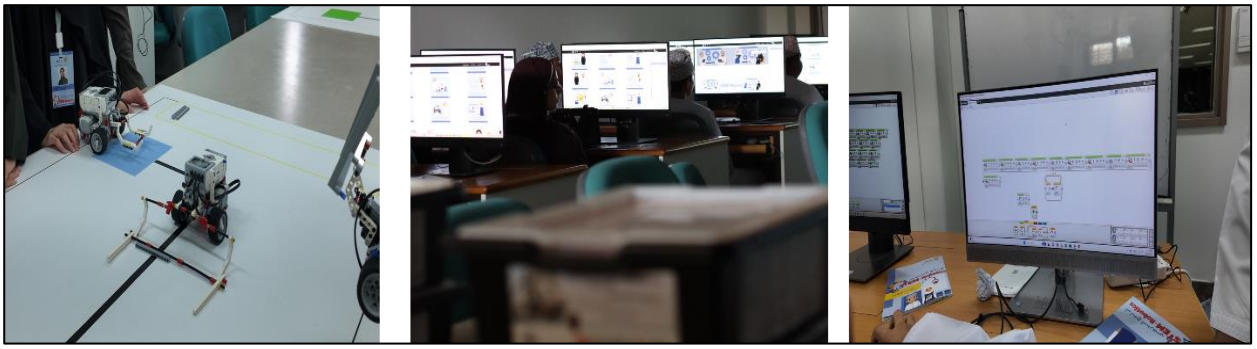
تم التحقق من صلاحية مواد الدراسة من خلال عرضها على مجموعة من معلمي ومشرفي مادة العلوم، إضافة إلى مختصين في مجال الروبوتات وكذلك مختصين في الموهبة في الميدان التربوي، بلغ عددهم (10) محكّمين. وذلك بهدف التحقق من مدى ملاءمة الأنشطة لمستوى الطلبة، وصلاحية الأهداف والإجراءات المتبعة، ومدى مناسبة عدد الأنشطة والزمن المخصص لتنفيذ كل نشاط. وبناءً على آراء المحكّمين، أُجريت التعديلات اللازمة، وتم الأخذ بالمقترحات والملاحظات بما أسهم في تحسين جودة المواد التعليمية ومواءمتها لأهداف الدراسة.

5.2- سياق تطبيق الدراسة

تم تنفيذ المعالجة التدريسية على أفراد مجموعة الدراسة في جامعة السلطان قابوس من قبل المعلم المتعاون، بالاسترشاد بدليل المعلم المُعدّ خصيصًا للبرنامج، وذلك على مدى أسبوعين (22 يونيو حتى 3 يوليو لعام 2025م) ، بواقع خمس ساعات يوميًا (من الساعة الثامنة صباحًا حتى الواحدة ظهرًا). وقد اشتملت المعالجة على مراحل تعلم عملي وتطبيقي، تضمنت تصميم النماذج الهندسية، وبرمجة الروبوتات، واختبار أدائها، وتحليل نتائجها. كما جرى تدريب الطلبة وفق محتويات دليل المستخدم لتفعيل منصة STEM-Robotics التعليمية، مع التركيز على تنمية مهارات تصميم الروبوتات باستخدام حقيبة ليجو(EV3) ، وكتابة شفرات البرمجة الخاصة بكل مجموعة، ورفعها عبر المنصة، إلى جانب توثيق إجاباتهم وملاحظاتهم في كراسة الطالب الخاصة بكل وحدة تعليمية.

وسبق تنفيذ البرنامج تدريب المعلم المتعاون المسؤول عن التطبيق على آليات استخدام منصة STEM-Robotics وتقديم المادة العلمية المصاحبة، وذلك من خلال لقاءات تدريبية افتراضية أسبوعية استمرت لمدة شهر قبل التطبيق الفعلي. وقد شمل التدريب توضيح أهداف البرنامج ومراحله، وآليات التقويم المعتمدة، وأساليب التفاعل التربوي مع الطلبة داخل بيئة التعلم.

وخلال فترة التنفيذ، نُظّم العمل التعلّمي بصورة تعاونية ضمن (7) مجموعات تعلم داخل القاعة الدراسية، خُصص لكل مجموعة جهاز حاسب آلي لاستخدامه في مرحلة برمجة الروبوت. ثم قامت كل مجموعة باختبار أداء الروبوت الخاص بها على حلبة النشاط، يلي ذلك مرحلة التأمل في المنتج النهائي وتدوين مقترحات التحسين، بما يعزز التعلم القائم على التجريب والتحسين المستمر. ويوضح الشكل (2) بعض الصور لمراحل تنفيذ الدراسة الحالية



الشكل (2): صور واقعية لبعض مراحل تنفيذ الدراسة

6.2- تحليل البيانات

جرى تحليل بيانات الدراسة باستخدام أساليب إحصائية ملائمة لطبيعة المنهج الكمي والتصميم شبه التجريبي للمجموعة الواحدة. وقد استُخدمت الإحصاءات الوصفية (المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية) لوصف أداء الطلبة في التطبيقين القبلي والبعدي. ونظرًا لصغر حجم العينة وعدم افتراض التوزيع الطبيعي للبيانات، استُخدم اختبار ويلكوكسون للرتب المرتبطة للكشف عن دلالة الفروق بين التطبيقين، كما حُسب حجم الأثر (Effect Size r) لتقدير القوة العملية للتدخل التعليمي. وأُجريت التحليلات الإحصائية باستخدام برنامج (SPSS)، من خلال تطبيق الأساليب الإحصائية المناسبة، مثل اختبار ويلكوكسون للرتب الموقعة، ومعامل كرونباخ ألفا، وحساب حجم الأثر.

