برنامج مقترح لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية

A proposed program to develop the necessary competencies for integrating climate change issues into teaching and learning mathematics among primary Stage mathematics teachers

إعداد

دكتورة/ سحر ماهر خميس إبراهيم

أستاذ المناهج وتعليم الرياضيات المساعد

كلية التربية – جامعة الإسكندرية

mahersahar@yahoo.com

ملخص البحث:

هدف البحث الحالي إلى تعرف أثر برنامج مقترح لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؛ وفى هذا الصدد أُستخدم المنهج شبه التجريبي ذا المجموعتين: التجريبية، والضابطة؛ حيث تكونت كل من المجموعة التجريبية والضابطة من (29) معلمًا من معلمي الرياضيات في الفصل الأول من العام الدراسي ٢٠٢٣ – ٢٠٢٤ م، وتمثلت أدوات البحث فى: مقياس الجدارات المعرفية، ومقياس الجدارات المهارية، ومقياس الجدارات الوجدانية، واستُخدم في المعالجة الإحصائية للبيانات اختبار t للمتوسطات المستقلة، واختبار t للمتوسط الاعتباري، ومربع"إيتا" لقياس حجم تأثير المتغير المستقل للبحث في المتغيرات التجريبية.

وأشارت النتائج إلى فاعلية البرنامج المقترح في تنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات : الجدارات المعرفية والمهارية والوجدانية، لدى أفراد عينة البحث التجريبية، وأوصى البحث بضرورة عناية برامج إعداد معلم الرياضيات بتنمية جدارات الاستدامة بشكل عام والجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها بالمراحل الدراسية المختلفة، وكذا أهمية توفير برامج تنمية مهنية لمعلمي الرياضيات في هذا الصدد، وكذا ضرورة العناية بدمج قضايا التغير المناخي في مناهج الرياضيات الجديدة المطورة بالصفوف والمراحل الدراسية المختلفة، فضلاً عن ضرورة تشجيع الخبرات البحثية الجديدة التي تسعى نحو ربط الرياضيات بقضايا المناخ المختلفة، وكذا الاهتمام بتشجيع البحوث المشتركة في مجال نمذجة تغير المناخ ، وأهمية توفير موارد ومصادر تعليم وتعلم تسهم في تنمية الوعي برياضيات المناخ لدي جميع المعنيين.

الكلمات الدالة: التغير المناخي، قضايا التغير المناخي، رياضيات المناخ، جدارات الاستدامة، جدارات التغير المناخي، الجدارات المعرفية، الجدارات المهارية، الجدارات الوجدانية.

Abstract:

The current research aimed to identify the impact of a proposed program to develop the competencies necessary to integrate climate change issues into mathematics teaching and learning among Primary school mathematics teachers. In this regard, the quasi-experimental method was used, with two groups: experimental and control. Both the experimental and control group consisted of (29) mathematics teachers in the first semester of the academic year 2023-2024. the research tools were: the cognitive competencies scale, the skill competencies scale, and the emotional competencies scale. independent -samples t test, one-sample t test, and ETA square were used in the statistical data processing.

The results indicated the effectiveness of the proposed program in developing the competencies necessary to integrate climate change issues into mathematics education: the cognitive, skill, and emotional competencies among the experimental research sample. It is recommended to the need to pay attention to developing sustainability competencies in mathematics teacher preparation programs, especially the competencies necessary to integrate climate change issues into teaching and learning Mathematics in the different stages of education, and the importance of providing professional development programs for mathematics teachers in this regard, and the need to take care to integrate climate change issues into the developed mathematics curricula at different grades, as well as the need to encourage new research experiences that seek to link mathematics to different climate issues, encouraging joint research in the field of climate change modeling, and the importance of providing teaching and learning resources that contribute to developing awareness of climate mathematics among all Stakeholders.

Keywords: Climate change, climate change issues, climate mathematics, sustainability competencies, Climate change competencies, cognitive competencies, skill competencies, emotional competencies.

مقدمة:

تُعد قضية التغير المناخى من أهم التحديات التي يواجهها العالم في الفترة الأخيرة، حيث تتسبب الأنشطة البشرية، وقطاعات النشاط الاقتصادي في أضرار جسيمة لجميع الدول والمجتمعات، مما يتطلب جهدًا موحدًا من قبل الدول للتكيف مع الآثار السلبية لقضية تغير المناخ، وعلى الرغم من تراكم الأدلة على تغير المناخ منذ عقود، إلا أنه لم يحدث سوى القليل من التغيير الهادف في اقتصادنا ومجتمعنا، وهنا تجدر الإشارة إلى إعطاء الأولوية للطريقة التي يعيش بها الأفراد لما لها من تأثيرات بالغة على تغير المناخ في المستقبل، وضرورة دمجهم في المشاركة في المناقشات والتحديات التي تواجهنا بشأن تغير المناخ؛ ومن أجل تحقيق ذلك فهم بحاجة إلى فهم كيفية عمل علم المناخ، وليس مجرد أن يكونوا مستهلكين سلبيين، ينتظرون حلول يطرحها العلماء.

ويدرك المجتمع الدولي أهمية التعليم باعتباره أحد العوامل الحاسمة في التصدي لهذه القضية، فالتعليم له دورًا رئيسيًا في تعزيز العمل المناخي، حيث يساعد الطلاب على فهم تأثيرات أزمة المناخ والاستجابة لها، عبر تزويدهم بالمعرفة والمهارات والقيم والسلوكيات اللازمة، كما يساعدهم على اتخاذ قرارات مستنيرة في الفصول الدراسية، وتعلم كيفية التكيف مع تغير المناخ، وكيف يكونوا أطرافاً فاعلة في التغيير، وتدعو اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ The United Nations Framework Convention on Climate Change واتفاق باريس وجدول الأعمال المرتبط بهما الخاص بالعمل من أجل التمكين المناخي، الحكومات إلى تثقيف جميع الأطراف المعنية والمجموعات الرئيسية بشأن السياسات والإجراءات المتعلقة بتغيُّر المناخ وتمكينها في هذا المجال وإشراكها فيه. (اليونسكو، ٢٠٢١).

كما أكد بيان الدولية للتربية Education International(2021) الذي يجمع منظمات المعلمين، وموظفي التعليم من جميع أنحاء العالم، على أهمية تحويل التعليم؛ لتحفيز مكافحة تغير المناخ، ودعم الانتقال العادل إلى عالم أكثر استدامة ، فالطلاب لهم الحق في اكتساب المعرفة، والمهارات، والمواقف اللازمة للحفاظ على عالمنا للأجيال الحالية، والمستقبلية، ولهم الحق في تلقي التعليم الذي يعدهم لعالم العمل في الاقتصاد الأخضر، وضرورة العمل معًا لبناء مستقبل أكثر مرونة في مؤسساتنا التعليمية، ومجتمعاتنا، واقتصادنا، مع تقليل بصمتنا البيئية بشكل كبير من خلال انتقال عادل، كما أكد أهمية تدريب المعلمين، ودعمهم لتوفير تعليم جيد بشأن تغير المناخ؛ عبر برامج التطوير المهني المستمر، وأشار إلى ضرورة توفير الحكومات مؤسسات تدريب للمعلمين، لديها التمويل، والموارد اللازمة، لتقديم تعليم أولي جيد للمعلمين،

وأن الطلاب المعلمين على استعداد لتدريس التعليم الجيد في مجال تغير المناخ للجميع .

كما أشارت أيضًا الإستراتيجية الوطنية لتغير المناخ في مصر (٢٠٥٠م) وهي الاستراتيجية التي أطلقتها الحكومة عبر وثيقة أصدرتها وزارة البيئة، إلى أهمية زيادة الوعي بقضية التغير المناخي في تحقيق الجاهزية للتعامل مع أي أخطار محتملة تعامل صحيح، كما أنها تصدر جيل يمتلك الوعي الكافي عن أبعاد القضية، وبالتالي يتمكن من زيادة فاعلية الآليات المطلوبة للتصدي لتبعات التغيرات المناخية، وإمكانية مشاركتهم كعنصر فاعل في الاقتصاد الأخضر، ووعيهم بأهمية المشروعات المقامة لتخفيف آثار التغير المناخي، وكذلك التكيف خاصة مع توقع زيادة المخاطر مستقبلاً .

وتتماشى الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ في مصر (٢٠٥٠م) مع استراتيجية التنمية المستدامة للدولة "رؤية مصر ٢٠٣٠"، وتهدف إلى تقليل الانبعاثات الضارة وتجهيز البلاد لتحمل آثار ظاهرة الاحتباس الحراري، وتتمثل أهدافها الخمسة في:

- تحقيق نمو اقتصادي مستدام، وخفض الانبعاثات في مختلف القطاعات.
- بناء المرونة والقدرة على التكيف مع تغير المناخ، وتخفيف الآثار السلبية المرتبطة بتغير المناخ.
- تحسين حوكمة وإدارة العمل في مجال تغير المناخ.
- تحسين البنية التحتية لتمويل الأنشطة المناخية.
- تعزيز البحث العلمي ونقل التكنولوجيا وإدارة المعرفة ورفع الوعي لمكافحة تغير المناخ.

إن التعليم الجيد بشأن قضايا تغير المناخ يمكن أن يمنح الطلاب رغبة مدى الحياة في تحسين البيئة، وحماية الكوكب من أجل الأجيال القادمة، كما يساعد في دفع الابتكار نحو التصدي لتلك القضايا، وسيكون مفتاحًا لتطوير مناهج جديدة ورائدة لمعالجة المشكلات البيئية في المستقبل، وزيادة عدد الأفراد المثقفين مناخيًا، مما يؤدي إلى مجتمع أكثر استدامة.

ويهدف التعليم في مجال تغير المناخ إلى معالجة وتطوير الاستجابات الفعالة لتغير المناخ، والمساعدة في فهم أسبابه وعواقبه، والاستعداد للتعامل مع آثاره، وتمكين المتعلمين من اتخاذ الخطوات المناسبة لتبني أسلوب حياة أكثر استدامة، وفي هذا الصدد تأسس برنامج تعليم تغير المناخ التابع لليونسكو في عام (٢٠١٠) لمساعدة الطلاب على فهم تغير المناخ من خلال توسيع نطاق الأنشطة التعليمية في مجال تغير المناخ في التعليم الرسمي وغير الرسمي، عبر تحفيز المتعلمين وتثقيفهم حول آثار

الاحتباس الحراري، وزيادة "التثقيف المناخي" وجعل التعليم جزءًا أكثر مركزية من الاستجابة الدولية لتغير المناخ.(اليونسكو،٢٠١٥)

وتعمل اليونسكو مع عدد من الحكومات لدمج التثقيف بشأن تغير المناخ في المناهج الوطنية، وتطوير مناهج تعليمية من أجل ذلك، ومن بين هذه البلدان أستراليا؛ حيث اعتمدت خطة وطنية في عام (٢٠٠٠) بعنوان "التعليم البيئي لمستقبل مستدام"، وأطلقت عددًا من المبادرات لتنفيذ الخطة الوطنية، وأبرزها مبادرة "المدارس الأسترالية المستدامة"، وفي عام (٢٠١٤)، بدأ أول إصلاح وطني للمناهج المناخية، كما أدخلت الصين التعليم البيئي في أواخر السبعينيات، كما تبنت الدنمارك عام(٢٠٠٩) استراتيجية وطنية بشأن تغير المناخ، وفي إنجلترا عززت الحكومة منذ أواخر تسعينيات القرن العشرين عدد من المبادرات المتعلقة بالتعليم بشأن التغير المناخي حيث أُدخل التعليم في مجال التغير المناخي في مقرر الجغرافيا وفي(٢٠١٠) تم تطبيق مبادرة "المدارس المستدامة".(اليونسكو،٢٠١٥)

ومن ثم تأتي أهمية تنمية الجدارات اللازمة لدمج التغير المناخي في عمليتي التعليم والتعلم بصفة عامة كنهج شامل، وسريع يعمل على تضمين التغيير، ومعالجته بطريقة أكثر كفاءة، وفي هذا الصدد تجدر الإشارة إلى أن استخدام التعلم القائم على الجدارة Competency-based learning يُستخدم في معظم دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية Organization for Economic Co-operation and Development (OECD,2019) فهو نموذج ناجح يعزز التعلم النشط، ويطور التفكير النقدي ومهارات حل المشكلات، مع التركيز على مهارات إنتاج المعرفة التعاونية، كما يهدف إلى تدريب المواطنين الناقدين على اتخاذ قرارات أفضل في مجتمعنا.

وتمثل الجدارة Competence القدرة على الاستجابة للطلبات المعقدة، وأداء المهام المختلفة بشكل مناسب، والتي تنطوي على مزيج من المهارات العملية، والمعرفة، والتحفيز، والقيم الأخلاقية، والمواقف، والعواطف، والمكونات الاجتماعية، والسلوكية الأخرى التي يتم تعبئتها معًا من أجل العمل الفعال، ولذلك فإن مفهوم الجدارة يوفر إطارًا مثاليًا لتطوير الفهم، والوعي، والمهارات المتعلقة بتغير المناخ من خلال التعليم، وتتكون الجدارة من ثلاثة أبعاد فرعية متكاملة: تتمثل فى المعرفة (تعلم لتعرف)، و المهارات (تعلم ما يمكن عمله)، والمواقف (تعلم أن تكون).-Fuertes) Prieto et al.,2021)

ويُعد تنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في التعليم من الأمور الضرورية، والمهمة بالنسبة للمعلمين؛ حيث يساعدهم ذلك في تخطيط فصولهم

الدراسية، وإظهار الروابط في جميع أجزاء المنهج الدراسي بهذه القضية المهمة، فهم عوامل التغيير الحقيقية، والمسؤولون عن إكساب طلابهم المهارات، والمواقف والسلوكيات التي تهدف إلى تعزيز مجتمعات أكثر استدامة (Alperovitz, 2014; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2018) فضلاً عن ذلك، يتمتع المعلمون "بمعارفهم، وكفاءاتهم الضرورية لإعادة هيكلة العمليات، والمؤسسات التعليمية نحو الاستدامة" (UNESCO, 2017, p. 51) ، من خلال "أنشطة التدريس، والتعلم، والتقييم، المتوافقة، والمصممة لتلبية جدارات الاستدامة الرئيسية ونتائج التعلم" (Quality Assurance Agency [QAA] , 2020) ومن ناحية أخرى، سيحتاج المعلمون بدورهم إلى اكتساب جدارات الاستدامة، لأنه بدونها لن يتمكنوا من تعزيز التعليم من أجل التنمية المستدامة في فصولهم الدراسية (Vega-Marcote et al., 2015) ولذلك، يجب أن نفكر في التدريب الأولي، والمستمر للمعلمين الذي يبني بالتوازي جدارات الاستدامة لدى الطلاب، ويقترح استراتيجيات تعليمية تسهل دمج جدارات الاستدامة في فصولهم الدراسية (United Nations Economic Commission for Europe [UNECE], 2016; UNESCO, 2017).

ومن ثم تتضح أهمية توجيه أنظمة التعليم المختلفة عنايتها لتصير أكثر صمودًا في مواجهة تغيرات المناخ، وذلك بتضمين مفاهيم، وقضايا التغير المناخي في التعليم المدرسي من أجل بناء جيل جديد حساس للقضايا البيئية، وتعليم الطلاب كيفية بناء مستقبل مستدام، وتصميم أدلة للمعلمين، وورش عمل تدريبية لتمكين المعلمين من المشاركة، وتبادل الخبرات في هذا الصدد، وتلبية لهذا الغرض جاءت جهود وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني في تضمين قضايا التغير المناخي في المناهج الدراسية؛ لمواكبة المستجدات العالمية، والتحديات القومية من خلال طلاب يدركون تلك القضايا، وتداعياتها، وتأثيراتها على حياتهم، وأهمية دورهم في التصدي لتلك القضايا، وتأثير سلوكياتهم على استدامة الحياة(Osama et al.,2021).

ومن خلال التعاون بين وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني، ووزارة البيئة، تم إعداد ثلاث حقائب تعليمية تخاطب المعلمين، وتوفر لهم معلومات أساسية، وأنشطة، ورسائل مجتمعية، ووسائل إيضاح من مواد فيلمية، ومقالات ثقافية، وملفات عرض مصحوبة بتسجيلات صوتية، حول قضايا التغير المناخى، وذلك بهدف زيادة وعي المعلمين، والطلاب بمشكلات البيئة وحلولها، مما ينعكس على سلوكيات الأفراد فى المجتمع نحو الحفاظ على الموارد الطبيعية؛ لضمان مستويات أفضل من جودة الحياة في إطار بيئة صحية، وآمنة، وتنمية مستدامة خضراء (Osama et al.,2021).

ويأتي ذلك في سياق الخطة الاستراتيجية لوزارة التربية والتعليم والتعليم الفني؛ لرفع وعي الطلاب والمعلمين بأهمية قضايا التغيرات المناخية، ودمج عامل التغير المناخي، والبعد البيئي في جميع مشروعاتها، ومناهجها، حيث تم تنفيذ برنامج تدريبي، وتوعوي خلال شهر أغسطس ٢٠٢١ م، حول مفاهيم قضايا التغيرات المناخية (ToT) لعدد (١٥٠) مدربًا، وذلك من خلال حقيبتين تدريبيتين إحداهما للمعلمين، والأخرى للمديرين، تحت عنوان"دعم مهارات المعلمين والمديرين في تنمية الوعي الطلابي بالتغيرات المناخية، في ضوء متطلبات التنمية المستدامة"، واشتملت الحقيبة التدريبية مناقشة مفاهيم البيئة، وقضايا المناخ الرئيسية، مثل (التغيرات المناخية، والتنوع البيولوجي، والاستدامة البيئية)، وما تتضمنه من معلومات، ومعارف فرعية، كما تشمل هذه الحقيبة تطوير مهارات المعلمين والمديرين في بناء مجموعة من الأنشطة المصاحبة لموضوعات المناهج الدراسية التي يقومون بتدريسها أو الإشراف عليها؛ لإكساب الطلاب اتجاهات إيجابية نحو قضايا البيئة وحمايتها، واكتشاف طرق مبتكرة لتحقيق ذلك، تتفق مع مراحلهم الدراسية، وقدراتهم، ومهاراتهم، وأعمارهم، مع تطبيقها على أرض الواقع، ونشر التوعية بين الأقران، والأسرة، والمجتمع المحيط (وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني، ٢٠٢٢).

وعلى وجه الخصوص، على الرغم من اعتبار الرياضيات مجردة في كثير من الأحيان، إلا أنه من غير الأساسي فهمنا للطبيعة، والكون بأكمله، بأبعاده الزمنية، والمكانية بدون الرياضيات، فقد سمحت لنا الرياضيات بإدخال تحسينات محورية في التنبؤ بالطقس، ولها تطبيقات في الزراعة، ومصايد الأسماك، كما تؤدى الخوارزميات، والنماذج الرياضياتية المختلفة دوراً رئيسًا فى التنبؤ بمسار الإعصار المداري لمدة تصل إلى أسبوع واحد مقدمًا، مما يمنح المجتمعات الوقت للإخلاء، واحتمال إنقاذ الأرواح، والتقليل من الخسائر الاقتصادية (UNESCO,2022).

وفى هذا الصدد أشار البعض بأن مشكلات تغير المناخ تحتاج إلى نوع جديد من العلم، نوع يلعب فيه الأفراد دورًا أكبر بكثير (Barwell,2013)، وللمشاركة في هذا النوع الجديد من علوم المناخ، يحتاج الأفراد إلى فهم رياضيات علم المناخ، ولا يعنى ذلك أنه يجب عليهم أن يحصلوا على درجات جامعية في الرياضيات، لكنهم بحاجة إلى فهم أفضل لكيفية استخدام الرياضيات، ونقاط قوتها وضعفها، وما يمكن أن تفعله، وما لا يمكنها فعله، ومن ثم فهم بحاجة إلى فهم نقدي للرياضيات، ودورها في المجتمع، وهنا تتوجب الإشارة إلى أهمية دور معلمي الرياضيات في مساعدة الطلاب على التطور كمواطنين حاسمين للتفكير في التحديات المختلفة لتغير المناخ، وأن

يصبحوا مشاركين نشطين في المجتمعات الديمقراطية(Abtahi et al.,2017) ، فللرياضيات دور أساسي في جميع جوانب الحياة اليومية، ويسهم تعلمها في تطوير مهارات القرن الحادي والعشرين المتعلقة بالتفكير النقدي، وحل المشكلات، ومن بينها المشكلات المتعددة المرتبطة بتغير المناخ (Goos,Halai,2022).

وأبرز Barwell (٢٠١٣ ، ٢٠١٨) أن الرياضيات متداخلة في عديد من جوانب التغير المناخي، وهي مهمة لفهم التغيرات المناخية المستقبلية، ووصفها، والتنبؤ بها، وأن التواصل بشأن تغير المناخ يتم إلى حد كبير بالأرقام، والرسوم البيانية. لذلك جادل Barwell بأن معلمي الرياضيات بحاجة إلى الانخراط في تغير المناخ بسبب الاستخدام واسع النطاق للرياضيات في هذا الصدد ، وأن الطلاب بحاجة إلى تعلم التفكير في الدور الذي يمكن أن تلعبه الرياضيات في تغير المناخ، واقترح Barwell في هذا الصدد تعليم الرياضيات النقدية Critical Mathematics Education كمنظور نظري، وكطريقة لإشراك الطلاب كمواطنين ناقدين.