3- النتائج ومناقشتها:

للإجابة عن سؤال الدراسة، وهو التعرف إلى فاعلية التعلم القائم على منحى (STEM-Robotics) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين، تمت دراسة الفروق في كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية، والممارسات ككل من خلال مقياس الممارسات العلمية والهندسية القبلي والبعدي لمجموعة الدراسة، وذلك باستخدام الأسلوب الاحصائي اختبار ويلكوكسون، ويوضح الجدول (3) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمجموعة الدراسة بين القياس القبلي والقياس البعدي لمقياس الممارسات العلمية والهندسية.

جدول (3) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمجموعة الدراسة بين القياس القبلي والقياس البعدي لمقياس الممارسات العلمية والهندسية (ن= 28)

الممارسة	القياس	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
طرح الأسئلة وتحديد المشكلة	قبلي	2.70	0.32
	بعدي	2.87	0.23
تطوير النماذج واستخدامها	قبلي	2.54	0.41
	بعدي	2.85	0.15
تخطيط الاستقصاءات وتنفيذها	قبلي	2.47	0.27
	بعدي	2.85	0.17
تحليل البيانات وتفسيرها	قبلي	2.59	0.36
	بعدي	2.84	0.16
استخدام الرياضيات والتفكير الحسابي	قبلي	2.52	0.31
	بعدي	2.81	0.25
بناء التفسيرات وتصميم الحلول	قبلي	2.64	0.32
	بعدي	2.86	0.21
الاشتراك في الحجة القائمة على الأدلة	قبلي	2.71	0.31
	بعدي	2.86	0.16
الحصول على المعلومات وتقييمها ونقلها	قبلي	2.47	0.34
	بعدي	2.91	0.12
الممارسات العلمية والهندسية ككل	قبلي	2.66	0.20
	بعدي	2.84	0.12

يتضح من الجدول (3) وجود فروقٍ وصفية بين المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لدرجات الطلبة في القياسين القبلي والبعدي عبر جميع أبعاد الممارسات العلمية والهندسية، وكذلك في الدرجة الكلية للمقياس؛ إذ ارتفعت المتوسطات في القياس البعدي مقارنة بالقياس القبلي في كل بُعد وفي المجموع الكلي. وللتحقق مما إذا كانت هذه الفروق الوصفية ذات دلالة إحصائية على مستوى كل بُعد وعلى مستوى المقياس ككل، تم تطبيق اختبار ويلكوكسون للرتب المرتبطة (Wilcoxon Signed-Ranks Test) لملاءمته لطبيعة البيانات ذات القياس الرتبي/غير الطبيعي ولتصميم القياس المتكرر (قبلي-بعدي) على المجموعة نفسها.

جدول (4) نتائج اختبار ويلكوكسون للرتب المرتبطة وحجم الأثر (r) لممارسات العلوم والهندسة

الممارسة	قيمة (Z)	القيمة الاحتمالية	حجم الأثر(r)
طرح الأسئلة وتحديد المشكلة	-2.388	0.017	0.45
تطوير النماذج واستخدامها	-3.193	0.001	0.60
تخطيط الاستقصاءات وتنفيذها	-4.158	0.001	0.79
تحليل البيانات وتفسيرها	-3.260	0.001	0.62
استخدام الرياضيات والتفكير الحسابي	-3.277	0.001	0.62
بناء التفسيرات وتصميم الحلول	-2.778	0.005	0.53
الاشتراك في الحجة القائمة على الأدلة	-2.092	0.001	0.40
الحصول على المعلومات وتقييمها ونقلها	-4.249	0.001	0.80
الممارسات العلمية والهندسية ككل	-3.732	0.001	0.71

يتضح من الجدول (4) وجود فروق دالة إحصائيًا بين القياسين القبلي والبعدي في جميع الممارسات العلمية والهندسية، إضافة إلى الدرجة الكلية للمقياس، بما يشير إلى تحسنٍ عام في أداء الطلبة بعد تطبيق التدخل، بما يعكس أثرًا عمليًا كبيرًا للتدخل. وبوجهٍ عام، تراوحت أحجام الأثر بين متوسطة إلى كبيرة جدًا، مع أعلى تأثيرات في ممارستي الحصول على المعلومات وتقييمها ونقلها وتخطيط الاستقصاءات وتنفيذها، مما يدعم قوة التأثير التطبيقي للتدخل إلى جانب دلالته الإحصائية. وتتفق هذه النتائج مع ما تشير إليه أدبيات دمج الروبوتات ضمن منحى STEM بوصفه مدخلًا ينسجم مع النظرية البنائية الحديثة (Constructionism)؛ إذ تؤكد أن التعلم يكون أعمق عندما يبني المتعلم منتجات قابلة للمشاركة العلنية مع الآخرين ضمن إجراءات واعية للتخطيط والتنفيذ والتقويم، لأن ذلك يجعل التعلم متمحورًا حول الطالب وموجَّهًا نحو العمليات والمهارات بدل الاكتفاء باستهلاك المعرفة (Papert, 1991). وفي سياق الروبوتات التعليمية، ينتقل الطلبة من دور المتلقي إلى دور المصمِّم/المبرمج الذي يطوّر نموذجًا أوليًا ويختبره ويُحسّنه؛ وهو ما يدعم توظيف الممارسات الإجرائية ويُنمّي خبراتهم من خلال التطبيق العملي (Alam & Mohanty, 2024) ، كما تعزز الروبوتات كفايات STEMعبر خبرات عملية قائمة على المشروعات وحل المشكلات، بما يهيّئ سياقًا غنيًا لتفعيل الممارسات العلمية والهندسية (Trapero-González, Hinojo-Lucena, Romero-Rodríguez, & Martínez-Menéndez, 2024).

في السياق نفسه، ينظر إلى الروبوتات بوصفها تقنية ناشئة تُسهم في تهيئة الطلبة لعالمٍ متسارع تقنيا، لأنها تنقل التعلم من تلقي المعلومات إلى صنع المعنى عبر خبرات تعلم قائمة على التصميم، والبناء، والبرمجة، والاختبار، والتحسين. وبهذا يصبح دمج أنشطة الروبوتات متسقا مع التعلم الإنشائي الذي يؤكد ان المعرفة تتشكل بصورة أعمق عندما يتعلم من خلال إنتاج مخرجات ملموسة قابلة للمشاركة والتقويم والتعديل، كما أن طبيعة العمل بالروبوتات من تحديد المشكلة، وبناء النموذج، وجمع البيانات وتحليلها، ثم تبرير القرارات التصميمية تُنمّي لدى الطلبة عمليات التعلم والاستقصاء وتُفعِّل الممارسات العلمية والهندسية بصورة أصيلة؛ فيتعلمون بناء التفسيرات اعتمادًا على الأدلة كما يفعل العلماء، وتصميم الحلول وتحسينها وفق معايير وقيود كما يفعل المهندسون، وهو ما ينسجم مع التوجهات التي تؤكدها معايير الجيل القادم للعلوم (NGSS Lead States, 2013).

فعلى سبيل المثال، تمكّن الطلبة من توظيف معارفهم العلمية المرتبطة بعملية التمثيل الضوئي في تصميم روبوت يحاكي هذه العملية؛ إذ قاموا ببرمجة الروبوت لالتقاط العناصر الأساسية التي تحتاجها ورقة النبات لإتمام التمثيل الضوئي – وهي الماء والطاقة الضوئية وثاني أكسيد الكربون – وقد مُثِّلت هذه العناصر في النشاط

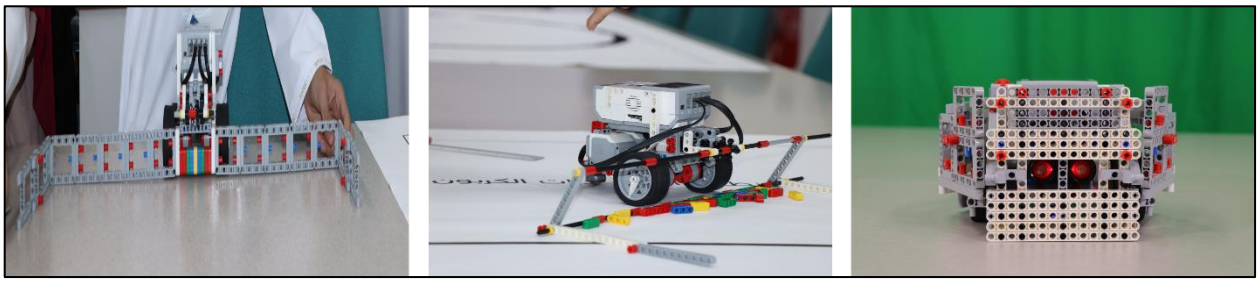
على هيئة قطع (مكوّنات) موزعة على الحلبة . وتمثّلت مهمة الروبوت في جمع القطع واحدة تلو الأخرى ثم نقلها ووضعها في الموقع المحدد الذي يمثل ورقة النبات، بما يحاكي تزويد الورقة بمدخلات التمثيل الضوئي بطريقة عملية تفاعلية.

وتتفق النتائج مع ما أظهرته نتائج دراسة كاسو (Cassou, 2021) التي بيّنت أن دمج الروبوتات ضمن مبادراتSTEM يعزز فهم الطلبة واهتمامهم ويرفع دافعيتهم وينمّي مهارات STEM والمهارات الناعمة. ويُفسَّر ذلك بأن أنشطة الروبوتات تفعّل عمليًا الممارسات العلمية والهندسية؛ إذ يطرح الطلبة الأسئلة ويحددون المشكلة، ويطوّرون النماذج، ويخططون للاختبار ويجمعون البيانات ويحللونها، ويوظفون الرياضيات/التفكير الحاسوبي لتحسين الحل، ثم يبررون قراراتهم بالأدلة ويوثقون نتائجهم ويشاركونها. كما جاءت النتائج متفقة كذلك مع ما توصل إليه إنجلش (English, 2018) في دراسته التي اعتمدت تدخلًا تعليميًا قائمًا على مفهومي التعقيد والاستدامة في مجالات STEM ؛ إذ أظهرت النتائج أن هذه التدخلات التعليمية أسهمت بفاعلية في تحسين الكفاءات العلمية والهندسية لدى الطلبة. وقد ركّز هذا التدخل على تمكين الطلبة من تحقيق تعلم أعمق وفهم أكثر تكاملًا للمفاهيم النظرية من خلال توظيفها في معالجة مشكلات حقيقية ذات سياق واقعي. ويمكن تفصيل هذه النتائج وفق كل ممارسة من الممارسات العلمية والهندسية على النحو الآتي:

ممارسة طرح الأسئلة وتحديد المشكلة: أظهرت النتائج وجود فروق دالة لصالح القياس البعدي في هذه الممارسة، وهو ما يتسق مع الملاحظات الميدانية أثناء التطبيق؛ إذ لوحظ تحسن تدريجي في قدرة الطلبة على طرح الأسئلة العلمية من نشاط إلى آخر ضمن إطار التعلم القائم على المشروعات والتصميم الهندسي. كما أصبح تحديد المشكلة أكثر وضوحًا واتساقًا مع المعايير المحددة في الأنشطة. فعلى سبيل المثال، في نشاط جمع انبعاثات الكربون، طرح الطلبة أسئلة علمية متنوعة حول آلية جمع الانبعاثات وتصميم روبوت قادر على نقلها، إلى جانب تحديد معايير تصميم وبرمجة الروبوت بما يضمن إنجاز المهمة بكفاءة، مثل اعتماد أذرع طويلة أو برمجة الروبوت لمسح كامل منطقة النشاط. وتتسق هذه النتيجة مع أدبيات حديثة أكدت أن التعلم القائم على المشروعات يدعم تطور الممارسات العلمية، ومن ضمنها طرح الأسئلة بوصفه مدخلًا للاستقصاء وحل المشكلات؛ إذ أظهر هسو وكارديلا وبورزر (Hsu, Cardella, & Purzer, 2018) تحسنًا بعديًا في الممارسات العلمية بعد تطبيق وحدة قائمة على المشروعات.

ممارسة تطوير النماذج واستخدامها: أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروق دالة لصالح القياس البعدي في هذه الممارسة، وهو ما يتسق مع طبيعة عمل الروبوتات القائمة على تصميم نماذج هندسية تؤدي مهام محددة. وقد تحقق هذا الأثر من خلال دمج الروبوتات ضمن عمليات التصميم الهندسي والتعلم القائم على المشروعات، بما أسهم في دعم بناء المعرفة لدى الطلبة وتوظيفها في سياقات تطبيقية. إذ أتاح هذا النهج للطلبة تحويل أفكارهم الأولية ورسوماتهم التخطيطية إلى نماذج مادية قابلة للاختبار، ثم تطويرها وتحسينها بصورة منهجية. فعلى سبيل المثال، عند تصميم روبوت يوظف التروس لزيادة العزم في تطبيقات زراعية، حرص الطلبة على تصميم نماذج تتمتع بدرجة عالية من الثبات والاتزان، مع إجراء تعديلات على ترتيب التروس وهيكل الروبوت لضمان كفاءة الأداء وتحقيق متطلبات المهمة، بما يعكس نمواً ملحوظاً في قدرتهم على تطوير النماذج واستخدامها في حل المشكلات الواقعية. وتتفق هذه النتيجة مع نتائج دراسة بيرلاند وستاينغوت وكو (Berland, Steingut, & Ko, 2014) والتي أظهرت أن انخراط الطلبة في أنشطة تصميم هندسي قائمة على النمذجة المادية يسهم في تنمية قدرتهم على بناء النماذج واستخدامها وتطويرها بصورة منهجية. كما بينت النتائج

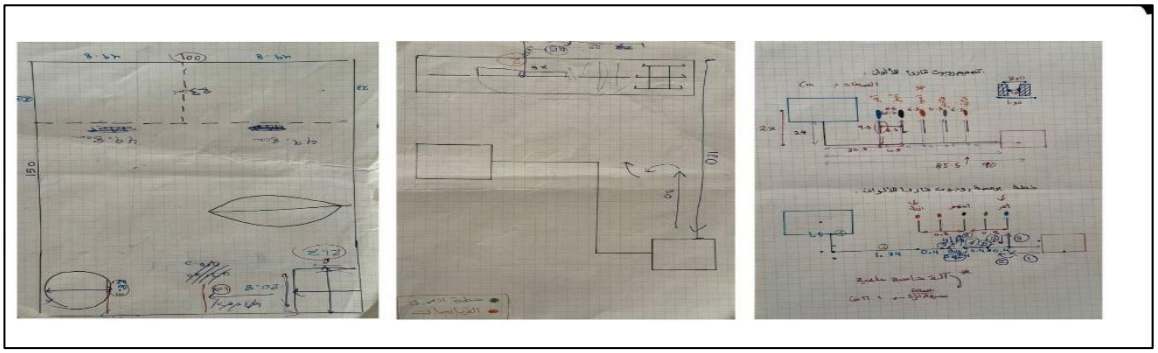
أن الانتقال من الرسومات التخطيطية إلى النماذج القابلة للاختبار يعزز الفهم العميق للمفاهيم الهندسية، ويدعم اتخاذ قرارات تصميمية قائمة على التجريب والتحسين المستمر، وهو ما يتسق مع نتائج الدراسة الحالية. ويوضح الشكل (3) نماذج الروبوتات التي صممها الطلبة



الشكل (3): نماذج الروبوتات التي صممها الطلبة

ممارسة تخطيط الاستقصاءات وتنفيذها: أظهرت النتائج وجود فروق دالة في هذه الممارسة لصالح القياس البعدي؛ ويعزى ذلك إلى أن مراحل التصميم الهندسي تتطلب خطة مدروسة لاختبار الحل المنتج عمليا وفقا لمحددات ومعايير

نجاح محددة، وهذا يتماشى مع ما تم تنفيذه، حيث يظهر في الشكل (4) مجموعة من الرسومات التخطيطية التي أنجزها الطلبة خلال مراحل تصميم وتنفيذ أنشطة الروبوتات، والتي تضمنت مخططات أولية لأبعاد النماذج، ومسارات الحركة داخل حلبة النشاط، إذ مثّلت الرسومات أداة أساسية لتخطيط إجراءات الاستقصاء قبل التنفيذ الفعلي، من خلال تحديد آلية عمل الروبوت، وتوقع سلوكه أثناء الأداء، واختيار الأدوات والبرمجيات المناسبة لتنفيذ المهمة. كما أتاحت هذه المخططات للطلبة اختبار افتراضاتهم مبدئيًا، وتعديل خططهم قبل الانتقال إلى مرحلة التنفيذ العملي، بما يعكس ممارسة واعية ومنهجية للاستقصاء العلمي والهندسي قائمة على التخطيط المسبق، والتنفيذ المنظم، والتحسين المستمر في ضوء النتائج المتحققة.