ويتعلق استخدام الرياضيات في قضايا تغير المناخ بالعدالة الاجتماعية، بشكل مباشر وغير مباشر، فتغير المناخ يُعد تحديًا عالميًا، ولكنه يؤثر على الناس والدول بشكل مختلف، ولا يتم دائمًا توزيع عواقب تغير المناخ بشكل عادل، ويمكن أن تؤثر معالجة الرياضيات بشكل نقدي، كما وصفها Skovsmose (٢٠١٤) ، في سياق تغير المناخ ، على كيفية فهم الناس لتغير المناخ والتصرف تجاهه، كما أوضح Barwell (٢٠١٨) أن الرياضيات تُعد جزءًا مهمًا من كيفية فهمنا وتفسيرنا وتوقعنا وتواصلنا لتغير المناخ ، وبالتالي من المهم اعتبار الرياضيات جزءًا لا يتجزأ من التحديات مثل التأثير الاقتصادي في جميع أنحاء العالم، والمواقف الجائرة أخلاقيًا واجتماعيًا المرتبطة بتغير المناخ.

جادل Barwell(2013) بأن تغير المناخ يتم تفعيله من خلال العلوم والرياضيات والتكنولوجيا، وتوقعات النماذج المناخية على وجه الخصوص، فبدون نماذج مناخية قائمة على الرياضيات، سيكون من الصعب تحديد التحديات المستقبلية، وإدراكها، لأن معظم التنبؤات تتضمن بطريقة، أو بأخرى الرياضيات، وهنا ناقش Skovsmose (١٩٩٤) كيف تنتقل الرياضيات من كونها وصفية إلى أن تصبح توجيهية، من خلال القول بأن الرياضيات لا توفر فقط الأوصاف؛ كما أنها توفر "نماذج للسلوك المتغير، نحن لا "نرى" وفقًا للرياضيات فحسب ، بل "نفعل" أيضًا وفقًا للرياضيات "(ص ٥٥).

إن الرياضيات تؤدى بالفعل دورًا حيويًا في أبحاث المناخ (Karper&Engler,2013; Shen& Somerville,2019) ، ويمكن القول دون

مبالغة أن الرياضيات فقط هي التي تسمح لنا بتحديد تأثيرات الاضطرابات الخارجية الطبيعية والبشرية على النظام المناخي، وديناميكاته، والتنبؤ بها، نظرًا لوجود عديد من الخصائص المحددة له (Soldatenko,2017) .

وفى هذا الصدد طرحت UNESCO (2022) مجموعة أدوات "الرياضيات في اتخاذ الإجراءات"Mathematics for action وهى تُعد أداة ثورية موجهة نحو وضع السياسات العامة، وهى تبرز الدور الأساسي للرياضيات في الإسهام في التصدي للتحديات الأكثر إلحاحاً، وفي تحقيق أهداف التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠، وتُبيّن مجموعة الأدوات كيف تُمكّن نماذج الرياضيات من استكشاف السيناريوهات المُحتملة لإرشاد عملية اتخاذ القرارات، ويتمثّل أحد هذه الأهداف المرجوّة في "اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره"، وتُبزر في سبيل تحقيق هذا الهدف كيف يمكن توظيف النماذج المناخيّة من أجل التوصل إلى سيناريوهات بديلة ومنطقيّة للمستقبل.

كما أشار المركز الوطني للتميز في تدريس الرياضيات The National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics (NCETM,n.d) إلى أهمية الرياضيات في علم تغير المناخ، وكيف يمكن للمعلمين تناول قضايا التغير المناخي في الفصل الدراسي كأحد القضايا الاجتماعية، مما يسمح للطلاب برؤية الرياضيات كأداة للمساعدة في تفسير العالم.

كما قامت مؤسسة الابتكار في تعليم الرياضيات Mathematics Education Innovation (IEM,2023) بالتعاون مع الجمعية الملكية للأرصاد الجوية Royal Meteorological Society (RMetS) بنشر أربعة مصادر لدعم المعلمين في إثارة قضايا علوم المناخ من خلال دروس الرياضيات، وتتمثل في: موارد الأشجار وصافى الصفر Trees for Net Zero ، وموارد الأشجار واحتجاز الكربونTrees and Carbon Capture، وموارد الطقس القاسي Extreme Weather، وموارد تطور مبيعات المركبات :Evolution of Vehicle Sales ، وتستند دراسة هذه الموارد على مجموعة من المهارات، والعمليات الرياضياتية؛ مثل: تفسير البيانات، والإحصاءات، والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل ومقارنة البيانات من أجل تطوير وتقديم الاستنتاجات المناسبة.

أما معهد بحوث العلوم الرياضياتية Mathematical Sciences Research Institute(MSRI) (2007) فقد أشار أن التنبؤ الدقيق، والموثوق بتغير المناخ العالمي يحتاج إلى الرياضيات؛ حيث أن الأسئلة المركزية المرتبطة بتغير المناخ هي أسئلة رياضياتية بطبيعتها، كما أوضح أن هناك عديد من الفرص للتعاون بين علماء

الرياضيات، وعلماء المناخ، وأن علماء المناخ يدركون هذه الحقيقة، ويطلبون المساعدة من علماء الرياضيات، ويأتي ذلك من الحاجة إلى فهم المناخ المتغير بشكل أفضل، كما طرح المعهد مجموعة من الآليات التي يمكن اتخاذها لتشجيع التعاون بين الطرفين؛ تتمثل فى:

- إشراك المعاهد، والمنظمات الرياضياتية أعضائها في أبحاث تغير المناخ؛ من خلال ورش عمل هادفة؛ مثل الندوات، وورش العمل التي نظمها كل من معهد بحوث العلوم الرياضياتية (MSRI)، ومعهد العلوم الإحصائية والتطبيقية the Statistical and Applied Mathematical Sciences Institute (SAMSI)، ومعهد الرياضيات وتطبيقاتها the Institute for Mathematics and its Applications(IMA) حول التغير المناخي .
- تدريب جيل جديد من علماء الرياضيات للقيام بأبحاث في تغير المناخ، ومن بين الآليات الممكنة هي المدارس الصيفية، وبرامج ما بعد الدكتوراه المتخصصة.
- تدريب معلمي الرياضيات وتشجيعهم على إدخال أمثلة متعلقة بالمناخ في الفصل الدراسي.
- تضمين الخبرات البحثية للطلاب الجامعيين فرصًا واقعية لأبحاث المناخ.
- تشجيع أقسام الرياضيات على التواصل مع زملائهم في التخصصات الأخرى لتطوير الجهود التعاونية في مجال تغير المناخ.
- تطوير بوابة إلكترونية تكون مفيدة لجميع المشاركين في أبحاث المناخ الرياضياتية، و يمكن أن تكون مستودعًا للمشكلات الرياضياتية؛ ومصدر لنماذج مناخية بسيطة، ومتوسطة التعقيد، وثمثل مورد يمكن لغير العلماء (مثل رجال الأعمال أو صانعي السياسات) الرجوع إليه للحصول على معلومات موضوعية عن تغير المناخ.
- تواصل كل من علماء الرياضيات، وخبراء المناخ مع الجمهور، والمسؤولين، ومع وسائل الإعلام، حول مدى تعقيد النظام المناخي، وتنمية وعيهم حول كيفية التصدي للعواقب المختلفة للتغير المناخى عبر نماذج مختلفة.

كما عُنى عدد من الدراسات السابقة بإبراز دور الرياضيات في دراسة قضايا التغير المناخي، وأهمية دور معلم الرياضيات في هذا الصدد، ومن بينها دراسات كل من Abtahi et al. ،Steffensen (2016) ،Walsh & McGehee(2013) Archer et ، Odmo (2021) ، Karrow et al. (2017) ، (2017) al.(2021)، Soldatenko et al.(2021) ، Bissell et al.(2022) ، وهذا يعني

أن معلمي الرياضيات في المستقبل بحاجة إلى أن يكونوا على دراية بدورهم كبناة لجدارات الاستدامة (Vásquez & Alsina, 2021)

وإذا كان لوزارة التربية والتعليم، والتعليم الفني جهود كثيرة للتصدي لقضايا المناخ في سياق خطتها الاستراتيجية لرفع وعي الطلاب والمعلمين بأهمية قضايا التغيرات المناخية ، كما سبق الإشارة لذلك، إلا أن هذه الجهود جاءت بشكل متحرر من سياق رياضيات المناخ، الأمر الذي يوجه الاهتمام إلى ضرورة توفير مواد، وأنشطة تعليمية، تسهم في توفير فرص لمواقف تعليم الرياضيات في سياق قضايا المناخ المتعددة بشكل خاص، وذلك لما لهذا المجال من أهميته في دعم الوعي بقضايا المناخ، وتأثيراتها المختلفة في جميع جوانب الحياة، ومن ثم تظهر الحاجة إلى البحث الحاضر لتنمية جدارات معلمي الرياضيات اللازمة لدمج تلك القضايا في تعليم الرياضيات وتعلمها.

الإحساس بمشكلة البحث:

نبع الإحساس بالمشكلة من عدة مصادر:

- تأكيد الهدف الثالث عشر من أهداف التنمية المستدامة ٢٠٣٠ " العمل المناخي: اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ، وآثاره من خلال تنظيم الانبعاثات، وتعزيز التطورات في مجال الطاقة المتجددة" ، والذى تمثلت أحد مقاصده في تحسين التعليم، وإذكاء الوعي، والقدرات البشرية، والمؤسسية، للتخفيف من تغير المناخ، والتكيف معه، والحد من آثاره، والإنذار المبكر به.(لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب أسيا: ١٩) الأمر الذى يعكس ضرورة وضع هذا الأمر في الحسبان في مجال تعليم الرياضيات وتعلمها.
- إشارات الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ في مصر ٢٠٥٠ م إلى ضرورة رفع الوعي لمواجهة تغير المناخ، الأمر الذى يمثل أهمية كبيرة في توجيه عناية نحو دعم معرفة، ووعى الطلاب، والمعلمين بقضايا التغير المناخي عبر المناهج الدراسية التي يدرسونها بصفة عامة، وفى مناهج الرياضيات بصفة خاصة.
- على الرغم من جهود وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني في الفترة الأخيرة لرفع وعي الطلاب والمعلمين بقضايا التغير المناخي، وتأكيدها أهمية دمج تلك القضايا في تدريس المناهج الدراسية المختلفة؛ لإكساب الطلاب اتجاهات إيجابية نحو قضايا البيئة وحمايتها، إلا أن هذه الجهود جاءت بشكل عام دون الإشارة إلى دور الرياضيات المهم في فهم تلك القضايا.

- تأكيد غير قليل من المؤسسات، والجهات المعنية بالتعليم بصفة عامة، والمعنية بتعليم الرياضيات بصفة خاصة؛ مثل:(2022) UNESCO، والمركز الوطني للتميز في تدريس الرياضيات (NCETM)، ومؤسسة الابتكار في تعليم الرياضيات (IEM)، ومعهد بحوث العلوم الرياضياتية (MSRI)؛ على ضرورة دعم وعى الطلاب، ومعرفتهم بقضايا التغير المناخي، وأبعادها المختلفة، بما يعزز من قدرتهم على اتخاذ قرارت سليمة مرتبطة بالحفاظ على البيئة، والتقليل من أضرار التغير المناخي، كما أكدت أهمية تدريب معلمي الرياضيات، وتشجيعهم على إدخال أمثلة متعلقة بالمناخ في الفصل الدراسي.
- قلة الدراسات العربية التي عُنيت بمجال رياضيات المناخ، والذى يُعد من المجالات المهمة في تحقيق فهم أفضل لقضايا التغير المناخي، وما يرتبط بها من عوامل، وأسباب كثيرة متغيرة، ومتنامية على الصعيد المحلى، والعالمى.
- الدراسة الاستكشافية[١] والتي أُجريت عبر مقابلة عينة من معلمي الرياضيات، وعددها (١١) (٣ معلمين،٨ معلمات) في الفصل الدراسي الأول ٢٠٢٣/ ٢٠٢٤ م، وذلك بهدف تحديد مدى امتلاكهم المعرفة، والمهارات، والاتجاهات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها؛ وقد أسفرت نتائج هذه المقابلة عن قصور في معرفة العينة الاستكشافية حول مفهوم التغير المناخي، وقضاياه المختلفة، وأسبابه، وآثاره، وكيفية التصدي لها، وأهمية التعليم عامة، ودور الرياضيات خاصة في هذا الصدد، فضلاً عن ضعف مهاراتهم فى تصميم مواقف، أو أنشطة؛ لدمج هذه القضايا عبر مواقف تعليم الرياضيات وتعلمها؛ الأمر الذى يلقى بظلاله على اتجاهاتهم الإيجابية نحو تحقيق هذا الدمج على النحو المأمول.

مشكلة البحث:

لما كانت قضايا التغير المناخي مرصودة ومشهودة، تتعامل معها كل دول العالم بحرص وخوف شديد، فهي مرتبطة بحياة الإنسان على الكوكب بل تهددها، وتقع مسؤولية التصدي لهذه القضايا على جميع مؤسسات الدولة، ومن بينها بل من أهمها مؤسسات التعليم، وذلك من أجل التصدي لهذه القضايا في الحاضر والمستقبل، ومن ثم فإن مؤسسات التعليم لابد لها أن تنمي لدى الطلاب المفاهيم، والقضايا المختلفة المرتبطة بالتغير المناخي، وأسبابها، وما يترتب عليها من عواقب؛ بما يسهم في اتخاذ قرارات سليمة تدعم التعامل مع تلك القضايا بشكل سليم، ومن ثم يترتب على ذلك

[١] ملحق (١): الدراسة الاستكشافية.

أهمية تدريب المعلمين على تنمية الوعي لدى طلابهم بكيفية التعامل مع هذه القضايا المترقبة، ويعكس ذلك بصفة خاصة أهمية تدريب معلمي الرياضيات على دمج تلك القضايا في تعليم الرياضيات وتعلمها، وتنمية الجدارات اللازمة من أجل تحقيق هذه الأهداف.

أسئلة البحث:

ترتيبًا على مشكلة البحث، يحاول البحث الحاضر الإجابة عن الأسئلة الآتية:

١. ما قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها؟
٢. ما أسس بناء البرنامج المقترح لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟
٣. ما البرنامج المقترح لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟
٤. ما أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟
٥. ما أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟
٦. ما أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟

أهداف البحث:

سعى البحث نحو تحقيق الأهداف الآتية:

- تحديد قائمة بقضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها.
- تصميم برنامج لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.
- تحديد أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

- تحديد أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.
- تحديد أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

أهمية البحث:

نبعت أهمية البحث مما يأتي:

- يمثل البحث الحاضر خطوة للأمام نحو تحقيق أهداف خطة التنمية المستدامة ٢٠٣٠ ، وبخاصة الهدف الثالث عشر" العمل المناخي: اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره من خلال تنظيم الانبعاثات، وتعزيز التطورات في مجال الطاقة المتجددة" ، والذى تمثلت أحد مقاصده في تحسين التعليم، وإذكاء الوعي، والقدرات البشرية، والمؤسسية للتخفيف من تغير المناخ، والتكيف معه، والحد من آثاره، والإنذار المبكر به.(لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب أسيا: ١٩)
- يُعد البحث الحاضر أحد الآليات التي يمكن من خلالها تحقيق أهداف الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ في مصر ٢٠٥٠، والتي كان من بين أهدافها تعزيز البحث العلمي والتكنولوجيا، ورفع الوعي لمواجهة تغير المناخ، الأمر الذى يمثل أهمية كبيرة في توجيه عناية نحو دعم معرفة، ووعي الطلاب بقضايا التغير المناخي عبر المناهج الدراسية التي يدرسونها بصفة عامة، وفى مناهج الرياضيات بصفة خاصة، حيث تسهم زيادة الوعي في تحقيق الجاهزية للتعامل مع أي أخطار محتملة تعامل صحيح، كما أنها تصدر جيل يمتلك الوعي الكافي عن أبعاد القضية، وبالتالي يتمكن من زيادة فاعلية الآليات المطلوبة للتصدي لتبعات التغيرات المناخية، وإمكانية مشاركته كجزء فعال في الاقتصاد الأخضر، ووعيه بأهمية المشروعات المقامة؛ لتخفيف آثار التغير المناخي، وكذلك التكيف خاصة مع توقع زيادة المخاطر مستقبًلا. (جمهورية مصر العربية، وزارة البيئة،٢٠٢٢ : ٣٣-٣٦)
- يتماشى البحث الحاضر مع سعى وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني في الفترة الأخيرة؛ لرفع وعي الطلاب، والمعلمين بأهمية قضايا التغيرات المناخية، ودمج

عامل التغير المناخي، والبعد البيئي فى جميع مشروعاتها، ومناهجها، حيث نفذت فى هذا الصدد برنامج تدريبي لدعم مهارات المعلمين، والمديرين في تنمية الوعي الطلابي بقضايا التغير المناخي، في ضوء متطلبات التنمية المستدامة؛ الأمر الذى يؤكد أهمية التوجه نحو دعم معرفة، ووعى الطلاب والمعلمين بتلك القضايا، وكيف يتم دمجها في تدريس المناهج عبر أنشطة التعليم والتعلم المختلفة، عبر بناء مجموعة من الأنشطة المصاحبة لموضوعات المناهج الدراسية التي يقومون بتدريسها ،أو الإشراف عليها؛ لإكساب الطلاب اتجاهات إيجابية نحو قضايا البيئة وحمايتها.

- يُعنى البحث الحاضر بتغير المناخ والذى يمثل أحد القضايا الحاسمة في عصرنا الآن؛ حيث صارت الآثار العالمية له واسعة النطاق، ولم يسبق لها مثيل، والتكيف مع هذه التأثيرات سيكون أكثر صعوبة، ومكلفا في المستقبل، إذا لم يتم القيام باتخاذ إجراءات جذرية الآن، ومن بين هذه الإجراءات دعم وعى ومعرفة الطلاب بتلك القضية، وأبعادها المختلفة، مما يعزز من مشاركتهم الفاعلة في صنع القرار المتعلق بالمناخ.
- قد يفاد من البحث المعنيين ببرامج إعداد معلمي الرياضيات، وكذا المعنيين ببرامج التنمية المهنية لمعلمي الرياضيات؛ من خلال الاستفادة من البرنامج المقترح في تدريب الطلاب المعلمين، وكذا معلمي الرياضيات أثناء الخدمة، على تضمين قضايا التغير المناخي، عبر تدريسهم موضوعات الرياضيات المختلفة.
- قد يعزز البحث معرفة معلمي الرياضيات بأنشطة رياضياتية مختلفة قائمة على قضايا التغير المناخي، مما يعزز دورهم في إبراز دور الرياضيات في التصدي للقضايا المجتمعية المختلفة، وعلى رأسها قضية التغير المناخي، ومن ثم تعزيز تقدير طلابهم لدور الرياضيات في التصدي لهذه القضايا.
- قد يساعد البحث مطوري مناهج الرياضيات في تعرف بعض أنشطة رياضيات المناخ التي يمكن تكييفها، ودمجها في سياق مناهج الرياضيات في المراحل الدراسية المختلفة.
- يُعد البحث بمثابة موجه للباحثين في مجال تعليم الرياضيات بصفة خاصة نحو تصميم برامج أخرى تهدف إلى ربط الرياضيات بالقضايا المتعددة للتغير المناخي، وتعرف مدى فاعليتها في تنمية متغيرات أخرى، ولدى عينات بحثية مختلفة.

حدود البحث:

اقتصرت حدود البحث الحاضر على ما يلي:

- **حدود موضوعية**: أُقتصر البرنامج في تناوله لقضايا التغير المناخي بما يسهم في تحقيق أهدافه على مجموعة من القضايا تتمثل في: زيادة نسبة غازات الاحتباس الحراري، وإزالة الغابات، والاستهلاك المفرط، والإشعاع الشمسي، والنشاط البركاني، والتيارات المحيطية، واستخدام وسائل النقل، وعمليات التصنيع، والممارسات الزراعية.
- **حدود زمنية:** العام الدراسي ٢٠٢٣/٢٠٢٤ م.
- **حدود بشرية:** عينة من معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والذين يمثلون طلاب الدبلوم العام (المسار الثاني- معلم المجال)، وذلك بهدف تنمية جدارتهم اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في فصول الرياضيات؛ بما يسهم في دعم قدرات طلابهم، وإعدادهم لمواجهة تحديات القرن الحادي والعشرين بكل ما يحمله من مستجدات، وتطورات تؤثر على الحياة بشكل عام.
- **حدود مكانية:** كلية التربية، جامعة الإسكندرية.

مواد وأدوات البحث:

تمثلت مواد وأدوات البحث في:

- قائمة قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها.
- البرنامج المقترح لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.
- مقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.
- مقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.
- مقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

منهجية البحث:

أُستخدم في البحث الحاضر المنهج شبه التجريبي ذو المجموعتين: التجريبية، والضابطة؛ لتعرف أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة

الابتدائية؛ من خلال تطبيق مقياس الجدارات المعرفية، ومقياس الجدارات المهارية، ومقياس الجدارات الوجدانية، قبل تنفيذ تجربة البحث، وبعدها.