الشكل (4): بعض الرسومات التخطيطية للطبة قبل التصميم

وتتسق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة كوفال (Coufal, 2022) إلى أن التعلم القائم على الروبوتات باستخدام حقيبة الليجو LEGO Mindstorms يدعم ممارسة تخطيط الاستقصاءات وتنفيذها، حيث يُظهر الطلبة تحسنًا في استخدام الرسومات التخطيطية لتوقع سلوك الروبوت، واختيار الأدوات والبرمجيات المناسبة، واختبار الحلول وفق معايير أداء محددة.

ممارسة تحليل البيانات وتفسيرها: أظهرت النتائج وجود فروق دالة في هذه الممارسة لصالح القياس البعدي، ويظهر ذلك جليا في التطبيق؛ إذ اعتمد الطلبة على البيانات التي تم جمعها من اختبارات الروبوتات

لتحليل فاعلية النماذج المصممة، وتفسير أسباب الاختلاف في النتائج، سواء من حيث السرعة، أو الثبات، أو دقة تنفيذ المهمة. وقد أسهم ذلك في تمكين الطلبة من اتخاذ قرارات مبنية على الأدلة، مثل تعديل ترتيب التروس، أو تغيير مسار الحركة، أو تحسين كود البرمجة، استنادًا إلى تفسير علمي للبيانات المتاحة. ويعكس هذا السلوك التعلمي ممارسة منهجية لتحليل البيانات وربطها بالسياق التطبيقي، بما يدعم الفهم العميق للعلاقات بين المتغيرات الهندسية والأداء العملي للروبوت. وتتسق هذه النتائج مع دراسات سابقة أكدت أن توظيف الروبوتات ضمن التصميم الهندسي يهيئ سياقًا ثريًا لتحليل بيانات الأداء وتفسيرها، واتخاذ قرارات تحسين قائمة على الأدلة، بما يعمّق فهم العلاقات بين المتغيرات الهندسية والأداء العملي للنماذج (Berland et al., 2014; Afari & Khine, 2017; English, 2018).

ممارسة استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي: أظهرت النتائج وجود فروق دالة في هذه الممارسة لصالح القياس البعدي، فقد جسّد الطلبة ممارسة استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي من خلال توظيف المفاهيم الرياضية والعمليات الحسابية في تخطيط وتنفيذ حلولهم الهندسية أثناء أنشطة البرنامج من خلال قياس المسافات، وحساب الزوايا، وتقدير الزمن وعدد الدورات اللازمة لحركة الروبوت، إضافة إلى تحديد نسب التروس المناسبة لتحقيق العزم أو السرعة المطلوبة. كما مارس الطلبة التفكير الحاسوبي عبر تحليل المشكلات إلى مكونات أصغر، وبناء تسلسل منطقي من الأوامر البرمجية، وتصميم خوارزميات تتحكم في حركة الروبوت واتخاذ قراراته أثناء الأداء. وأسهم هذا التوظيف المتكامل للرياضيات والتفكير الحاسوبي في تحسين دقة الحلول المقدمة وكفاءة تنفيذ المهام، وعكس قدرة الطلبة على الربط بين التمثيلات الرياضية والمنطق البرمجي في سياق تطبيقي واقعي. وتتسق نتائج الدراسة الحالية مع أدبيات بحثية أكدت أن توظيف الروبوتات التعليمية ضمن سياقات التصميم الهندسي يسهم في تنمية ممارسة استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي، من خلال اعتماد المتعلمين على القياس والحساب وبناء الخوارزميات البرمجية للتحكم في الأداء واتخاذ القرارات، بما يعزز دقة الحلول وكفاءتها في سياقات تطبيقية واقعية (Bers, 2018; Sullivan & Bers, 2016).

ممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول: أظهرت النتائج وجود فروق دالة في هذه الممارسة لصالح القياس البعدي، وعكس أداء الطلبة ممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول من خلال تفسيرهم للظواهر والمشكلات المطروحة استنادًا إلى المفاهيم العلمية والهندسية المرتبطة بالأنشطة، وربطها بنتائج التجريب والملاحظة. فقد قدّم الطلبة تفسيرات علمية لأسباب نجاح بعض التصاميم أو تعثرها، موضحين العلاقة بين خصائص التصميم، وآلية البرمجة، ومستوى كفاءة الأداء. وبناءً على هذه التفسيرات، قاموا بتصميم حلول هندسية بديلة أو مطوّرة، تضمنت تعديل هيكل الروبوت، أو إعادة تنظيم المكوّنات، أو تحسين الخوارزميات البرمجية، بما يحقق متطلبات المهمة والمعايير المحددة، ويعكس هذا الأداء قدرة الطلبة على الانتقال من الفهم النظري إلى التطبيق العملي، وتوظيف التفسير العلمي بوصفه أساسًا لاتخاذ قرارات تصميمية فعّالة في سياق حل المشكلات الواقعية. وتتسق نتائج الدراسة الحالية مع دراسات حديثة أكدت أن دمج التصميم الهندسي في تعليم STEM يعزز ممارسة بناء التفسيرات وتصميم الحلول، من خلال اعتماد الطلبة على نتائج التجريب والملاحظة لتفسير الأداء واتخاذ قرارات تصميمية تطويرية قائمة على الفهم العلمي، بما يدعم الانتقال من المعرفة النظرية إلى التطبيق العملي في سياقات واقعية (Chiu & Linn, 2022; English & King, 2023; McFadden, Roehrig, & Dare, 2024).

ممارسة الإشتراك في الجدل القائم على الأدلة: أظهرت النتائج وجود فروق دالة في هذه الممارسة لصالح القياس البعدي. أظهر الطلبة ممارسة الاشتراك في الجدل القائم على الأدلة من خلال مناقشة أفكارهم التصميمية وتبرير اختياراتهم الهندسية بالاستناد إلى نتائج الاختبارات والبيانات المتحصلة من أداء الروبوت. فقد تبادلوا الآراء داخل المجموعات، وقدم كل فريق مبررات علمية وهندسية لدعم الحل المقترح، مع الاستناد إلى أدلة مثل مستوى الكفاءة، والدقة، والثبات، وسرعة الإنجاز. كما مارس الطلبة نقد الحلول البديلة ومقارنتها، والدفاع عن قراراتهم التصميمية أو تعديلها في ضوء الأدلة المقدمة من زملائهم. ويعكس هذا السلوك التعلمي تنامي قدرتهم على استخدام الدليل العلمي في بناء الحجج، والمشاركة في نقاشات علمية منظمة تسهم في تحسين جودة الحلول وتعميق الفهم العلمي والهندسي. على سبيل المثال، عند تصميم روبوت لجمع المواد الغذائية الصحية، ناقش الطلبة فيما بينهم فاعلية التصاميم المختلفة، واستندوا إلى نتائج الاختبارات العملية لتبرير اختياراتهم، مثل سرعة جمع المواد، ودقة الالتقاط، وقدرة الروبوت على التمييز بين المواد الغذائية الصحية وغير الصحية. وقدّم كل فريق أدلته الداعمة لحلّه المقترح بالاعتماد على البيانات المتحصلة من التجريب، الأمر الذي أسهم في تعديل بعض التصاميم والبرمجيات في ضوء الجدل القائم على الأدلة، وتحسين كفاءة الحل النهائي. وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع ما توصلت إليه دراسة دير ويرنغ-ويلين وروهريغ (Dare, Ring-Whalen, & Roehrig, 2021) من أن بيئات التعلم القائمة على التصميم الهندسي تشجع الطلبة على استخدام الأدلة في مناقشة الحلول ومقارنتها وتطويرها، بما يسهم في تحسين جودة الحلول وتعميق الفهم العلمي.

ممارسة الحصول على المعلومات وتقييمها ونقلها: أظهرت النتائج وجود فروق دالة في هذه الممارسة لصالح القياس البعدي. جسّد الطلبة ممارسة الحصول على المعلومات وتقييمها ونقلها من خلال البحث المنهجي عن المعلومات العلمية والهندسية المرتبطة بالمشكلات المطروحة في الأنشطة، وجمعها من مصادر متعددة داخل بيئة التعلم. وقد عمل الطلبة على تقييم موثوقية هذه المعلومات وملاءمتها لأهداف المهمة، ومقارنتها بالمعايير المحددة، قبل توظيفها في تصميم الحلول الهندسية. كما نقلوا ما توصلوا إليه من معلومات ونتائج بصورة منظمة، سواء عبر توثيقها في كراسة الطالب، أو عرضها ومناقشتها داخل المجموعات، أو مشاركتها عبر منصة STEM-Robotics، بما يعكس قدرتهم على التواصل العلمي الفعّال وتوظيف المعلومات بوصفها أساسًا لاتخاذ قرارات تصميمية مدروسة. وجاءت هذه النتائج متفقة مع ما أكده ماكغرو وبريكستون وأورتيغا وسميث ووينبرغ (McGrew, Breakstone, Ortega, Smith, & Wineburg, 2018) في دراستهم إلى أن الطلبة يحتاجون إلى تنمية مهارات تقييم موثوقية المعلومات، ولا سيما في البيئات الرقمية، وأن القدرة على نقل المعلومات وتبريرها بالأدلة تُعد عنصرًا حاسمًا في التعلم القائم على الاستقصاء واتخاذ القرار.

4-الخلاصة:

تُعدّ الروبوتات التعليمية داعمًا مهمًا لتعلّم مجالات STEM، وتُظهر نتائج الدراسة الحالية أن دمجها ضمن تعلم تكراري (تصميم، وتجريب، وتحسين) يعزّز كفاءات الطلبة العلمية والهندسية عبر بناء المعرفة بالممارسة وتوظيفها في تصميم حلول. ورغم التحديات، كان انخراط الطلبة مرتفعًا، وبدت تطوراتهم المهارية والعلمية واستمتاعهم بالتعلم واضحةً تدريجيًا. لذا **توصي الدراسة الحالية بما يأتي:**

1- تضمين الممارسات العلمية والهندسية ضمن مناهج العلوم بصورة منهجية وتدريب الطلبة على ممارستها تدريجيا عبر أنشطة التعلم في المراحل الدراسية المختلفة بما يضمن بناء كفايات علمية وهندسية تراكمية قابلة للتطبيق.