فروض البحث:

١. لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

٢. لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري له.

٣. لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

٤. لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري له.

٥. لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

٦. لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري له.

أساليب المعالجة الإحصائية:

لاختبار مدى صحة فروض البحث، أُستخدم الأساليب الإحصائية الآتية:

- اختبار t-test للفروق بين المتوسطات المستقلة؛ للتحقق من مدى صحة فروض البحث: الأول، والثالث، والخامس عند مستوى $\alpha < 0.05$.

- اختبار t-test للمتوسط الاعتباري؛ للتحقق من مدى صحة فروض البحث: الثاني، والرابع والسادس عند مستوى $\alpha < 0.05$.
- مربع "إيتا"؛ لحساب حجم تأثير المتغير المستقل في المتغير التابع.

مصطلحات البحث:

فيما يأتي التعريف الإجرائي لمصطلحات البحث:

- **التغير المناخي**: " التغيرات طويلة الأجل في درجات الحرارة، ومعدلات هطول الأمطار، أو على سرعة الرياح، سواء كانت تغيرات طبيعية، بسبب التغيرات في نشاط الشمس، أو الانفجارات البركانية الكبيرة، أم تغيرات بشرية بسب حرق الوقود الأحفوري؛ مثل: الفحم والنفط، والغاز، وقطع الأشجار، وحرق الغابات، والصناعات الكيمياوية، وصناعة الإسمنت".
- **قضايا التغير المناخي:** " يقصد بها تلك القضايا المرتبطة بالآثار المختلفة المترتبة على التغير في المناخ، وتتمثل في زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وإزالة الغابات، والعادات الاستهلاكية المفرطة، والإشعاع الشمسي، والنشاط البركاني، والتيارات المحيطية، واستخدام وسائل النقل، وعمليات التصنيع، والممارسات الزراعية، وتأثيراتها المختلفة على التقلبات المناخية."
- ويرتبط فهم وتحليل هذه القضايا باستخدام مجموعة من المفاهيم والمهارات الرياضياتية؛ مثل: إنشاء الرسوم البيانية، وتحليلها، وتفسيرها، وتقديم الاستنتاجات، وحساب النسب المئوية، والقياس، والتحويل بين وحدات القياس المختلفة، وإجراء عملية التقدير، والإحصاءات، والاستدلال النسبي، والعمليات الحسابية، وإجراء عمليات التقريب، وحساب المعدل، ومقياس الرسم، وحساب النسبة، والنسبة المئوية.
- **الجدارات: "** مزيجًا ديناميكيًا من المعرفة والمهارات والمواقف والقيم التي تؤثر على صنع القرار وأداء المهام"
- **الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات: "** مجموعة المعارف والمهارات والاتجاهات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها" وهي تنقسم إلى:
  - **الجدارات المعرفية**، وتتمثل في: الوعي بمفهوم التغير المناخي، وقضاياه المختلفة، وأسبابه، وآثاره، وكيفية التصدي لها.

- **الجدارات المهارية**، وتتمثل في: القدرة على استخدام المفاهيم والمهارات الرياضياتية في تحليل قضايا التغير المناخي، وكذا القدرة على تصميم وتنفيذ سيناريوهات/ مواقف/ أنشطة لدمج هذه القضايا عبر مواقف تعليم الرياضيات وتعلمها.
- **الجدارات الوجدانية**، وتتمثل في: امتلاك اتجاهات إيجابية نحو عملية دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها.

الخلفية النظرية للبحث:

تساعد الخلفية النظرية للبحث في توضيح ما يرتبط به من مفاهيم، وأفكار بشكل أكثر تفصيلاً، وبما يسهم في بناء أدوات البحث كخطوة نحو تحقيق أهدافه المرجوة، ومن ثم جاءت الخلفية النظرية للبحث شاملة ثلاثة محاور أساسية؛ حيث يتناول المحور الأول مفهوم التغير المناخى، وعلاقته بالتعليم من أجل التنمية المستدامة، والدراسات السابقة في هذا الصدد، في حين أن المحور الثانى يُعنى برياضيات التغير المناخى عبر تعرف طبيعة رياضيات تغير المناخ، وعملية تدريسها، وعلاقة تغير المناخ بكل من الرياضيات النقدية، والنمذجة الرياضياتية، وكذا الثقافة الرياضياتية، فضلاً عن البرامج، والتجارب الدولية، والدراسات السابقة في هذا المجال، أما المحور الثالث فقد وجه الاهتمام إلى طبيعة جدارات التغير المناخي، وأهميتها، والجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات، والدراسات ذات الصلة، وفيما يلى تناول أكثر تفصيلاً لهذه المحاور:

المحور الأول: التغير المناخي Climate change

يُعنى في هذا المحور بتناول مفهوم التغير المناخي، والتعليم من أجل التنمية المستدامة، والتصدي لأثار التغير المناخي، فضلاً عن الدراسات السابقة في مجال التغير المناخي؛ وذلك من أجل أن يُفاد منه في البحث الحاضر في تصميم قائمة قضايا التغير المناخى، ومقياس الجدارات المعرفية، وفيما يلى عرض تفصيلى لهذه المحاور الفرعية:

مفهوم التغير المناخى:

جذب موضوع التغير المناخي اهتمام الكثير من الدارسين، والباحثين، والهيئات، والمنظمات الدولية، والإقليمية، والعالمية، التي أثبتت أن التغير المناخي الذي حدث في السنوات الأخيرة أثر في كثير من النظم البيئية، والذي من نتائجه ارتفاع درجة الحرارة، وتناقص الأمطار على مستوى العالم، حسب ما أشار إليه التقرير الرابع الذي نشرته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC) (على مصطفى سليم، ٢٠١٦ :١٤٦)

ويعد موضوع التغير المناخى من القضايا المعاصرة التي وجهت لها برامج الأمم المتحدة للبيئة اهتمامًا كبيرًا، وأوصت الدول بإعداد تقارير دورية حول حجم انتشار الظاهرة، كما أوصت بالتعرف عليها من جميع أبعادها المتعلقة بالحرارة، والمياه، والأمطار؛ بهدف الحصول على معرفة أوسع عن حجم الظاهرة، وتأثيرها بشكل وطني، وإقليمي، وعالمي، ومحاولة الوصول إلى حلول للحد من تأثيراتها المتوالية (Sarfaty et.al.,2014) ، حيث تتسبب في أزمات اقتصادية، وصحية، واجتماعية، وبيئية؛ مثل: جفاف بعض مناطق العالم، وزيادة التصحر، كما تتسبب في زيادة مشكلات توفير الغذاء لسكان العالم.(Mohamed Shaffril et.al.,2015)

وتُعرفه الهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغير المناخي IPCC على أنه "تغير في حالة المناخ يدوم لفترة زمنية طويلة، نتيجة عمليات طبيعية، أو بشرية تؤثر في تركيبة الغلاف الجوي" (IPCC,2001: p4). كما يُعرف بأنه "التغير الذي يطرأ على الدورة العامة للغلاف الجوي، والظواهر الجوية المرتبطة بها؛ مثل: الأعاصير، والمنخفضات الجوية، والجفاف، والفيضانات، وغيرها، نتيجة لظاهرة الاحتباس الحراري" (نعمان شحادة، 2009 :315).

إن التغير المناخي هو اختلال يحدث في طبقات الغلاف الجوي؛ مثل: درجة الحرارة، وهطول الأمطار، ومعدل الرياح، وغيرها من التغيرات التي يتم قياسها على مدار عقود، أو فترات طويلة، وتختلف ظاهرة تغير المناخ عن ظاهرة الاحتباس الحراري؛ حيث أن الاحتباس الحراري يشير إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة قرب سطح الأرض، والناتج عن زيادة نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة؛ مثل: ثاني أكسيد الكربون، وغاز الميثان في الغلاف الجوي، نتيجة النشاط الصناعي البشري المتزايد (Australian Academy of Science, 2015)

وطبقاً للتقرير الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، فإن التغير المناخى بلا شك هو واحدة من أخطر المشكلات التي تواجهها البشرية في الوقت الحاضر، والتي لم يسبق لها مثيل منذ الخمسينيات من القرن الماضي، حيث ارتفعت درجة حرارة الغلاف الجوي، والمحيطات، وتناقصت كميات الثلج، والجليد، وارتفع مستوى سطح البحر، وازدادت تركيزات غازات الاحتباس الحراري، مما قد يترتب عليه تعديل أنظمة الطقس الكوكبي، والنظام البيئي بشكل جذري(IPCC,2013,2018)، وتظهر الأدلة العلمية زيادة في متوسط درجة حرارة كوكبنا مقارنةً بعصر ما قبل الصناعة، ويرجع ذلك أساسًا إلى زيادة تركيز غازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون، المنبعثة من النشاط البشري(IPCC, 2014)

ومن بين تأثيرات التغير المناخي على النظم الطبيعية، والبشرية زيادة حمضية المحيطات، وزيادة درجة حرارتها، وارتفاع مستوى سطح البحر، فضلاً عن المزيد، والمزيد من الظواهر الجوية المتطرفة؛ مثل: الأعاصير، وموجات الحرارة الطويلة، والفيضانات، والجفاف، ويعد انحسار الأنهار الجليدية، وذوبان التربة الصقيعية، أو الجليد في مناطق كبيرة؛ مثل: القطب الشمالي، والقارة القطبية الجنوبية، دليلاً على حدوث تغير سريع في الظروف المناخية، والذي سيعتمد مداه على قدرتنا على التصرف عالميًا (Pachauri et al., 2014)

ويؤدى تغير المناخ إلى عديد من التوترات الاجتماعية، والسياسية؛ فعلى سبيل المثال: سيكون على الفور أكثر إجراء مباشر، لتقليل تغير المناخ، هو وقف استخراج الوقود الأحفوري، وكذلك وقف استهلاكه في النقل، وتوليد الطاقة، والعمليات الأخرى واسعة النطاق، وبالطبع سيؤثر مثل هذا الإجراء بشكل كبير على طريقة حياة معظم الناس على الكوكب.(Barwell& Hauge,2021)، كما قد يؤثر تغير المناخ على تحديد أماكن المعيشة، والزراعة، وإقامة البنية التحتية المناسبة (اليونسكو،٢٠١٧)

ولتغير المناخ بعد أخلاقي معترف به منذ فترة طويلة، وتعد مناقشة الآثار الأخلاقية لتغير المناخ في الأدبيات البحثية متعددة ،ومتنوعة في طبيعتها، وفى هذا الصدد أوضح (٢٠١١) Gardiner أن للانضباط الأخلاقي دورًا أساسيًا في تغير المناخ بسبب الأحكام القيمية المتضمنة في صنع القرار، كما ناقش ثلاثة عوامل تهدد قدرتنا على التصرف بشكل أخلاقي للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وتتمثل في : التأثير العالمى للانبعاثات المحلية، ونشؤ الانبعاثات من عدة أفراد ومؤسسات، وعدم كفاية المؤسسات، فالتعقيد، وعدم اليقين، والتأثير الهائل المحتمل لتغير المناخ على الأفراد يمكن أن يؤدي إلى إنكار المسؤولية، والشعور بالعجز، فقد يكون من الأفضل انتظار رد فعل الآخرين، أو الدول، قبل اعتبار التضحيات الفردية جديرة بالاهتمام، كما أن الافتقار إلى تطبيق عالمي موثوق يجعل الاستجابة الأخلاقية لتغير المناخ صعبة، وحقيقة أن بعض الدول يعانون أو سيعانون أكثر من غيرهم من تغير المناخ، يزيد من التحدي بشكل أكبر (Gardiner, 2011; Stoll-Kleemann et al.,2001)

وفى هذا الصدد ناقش Raymond (٢٠٠٦) مختلف المبادئ المستندة إلى الأخلاق التي تم اقتراحها لكيفية تخصيص مستويات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وتوزيعها بين الدول؛ ومنها على سبيل المثال: مبدأ الأعباء المتساوية، ويعني أن الدول تخفض انبعاثاتها بالنسبة لمجموع مستويات الانبعاثات الحالية لديها، ويعتمد هذا

على فكرة أن عبء تقليل الانبعاثات يجب أن يكون متساويًا، ويقدم كل مبدأ نسخة مختلفة من الإنصاف، ويعتمد على افتراضات أخلاقية مختلفة نوعًا ما.

التعليم من أجل التنمية المستدامة والتصدي للتغير المناخي:

يهدف التعليم في مجال التغير المناخي إلى معالجة، وتطوير الاستجابات الفعالة لتغير المناخ، ويساعد على فهم أسبابه، وعواقبه، والاستعداد للتعايش مع آثاره، ويُمكّن المتعلمين من اتخاذ الإجراءات المناسبة لتبني أنماط حياة أكثر استدامة، و يُساعد صُناع القرار على فهم أهمية وضع آليات من أجل مكافحة تغير المناخ على الصعيدين الوطني والعالمي، وهو مُتجذر في التعليم من أجل التنمية المستدامة . (UNESCO,2015)

وقد أدت الآثار العالمية البعيدة المدى المترتبة على تغير المناخ إلى وجوب اشتمال التعليم من أجل التنمية المستدامة قضية التصدي لتغير المناخ، وللمدارس دور رئيس في هذا الصدد يتعين عليها القيام به؛ لمساعدة الطلاب على فهم أسباب تغير المناخ، واكتساب القيم، والمهارات الضرورية؛ للمشاركة في التحول إلى أنماط حياة أكثر استدامة، والقدرة على التكيف مع تغير المناخ. (اليونسكو،٢٠١٧)

ويُعد التعليم من أجل التنمية المستدامة ركن أساسي في عملية التصدي لتغير المناخ، وهو يرتكز على فكرة أن لدينا دورًا علينا القيام به في التصدي للتحديات العالمية، ويروج للمعرفة، والمهارات، والقيم التي نحتاج إليها؛ لإيجاد مجتمع أكثر صحة، وإنصافًا، وأكثر استدامة مناخيًا، وتجدر الإشارة هنا أن أهداف التنمية المستدامة، وبخاصة الهدف (١٣) المتعلق بإجراءات التصدي لتغير المناخ، والهدف(٤) المتعلق بضمان التعليم الجيد للجميع، يسلمان كلاهما بأهمية التعليم من أجل التنمية المستدامة، وبدور التعليم في التصدي لتغير المناخ(اليونسكو،٢٠١٧)

وبالرغم من أن التصور، والوعي بشأن تغير المناخ، قد ازداد، وصار المواطنون يعرفون الآن تغير المناخ باعتباره المشكلة الفردية الأكثر خطورة التي تواجه العالم (European Union, 2021)، إلا أنه قد لا تكون الاستراتيجيات المختلفة اللازمة للتكيف، والتخفيف من آثار تغير المناخ فعالة دون المشاركة النشطة للمجتمع؛ حيث إن المجتمعات المتعلمة التي تدرك مخاطر تغير المناخ تكون أكثر استعدادًا، وأكثر مرونة، وتُحسن اتخاذ القرارات اللازمة لمواجهة التحديات الهائلة لأزمة المناخ (UNESCO, 2009)

لذلك هناك إجماع عام يشير إلى أهمية التعليم فيما يتعلق بتغير المناخ، وفى هذا الصدد أعلنت الوكالات الدولية؛ مثل: الأمم المتحدة ،أو اليونسكو أهمية التعليم لتحسين مرونة المجتمعات في جميع أنحاء العالم (Buckler & Creech, 2014) وهناك

مبادرات دولية تعزز التعليم في مجال الاستدامة، وتسلط الضوء على حقيقة أن لأهداف التنمية المستدامة Sustainable Development Goals (SDG) دورًا مهمًا للتعليم في زيادة الوعي بتغير المناخ، على وجه التحديد، الهدف الثالث من الهدف الثالث عشر هو تحسين التعليم، والوعي، والقدرة البشرية، والمؤسسية في مسائل التخفيف، والتكيف، والحد من الآثار، والإنذار المبكر بتغير المناخ. إن الفهم الأفضل لتغير المناخ له نتائج إيجابية، مثل زيادة الوعي بالقضايا البيئية وإحساس أعمق بالمسؤولية (Anderson, 2012; Bain et al., 2016)

ومن هنا تتضح الحاجة إلى نهج تربوي لا يشمل حملات التوعية العامة فحسب، بل يتطلب أيضًا استجابات تعليمية أكثر رسمية(Mochizuki & Bryan, 2015)

لذلك، من الضروري تطوير استراتيجيات ملموسة لجلب تعليم تغير المناخ إلى الممارسة اليومية في الفصول الدراسية، وفى هذا الصدد حاولت بعض البلدان، مثل البرتغال، وإيطاليا، وأستراليا، والصين، والدنمارك، وانجلترا، إدخال تغير المناخ في خططهم الدراسية (اليونسكو، ٢٠١٥)، كما أنه في معظم دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD, 2019) يتم تدريب الطلاب على اتخاذ قرارات أفضل ومسؤولة في مجتمعنا عبر مجال دراسي يركز على تغير المناخ كنهج شامل وسريع، والذي يعمل على تضمين، ومعالجة تغير المناخ بطريقة أكثر كفاءة قائمة على التفكير النقدي، ومهارات حل المشكلات (Ferrari et al., 2019; Fuertes et al., 2020)

ويهدف برنامج اليونسكو للتعليم في مجال التغير المناخي من أجل التنمية المستدامة، الذي أُنشئ في عام ٢٠١٠م، إلى زيادة التثقيف المناخي، من خلال توسيع أنشطة التعليم في مجال التغير المناخي في التعليم غير الرسمي، ويدمج البرنامج قضايا التنمية المستدامة الرئيسية؛ مثل: التغير المناخي، والحد من مخاطر الكوارث، وغيرها، في التعليم، بطريقةٍ تعالج الترابط بين الاستدامة البيئية، والجدوى الاقتصادية، والعدالة الاجتماعيةً، فضلاً عن جهود اليونسكو المتنوعة في العمل مع الحكومات الوطنية؛ لدمج التعليم في مجال التغير المناخي في المناهج الوطنية، وتطوير مناهج التعليم، والتعلم المبتكرة للقيام بذلك (UNESCO,2015)

ويرتبط تضمين تغير المناخ في التعليم بثلاثة أبعاد فرعية متكاملة؛ تتمثل في: المعرفة (تعلم أن تعرف)، والمهارات (تعلم ما يمكن عمله)، والمواقف (تعلم أن تكون)، ويتمثل البعد الأول في المعرفة حول ماهية تغير المناخ، وأسبابه، وعواقبه استناداً إلى الأدلة العلمية في هذا الصدد، وفي بُعد المهارات يكتسب الطالب مجموعة من الاستراتيجيات الرئيسية لمواجهة تغير المناخ، ويتعلم ما يمكن القيام به. لكن حقيقة أن

الشخص يعرف مشكلة، ويعرف ما يمكن فعله لتجنبها، لا يعني بالضرورة أن هذا الشخص يفعل ذلك، ويطبق تلك المعرفة؛ على سبيل المثال: يمكن لأي شخص معرفة ما هي إعادة التدوير (المعرفة)، ومعرفة كيفية إعادة التدوير (المهارة)، لكن هذا لا يعني بالضرورة أنه سيفعل ذلك، لذلك، في بُعد المواقف، الهدف هو توعية وتعبئة المجتمع لمواجهة هذا التحدي المهم(Fuertes et al.,2022) .

وتتوجب الإشارة هنا أن معظم التدخلات التعليمية في هذا الصدد تهدف إلى زيادة المعرفة (البعد المعرفي)، ويتم أحيانًا التعامل مع الجزء السلوكي بطريقة عرضية، ومع ذلك، فإن الحاجة الملحة لتغيير المواقف المتعلقة بالتخفيف، والتكيف مع تغير المناخ، تجعل من الضروري تغيير طريقة الوجود، والفعل، وتغيير الجوانب؛ مثل: الاستهلاك، أوالنقل، أوالعادات الغذائية، ومن ثم يجب أن يدرج المعلمين قضية تغير المناخ في فصولهم الدراسية، وإظهار الروابط في جميع أنحاء المناهج الدراسية لهذه القضية المهمة. (Fuertes et al.,2022)، ويأخذنا هذا إلى التفكير في أهمية فهم المعلمين للمشكلات البيئية المعقدة؛ مثل: تغير المناخ، لما له من دورًا أساسيًا في تعليم التلاميذ في المدارس؛ من خلال معالجة المشكلات، والمجالات المعرفية المتعددة، ولإعداد المتعلمين لعصر المعرفة ، وهو ما أكدته منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة من أن تعزيز التغير الدائم من خلال التعليم يعتمد على توجيه تدريب المعلمين، وحفظ اتجاهاتهم، ودوافعهم، ومهاراتهم نحو تعليم التغير المناخي(UNESCO ,2010)

إن تغير المناخ يتضمن كفاءات من عدة مجالات علمية، وخبرات سياسية، واقتصادية، ومهارات في اتخاذ القرار، وفى هذا الصدد أكد Nordén (٢٠١٨) أن بعض الباحثين في التعليم من أجل التنمية المستدامة يركزون على نهج متعدد التخصصات بدلاً من نهج موجه نحو الموضوع، من أجل "دعم التعلم الشامل للقضايا المعقدة" (ص ٦٦٣)، واعتبر أن المعلمين في تدريسهم المناهج متعددة التخصصات، يمثل تحديًا، وجادل Nordén بأن الفهم الأفضل لكيفية عمل المعلمين والطلاب مع القضايا المعقدة، والصعبة في الفصل؛ سيساعد في تطوير الكفاءات في صنع القرار بشأن هذه القضايا الملحة.

دراسات سابقة في مجال التغير المناخي:

عند النظر إلى حالة المعلمين فيما يتعلق بالتعليم في مجال التغير المناخي على المستوى الدولي، نجد أن غير قليل من الدراسات أظهرت أسباب القصور في هذا المجال، كما أرجعت الدراسات هذا القصور إلى نقص البرامج التدريبية المهنية للتعليم في مجال التغير المناخي، وأشارت نتائج بعض الدراسات أنه لا بد من العمل

على فهم كيفية تحفيز تعليم التغير المناخي بين المعلمين في المراحل التعليمية المختلفة مع العمل على فهم دافعية المعلمين، ومعتقداتهم واتجاهاتهم عن التغير المناخي (McNeal et al.,2017)، وفي هذا الصدد بحثت دراسة كل من Seow&Ho (2016) اعتقادات المعلمين في سنغافورة حول تعليم التغير المناخي، وأظهرت النتائج ارتباط فهم المعلمين بأهمية تعليم التغير المناخي بمعتقداتهم، واتجاهاتهم نحو تعليم التغير المناخي للطلاب، وتنمية قدراتهم في هذا المجال كما أشارت دراسة كل من Liu et al.(2015) عن وجود علاقة بين معتقدات المعلمين، ومستوى فهمهم للقضايا البيئية.

وتبرز دراسة تفيدة سيد أحمد غانم (٢٠٢٠) أهمية دور التربية في تعزيز قدرات التصدي لتغير المناخ، والتكيف معه، وعُنيت الدراسة بمجال تدريب معلمي التعليم قبل الجامعي على التعليم في مجال التغير المناخي، ودعم التدريب في إطار المدرسة الشاملة، ومبادرات التعليم البيئي، واستعرضت التغير المناخي والتنمية المستدامة، والمدرسة الشاملة، وبعض الجهود في مجال برامج تدريب المعلمين على التعليم في مجال التغير المناخي، وتدريب المدارس المنتسبة لليونسكو في إطار منهج المدرسة الشاملة، وفى ضوء ذلك حددت الدراسة الأبعاد التنموية؛ لتدريب المعلمين بالتعليم قبل الجامعي على التعليم في مجال التغير المناخي، والتي تتمثل في التعليم من أجل التنمية البيئية المستدامة، والتعليم في مجال التغير المناخي، والتربية من أجل مواجهة الكوارث الطبيعية في إطار المدرسة الشاملة، وتحديد مبادئ تدريب المعلمين بالتعليم قبل الجامعي في مجال تعليم التغير المناخي.

كما أشارت دراسة Fuertes-Prieto et al.(2022) أنه يمكن التعامل مع تغير المناخ من وجهة نظر التعليم، باعتباره كفاءة تتكون من ثلاثة أبعاد: المعرفة، والمهارات، والمواقف، وبحثت الدراسة في تحديد كيفية ارتباط هذه الأبعاد الثلاثة فيما بينها، وما إذا كانت الزيادة في جزء المعرفة تعني أيضًا تغييرًا في المهارات، و/ أو المواقف، وتمثلت عينة الدراسة في (٨٤) معلمًا قبل الخدمة، تلقوا تدريباً يركز فقط على البعد المعرفي حول تغير المناخ: ما هو؟ وما هي أسبابه؟، ومن خلال مسح تم إجراؤه قبل التدريب، وبعده، تم قياس قيمة كل بعد من الأبعاد الثلاثة: المعرفة، والمهارات، والمواقف، أظهرت النتائج أن التدريب الذي يركز على بُعد المعرفة يُحسن أيضًا البعد السلوكي، لكن لا يُحسن بُعد المهارات، وأوصت الدراسة بأنه لتحقيق كفاءة مناخية كاملة، فليس كافيًا تعليم المعرفة فقط، ولكن من الضروري أيضًا الانتباه إلى المهارات أثناء التكوين، ويجب مراعاة هذه النتائج عند تصميم التدريس حول تغير المناخ، من أجل تحسين الموارد، والوقت المتاح.

وبالنظر إلى الدراسات التي وجهت عناية إلى التعليم في مجال التغير المناخي، فيما يرتبط بالطلاب في المراحل الدراسية المختلفة، نجد أن دراسة محمد سعيد الدمنهورى(٢٠١٧) كشفت عن فاعلية برنامج تدريبي لرفع مستوي الوعي البيئي حول ظاهرة التغير المناخي لدي عينة من طلاب الجامعات الأردنية(١٥٠ طالب وطالبة) من مستوي السنة الجامعية الأولي، وأشارت نتائج الدراسة فاعلية البرنامج في رفع مستوي الوعي البيئي في جميع محاور ظاهرة التغير المناخي التي تناولتها الدراسة، وأوصت الدراسة بتفعيل دور جمعيات، ولجان البيئة في المدارس، والجامعات في رفع مستوي الوعي البيئي حول ظاهرة التغير المناخي.

أما دراسة كل من علاء الدين إبراهيم أحمد عبد العزيز (٢٠٢٠) فقد استهدفت تقصى دور كليات الزراعة في تنمية الوعي البيئي لدى طلابها في مواجهة آثار التغيرات المناخية، تم اختيار (٣٦٨) طالبا وطالبة كعينة عشوائية من طلبة كليات الزراعة في جامعة مؤتة، والجامعة الأردنية، وجامعة جرش، وجامعة العلوم والتكنولوجيا، وأظهرت نتائج الدراسة أن المستوى المعرفي لدى أكثر من ثلثي طلبة كليات الزراعة كان متوسطًا، وأن دور كليات الزراعة في تنمية الوعي البيئي من وجهة نظر الطلبة جاء ضمن المستوى المتوسط،، وأوصت الدراسة بتزويد الخطط الدراسية بمساقات أخرى تتعلق بالتغيرات المناخية، وتفعيل المبادرات والمحاضرات التوعوية التي تخص قضايا التغير المناخي، والوعي البيئي لدى الطلبة في الجامعات بشكل خاص، وتطوير تبادل الخبرات، والمعرفة في المجال البيئي، والتغير المناخي في الجامعات من خلال استقطاب الكفاءات العلمية المتخصصة.

المحور الثاني: رياضيات التغير المناخى:

يتناول هذا المحور مجموعة من المحاور الفرعية التي تهدف إلى التعرف بشكل أكثر عمقًا حول رياضيات التغير المناخى، والتي تصف دور الرياضيات في فهم قضايا التغير المناخى، وكذا عملية تدريس رياضيات تغير المناخ، فضلاً عن دور الرياضيات النقدية في التصدي لتغير المناخ، ودور النمذجة الرياضياتية في دراسة قضايا المناخ المتعددة، والثقافة الرياضياتية، وعملية تغير المناخ، وكذا بعض البرامج، والتجارب الدولية، والدراسات السابقة في مجال رياضيات تغير المناخ، ويُفاد من ذلك في البحث الحاضر في تصميم مقياس الجدارات المهارية، وفيما يلى تناول لهذه المحاور الفرعية بشيء من التفصيل:

رياضيات تغير المناخ:

إن الرياضيات تمثل أداة فعالة جدًا، وقوية لفهم العالم، وحل المشكلات المعقدة في مختلف العلوم، والهندسة، والتقنيات، وفي هذا الجانب، لا يمكن التقليل من أهمية

الدور الأساسي للرياضيات في حل المشكلات البيئية المختلفة (Yang,2009; Brocker et al.,2017) ، حيث يعيش البشر، وينفذون أنشطتهم المتنوعة، والمتعددة الأوجه بالتفاعل مع البيئة، ومن ثم يؤثر البشر على البيئة، ويغيرون خصائصها؛ من ناحية أخرى، تؤثر الظروف البيئية على البشر، ولا سيما على صحتهم، وحتى قدرتهم على البقاء على قيد الحياة.

إن تغير المناخ نظام معقد يعتمد فهمه على الرياضيات، فهو ينطوي على أكثر من الظروف الجوية، والغلاف الجليدي، والمحيطات، والأرض والسطح، والكائنات الحية، التي تؤثر جميعها في تغير المناخ؛ على سبيل المثال: تؤثر الغابات على درجة الحرارة، والرطوبة، والجوانب الأخرى للغلاف الجوي، ويعتمد علم تغير المناخ على الرياضيات، فمن غير الممكن أن يدرك الفرد التغير الذي يحدث على الكواكب بدون الرياضيات، وتشارك الرياضيات بثلاث طرق لفهم تغير المناخ تتمثل فيما يأتي(Barwell, 2013; Wagh,2015):

١- وصف تغير المناخ:Description climate change

لتحديد التغيرات في المناخ، نحتاج إلى وصفه في أماكن مختلفة، ومع مرور الوقت، مما يعنى أن المناخ هو إحصاءات الطقس؛ حيث أنه لوصف الجوانب المختلفة لحالة المناخ، فإن ذلك يتطلب العمل مع القياسات، واستخدام الإحصائيات لوصف ما هو طبيعي وما الذي يتغير، وهنا يتم قياس درجة الحرارة، وهطول الأمطار، وأشعة الشمس، والغطاء الثلجي، وحموضة المحيطات، ومستوى سطح البحر، ومستويات ثاني أكسيد الكربون، وبداية الربيع وما إلى ذلك، ويمكن بعد ذلك فحص هذه القياسات باستخدام تقنيات إحصائية أساسية إلى حد ما؛ مثل: المتوسطات، ومقاييس التباين، والرسوم البيانية، وتقع هذه الرياضيات ضمن نطاق المناهج المدرسية.

٢- التنبؤ بتغير المناخ:Prediction climate change

لفهم ما يخبئه المستقبل لكوكبنا، فإن ذلك يتطلب رياضيات أكثر تقدمًا؛ حيث يستخدم علماء المناخ الأداة الرئيسية، وهي النمذجة الرياضية، وتُعد النماذج المناخية معقدة للغاية، وتستند إلى مجموعات متعددة من النماذج الفرعية المقترنة، وهي قائمة على المعادلات التفاضلية، والعمليات العشوائية، وما إلى ذلك. وتشمل النماذج المناخية نماذج فرعية من الغلاف الجوي، وتكوين السحب، والمحيطات، والغلاف الجليدي، وأسطح الأرض، وما إلى ذلك، كما يتطلب اقتران النماذج المختلفة أيضًا نمذجة التفاعل بين أجزاء مختلفة من المناخ؛ على سبيل المثال: نماذج التفاعل بين المحيط، والغلاف الجوي.

٣- التواصل عبر تغير المناخ: Communicating Climate Change

علم المناخ يجب أن يتم إيصاله، ليس فقط داخل المجتمع العلمي، ولكن أيضًا لواضعي السياسات، والمخططين في مختلف المجالات؛ مثل: الزراعة، والبناء، والتأمين، ويعتمد هذا الاتصال أيضًا على الإلمام بالرياضيات، سواء في إنتاج واستهلاك المعلومات حول تغير المناخ لهذه الجماهير المختلفة، ويتم تقديم المعلومات في أشكال مختلفة، بما في ذلك النصوص، والصور المتحركة، والمخططات، والجداول، والرسوم البيانية، والرسوم البيانية الأخرى.

ومن ثم يتضح أن للرياضيات دور جوهرى في دراسة التغير المناخى؛ حيث تشارك في وصف تغير المناخ، والتنبؤ به، والتواصل معه (Barwell, 2013)، ويتم استخدامها كأداة لوصف، وفهم التغييرات التي تحدث، وكذلك طبيعة النظام المناخي، وكذا تستخدم الرياضيات؛ لتطوير نماذج قوية؛ لعمل تنبؤات حول التطور المستقبلي للمناخ عالميًا، وإقليميًا، ومحليًا بشكل متزايد، وتُستخدم الرياضيات أيضًا في إيصال طبيعة، وتأثيرات تغير المناخ بين العلماء أيضًا، كما هو الحال بالنسبة لصانعي السياسات، والسياسيين، ووسائل الإعلام، والجمهور.

وإذا كانت الرياضيات مهمة للعلماء الباحثين عن تغير المناخ، الذين يطورون خططًا لتقليل شدة تغير المناخ فى المستقبل، والتخفيف من آثاره، فهى مهمة كذلك للمواطنين بشكل عام؛ لضمان مشاركتهم في المناقشات حول تغير المناخ، فكثير من البيانات المرتبطة بتغير المناخ تعتمد على الحجج الرياضياتية، ومن ثم تتضح حاجة المواطنين إلى الوعي النقدي بكيفية استخدام الرياضيات في الحجج؛ لتطوير فهم مستنير للقضايا، واتخاذ قرارات منطقية، والمشاركة في النقاش الديمقراطي، وكذا الوعي بدور القيم فيما يتعلق بالرياضيات، وعلوم المناخ (Barwell& Hauge,2021).

وفى هذا الصدد أشار Wagh(2015) إلى أهمية فهم الرياضيات المرتبطة بتغير المناخ، وتؤدى النماذج الرياضياتية دورًا مهمًا جدًا في هذه العملية، فهى تُعد العامل الرئيسى لفهم التغيرات السريعة التي تحدث في المناخ؛ بسبب أخطائنا، وكيف يمكننا التغلب على تأثيراته السلبية، وتوجد عديد من النماذج الرياضياتية لتغير المناخ، ومعظمها يعطي تنبؤاته الخاصة، كما أكد Wagh أن الرياضيات تشارك في كل مستوى من مستويات فهم تغير المناخ، بما في ذلك الوصف، والتنبؤ، والاتصال بتغير المناخ، ففي العصر الحالي، تعد معرفة الرياضيات أمرًا ضروريًا لكل فرد إذا رغب في إنقاذ كوكب الأرض، ومن ثم فإن تعليم الرياضيات يؤدى دورًا مهمًا جدًا في فهم المناخ، وكيفية التعامل معه.

وقد حظي تغير المناخ باهتمام متزايد في تعليم الرياضيات عبر استخدام النمذجة الرياضياتية فى كثير من الدراسات؛ فعلى سبيل المثال : دعا كل من Barwell & Suurtamm (2011) إلى مزيد من الوضوح في نمذجة تغير المناخ، من خلال المعلومات حول افتراضات النموذج، واقترحا كذلك أن تعليم الرياضيات يتحمل المسؤولية في تسهيل التفكير النقدي في افتراضات النموذج، كما أكدا أهمية دور الرياضيات في فهم الأفراد لتغير المناخ، كما كانت الافتراضات في النماذج الرياضياتية أيضًا موضوعًا في دراسة كل من Hauge & Barwell (2015) حيث كان تركيزها حول كيفية التعبير عن عدم اليقين في النصوص المتعلقة بتغير درجة الحرارة العالمية، والتي ترتبط أيضًا بالافتراضات في النمذجة الرياضياتية والمواطنة النقدية.

وإذا كانت الحكومات في جميع أنحاء العالم تقوم بصياغة سياسات، وقوانين، وتدابير مختلفة استجابة لخطر تغير المناخ، وتتمثل هذه التدابير فى المحاولات المتعددة لتنظيم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، أو التغييرات في سياسة الطاقة، وكذلك تدابير التخفيف، كبناء دفاعات جديدة ضد الفيضانات، هذه الاستجابات هي إلى حد كبير استجابة لتوقعات النماذج الرياضياتية بدلاً من الملاحظات الفعلية للمناخ، فمن المستحيل على الفرد تجربة تغير المناخ على نطاق كوكبي، وبالتالي، فإن الاستجابة لتغير المناخ تؤدي إلى تغيير هيكل مجتمعنا بناءً على النماذج الرياضياتية للمناخ) . Wagh,2015).

تدريس رياضيات تغير المناخ:

ينطوى تغير المناخ على قدر كبير من الرياضيات، وبدون الرياضيات، سيكون لدينا وعي ضئيل بتغير المناخ كظاهرة على مستوى النظام، إننا نرى في الجرائد اليومية عديد من الرسوم البيانية المتعلقة بالمناخ، وهطول الأمطار في منطقة ما، وتقارير الطقس، والرسوم البيانية التي تصور مناطق الفيضانات، وغيرها الكثير، هذه الرسوم البيانية ليست سوى رياضيات بسيطة تعطي معلومات أكثر قابلية للفهم، وليس معنى ذلك أن هناك حاجة إلى رياضيات صارمة لفهم هذه المعلومات؛ حيث يمكن للإنسان العادي الذي يعرف القليل من الرياضيات أن يفهم هذه الأشياء إذا أعطيناه التوجيه المناسب، ويمكن القيام بذلك إذا نقلنا هذه المعرفة لأطفالنا، وطلابنا من خلال مناهجهم في المدارس، والجامعات، فإذا لم يكن لدينا هذا الحد الأدنى من المعرفة، فإن المعلومات التي تصور التغيرات المناخية التي تحدث في عصر اليوم لا معنى لها، وإذا لم نستطع أيضًا فهم أننا لا نستطيع لعب دورنا في تحسين الوضع) Wagh,2015).

لذلك مع دراسة المواد الأكاديمية البحتة، من الضروري منح الطلاب جزءًا تطبيقيًا حتى يتمكنوا على الأقل من فهم الأشياء بشكل صحيح، كما أنهم لابد أن يعرفوا أنهم يشاركون في ظاهرة الاحتباس الحراري بمجرد البحث عن أشياء غير مجدية على الإنترنت، فمع حساب الحرارة المتولدة من كل كمبيوتر في الساعة، وضربها في عدد أجهزة الكمبيوتر لكل وحدة مساحة، يمكن حساب الإسهام في الاحتباس الحراري ككل، لذلك من المهم جدًا أن نعلم طلابنا قيمة الطاقة التي لدينا وعدم إهدارها في أشياء غير مجدية، وأن يكونوا جزءًا من التغيير العالمي بالمعنى الإيجابي، وليس السلبي .(Wagh,2015)

وفى هذا الصدد طرح كل من Barwell& Hauge(2021) مجموعة من المبادئ تمثل نقطة انطلاق للتفكير في تدريس الرياضيات فيما يتعلق بتغير المناخ تم تنظيمها في ثلاث مجموعات: أشكال الأصالة، وأشكال المشاركة، والتفكير في الرياضيات ومعها، وفيما يلى عرض للمجموعات الثلاث لهذه المبادئ:

المجموعة الأولى : أشكال الأصالة

من المهم أن يتفاعل الطلاب مع تغير المناخ بشكل أصيل، حتى يفهموا تأثيره الملموس في حياتهم الحالية، أو المستقبلية. علاوة على ذلك، من المرجح أن يكون تطوير المعرفة فيما يتعلق بتغير المناخ أكثر فاعلية إذا كان لدى الطلاب صلة مباشرة، وأصلية بالمهام، والأنشطة التي يواجهونها في فصل الرياضيات، وتوجد أربعة مبادئ تتعلق بأشكال الأصالة، وهى:

١- استخدام المشكلات المتعلقة بتغير المناخ التي يجدها الطلاب ذات صلة بحياتهم، في كثير من الحالات، قد تستند المشكلات ذات الصلة إلى مخاوف وقضايا المناخ المحلية؛ مع التركيز على سبيل المثال: على استكشاف التغيرات في المناخ المحلي، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري المحلية، أو تأثيرات تغير المناخ المحلي؛ مثل: الفيضانات، والتنوع البيولوجي المحلي، ومع ذلك، في حالات أخرى، قد يحدد الطلاب المشكلات الناشئة عن اهتماماتهم الخاصة، والمشاركة في الموضوعات ذات الصلة؛ مثل: التنمية الدولية، أو حقوق الإنسان، أو الأعمال التجارية، أو السياسة؛ على سبيل المثال: قد يؤدي الاهتمام برعاية الحيوانات إلى التركيز على الغطاء الجليدي في القطب الشمالي فيما يتعلق بالانقراض المتوقع لمجموعات الدببة القطبية، فمن خلال العمل على المشكلات ذات الصلة، من المرجح أن يدرك الطلاب مدى تعقيد هذه المشكلات ويأخذونها في الاعتبار (Appelbaum, 2009; English & Gainsburg, 2015; Kaiser & Schwarz, 2010)

٢- يجب أن يعمل الطلاب مع البيانات الحقيقية قدر الإمكان، ويمكن جمع البيانات الحقيقية، على عكس البيانات المصطنعة، أو إنشاؤها بواسطة الطلاب من خلال الملاحظة، أو الاستطلاعات، أو يمكن الحصول عليها من مجموعات البيانات المتاحة؛ على سبيل المثال: في العديد من البلدان تتوفر بيانات المناخ عبر الإنترنت، ويمكن العثور على الكثير من البيانات الأخرى حول انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، والعديد من الموضوعات الأخرى، ويتمثل دور المعلمين، فيما يتعلق باستخدام البيانات الحقيقية في دعم الطلاب للوصول إلى البيانات، وتصنيفها وتنظيمها، ويمكن أن يسمح استخدام البيانات الحقيقية للطلاب بتقدير الطبيعة الفوضوية غالبًا لبيانات المناخ، أو بيانات الانبعاثات، ومناقشة جوانب عدم اليقين؛ مثل: كيفية التعامل مع البيانات المفقودة، أو التغييرات في بروتوكولات القياس، أو الظواهر غير القابلة للقياس .(English & Watson, 2018)

٣- يجب أن يكون لأفكار الطلاب، وقيمهم دور مركزي، وحيث تُعد الرياضيات نشاط بشري، فيجب أن يُمكّن التحقيق في موضوعات، مثل تغير المناخ، الطلاب من فهم طبيعة، وتأثير الرياضيات البشرية؛ فعلى سبيل المثال: يمكن للطلاب مناقشة البيانات التي يجب جمعها، أو المتغيرات التي يجب تضمينها في النموذج الرياضياتى، ويمكنهم أيضًا التفكير في الجوانب المهمة لمشكلتهم التي يصعب حسابها؛ مثل: التأثيرات النفسية، أو الجمالية، ومن ثم يُمكن أن يوفر هذا النوع من النهج نظرة ثاقبة لدور القيم في علم المناخ، ويمكن أن يؤدي إلى بعض الوعي حول كيفية تشكيل القيم لخيارات الآخرين، مثل السياسيين أو العلماء.