2- تكييف أنشطة تعلم مادة العلوم وفق منحى (STEM-Robotics)، بما يدعم دمج الروبوتات في البرامج الصيفية والإثرائية، ويتيح للطلبة تصميم حلول علمية وهندسية عبر دورات تعلم تكرارية قائمة على التجريب والتحسين ، مع توفير مساحة تطبيقية لهذا النوع من التعلم في التعليم الرسمي والبرامج غير الرسمية.

وتقترح الدراسة الحالية الآتي:

1- إجراء بحوث مستقبلية عن أثر منحى STEM-Robotics في تنمية التفكير الإبداعي ومهارات المستقبل وغيرها.

2- إجراء بحوث مستقبلية لدراسة الفروق بين ممارسات الطلبة الموهوبين وأقرانهم من الطلبة الاعتياديين وربطها بمتغيرات مثل التفكير التصميمي.

- **الإحالات والمراجع:**

آل فرحان، إبراهيم، وإبراهيم، عاصم. (2024). درجة استخدام الممارسات العلمية والهندسية في تدريس العلوم من وجهة نظر معلمي التعليم العام بالمملكة العربية السعودية وعلاقته ببعض المتغيرات. *مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية*، (37)، 555 - 580.

خضر، محمد، ومجدي، سيد، وحسن، سيد. (2024). منهج رقمي مقترح في العلوم قائم على النظريات المعرفية لتنمية الممارسات العلمية والهندسية والمرونة المعرفية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس، *262*(262)، 169-198.

سمارة، هتوف فرح. (2021). مستوى الممارسات العلمية والهندسية وفق معايير العلوم للجيل القادم (NGSS) في أداء معلمي ومعلمات العلوم في المرحلة الابتدائية. *رسالة الخليج العربي، 42* (161)، 136-117.

مجلس التعليم. (2017). *فلسفة التعليم في سلطنة عمان*. *مجلس التعليم*. https://www.educouncil.gov.om/downloads/Z7h5dMfH9KQT.pdf

المجيني، عبد الله. (2022). فاعلية الروبوت التعليمي في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلبة الصف التاسع الأساسي بسلطنة عُمان. *مجلة المناهج وطرق التدريس، 1*(15)، 90-105.

محمد، سماح. (2022). استخدام التعليم القائم على الظواهر في تدريس العلوم لتنمية مستويات عمق المعرفة العلمية والممارسات العلمية والهندسية لتلاميذ المرحلة الابتدائية. *مجلة كلية التربية (أسيوط)، 38*(9)، 1- 50.

وحدة متابعة تنفيذ رؤية عمان. (2020). وثيقة رؤية عمان 2040. وحدة متابعة تنفيذ رؤية عمان.

وزارة التعليم (2022). *البوابة التعليمية: دائرة الابتكار والأولمبياد العلمي*. مسقط

وزارة التعليم (2024). *الإطار الوطني للكشف عن الطلبة الموهوبين ورعايتهم في التعليم المدرسي (2024-2030)*. مسقط

وزارة التعليم (2024). *تقرير برنامج الكشف عن الطلبة الموهوبين "ثروة"* . مسقط: دائرة التشخيص ورعاية الموهوبين

الوهر، محمود (2002). درجة معرفة معلمي العلوم النظرية البنائية وأثر تأهيلهم الأكاديمي والتربوي وجنسهم عليها. *مجلة مركز البحوث التربوية جامعة قطر*، (22)، 93–126.

Afari, E., & Khine, M. S. (2017). *Robotics as an educational tool: Impact of LEGO Mindstorms*. *International Journal of Information and Learning Technology, 34*(1), 56–69. doi:10.1108/IJILT-04-2016-0015

Alam, A., & Mohanty, A. (2024). *Integrated constructive robotics in education (ICRE) model: A paradigmatic framework for transformative learning in educational ecosystem*. *Cogent Education, 11*(1), 2324487. doi:10.1080/2331186X.2024.2324487

Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., & Zagami, J. (2016). *A K-6 computational thinking curriculum framework: Implications for teacher knowledge*. *Educational Technology & Society, 19*(3), 47–57.

Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). *A systematic review of studies on educational robotics*. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 9*(2), Article 2. doi:10.7771/2157-9288.1223

Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). *Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences*. *Robotics and Autonomous Systems, 75*, 661–670. doi:10.1016/j.robot.2015.10.008

Berland, L. K., Steingut, R. R., & Ko, P. (2014). High school student perceptions of the utility of the engineering design process: Creating opportunities to engage in engineering practices and apply math and science content. *Journal of Science Education and Technology, 23*(6), 705–720. doi:10.1007/s10956-014-9498-4

Bers, M. U. (2018). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge.

Brand, B. R. (2020). Integrating science and engineering practices: Outcomes from a collaborative professional development. *International Journal of STEM Education, 7*, 13. doi:10.1186/s40594-020-00210-x

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.

Cassou, S. P. (2021). *The role of robotics within STEM initiatives: A qualitative interpretive study* (Doctoral dissertation, Northcentral University).

Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2022). *Supporting students to connect explanations and design solutions in integrated STEM learning*. *Journal of the Learning Sciences, 31*(3), 375–414. doi:10.1080/10508406.2021.2010347

Cohen, R. J., & Swerdlik, M. E. (2010*). Psychological testing and assessment: An introduction to tests and measurement (7th ed.).* McGraw-Hill.