٤- يجب أن تتاح للطلاب فرصة الانخراط في مناقشة هادفة تتعلق بتغير المناخ، فبناءً على تحقيقاتهم الرياضياتية لمشكلة عالمية ملحة، من خلال الاستخدام المدروس للرياضيات، يُمكن للطلاب تطوير فهم أعمق، ونقدي للقضايا، واستجابات مدروسة بشكل أكثر وضوحًا (Appelbaum, 2009; Hauge & Barwell, 2017).

المجموعة الثانية: أشكال المشاركة:

المجموعة الثانية من المبادئ تتعلق بأشكال المشاركة، وتنشأ هذه المبادئ، جزئيًا، من الحاجة إلى إعداد الطلاب للإسهام في مجتمعات الأقران الممتدة، لذلك يجب أن يتعرضوا لتواصل الأفكار الرياضياتية، واستخدام الرياضيات في المناظرة والمداولة، وتتعلق هذه المبادئ أيضًا بجوانب تعليم الرياضيات النقدي التي تؤكد على أهمية الحوار في تنمية الوعي النقدي، وتوجد أربعة مبادئ تتعلق بأشكال المشاركة، وهى:

١- يجب أن يشارك الطلاب في الرياضيات، ويعنى ذلك أن دور الطلاب يجب أن يكون دورًا نشطًا؛ حيث يمكنهم فعل أكثر من مجرد من حل المشكلات التي يقدمها المعلم، فبدلاً من ذلك، يجب أن يكونوا مشاركين في اختيار المشكلات، وحساب المشكلات، واختيار البيانات، واختيار الأدوات الرياضياتية، وبناء النماذج، ولا يعتبر هذا المبدأ، بالطبع، خاصًا بتغير المناخ، ولكنه مقترح على نطاق واسع بأشكال مختلفة فيما يتعلق بنهج حل المشكلات في تدريس الرياضيات (Barbosa, 2007)، وتعد المشاركة النشطة في الرياضيات مبدأ أساسيًا يسمح للطلاب بالتأمل في الرياضيات .

٢- يجب على الطلاب المشاركة الجماعية النشطة في فصولهم الدراسية؛ حيث يمكن للطلاب العمل معًا في مجموعات صغيرة، ومشاركة عملهم مع زملائهم في الفصل، ومناقشة عمل كل منهم، وانتقاده، والتفكير في نتائج بعضهم البعض، وإذا لم يكن الطلاب على دراية بهذا النوع من العمل الجماعي، فقد يحتاج المعلمون إلى تنظيم مشاركتهم من أجل تنمية التعاون المثمر.

٣- يجب على الطلاب المشاركة النشطة في مجتمعاتهم، ويمكن أن تشمل هذه المجتمعات مدرستهم، أو المجتمعات التي يعيشون فيها، ولا يعد التحقيق في تغير المناخ مجرد سياق مثير للاهتمام لتعلم الرياضيات؛ حيث يمكن لنتائج عمل الطلاب أن تفيد في عديد من جوانب الحياة المدرسية، والمجتمع المحيط؛ مثل: ما يتعلق باستهلاك الطاقة، أو أنماط المرور، ويمكن للطلاب جمع البيانات من أفراد المجتمع حول تجربتهم مع التغيرات المناخية، أو إجراء مسح حول إعادة التدوير، و يمكن أن تؤدي نتائج تحقيقات الطلاب إلى عروض تقديمية إلى الصحف المحلية، أو مقترحات لقادة المدارس .

٤- يجب على الطلاب الانخراط بنشاط، والمشاركة في النقاش العام؛ حيث يمكن لوسائل الإعلام العامة؛ على سبيل المثال: أن توفرعديد من نقاط البداية للأنشطة الرياضياتية، بما في ذلك تقارير التلفزيون، أو الصحف، ومقالات الرأي، والمدونات، والبيانات، ويمكن للطلاب أيضًا تقديم النتائج التي توصلوا إليها كردود على المواقف التي تمت ملاحظتها في المناظرة العامة، أو دعم، أو دحض، أو نقد الآراء المختلفة.

المجموعة الثالثة: التفكير في الرياضيات ومعها

تتعلق هذه المبادئ بالتأمل في الرياضيات، ومعها،هذه المبادئ مستمدة بشكل خاص من فكرة تعليم الرياضيات النقدية؛ حيث أن الطلاب بحاجة إلى فهم دور الرياضيات في تشكيل مجتمعهم، وحياتهم، وكذلك الوعى بدور الرياضيات في فهم مشكلات مثل

تغير المناخ، وتتناول هذه المبادئ أيضًا الدور المحتمل للطلاب في جميع أشكال المشاركة، وخاصة في النقاش العام، مما يعزز تطوير الوعي النقدي بكيفية استخدام الرياضيات لتوصيل المعلومات، وتطوير المواقف، وخدمة المصالح، وتتضمن هذه المجموعة من المبادىء أربعة مبادئ فرعية، وهى:

١- يجب أن تتاح للطلاب الفرص للتفكير في فائدة الرياضيات، من خلال العمل على مهام حقيقية، والانخراط في أشكال مختلفة من المشاركة، مما يُطور لدى الطلاب الإحساس بقيمة الرياضيات؛ على سبيل المثال: يمكن للرياضيات توضيح اتجاه الاحترار الأساسي في بيانات درجة الحرارة الفوضوية التي يصعب ملاحظتها لولا ذلك، ومن الصعب بالتأكيد تجربتها جسديًا في العديد من الأماكن.

٢- يجب أن تتاح للطلاب فرص للتفكير في حدود الرياضيات، ويقترن هذا المبدأ بالمبدأ السابق، فمرة أخرى، بعد أن عمل الطلاب على مهام حقيقية، يجب أن يكون لديهم فكرة عما لا تستطيع الرياضيات فعله، فمثلا لا تستطيع الرياضيات حساب مستوى الانبعاثات المقبولة، لأن مصطلح "مقبول" هو مصطلح مليء بالقيمة، كما لا يمكن للرياضيات أن تصوغ بسهولة العواطف؛ مثل: ما تشعر به عندما يغرق منزلك، ولا يمكن للرياضيات أن تصوغ بسهولة أهمية الاختفاء؛ مثل: انقراض أنواع الأسماك، أو الحشرات التي تنتج عن ارتفاع درجة حرارة المحيطات، أو التغيرات في الكائنات البحرية، لكن يمكن للرياضيات، إلى حد ما، أن تُكَّون نموذجًا لأسماك أو مجموعات حشرات، لكنها لا تستطيع التقاط مأساة الانقراض (Barbosa, 2007; Barwell, 2018; Hauge & Barwell, 2017)

٣- يجب أن يأخذ الطلاب فى الاعتبار دور القيم في الرياضيات، فعلى وجه الخصوص، يجب أن يفكر الطلاب في كيفية تشكيل القيم لاختيارهم للمشروع، واختيارهم للبيانات، وتفسيرهم لنتائجهم؛ فعلى سبيل المثال: في مشروع حول تأثيرات المناخ على المزارع المحلية، قد يكون بعض الطلاب مدفوعين باعتبارات اقتصادية؛ مثل: فقدان الدخل للمزارعين، بينما قد يكون الدافع الآخر هو الاهتمام بالتنوع البيولوجي، وقد يتأثر اختيارهم للبيانات المراد جمعها بهذه الدوافع، ومن شأن تفسيرات النتائج التي توصلوا إليها أن تؤكد اهتماماتهم المفضلة، وتقلل من أهمية الاعتبارات الأخرى، ومن خلال الانخراط في المشاركة في الفصل الدراسي، وفي المجتمع، ستتاح للطلاب الفرصة للتفكير في كيفية تشكيل نشاطهم الرياضياتى من خلال القيم ذات الصلة بالموقف (Pratt et al., 2011)

٤- يجب أن تتاح للطلاب الفرص للتفكير في عدم اليقين، والنظر في طرق مختلفة للتعامل معه، فمن خلال أنشطتهم الأصيلة، من المرجح أن يواجه الطلاب أنواعًا مختلفة من الدقة غير المؤكدة، بما في ذلك المستوى المتأصل من عدم الدقة في بياناتهم، وغياب بعض أنواع البيانات، واحتمال تأثير العوامل غير المعترف بها على الموقف. بالنسبة لبعض الطلاب، قد تكون هذه المناقشات فرصة لاستكشاف الأساليب الإحصائية لإدارة البيانات غير الكاملة، أو تقييم أنواع مختلفة من أوجه عدم اليقين(Hauge & Barwell, 2017) وبالنسبة للطلاب الآخرين، تعتبر المناقشة فرصة لفهم دور عدم اليقين في تشكيل التفكير حول تغير المناخ، والقرارات التي يتم اتخاذها نتيجة للتحليلات الرياضياتية.

ناقش كل من Bissell et al.(2022) إمكانية تدريس منهج الرياضيات القائم جنبًا إلى جنب مع معالجة القضايا الحيوية لكوكب الأرض، وكذا مسؤولية معلمي الرياضيات في تزويد الطلاب بالمهارات التي يجب أن يكونوا على دراية بها حول قضايا المناخ أثناء دراسة المحتوى ذي الصلة بمنهج الرياضيات، ثم حدودا ثلاث مسؤوليات محتملة للمعلم إذا اختار العمل مع طلابه لتعلم الرياضيات، وتغير المناخ، تتمثل فى:

١- تقدير الاختلاف في الرأي:

من الصعب على المعلمين إدارة الاختلافات في الرأي، ومعتقدات الطلاب المتضاربة، والتي قد تكون راسخة بعمق؛ على سبيل المثال: عند التفكير في تأثير تناول اللحوم على البيئة مع الطلاب الذين ينتمون إلى أسر ذات تراث زراعي، قد يكون الأمر فيه تحدي لبعض المعتقدات، لكن لابد أن يظل المعلمون حساسون للثقافات، والتراث، والتقاليد المختلفة، والهدف ليس جعل الطلاب يشعرون بالذنب، ولتجنب أن يكون الطلاب دفاعيين، أو العثور على خطأ في سلوكيات الآخرين، يجب اتخاذ نهج إثارة الاختلاف في الرأي، وتقييمه بشكل فعال ، فالفصول الدراسية التي يُسمح فيها بالاختلاف، والترحيب به يمكن أن توفر بيئة آمنة للطلاب للتحدث عن القضايا الصعبة.

٢- تنمية التفكير النقدي:

وهنا تأتى مسؤولية المعلم في تقديم الأمل والإيجابية من ناحية، ومن ناحية أخرى، تقديم الصدق مع زيادة الوعي بحجم، وخطورة حالة الطوارئ المناخية، والحرص على تقديم أمثلة تثير تفكير الطلاب بشكل نقدي؛ من خلال إدراك ما إذا كانت المعلومات متحيزة، والوعي بالأسئلة التي لم يجيبوا عنها، وكذا تطوير أهمية

الطلاب، مما يسمح لهم بالتملك، والثقة في حواسهم الخاصة بالأمل، والواقع، ودعمهم لتحدي "الحلول" المفرطة في التبسيط.

٣- دعم الطلاب بإدارة أكبر

إضافة إلى مسؤولية معلمي الرياضيات نحو زيادة وعي الطلاب بأهمية الرياضيات في دراسة التغير المناخي والطوارئ الناجمة عنه، تأتى أيضًا أهمية إبلاغ الطلاب بأن هذه هي مشكلتهم التي يجب حلها، وكذا يقع على المعلمين مسؤولية تقديم طرق للتصرف بشكل إيجابي، وتمكين الطلاب من ذلك، فضًلا عن جعل أصواتهم مسموعة لمن هم في السلطة.

الرياضيات النقدية والتصدي لتغير المناخ:

Critical Mathematics Education and Climate Change

إن الرياضيات ليست أداة محايدة، فهي أداة قوية تمكننا من حل المشكلات الصعبة بفعالية وكفاءة، كما أنها تمنح القوة لأولئك الذين يستخدمونها، وفى هذا الصدد أشار Skovsmose (١٩٩٤) أنه للمشاركة بفعالية في المجتمع الديمقراطي، يحتاج المواطنون إلى فهم نقدي للرياضيات، فهي تُشكل المجتمع، وحياتنا بطرق عديدة، غالبًا ما تكون غير مرئية، وتعد نشاطًا بشريًا، وتنطبق هذه الأفكار جميعها على رياضيات تغير المناخ، ففي الواقع، إذا كان الطلاب مستعدون جيدًا للمشاركة كمواطنين فاعلين في الاستجابة لتغير المناخ في العقود القادمة، فإنهم بحاجة إلى تطوير تقدير نقدي لدور الرياضيات في فهم تغير المناخ، وفي إحداث تغير المناخ، ومن أجل ذلك، هم بحاجة إلى معلمي رياضيات يدعمون معرفتهم، ومهاراتهم في هذا الصدد.

يسلط تعليم الرياضيات الناقد الضوء على أهمية إدخال الموضوعات الاجتماعية، والسياسية في الفصل الدراسي من أجل تمكين الطلاب من استخدام الرياضيات لفهم الموضوع، والتفكير فيه، وكذلك لتقدير الأبعاد الرياضياتية، لمثل هذه القضايا. وتذهب هذه الحجة إلى أبعد من إشراك الطلاب في مثل هذه الموضوعات من أجل تعلم الرياضيات، فمن القيم المهمة التي يقوم عليها هذا النهج أن الديمقراطية العادلة أخلاقياً تحتاج إلى مواطنين مهمين كعوامل للتغيير، ويعد تغير المناخ أحد هذه القضايا الاجتماعية، والسياسية التي يمكن أن يسهم تعليم الرياضيات في فهمها. (Abtahi et al.,2017)

وجادل Kingan (٢٠٠٥) بأن دمج الدعوة الاجتماعية في تعليم الرياضيات يمكن أن يشمل المشاركة في قضايا العالم الحقيقي الملحة؛ مثل: تغير المناخ، وجسد هذه الفكرة باستخدام ثلاثة رسوم بيانية أظهرت كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي

(منحنى Keeling) ، ومقارنة بين ثاني أكسيد الكربون، ودرجة الحرارة ، وإعادة بناء درجة حرارة السطح على مدى الألف عام الماضية.

ويجلب تدريس الرياضيات في سياق تغير المناخ تحديات، وإمكانيات تتجاوز تدريس الإحصائيات، والوظائف دون سياق واقعي، وبالتالي أيضًا منظور نظري مختلف، وجادل Barwell (٢٠١٨) بأن "تعليم الرياضيات النقدى يمكن أن يقدم منظورًا يمكن من خلاله تصور كيف يمكن لتدريس الرياضيات وتعلمها أن يثقف مواطني المستقبل" (ص ١٤٥) عند مناقشة تعليم الرياضيات من أجل الاستدامة البيئية.

كما عمل Skovsmose (١٩٩٤) على الترويج لتعليم الرياضيات الناقد حيث يفكر الطلاب في كيفية قيام الرياضيات بتنسيق حياتهم، ووصف تعليم الرياضيات النقدي من حيث الاهتمام: "لمعالجة الاستبعاد الاجتماعي والقمع، والعمل من أجل العدالة الاجتماعية بأي شكل ممكن، ومحاولة فتح إمكانيات جديدة للطلاب، ومعالجة الرياضيات بشكل نقدي بجميع أشكالها وتطبيقاتها" (٢٠١٤ ، ص ١١٦).

إن تعليم الرياضيات النقدية يعزز فهم الرياضيات الذي هو أكثر من مجرد الحساب، والتطبيق الضيق للرياضيات، حيث يعزز التفكير في كيفية تطبيق الرياضيات في المجتمع، وإذا كان تغير المناخ هو أكثر المشكلات العالمية إلحاحًا، فيمكن القول أن تعليم الرياضيات يتحمل مسؤولية أخلاقية لتسهيل التعلم حول هذه المشكلة متعددة الأوجه من خلال الرياضيات، وفي هذا الصدد، يمكن النظر إلى تغير المناخ على أنه وضع معقد في الحياة الواقعية، وهنا يشجع المعلمون الطلاب على النقد باستخدام الرياضيات، ويمكن أيضًا اعتبارها فرصة للمعلمين للسماح للاعتبارات الأخلاقية بأن تكون جزءًا لا يتجزأ من تعليم الرياضيات، وليست منفصلة عن حل المشكلات. (Abtahi et al.,2017)

قدم Skovsmose (١٩٩٤) فكرة قوة التنسيق للرياضيات كقوة يمكنها تشكيل مجتمعنا، وطرح سؤال "هل يمكن لعلم مثل الرياضيات (رسمي أم لا) أن يصبح ليس فقط تفسيريًا بل تكوينيًا أيضًا؟" (ص ٤٢). هل يمكن للرياضيات تنسيق فهمنا لتغير المناخ وسلوكنا تجاهه؟ هل يمكن للخيارات القائمة على الرياضيات التي يتخذها متخصصون؛ مثل: واضعي نماذج المناخ، أو علماء الرياضيات، أو مصممي الرسوم البيانية، أو الصحفيين، أو المعلمين، أن تصوغ فهمنا وسلوكنا؟ وأشار أنه من خلال قوى التنسيق للرياضيات، نفهم كيف يمكن للرياضيات تشكيل مجتمعنا، وكيف يمكن لاستخدام الناس المتعمد وغير المتعمد للرياضيات تنسيق فهمنا وسلوكنا، استخدم Barwell (٢٠١٣) تعبير "التنسيق الرياضي لتغير المناخ" بالإشارة إلى مفهوم Skovsmose (١٩٩٤) لقوة التنسيق للرياضيات.

وإذا كان فهم تغير المناخ يعتمد إلى حد كبير على المعرفة العلمية والرياضياتية، حيث يستند فهمنا لسيناريوهات المناخ المستقبلية إلى حد كبير على النماذج المناخية الرياضياتية، وهكذا، فإن الرياضيات تسهم في صياغة كيفية فهم تغير المناخ في المستقبل، واعتبار الرياضيات كقوة تنسيق في المجتمع يتماشى مع حجة Skovsmose (١٩٩٤) بأن "الرياضيات لها تأثير اجتماعي مهم؛ ويترتب على ذلك أن فهم قوة التنسيق هذه، يصبح جانبًا أساسيًا من تعليم الرياضيات النقدي "(ص ٢٠٧).