Coufal, P. (2022). *Project-based STEM learning using educational robotics as the development of student problem-solving competence*. *Mathematics, 10*(23), 4618. doi:10.3390/math10234618

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Roehrig, G. H. (2021). *Creating a continuum of integrated STEM models: Exploring teachers' instructional practices*. *School Science and Mathematics, 121*(3), 134–148. doi:10.1111/ssm.12452

Darmawansah, D., Hwang, G.-J., Chen, M.-R. A., & Liang, J.-C. (2023). *Trends and research foci of robotics-based STEM education: A systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model*. *International Journal of STEM Education, 10*, 12. doi:10.1186/s40594-023-00400-3

English, L. D. (2018). *Learning while designing in a fourth-grade integrated STEM problem*. *International Journal of Technology and Design Education, 28*(4), 1011–1032. doi:10.1007/s10798-017-9422-3

English, L. D., & King, D. (2023). *STEM integration through engineering design: Fostering explanations and solution development*. *International Journal of STEM Education, 10*(1), 1–18. doi:10.1186/s40594-023-00389-4

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *How to design and evaluate research in education* (10th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.

Hsu, M.-C., Cardella, M. E., & Purzer, Ş. (2018). *Elementary students' problem scoping in engineering design*. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 8*(1). doi:10.7771/2157-9288.1168

Jäggle, G., Vincze, M., Weiss, A., Koppensteiner, G., Lepuschitz, W., & Merdan, M. (2019). *iBridge-participative cross-generational approach with educational robotics*. In M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in education: Methods and applications for teaching and learning* (pp. 263–274). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-26945-6_24

Jung, S. E., & Won, E. S. (2018). *Systematic review of research trends in robotics education for young children*. *Sustainability, 10*(4), 905. doi:10.3390/su10040905

Kucuk, S., & Sisman, B. (2020). Students' attitudes towards robotics and STEM: Differences based on gender and robotics experience. *International Journal of Child-Computer Interaction, 23–24*, 100167. doi:10.1016/j.ijcci.2020.100167

Lai, M. Y., & Cheng, E. (2023). *Bringing engineering into primary science classrooms using engineering design and community of practice approach—An evaluation of STEM × Play program*. *Frontiers in Education, 8*, 1290857. doi:10.3389/feduc.2023.1290857

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching, 51*(1), 65–83. doi:10.1002/tea.21125

McFadden, J., Roehrig, G., & Dare, E. (2024). *Students' explanations as drivers of engineering design decisions in integrated STEM classrooms*. *Journal of Engineering Education, 113*(1), 87–110. doi:10.1002/jee.20543

McGrew, S., Breakstone, J., Ortega, T., Smith, M., & Wineburg, S. (2018). *Can students evaluate online sources? Learning from assessments of civic online reasoning*. *Theory & Research in Social Education, 46*(2), 165–193. doi:10.1080/00933104.2017.1416320

National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/13165

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.

Ouyang, F., & Xu, W. (2024). *The effects of educational robotics in STEM education: A multilevel meta-analysis*. *International Journal of STEM Education, 11*, 7. doi:10.1186/s40594-024-00469-4

Papert, S. (1991). Situating constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism: Research reports and essays, 1985–1990* (pp. 1–11). Ablex Publishing.

Renzulli, J. S. (2012). *Re-examining the role of gifted education and talent development for the 21st century: A four-part theoretical approach*. *Gifted Child Quarterly, 56*(3), 150–159. doi:10.1177/0016986212444901

Rossi, P. H., Lipsey, M. W., & Henry, G. T. (2019). *Evaluation: A systematic approach* (8th ed.). SAGE Publications.

Schwarz, C. V., Passmore, C., Reiser, B. J., Kenyon, L., Fortus, D., Shwartz, Y., Krajcik, J., & Davis, E. A. (2017). *Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices*. NSTA Press.

Sen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2021). *Computational thinking skills of gifted and talented students in integrated STEM activities based on the engineering design process*. *Thinking Skills and Creativity, 41*, 100906.

Stanford d.school. (2018). *The design thinking process*. Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University. https://dschool.stanford.edu/resources/design-thinking-bootleg

Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). *Robotics in the early childhood classroom: Learning outcomes from an 8-week robotics curriculum*. *International Journal of Technology and Design Education, 26*(1), 3–20. doi:10.1007/s10798-015-9304-5

Tramonti, M., Longo, L., & Dini, V. (2023). *Design thinking as an auxiliary tool for educational robotics classes*. *Applied Sciences, 13*(2), 858. doi:10.3390/app13020858

Trapero-González, I., Hinojo-Lucena, F. J., Romero-Rodríguez, J.-M., & Martínez-Menéndez, A. (2024). *Didactic impact of educational robotics on the development of STEM competence in primary education: A systematic review and meta-analysis*. *Frontiers in Education, 9*, 1480908. doi:10.3389/feduc.2024.1480908

UNESCO. (2016). *Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action for the implementation of Sustainable Development Goal 4*. UNESCO.

You, H. S., Chacko, S. M., & Kapila, V. (2019). *Teaching science with technology: Scientific and engineering practices of middle school science teachers engaged in a robot-integrated professional development program (Fundamental)*. In *2019 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*. doi:10.18260/1-2--33353

Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y., & Yin, Y. (2021). *Educational robots improve K–12 students' computational thinking and STEM attitudes: Systematic review*. *Journal of Educational Computing Research, 59*(7), 1450–1481. doi:10.1177/0735633121994070

كيفية الاستشهاد بهذا المقال حسب أسلوب APA :

الخروصية، اسمهان والشعيلي، علي وأمبوسعيدي، عبد الله والخروصي، حسين (2026). فاعلية التعلم القائم على منحى (STEM–Robotics) في تنمية الممارسات العلمية والهندسية لدى الطلبة الموهوبين في سلطنة عمان. *مجلة العلوم النفسية والتربوية*. 12(3)، الجزائر: جامعة الوادي، الجزائر. 89–109.