في حين أن منظور تعليم الرياضيات النقدي ينطوي على ضرورة واضحة، لمعالجة تغير المناخ في فصول الرياضيات، فإن مناقشة الأخلاقيات على مستوى العمليات الصفية تشير إلى أن هذه الضرورة قد لا يكون من السهل تنفيذها؛ حيث يتعلق إدراج (أو عدم تضمين) تغير المناخ كجزء من تدريس الرياضيات بالقيم الاجتماعية، والسياسية الأوسع للمعلمين، والمعتقدات الأخلاقية، والاعتراف بالأهمية الأخلاقية لدمج تغير المناخ في تعليمهم للرياضيات، كما يستند أيضًا إلى علاقاتهم بطلابهم، ومع المجموعات الاجتماعية الأخرى، ومن ثم، فإن وعي المعلمين بالأهمية الأخلاقية المحتملة لتغير المناخ لا يؤدي بالضرورة إلى فعل تضمين تغير المناخ في فصول الرياضيات الخاصة بهم واحتياجاتهم. (Abtahi et al.,2017)

ويؤكد ذلك ما أشار إليه Boylan (٢٠١٦) من أن المسؤوليات الأخلاقية للمعلمين ليست مسائل منعزلة؛ حيث أن وعيهم بالأهمية الأخلاقية لتغير المناخ غير كافٍ، فالأمر يتعلق أيضًا باحتياجات الآخرين الذين يرتبط بهم المعلمون. ومن ثم، فإن الإجراءات التي يتخذها المعلمون هي جزء من شبكة علاقات أخلاقية مع الآخرين (الطلاب، والمناهج الدراسية، والمجتمع، وما إلى ذلك)، والتي يتحمل المعلمون مسؤوليتها، كما يؤكد ذلك أهمية التطرق ومعالجة التحديات الأخلاقية التي قد يواجهها المعلمون في محاولاتهم لإدراج قضايا تغير المناخ في فصولهم الدراسية، ليس فقط من قبل مجتمع معلمي الرياضيات، ولكن من قبل الجهات الفاعلة التربوية الاجتماعية الأخرى؛ مثل: وزارات التعليم، ومؤلفي المناهج. ويستند ذلك إلى عنصرين أساسيين: أولاً، يعد تغير المناخ أحد أكثر قضايا الأرض إلحاحًا (إن لم يكن الأكثر إلحاحًا) اليوم،، ثانيًا، طلاب اليوم هم صناع قرار الغد. (Abtahi et al.,2017)

النمذجة الرياضياتية Mathematical Modeling وتغير المناخ:

أثر الاحترار العالمي بالفعل على الظروف المناخية في جميع مناطق الأرض تقريبًا (IPCC, 2013; Masson-Delmotte et al. ,2021) ، ويختلف هذا التأثير اختلافًا كبيرًا من منطقة إلى أخرى، وللتغيرات المناخية العالمية والإقليمية بعض

التأثير على الناس، وأنشطتهم (Soldatenko et al.,2020; Osipov et al.,2021) ، ويتضمن تقييم تأثير الظروف المناخية المتغيرة على البشر تقييم مخاطر المناخ (Simpson et.al.,2021) ، لهذا الغرض، يتم استخدام نماذج رياضياتية للتنبؤ بتغير المناخ، وتقلبه على النطاقين العالمي والإقليمي (Taylor et al.,2012. فحاجة أصحاب المصلحة إلى فهم أعمق، وواضح لما يحدث مع مناخ كوكبنا يجعل من الضروري الحصول على معرفة جديدة حول سلوك نظام مناخ الأرض تحت تأثير الاضطرابات الخارجية ، الطبيعية والبشرية على حد سواء، فهذا مهم للغاية لتطوير، وتنفيذ ما يسمى باستراتيجيات التكيف، والتدابير اللازمة للحد من آثار تغير المناخ، والتكيف يمثل عملية تكيف المجتمع مع التغيرات الحالية، والمتوقعة في نظام المناخ (IPCC, 2013).

إن تغير المناخ الحالي، على عكس التغيرات السابقة، ناجم عن النشاط البشري، ويتميز بمعدل غير مسبوق من الزيادة في درجة الحرارة القريبة من السطح، وزيادة في تواتر، وشدة الظواهر الجوية، والمناخية الخطرة، ومن أجل البقاء، يجب أن يكون المجتمع مستعدًا لتنفيذ استراتيجيات التكيف، وتدابير التخفيف من الآثار السلبية لتغير المناخ، ويتطلب هذا، أولاً وقبل كل شيء، معرفة كيف سيتغير المناخ في المستقبل، وحتى الآن، لا تزال النمذجة الرياضياتية هي الطريقة الوحيدة، والأداة الفعالة المستخدمة للتنبؤ بتطور نظام المناخ تحت تأثير الاضطرابات الطبيعية، والبشرية المنشأ (Soldatenko et al.,2021)

لقد تسبب تغير المناخ بفعل الإنسان في حدوث تغيرات سريعة، وغير مسبوقة في كوكب الأرض، ولا يوجد بلد محصن ضد الآثار المجتمعية لتغير المناخ، لكن البلدان الأكثر فقراً فقط في العالم لديها قدرة محدودة على التكيف مع هذه الآثار، والاستجابة للأضرار، وتساعد الأدوات والأساليب والنظريات والنماذج الرياضياتية العلماء على فهم كيفية تأثير التأثيرات الطبيعية، والتأثيرات التي من صنع الإنسان على مناخ الأرض، وتوفر مخرجات هذه النماذج معلومات لاتخاذ القرارات ذات الصلة بالسياسات، مما يمكن البلدان من توسيع نطاق أنشطة التكيف، والحد من مخاطر الكوارث، وتسريعها(UNESCO,2022).

وتوفر النماذج الرياضياتية نظرة ثاقبة لمناخ الأرض في الماضي، والحاضر، والمستقبل، وتسمح هذه النماذج لعلماء المناخ باختبار كيفية استجابة درجة حرارة سطح الأرض للتغيرات الافتراضية، سواء كانت طبيعية، أم بشرية، كما تساعد النتائج المستمدة من النماذج المناخية في تفسير أنظمة المناخ الماضية، والمستقبلية ، وتوجيه القرارات حول استراتيجيات التخفيف، والتكيف، وتوفر النتائج من النماذج

المناخية معلومات قوية؛ لمساعدة الحكومات، وواضعي السياسات، والجمهور على فهم كيفية تغير مناخ الأرض في الماضي، وكيف يتغير الآن، وما قد يحمله المستقبل من مخاطر (UNESCO,2022).

وتُعد النماذج الرياضياتية التي تحاكي مناخ الأرض عنصرًا أساسيًا في أبحاث المناخ على مدار الخمسين عامًا الماضية، حيث مكنت العلماء من فهم النظام المناخي بشكل أفضل، واختبار الفرضيات، واستخلاص النتائج بشأن أنظمة المناخ في الماضي والمستقبل، وتحديد أولويات الاستجابات البشرية المناسبة (UNESCO,2022).

ويتوافق هذا النهج العام للنمذجة الرياضياتية مع وصف علماء المناخ لعملية النمذجة المناخية (Weaver, 2008:183)، فبالنظر إلى الدور المركزي للنمذجة الرياضية في التنبؤ بالمسار المستقبلي لتغير المناخ، فضلاً عن آثاره المحتملة، فإن هناك حالة ملحة لتعزيز التعليم حول النمذجة الرياضياتية، في الوقت نفسه، تعتبر الرياضيات المستخدمة في النماذج المناخية متقدمة جدًا بحيث لا يمكن تضمينها؛ على سبيل المثال: في مناهج الرياضيات بالمدارس الثانوية، ومع ذلك، فإن الجهل بطبيعة النماذج الرياضياتية يمكن أن يؤدي إلى رفضها باعتبارها أكثر من مجرد خيال، ومن ثم فإن تعليم الرياضيات يحتاج إلى إيجاد طريقة لسد هذه الفجوة.(Barwell,2013)

والنماذج المناخية هي أنظمة من المعادلات التفاضلية التي تعتمد على القوانين الأساسية للفيزياء، وحركة السوائل، والكيمياء، وتصف كيفية تفاعل الطاقة، والمادة لدفع المكونات المختلفة لنظام مناخ الأرض: الغلاف الجوي، والمحيطات، والغلاف الحيوي، والمناطق المغطاة بالجليد، والأرض على كوكب الأرض، والمدخلات الرئيسية في النماذج الرياضياتية للمناخ هي عوامل التأثير التي تغير بيئة الأرض، وتسهم في تغير المناخ، وهي تشمل الإشعاع الشمسي، وغازات الدفيئة، والنشاط البركاني، والرياح، وهطول الأمطار، وغيرها من المعلمات في نظام المناخ، ويتم تشغيل هذه التأثيرات المناخية في النماذج الرياضياتية لتقدير الظروف الماضية أو تطوير سيناريوهات تغير المناخ في المستقبل(UNESCO,2022).

وتهدف النمذجة الرياضياتية إلى حل المشكلات في العالم الحقيقي من خلال تطوير النماذج الرياضياتية، وتتضمن عملية النمذجة دورة تكرارية من الانتقال بين العالم الحقيقي، والعالم الرياضي لتطوير، وصقل كل من مشكلة العالم الحقيقي ونموذج رياضي مناسب لمعالجة المشكلة (Blum et al., 2007, 9)، وتتضمن هذه العملية العمل من البيانات لتطوير نموذج، والتحقق منه، والعمل من النماذج لإنتاج البيانات.

وتشير "كفاءة النموذج" modelling competency لدى المعلمين والطلاب كما ذكر كل من Blum et al. (2007) إلى: " القدرة على تحديد الأسئلة، أو المتغيرات،

أو العلاقات، أو الافتراضات ذات الصلة في حالة معينة من العالم الحقيقي، وترجمتها إلى رياضيات، وتفسير حل المشكلة الرياضية الناتجة والتحقق من صحتها فيما يتعلق بالموقف المحدد، وكذلك القدرة على تحليل، أو مقارنة نماذج معينة من خلال التحقيق في الافتراضات التي يتم إجراؤها، والتحقق من خصائص ، ونطاق نموذج معين وما إلى ذلك" (ص ١٢)

مما سبق يمكننا القول أن الأساليب والأدوات والنظريات الرياضياتية تؤدى دورًا حيويًا في أبحاث المناخ، وأن النمذجة الرياضية لا تزال هي النهج الفعال الوحيد للتنبؤ بتطور نظام مناخ الأرض استجابةً لكل من التأثيرات الطبيعية، والتأثيرات البشرية، وقد أدت التحسينات في نماذج التنبؤ الرياضي، إلى جانب جمع البيانات في الوقت الفعلي وتحليلها، إلى تحسين التنبؤ بمسار الأعاصير المدارية بشكل كبير، كما أن هناك حاجة إلى مداخل رياضياتية أكثر تعقيدًا لإحداث ثورة في جودة المعلومات المتاحة للتخفيف، والتكيف، وصناعة القرار .

الثقافة الرياضياتية Mathematical Literacy وتغير المناخ:

يرتبط دور الرياضيات في وصف تغير المناخ، والتنبؤ به، والتواصل معه بشكل غير مباشر، بعديد من مجالات البحث في تعليم الرياضيات، ومنها الثقافة الرياضياتية Mathematical literacy، ووفقا للبرنامج الدولى لتقييم الطلاب Program for International Student Assessment(PIZA)(2003) فإن إطار الثقافة الرياضياتية يشير إلى أنها تعنى الكيفية التي: يواجه بها المواطنون بانتظام مواقف عند التسوق، والسفر، والطهي، والتعامل مع شؤونهم المالية الشخصية، والحكم على القضايا السياسية، وما إلى ذلك، حيث يتم استخدام التفكير الكمي، أو المكاني ،أو غيره من الكفاءات الرياضياتية التى تساعد في توضيح المشكلة، أو صياغتها، أو حلها". (OECD 2003, 24)

ومن بين مجالات البحث التي تدعم العلاقة بين الثقافة الرياضياتية وتغير المناخ: الثقافة الإحصائية Statistical Literacy والبحث عن النمذجة (OECD, 2003;Yore et al., 2007)، وفى هذا الصدد يشير Shaugnessy (٢٠٠٧) أن معرفة القراءة، والكتابة الإحصائية تتعلق بالمهارات اللازمة لاستهلاك، وإنتاج المعلومات الإحصائية (ص ٩٦١). ويستطرد قائلاً: "هناك أهمية واضحة وشاملة للطلاب، والكبار على حد سواء ليكونوا قادرين على قراءة المعلومات وتقييمها بشكل نقدي في الجداول، والرسوم البيانية، والتقارير الإعلامية". (ص ٩٦٤)

ويؤكد غير قليل من الدراسات حول معرفة القراءة والكتابة الإحصائية للطلاب على أهمية إحصاءات التعلم في السياق؛ مثل دراسات كل من (Watson & Moritz

1999)، و Watson(2001)، وMonteiro & Ainley(2004)، وShaughnessy (2007) و Langrall et al. (2011)؛ حيث يساعد التعامل مع السياق الطلاب على تجاوز الحساب الميكانيكي، وتنمية الحس النقدى لديهم، والقدرة على الاستفادة من هذه الخبرة للعمل مع البيانات، والقدرة على تحديد البيانات المفيدة، وتفسير البيانات و تحليل النتائج بشكل عام، ويعكس ذلك طبيعة الاستدلال الإحصائي ضمن السياق وأهميته في مجتمع غني بالبيانات وخاصة مع قضايا مثل تغير المناخ.

إن تغير المناخ ليس مشكلة فردية؛ لن يتمكن أي مواطن من حل مشكلة تغير المناخ حتى مع وجود مجموعة جيدة من الكفاءات الرياضياتية، في الواقع، تشمل الأمثلة المدرجة في وثيقة PISA أنشطة المستهلك؛ مثل: التسوق، والسفر، والطبخ، والتمويل الشخصي و "الحكم على القضايا السياسية" (OECD, 2003: 24) ، وبالمثل، يميل البحث في الثقافة الإحصائية، والنمذجة الرياضياتية إلى التأكيد على المفاهيم، والإجراءات الرياضياتية، مع توفير العالم الحقيقي سياقًا لتعلم الرياضيات، وبعض البيانات للعمل عليها. علاوة على ذلك فقد جادل Jablonka (2007) بأن معظم الأمثلة على سياق العالم الحقيقي في مناهج الرياضيات تستند إلى نظرة عالمية للرأسمالية الاستهلاكية، وتتعلق بأشياء؛ مثل: الخدمات المصرفية، أو مقارنة الأسعار، أو النقل، وأن هناك القليل من توجيه العناية بدور الرياضيات في التعامل مع مشكلات تغير المناخ، وأكد الحاجة إلى تبنى هذا النهج.

في مجتمع اليوم، حيث يحيط بالمواطنين كمية هائلة من المعلومات حول الأمور المعقدة، هناك حاجة إلى أن يكون المواطنون ناقدون ومتفكرون، وفيما يتعلق بتغير المناخ، فإن تقديم وفهم معلومات تغير المناخ يتطلب الثقافة الرياضياتية، وتتمثل في: "قدرة الفرد على صياغة واستخدام وتفسير الرياضيات في مجموعة متنوعة من السياقات" (OECD, 2016, p. 13). وتتجاوز الثقافة الرياضياتية إتقان خوارزميات معينة، أو معرفة إجرائية، ويستلزم التركيز على الرياضيات ضمن سياق معين. علاوة على ذلك ، أبرزت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (٢٠١٦) جزءًا مهمًا من الثقافة الرياضياتية وهو "مساعدة الأفراد على التعرف على الدور الذي تلعبه الرياضيات في العالم، وإصدار الأحكام، والقرارات ذات الأسس السليمة التي يحتاجها المواطنون البناءونConstructive ، والمشاركونEngaged والمتأملون Reflective (ص ١٣). وترتبط مواصفات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) الخاصة بالثقافة الرياضياتية مع قوة تنسيق Skovsmose (١٩٩٤) للرياضيات من خلال الاعتراف بالدور الذي تلعبه الرياضيات في المجتمع.

عند مناقشة الثقافة العلمية Scientific literacy في إطار PISA 2015 أوضحت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (٢٠١٦) أن نماذج المناهج الجديدة لا تركز على "إنتاج أفراد سيكونون" منتجين "للمعرفة العلمية، أي علماء المستقبل ؛ بدلاً من ذلك، يتعلق الأمر بتعليم جميع الشباب؛ ليصبحوا مستخدمين مطلعين، وناقدين للمعرفة العلمية "(ص ١٨)، وتنطبق هذه الاعتبارات على مناهج الرياضيات، حيث سيصبح عدد قليل جدًا من الطلاب علماء رياضيات ينتجون نماذج مناخية، لكنهم جميعًا سيحتاجون إلى المهارات اللازمة لفهم مثل هذه النماذج، وتقييمها بشكل نقدي بطرق مختلفة.

برامج وتجارب دولية ودراسات سابقة في مجال رياضيات تغير المناخ:

تعددت التجارب، والبرامج في مجال رياضيات تغير المناخ، ومن بينها تجربة فريق تعليم الرياضيات في جامعة "مانشستر"، والذى يوجه عناية خاصة لزيادة الوعي حول أزمة المناخ، عبر استخدام نهج دراسة الدرس من منطلق أنه عندما يشارك الطلاب المعلمون في هذا النهج، فإنه يسهم في تطوير ممارساتهم، وأن إشراك المتعلمين في مواقف تعتمد على النمذجة الرياضية من أجل حل مشكلة واقعية تسهم في تنمية مهارات حل المشكلات لديهم، فالنمذجة الرياضياتية تسهم في دراسة القضايا الاجتماعية، والثقافية عبر حل المشكلات، بشكل مباشر، أو غير مباشر مما يسهم في فهم أعمق للرياضيات عبر سياقات متنوعة من العالم الحقيقي، واستخدام مثل هذا النهج في التدريس يسمح بتطوير فهم أكثر اكتمالاً للرياضيات لدى المتعلمين، عبر توضيح الأساليب والحلول، والمقارنة بشكل هادف، وشرح السبب، وإيجاد روابط أخرى مع الرياضيات، ومن أمثلة سياقات التركيز على العالم الحقيقي سياق (أزمة المناخ) لإشراك الطلاب، ورفع مستوى وعيهم بفكرة زيادة نسبة ثانى الكربون، واختيار طرق للحد من انبعاثات الكربون. (Archer et al., 2020)

كما أطلق مركز الرياضيات المتقطعة وعلوم الكمبيوتر النظرية Center for Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science(DIMACS) بالشراكة مع " اليونسكو" UNESCO مبادرة أعلن فيها عام ٢٠١٣ م عامًا خاصًا لرياضيات كوكب الأرض Mathematics of Planet Earth 2013 (MPE, 2013) وهى مبادرة شارك فيها عديد من منظمات العلوم الرياضياتية في جميع أنحاء العالم، وهى مصممة لعرض الطرق التي يمكن أن تكون بها العلوم الرياضياتية مفيدة في معالجة المشكلات العالمية؛ حيث اجتمع عديد من الجمعيات العلمية، والجامعات، والمؤسسات البحثية، والمنظمات في جميع أنحاء

العالم لتكريس عام ٢٠١٣ م كسنة خاصة لرياضيات كوكب الأرض، وإجراء بحثًا لحماية كوكب الأرض، وتحقيق غدًا أفضل .

وتمت المصادقة على هذه المبادرة من قبل كل من المجلس الدولي للعلوم International Council of Science (ICSU)، والاتحاد الدولي للرياضيات International Mathematical Union (IMU) ، والمجلس الدولي للرياضيات الصناعية، والتطبيقية International Council of Industrial and Applied Mathematics (ICIAM)، كما مثلت شبكة أبحاث الرياضيات والمناخ Mathematics and Climate Research Network(MCRN) شريك نشط في هذه المبادرة، وتضم هذه الشبكة كل من الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، وهولندا، وأستراليا، والهند، وهدفت هذه المبادرة إلى تحديد أسئلة البحث الأساسية حول كوكب الأرض، والتواصل مع عامة الناس، وتم تنظيم عددًا من الأنشطة التي تشمل البرامج طويلة المدى، والميكانيكا السماوية، ورياضيات الاقتصاد الحيوي، وعلم الأحياء الرياضي، ورياضيات المحيطات، والنمذجة الرياضياتية وتحليل السوائل المعقدة والوسائط النشطة في المجالات المتطورة، والتنوع البيولوجي والتطور، ومعرض رياضيات كوكب الأرض في الهند، الرياضيات وعلم البيئة الإحصائية، وديناميات الأمراض المعدية التي تدور حول نمذجة المرض، كما تم تنظيم عدد من المدارس الصيفية لدراسة: "علم الأوبئة الرياضية" و"الشبكات المعقدة"، والمدرسة الصيفية للنساء في الرياضيات، والرياضيات وراء الغزوات البيولوجية، ومقدمة في رياضيات التصوير الزلزالي، وتم تنظيم عدد من ورش العمل، والاجتماعات، والدورات الخاصة، والندوات، والمحاضرات العامة خلال عام (٢٠١٣) من قبل مختلف البلدان.

وتُعد الموارد التي أنتجتها مؤسسة الابتكار في تعليم الرياضيات (IEM) بالتعاون مع الجمعية الملكية للأرصاد الجوية (RMetS) مصادر لدعم المعلمين في إثارة قضايا علوم المناخ من خلال دروس الرياضيات، وتتكون من أربعة موارد تتمثل فى:

- **موارد الأشجار وصافى الصفر Trees for Net Zero:** وهى تركز على كيفية تقليل الغازات المسببة للاحتباس الحرارى، مما يجعل صافى انبعاثاتنا صفرًا ، وتعتمد على مجموعة من المهارات، والعمليات الرياضياتية؛ مثل: التقدير، والاستدلال النسبي، وتطوير الشعور بحجم الأعداد الكبيرة، والتحويل بين المتر المربع، والكيلو متر المربع، وتفسير البيانات والإحصاءات والرسوم البيانية ، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل ومقارنة البيانات من أجل تطوير وتقديم الاستنتاجات، وعمل الافتراضات، والتنبؤات، وقراءة الموازين.

- **موارد الأشجار واحتجاز الكربون Trees and Carbon Capture:** وهي تناقش عملية عزل الكربون الموجود في الغلاف الجوي، وتخزينه على المدى الطويل، باستخدام نسخة مفلترة من مجموعات الأشجار من أجل الحصول على صافى الصفرNet Zero، وتعتمد على مجموعة من المهارات، والعمليات الرياضياتية؛ مثل: تفسير البيانات، والإحصاءات، والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل ومقارنة البيانات من أجل تطوير، وتقديم الاستنتاجات، وعمل الافتراضات، والتنبؤات، وقراءة الموازين.

- **موارد الطقس القاسيExtreme Weather :** وهى تُعنى بالتحقيق في الروابط بين الاحتباس الحراري، والطقس شديد البرودة ، وتعتمد على مجموعة من المهارات، والعمليات الرياضياتية؛ مثل: تفسير البيانات، والإحصاءات والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وقراءة الموازين، واستخدام النموذج القياسي لكتابة أعداد كبيرة جدًا، أو صغيرة جدًا، وملاءمة التوزيع الطبيعي، أو المنحنى الجرسي في الرسم البياني، واستكشاف تأثير تعديل المتوسط، والانحراف المعياري على المنحنى الجرسي، فهم أن الاحتمالات يمكن تمثيلها، وحسابها باستخدام المساحات، وتحليل البيانات، ومقارنتها من أجل تطوير، وتقديم الاستنتاجات.

- **موارد تطور مبيعات المركبات :Evolution of Vehicle Sales** وهى تناقش أنواع المركبات التي يتم استخدامها في الفترات الأخيرة، وتداعيات الخطر التي تسببها، وتعتمد على مجموعة من المهارات، والعمليات الرياضياتية؛ مثل: تفسير البيانات، والإحصاءات، والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وقراءة الموازين، وحساب النسب، واستكشاف نسب الكميات بمرور الوقت، وعمل تخمينات حول النسب المستقبلية في ضوء البيانات المتاحة، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير وتقديم الاستنتاجات.

في فلندا تم إعداد دليل المناخ للمعلمTeacher's Climate Guide وهو يساعد المعلمين على سد الفجوات المعرفية عن تغير المناخ في الفصل، ويقدم الدليل بعض النصائح العامة حول كيفية تعليم الأطفال تغير المناخ، والدليل عبارة عن حزمة تعليمية لمعلمي المواد الدراسية المختلفة، يشرح تغير المناخ في سياق كل مادة مدرسية، ويوفر تمارين ومواد بصرية، كما يحتوي على نصائح للتثقيف المناخي متعدد التخصصات، ونصائح لإدماج تغير المناخ في التعليم، والأنشطة على المستوى الابتدائي، ومعلومات أساسية حول تغير المناخ والتعليم المناخي، وكذا يناقش تغير المناخ من خلال التخصصات المختلفة؛ مثل: تغير المناخ في العلوم الطبيعية، وتغير

المناخ والعلوم الاجتماعية، وتغير المناخ والعلوم الإنسانية، وتغير المناخ والفن، وتغير المناخ والرياضيات.

وتم إعداد الدليل في الأصل للمعلمين الفنلنديين، وتم اختيار المواد الدراسية لهذا الدليل وفقًا لنظام التعليم الفنلندي، وقد تم ترجمة الدليل إلى اللغة الإنجليزية للاستخدام الدولي وتوسيع دائرة الاستفادة منه؛ ليستهدف المعلمين في جميع أنحاء العالم، ويستطيع المعلمين في البلدان الأخرى تكييف الموارد المتاحة فيه لتناسب احتياجاتهم الخاصة.

جاءت فكرة الدليل من الملاحظات، والدراسات التي تشير إلى أن المفاهيم الخطأ حول تغير المناخ شائعة بين المعلمين، فعلى الرغم من أن تغير المناخ هو ظاهرة متعددة التخصصات ترتبط بشكل أساسى بجميع المواد الدراسية، يبدو أن معلمي المواد الدراسية في كثير من الأحيان يعتقدون أنه ليس من اختصاصهم استكشافها في الفصل. أيضًا ، غالبًا ما تروج الكتب المدرسية لأفكار غير كافية حول الموضوع، ويوفر الدليل النصوص، والتمارين، والموارد المرتبطة بتغير المناخ في المواد الدراسية المختلفة، ومن بينها الرياضيات، بشكل مجانى، وتم تنظيم موارد الدليل، وكتابتها بطريقة سهلة الاستخدام؛ لمساعدة المعلمين في العثور على المعلومات ذات الصلة بموضوعهم. فضلاً عن أن الدليل يقدم نصائح للتثقيف متعدد التخصصات في مجال المناخ، والتثقيف المناخي في المرحلة الابتدائية. (Sipari, 2018)

ومن بين الدراسات التي عُنيت بمجال رياضيات المناخ، دراسة كل من Walsh & McGehee(2013) ، والتي تبنت نهج الأنظمة الديناميكية لنمذجة المناخ، وانصب تركيزها على البصيرة التي توفرها أبسط نماذج توازن الطاقة في سلوك الجوانب واسعة النطاق للمناخ؛مثل: موقع وحركة الأنهار الجليدية، كما سلطت الدراسة الضوء على جوانب هذا النهج المناسبة للمناهج الجامعية .

كما عُنيت دراسة Sudakov et.al.(2014) باستخدام "الإنفوجرافيك" الخاص بالمناخ في تدريس موضوعات المرحلة الجامعية في مقررات الرياضيات، والإحصاء لتوضيح الروابط المختلفة بين علم الرياضيات والمناخ، واستخدمت الدراسة مجموعة متنوعة من " الإنفوجرافيك" المرتبطة بالقضايا داخل نظام مناخ الأرض، وتمثلت موضوعاتها في :العصور الجليدية، والشتاء البركاني، و نظام مناخ الأرض، والمناخ الحضري، والتنبؤ بالمجموعات، والفركتلات في نظام مناخ الأرض، و نقاط التحول المناخية، وتأثير غاز ثاني أكسيد الكربون في الاحتباس الحراري، ونماذج المناخ، و شبكات المناخ، و تغير المناخ والكواكب الأخرى، كما عُنيت الدراسة بأخذ آراء الطلاب الجامعيين حول استخدام " الإنفوجرافيك" في

العملية التعليمية؛ حيث تم استطلاع ٣٨ طالبًا جامعيًا وجدت نتيجة المسح النهائي أن نصف الطلاب (٥٠٪) الذين شملهم الاستطلاع أشاروا أن " الإنفوجرافيك" أداة مرغوبة، وفعالة في العملية التعليمية، ومن شأنها زيادة الاهتمام بالتعلم في علوم الرياضيات وتوضيح تطبيقاتها، كما أنها تعزز دمج الرياضيات مع علم المناخ، وهذا النوع من التكامل ينقل بدوره أهمية المناهج الرياضياتية لفهم العمليات المناخية.

أما دراسة كل من Steffensen et al.(2016) فقد انصب محور عنايتها نحو تعرف ممارسات معلمي الرياضيات في الفصول الدراسية فيما يتعلق بتغير المناخ وتعليم الرياضيات، وذلك عبر استبيان للحصول على نظرة ثاقبة لأسباب المعلمين لجلب موضوع تغير المناخ إلى الفصول الدراسية، وكيف يستخدمون هذا الموضوع لتعزيز تعلم الرياضيات، تمت صياغة أسئلة الاستبيان لتعرف أهداف المعلمين، وأنواع المهام التي قدموها، وكيفية تعاملهم مع الموضوع، وإذا ما كان لديهم نهج متعدد التخصصات، وما الأدوات التي استخدموها(المواقع الإلكترونية، البيانات، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات)، والفئات العمرية للتلاميذ، والوقت الذي يقضونه في التغير المناخي سنويًا، ومدى نجاحهم، وإخفاقاتهم في هذا الصدد، كما اهتمت الدراسة أيضًا بتعرف كيفية استخدام المعلمين للبيانات، أو الجداول، أو الرسوم البيانية، والأسباب التي كانت لديهم لتدريس تغير المناخ، وأشارت نتائج الدراسة إلى أن المعلمين لديهم أهداف مختلفة لاستخدام تغير المناخ في فصول الرياضيات، كما يمتلك المعلمون أفكارًا حول كيفية استخدام تغير المناخ في الفصول الدراسية، وأن هناك حاجة إلى مزيد من البحث لفهم كيف؟ ولماذا يركز المعلمون على النمذجة الرياضياتية المتعلقة بتغير المناخ؟، وقد ذكر عديد من أفراد عينة الدراسة عبر استجاباتهم على الاستبيان أفكار حول كيفية استخدام تغير المناخ في الفصول الدراسية، بينما وجد البعض أن الموضوع معقد أو سياسي بالنسبة للمشروعات في المدارس.

أما دراسة كل من Abtahi et al. (2017) فقد استقصت كيفية دمج قضايا تغير المناخ في تعليم الرياضيات وتعلمها على أنه عمل أخلاقي، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أنه على الرغم من أن تضمين تغير المناخ في فصول الرياضيات يمكن اعتباره مسؤولية أخلاقية لمعلمي الرياضيات، إلا أن قراراتهم حول القضايا معقدة في حياتهم اليومية، فعلى سبيل المثال تتعلق هذه التحديات الأخلاقية بدرجة مشاركة الطلاب، واهتمامهم بقضية تغير المناخ، والانزعاج المحتمل للطلاب، وعدم اليقين بشأن كيفية الاستجابة، والمسار غير الواضح لأي مساهمات محتملة لأعمالهم على نطاق أوسع في المجتمع، وأخيراً الشعور العام بالتعامل مع المجهول، كما يواجه المعلمون أيضًا عقبات عملية في دمج القضايا المتعلقة بتغير المناخ في فصول الرياضيات الخاصة

بهم، مثل:نقص الموارد، ونقص مصادر البيانات المتعلقة بمجتمعهم المباشر، ونقص تفويضات المناهج الدراسية، وضيق الوقت.

كما ناقشت أيضًا دراسة كل من Karrow et al. (2017) العلاقة الأخلاقية لتعليم الرياضيات مع تغير المناخ، واقترح الباحثون تعليمًا للرياضيات يرتبط بتنمية الفرد فيما يتعلق بالنظام البيئي للكواكب، وفى هذا الصدد أكدوا أهمية نقل الرياضيات بصورة أكبر إلى عالم الطبيعة؛ على سبيل المثال: اقترحوا، الرياضيات التكرارية Recursive Mathematics التي يمكن أن تصف تكاثر الأرانب، أو تكوين أوراق الزهور، كما أشاروا إلى الفركتالات، والأنظمة المعقدة، وعدم اليقين باعتبارها مجالات أخرى يمكن العثور عليها في رياضيات الطبيعة، أما دراسة Odmo (2021) فقد ناقشت بعض القضايا الأخلاقية لإدخال مفهوم تغير المناخ في مواقف تعليم الرياضيات، وصممت الدراسة مجموعة من دروس الرياضيات تنطوي نماذج رياضياتية، واعتبارات أخلاقية، ووجهات نظر مختلفة حول تغير المناخ، ليناقشها الطلاب ويشاركوا فيها.

كما هدفت دراسة كل من Archer et al.(2021) هدفت إلى تصميم دروس الرياضيات حول مشكلات متنوعة؛ لتوضيح كيف أن الرياضيات يمكن استخدامها كأداة لحل مشكلات الحياة الحقيقية، وانصب تركيز الدراسة حول مهمات ترتبط باستخدام الرياضيات لتعليم الطلاب عن انبعاثات الكربون، وعن استكشاف الألواح الشمسية، وأشارت نتائج الدراسة إلى نجاح تجربة البحث في توضيح استخدام الرياضيات كأداة لنمذجة، وفهم العالم الحقيقي، وبشكل عام، أظهر تحليل صوت الطلاب أن عديد منهم استمتع بدراسة هذه الأنواع من الأنشطة والمهمات.

استقصى كل من Steffensen et al. (2021) كيف يمكن لتعليم الرياضيات أن ينمى قدرات الطلاب على تحديد الدور الذي تؤديه الرياضيات في العالم؟ حيث قاموا باستقصاء الحجج التي يطرحها ثلاثة من معلمي الرياضيات بالمرحلة الإعدادية، عندما يقومون بتضمين قضايا تغير المناخ في تدريس الرياضيات، والعلوم الطبيعية، وركزوا على تحديد إمكانات تسهيل وعي الطلاب، وفهمهم لقوة التنسيق في الرياضيات، عبر التحقيق في أمثلة من ثلاثة سياقات: (١) مقدمات المعلمين لتغير المناخ والرياضيات ، (٢) تأملات المعلمين عند تخطيط نشاط العمل الميداني، و(٣) اختيارات المعلمين بخصوص اختبار تم إجراؤه لمعرض الطاقة، وقدم المعلمون موضوع تغير المناخ والرياضيات ذات الصلة للطلاب، فضلاً عن إشراك الطلاب لمشاركة أفكارهم حول هذا الموضوع، وتقديم بعض مفاهيم التغيرات المناخية الأساسية؛ مثل: الفرق بين المناخ والطقس، وبنى الطلاب حججهم على حافز المعرفة

العلمية، والرياضياتية، وأكدت الدراسة أهمية تنمية كفاءات الطلاب لتحديد قوة التنسيق للرياضيات في سياق تغير المناخ، وكذا حاجة المعلمين إلى تطوير وعي حول كيفية استخدام الرياضيات في النقد، وهو أمر ضروري إذا أردنا إجراء تغييرات من أجل مستقبل معقول.

ناقشت دراسة Barwell& Hauge(2021) ظاهرة الاحتباس الحراري، والنظر فيما إذا كان هناك اتجاه نحو درجات حرارة أكثر دفئًا، وهل ستظهر بيانات الطلاب، وتحليلاتهم حدوث ارتفاع في درجات الحرارة العالمية؟، وتم ذلك عبر تكليف الطلاب بمجموعة من الأنشطة يبحثون فيها عن بيانات درجة الحرارة(أو بيانات الطقس الأخرى) في تاريخ ميلادهم، وفي مكان ميلادهم (أو مكان إقامتهم الحالي) ، لكل سنة من حياتهم، والرجوع بالزمن، اعتمادًا على عمر الطلاب، وكُلفوا بحساب المتوسطات، وعمل رسم بياني لدرجات الحرارة بمرور الوقت، والاحتمالات، وهى تمثل مهام يمكن للطلاب العمل فيها باستخدام بيانات حقيقية، ومع سلاسل زمنية فردية، كما يناقش الطلاب بيانات درجة الحرارة المطلوب تضمينها في الرسم البياني (متوسط درجة الحرارة ، ودرجة الحرارة في وقت معين من اليوم، أو غير ذلك). وبالمثل: يمكن للطلاب التفكير، ومناقشة ما إذا كان يجب العمل مع متوسطات؛ مثل: متوسط درجة الحرارة اليومية، ومتوسط درجة الحرارة العقدية، أو متوسط الانحرافات في درجة الحرارة، لن تكون الرسوم البيانية للطلاب متشابهة ولن تكون جميعها من المرجح أن يُظهر الرسم البياني تباينًا كبيرًا. وأوضح الباحثان أنه مع الطلاب الصغار، قد يكون كافياً الاعتماد على تجاربهم لمناقشة الاختلاف في الطقس، وما الذي يؤثر على الطقس، وما هو الاتجاه، والفرق بين الطقس والمناخ، أما مع الطلاب الأكبر سنًا يمكن تطوير متوسطات متحركة ، حيث يمكنهم استكشاف ماذا يحدث عندما يتبادلون نقاط البيانات بمتوسط ثلاثة أو أربعة أوالمزيد من نقاط البيانات، لمعرفة ما تكشفه فيما يتعلق بالاتجاهات المحتملة، فضلاً عن ذلك، يمكن للطلاب استخدام البرامج لإنتاج الانحدارات الخطية، و يمكن للطلاب أيضًا استكشاف أسئلة حول كيفية تطور درجة الحرارة في عيد ميلادهم السنوات المقبلة.

مما سبق يمكننا القول بأن دراسة رياضيات المناخ يمكن أن يسهم في مساعدة الطلاب على تطبيق مهاراتهم، وفهمهم لإحداث تأثير إيجابي على البيئة، فالطلاب الذين لديهم معرفة برياضيات التغير المناخى يمكن أن يكون لهم تأثير إيجابي على البيئة من خلال تطوير نماذج تغير المناخ، وتعزيز الممارسات المستدامة، والدعوة إلى التغيير، ومتابعة الوظائف في مجال الاستدامة، فمن خلال الاستفادة من مهاراتهم، ومعرفتهم، يمكن للطلاب الإسهام في مستقبل أكثر استدامة، ومرونة،

والمساعدة في مواجهة أحد أكثر التحديات إلحاحًا في عصرنا، ومن ثم فإن توفير الفرص للطلاب لدراسة رياضيات التغير المناخى يُعد أمرًا بالغ الأهمية لبناء مستقبل أكثر استدامة، وهو مايؤكد دور معلم الرياضيات في هذا الصدد.

المحور الثالث: جدارات دمج قضايا التغير المناخي:

يتناول هذا المحور ثلاثة محاور فرعية تتمثل في طبيعة جدارات التغير المناخي، وأهميتها، وجدارات دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات، والدراسات ذات الصلة، وفيما يلى عرض أكثر تفصيلاً لهذه المحاور الفرعية:

طبيعة جدارات التغير المناخي وأهميتها:

يتمثل مفهوم الجدارة في القدرة على الاستجابة لمتطلبات معقدة، وأداء مهام مختلفة بشكل مناسب، باستخدام مجموعة من المهارات العملية، والمعرفة، والقيم الأخلاقية، والمواقف، والعواطف، والمكونات الاجتماعية، والسلوكية الأخرى من أجل العمل الفعال (Delors et al., 1996)، وقد عرفتها منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD,2002) بأنها تعبئة المهارات المعرفية، والعملية، والمهارات الإبداعية، والموارد النفسية الاجتماعية الأخرى؛ مثل: المواقف، والدوافع، والقيم، بينما يعرفها الإطار المرجعي الأوروبيEuropean Framework of Reference على أنها مزيج من المعرفة، والقدرات والمواقف المناسبة للسياق(Heyworth,2006)، وبالتالي، يمكن فهم الجدارات على أنها " تفاعل بين المعرفة، والقدرات، والمهارات، والدوافع، والتصرفات العاطفية (Rieckmann,2012:129) .

وتتكون الجدارة من ثلاثة أبعاد فرعية متكاملة، يتمثل البُعد الأول في: المعرفة (تعلم لتعرفlearn to know ، وتعني استخدام الأدلة، والإجماع العلمي لفهم ماهية تغير المناخ، وأسبابه، وعواقبه، ويتمثل البُعد الثاني في المهارات (تعلم ما يمكن عمله learn what can be done)، ويعني القدرات التي يمكن القيام بها لمواجهة تغير المناخ، أما البُعد الثالث فيتمثل في المواقف (تعلم أن تكون learn to be) ويتضمن توعية المجتمع نحو كيفية مواجهة هذا التحدي المهم. Fuertes-Prieto et al.,2022))، ويُعد التعلم القائم على الجدارة Competency-based learning من النماذج الناجحة في مجال التعليم بصفة عامة، فهو يعزز التعلم النشط، ويطور التفكير النقدي ومهارات حل المشكلات، ويهدف إلى تدريب المواطنين الناقدين على اتخاذ قرارات أفضل، ومسؤولة في مجتمعنا، لذلك، يوفر مفهوم الجدارة إطارًا مثاليًا لتطوير الفهم، والوعي، والمهارات المتعلقة بتغير المناخ من خلال التعليم (Ferrari et al., 2019; Fuertes et al., 2020).

إن أساس معالجة المشكلات الناجمة عن التغير المناخي يتمثل في عمليات صنع القرار التعاونية، والمرنة، والمتكاملة على مستويات متعددة تتراوح من المستوى المحلي إلى المستوى الدولي، وتتطلب هذه العمليات المعرفة، والمهارات بين المواطنين، وصانعي السياسات، فضلاً عن الإرادة السياسية، والاجتماعية، ولإحداث التغيير، هناك حاجة إلى الوعي والشعور بالإلحاح والقوة (Karl et al. ,2011) ويمكن أن يساهم التثقيف في مجال التغير المناخي في تطوير المعرفة والمهارات والمواقف اللازمة حتى يتمكن الطلاب من أن يصبحوا عوامل تغيير، كمستهلكين وصانعي سياسات ومؤثرين اجتماعيين في المستقبل (Feja et al., 2019; Hoffman, 2019) ؛ إن التعامل مع الشباب كمواطنين وصانعي سياسات في المستقبل يتطلب أن يمنحهم التعليم نظرة ثاقبة لمشكلة تغير المناخ ، ويطور الجدارات اللازمة للمساهمة في حلها(Favier et al.,2021) . ويؤكد ذلك أهمية دور المعلم بصفة عامة في هذا الصدد ودور معلم الرياضيات بصفة خاصة.

وحري بالإشارة هنا أن معظم التدخلات التعليمية المرتبطة بتنمية الجدارات تهدف إلى زيادة المعرفة (البعد المعرفي)، ويتم التعامل مع الجزء السلوكي أحيانًا بطريقة عرضية، ومع ذلك، فإن الحاجة الملحة لتغيير المواقف المتعلقة بالتخفيف من تغير المناخ والتكيف معه، تجعل من الضروري تغيير طريقة العيش والعمل، وتغيير الجوانب؛ مثل: الاستهلاك، أو النقل، أو العادات الغذائية (United Nations, 2016)، فلا يكفي أن نعرف المشكلات البيئية، بل لابد من تفعيل الجدارات التي تعكس الالتزام بالاستدامة على المستويين المهني والشخصي (Vega-Marcote et al., 2015) .

ويؤكد ذلك أهمية إكساب المعلمين جدارات دمج قضايا التغير المناخي في الفصول، وإظهار الروابط في جميع أنحاء المنهج الدراسي لهذه القضية المهمة (United Nations, 2016) وتجدر الإشارة إلى أهمية معالجة معلم المعلم هذه المشكلات مع معلمي المدارس الابتدائية المحتملين، فتدريب المعلمين المحتملين على مهارات الاستدامة له تأثير كبير متسلسل تحدثه مهنتهم في الاستدامة في المجتمع، وبالمثل، من الضروري أن نقوم بتحليل الخطط الدراسية الأكثر ملاءمة لتنمية كفاءات الاستدامة. (Solís-Espallargas&Morón-Monge,2020)

جدارات دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات:

هناك إجماع عام على أهمية التعليم فيما يتعلق بالتغير المناخي، وقد أعلنت الوكالات الدولية؛ مثل: اليونسكو أهمية التعليم لتحسين قدرة المجتمعات على التصدي للتغير

المناخي (Buckler, & Creech,2014) فالفهم الأفضل لتغير المناخ له عواقب إيجابية؛ مثل زيادة الوعي بالقضايا البيئية، والشعور الأعمق بالمسؤولية (Anderson, 2012; Bain et al., 2016). ومن ثم فهناك حاجة إلى نهج تعليمي لا يشمل حملات التوعية العامة فحسب، بل يتطلب أيضًا استجابات تعليمية أكثر رسمية (Mochizuki & Bryan, 2015). ويؤكد ذلك أهمية وضع استراتيجيات ملموسة لجلب التعليم بشأن تغير المناخ إلى الممارسة اليومية في الفصول الدراسية.

وفي مواجهة التحديات الاجتماعية والبيئية الحالية بشأن التغير المناخي، يعد عمل المعلم مهمة معقدة، تستلزم إتقان الجدارات المتنوعة التي تشمل مجموعة متنوعة من المهارات وأنواع المعرفة المهنية وكذا الوعي النقدي بالعوامل المسببة لأنماط الحياة غير المستدامة (Pereira,2019).

وفى هذا الصدد ترى مؤسسات التعليم الدولية أنه يجب على المعلمين تطوير التفكير النقدي لدى الطلاب، والانتقال من الفهم التقليدي للتعلم الذى يدور حول اكتساب معرفة محددة نتيجة لعملية إرسال المعلومات واستقبالها ، إلى التعلم كعملية بناء المعنى؛ من خلال اكتساب الجدارات، حيث تكون الجوانب الاجتماعية، والحوارية ضرورية (Barriga,2006) وفي هذا السياق، تتوجب الإشارة إلى إن التعليم القائم على الجدارة يعمل على تعزيز حوار الطلاب، وانفتاحهم تجاه الآخرين، مما يسهم في توليد عمليات تعلم عميقة تعتمد على المناقشة، والتفكير ليكونوا مواطنين مستقلين، وناقدين، ونشطين، قادرين على التعامل مع التحديات الاجتماعية، والبيئية.

إن عمل المعلمين أساسي في تعليم، وتعلم البعد البيئي (Ibáñez et al.,2020; Salvador et al.,2019; UNESCO,2020) ؛ ويتمثل دورهم في العمل كوسيط بين المعلومات، والموارد، والمواد التي يقدمونها لطلابهم، وهذا يتطلب منهم أن يكون لديهم القدرة على دمج القضايا البيئية في التخصصات المختلفة، وتحديد الأفكار المتعلقة بكل منها (Klaassen,2018)، دون فقدان الاهتمام بالمعرفة الأكاديمية، ومفاهيمها الأساسية (Mogensen,& Schnack,2010). مما يؤكد أهمية تدريب المعلمين على استخدام استراتيجيات نظرية وتربوية ومنهجية (Varela-Candamio et al.,2018) لتفعيل الوعي البيئي الفردي، والجماعي، داخل غرفة الصف وخارجها;Flores et al.,2020) ومواجهة التحديات (Hubers,2020) .

وبهذا المعنى، تعتبر الدورات التكميلية حول التنمية المستدامة، وتأثير التكنولوجيا على المجتمع، والرعاية البيئية، والأخلاقيات المهنية، والمشاركة والمساواة ضرورية (Huerta et al.,2020)؛ ويتطلب تحقيق ذلك عملاً تدريبيًا مستمرًا للمعلمين (Flórez-Espinosa et al.,2017) لتنمية جدارتهم المرتبطة بذلك.

وهنا تظهر أهمية دمج التعليم من أجل التنمية المستدامة (ESD) في التعليم العالي الجامعي في تطوير جدارات الاستدامة لدى الطلاب المعلمين في برامج إعدادهم تمهيدًا لالتحاقهم بسوق العمل، من أجل تدريب عوامل التغيير المحتملة القادرة على تكوين المزيد من المجتمعات المستدامة، ومن بين هذه الجدارات: التفكير النقدي، والإبداعي، وحل المشكلات، والقدرة على العمل، والتعاون، والتفكير المنهجي، ولتحقيق هذه الجدارات، من الضروري خلق مساحات للتفكير، والتعاون الجماعي، والمتعدد التخصصات، والعمل الإبداعي (Carracedo,2017).

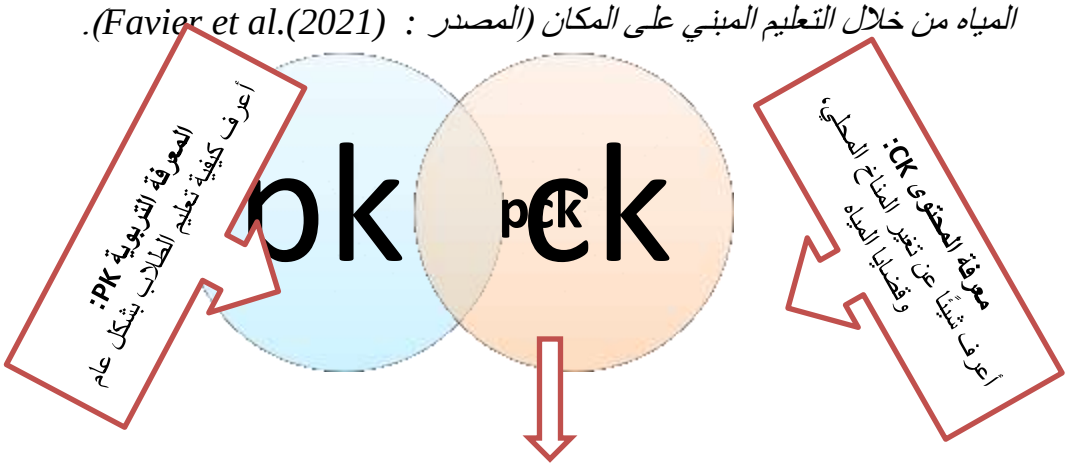
ومع ذلك، حتى الآن، غالبًا ما يركز التعليم في مجال التغير المناخ على تطوير مكون المعرفة، وخاصة المعرفة حول أسباب، وآليات تغير المناخ، ولا يولي سوى القليل من الاهتمام المنهجي لمكونات المهارات والمواقف (Bosschaart, 2019). علاوة على ذلك، غالبًا ما يكون التعليم "تقليديًا": فالمعلمون هم مقدمو المعرفة، وتقدم الكتب المدرسية مستقبلًا ثابتًا (Pauw & Beneker, 2015). ونتيجة لذلك، ينظر الشباب إلى تغير المناخ على أنه شيء مجرد وبعيد (Bosschaart, 2019). علاوة على ذلك، لا يتعلم الطلاب كيفية التعامل مع القدرة غير المتوقعة، وقد لا يشعرون أنهم قادرون على أن يكونوا عوامل تغيير. ومن ثم تظهر أهمية تنمية الجدارات اللازمة لتصميم، وتنفيذ التعليم في مجال التغير المناخي، وهو ما يمثل المتطلبات العالية الملقاة على عاتق المعلمين، فهم بحاجة إلى تطوير قاعدة معرفية واسعة النطاق؛ حتى يتمكنوا من تصميم ،وتنفيذ تعليم فعال للتكيف مع تغير المناخ.

ووفقًا لإطار معرفة المحتوى التربوي (PCK) الذي وضعه Shulman(1986)، يحتاج معلمو (المستقبل) إلى المعرفة في مجالات أصول التدريس (P) والمحتوى (C)، والمعرفة عند تقاطع هذه المجالات. أولاً، يحتاجون إلى المعرفة التربوية العامة (PK)، والتي تتضمن المعرفة حول كيفية تصميم الدروس وتنفيذها بشكل عام، فضلاً عن ذلك، يحتاجون إلى فهم تأثيرات تغير المناخ وكيف يختلف ذلك من مكان إلى

آخر، وأن يكون لديهم معرفة بتدابير التكيف. يمكن رؤية ذلك على أنه معرفة المحتوى (CK)، وتسمى أيضًا معرفة الموضوع كما يحتاج المعلمون أيضًا إلى تطوير نوع معين من المعرفة من خلال التفاعل بين أصول التدريس والمحتوى، وهو ما أطلق عليه Shulman اسم معرفة المحتوى التربوي (PCK). يحتوي إطار PCK الذى تم تنقيحه لاحقًا من قبل العديد من المؤلفين خمسة مكونات لـ PCK: "التوجه Orientation"؛ "المنهج Cuuriculum"؛ "فهم الطالب Student Understanding"؛ "استراتيجيات التدريس Instruction Strategies"؛ و"التقييم Assessment ". (Fernandez, 2014; Magnusson et al. ,1999) ، ويوضح شكل (١) إطار PCK للتدريس حول قضايا تغير المناخ والمياه من خلال التعليم المكاني Placed-Based Education.

شكل ١

إطار PCK Shulman(1986)، المخصص للتدريس حول تغير المناخ وقضايا المياه من خلال التعليم المبني على المكان (المصدر : Favier et al.(2021)).



معرفة المحتوى التربوي PCK :

أعرف كيفية تعليم الطلاب حول تغير المناخ المحلي وقضايا المياه من خلال التعليم القائم على المكان.

المكونات	التوضيح
١- التوجه :	الوعى بمعتقدات الفرد حو أغراض التدريس حول تغير المناخ المحلي وقضايا المياه.
٢- المناهج :	المعرفة حول موقف تغير المناخ وقضايا المياه في المناهج الدراسية.
٣- فهم الطالب:	المعرفة حول المفاهيم المسبقة ومواقف الطلاب فيما يتعلق بتغير المناخ وقضايا المياه.
٤- استراتيجيات التدريس:	المعرفة حول كيفية تحويل المعرفة حول تغير المناخ وقضايا المياه بحيث تصبح في متناول الطلاب وكيفية تصميم مهام التعليم القائمة عى المكان وكيف يتعلم الطلاب عندما يعملون في هذه المهام.
٥- التقييم:	المعرفة حول كيفية تقييم تقدم الطلاب في المعرفة حول تغير المناخ وقضايا المياه.

وفى هذا الصدد توجد مجموعة من الجهود، والمبادرات تسعى إلى تطوير أطر، ونماذج لجدارات المعلمين في تعليم الاستدامة، بشكل عام، وفى مجال التغير المناخي بشكل خاص؛ باعتبارها أحد قضايا التنمية المستدامة، ومن بينها إطار عمل اللجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة (UNECE,2012) ، الذى يحدد الجدارات الأساسية في مجال التعليم من أجل التنمية المستدامة للمعلمين، فهو يُعد دليلاً لما يجب أن يعرفه المعلمون، وما يجب أن يكونوا قادرين على فعله، وكيف يجب أن يعيشوا ويعملوا مع الآخرين، وكيف يجب أن يكونوا إذا أرادوا المساهمة في التعليم من أجل التنمية المستدامة، وقد نظم الإطار جدارات المعلمين في مجال التعليم من أجل التنمية المستدامة في أربع ركائز للتعلم، تتمثل فى:

أ- التعلم للمعرفة: يشير إلى فهم التحديات التي تواجه المجتمع على المستويين المحلي، والعالمي، والدور المحتمل للمعلمين، والمتعلمين (المعلم يفهم....)

ب- التعلم للعمل: يشير إلى تطوير المهارات العملية، والكفاءة العملية فيما يتعلق بالتعليم من أجل التنمية المستدامة (المعلم قادر على...).

ج- التعلم للحياة معًا: ويساهم في تطوير الشراكات، وتقدير الترابط، والتعددية، والتفاهم المتبادل، والسلام (يعمل المعلم مع الآخرين بطرق...).

د- التعلم لنكون: يتناول تنمية السمات الشخصية للفرد، وقدرته على التصرف بقدر أكبر من الاستقلالية، والحكم، والمسؤولية الشخصية فيما يتعلق بالتنمية المستدامة (المعلم هو الشخص الذي....).

كما يستند الإطار على ثلاثة مبادئ يتمثل المبدأ الأول في "النهج الشمولي"، ويعنى السعي إلى التفكير، والممارسة التكامليين، والمبدأ الثاني فهو "تصور التغيير"، ويعني استكشاف المستقبل البديل، والتعلم من الماضي، والمشاركة في الحاضر، أما المبدأ الثالث فهو " تحويل أنظمة التعلم" ويتمثل في العمل على تغيير الطريقة التي يتعلم بها الأفراد في الأنظمة التي تدعم التعلم.

ويقدم إطار (UNECE,2012) توصيات لصانعي السياسات فيما يتعلق بتطوير الجدارات في جميع قطاعات التعليم، وتتمثل هذه التوصيات في التطوير المهني في التعليم، وإدارة المؤسسات، وتطوير المناهج، والرصد، والتقييم، ومن بين أبرز هذه التوصيات:

- **التطوير المهني في التعليم:**

يجب أن يكون تمكين المعلمين أمرًا أساسيًا في أي مبادرة للتطوير المهني، حيث يعد المعلمون عوامل مهمة للتغيير داخل أنظمة التعليم، ويعتمد التحول التعليمي الفعال على تحفيز المعلمين لإحداث التغيير، فضلاً عن قدرتهم على القيام بذلك ودعمهم،

وهو ما يؤكد أهمية أخذ مؤسسات تعليم المعلمين في الاعتبار الجدارات اللازمة في هذا الصدد، وتحدد المكان الأفضل لدمجها في برامجها، نظرًا لأن العديد من المعلمين يشكلون وجهات نظرهم حول ما يعنيه أن يكون معلمًا أثناء برامج إعدادهم، فإن هذا مجال بالغ الأهمية للعمل، وهو ما يؤكد أهمية توفير التطوير المهني المستمر للمعلمين الذي تدعمه الجدارات، كما يحتاج المعلمون الممارسون أيضًا إلى فرصة لتطوير الجدارات إذا أردنا تغيير النظام، وهذه آلية رئيسية لبناء التعليم من أجل التنمية المستدامة في التطوير المهني للمعلمين، وتتوجب الإشارة إلى ضرورة مراجعة إجراءات الاعتماد المهني للمعلمين في ضوء الجدارات.

- **تطوير المناهج الدراسية:**

حيث يجب أن تكون الجدارات أساسًا لمراجعة وثائق المناهج الدراسية، فلكي يتمكن المعلمون من ممارسة الجدارات، يجب أن يتم دعمهم بمنهج يعكس هذه الأساليب التعليمية، ومن ثم يجب مراجعة الكتب المدرسية، والمواد التعليمية الأخرى؛ لتحديد ما إذا كانت تعكس الأساليب التعليمية التي تقترحها الجدارات، فقد تكون هناك حاجة إلى تطوير المواد لدعم التعليم من أجل التنمية المستدامة بشكل أكبر.

- **المراقبة والتقييم:**

وهنا ينبغي تطوير أنظمة التقييم والمراقبة في المؤسسات التعليمية من أجل تقييم مساهمة المؤسسة في التنمية المستدامة، حيث يجب أن تعمل المؤسسات التعليمية وفقًا لمبادئ التنمية المستدامة، وتطوير بيئة مواتية لتطوير، وممارسة الجدارات، وهذا يعني أن البرامج، والاستراتيجيات التعليمية الجديدة، والحالية يجب أن تسترشد بالجدارات.

وقد أكد غير قليل من الدراسات أهمية استخدام هذا الإطار في سبيل تحقيق التعليم من أجل التنمية المستدامة عامة، والتعليم من أجل التغلب على مشكلات التغير المناخي خاصة ومن بين هذه الدراسات على سبيل المثال دراسة كل من Mulà et al. (2017) التي خلصت إلى أن التطوير المهني في مجال التعليم من أجل التنمية المستدامة "يجب أن يستنير ويتشكل من خلال إطار عمل اللجنة الاقتصادية لأوروبا " (ص ٨٠٥) ، كما تشير هذه الدراسة أيضًا إلى الحاجة إلى تعزيز تغييرات أوسع في تفكير المعلمين، وممارساتهم لتقديم محتوى متعلق بالاستدامة، كخطوة أولى نحو تطورهم المهني، من خلال التفكير النقدي، والمزيد من الاستراتيجيات التربوية التشاركية، والعملية ،والتحويلية للتعلم.

كما تم تطوير نموذج آخر لتقديم نماذج المناهج الدراسية حول الاستدامة لمراكز تدريب المعلمين وهو نموذج CSCT (المناهج الدراسية Curriculum، والتنمية

المستدامة Sustainable Development، والجداراتCompetences ، وتدريب المعلمين Teacher training)، ويُعد هذا النموذج محاولة لتلبية دعوة وزراء البيئة التابعين للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا لتقديم نماذج المناهج الدراسية لمعاهد تدريب المعلمين التي تبحث عن إمكانيات يمكن تحقيقها لدمج التعليم من أجل التنمية المستدامة في مناهجها الدراسية، ويركز هذا النموذج على المعلم باعتباره وكيلًا فرديًا في مؤسسة تعليمية وعضوًا في المجتمع.

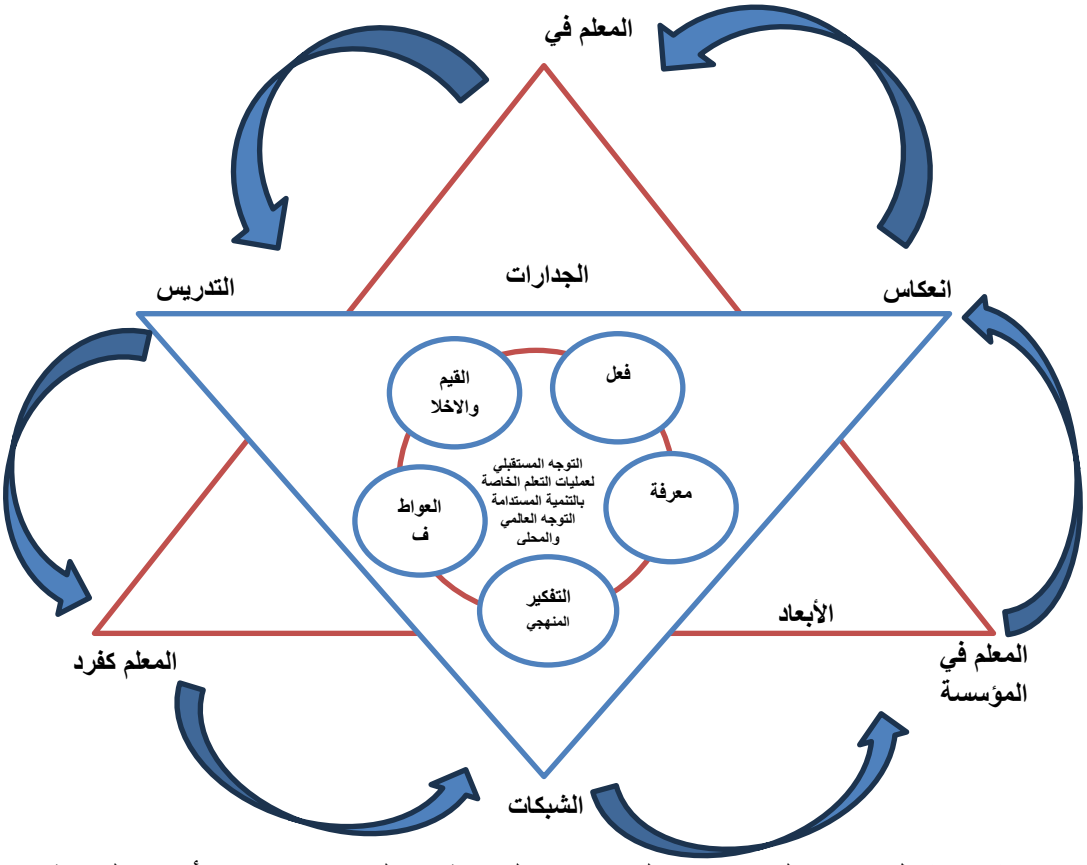
ويؤكد نموذج CSCT أن المعلمين ليسوا مجرد ناقلين للمعرفة، بل هم أعضاء في مؤسسة لديها تركيز جماعي على الطريقة التي يتعلم، ويتطور بها جميع أفرادها لمواجهة قضايا الاستدامة، وفى هذا الصدد يحتاج المعلمون إلى جدارات محددة، والتي تتمثل في خمسة مجالات هي: المعرفة، وأنظمة التفكير، والعواطف، والقيم والأخلاق، والعمل، فضلاً عن هذه الجدارات الشاملة، فهناك حاجة إلى الجدارات العامة للتعليم من أجل التنمية المستدامة وتتمثل في: التدريس، والتأمل/الرؤية، والتواصل، ويؤكد النموذج أن التعليم من أجل التنمية المستدامة يحتاج إلى تعزيز المزيد من الحوار المتوازن بين المعلمين، والمتعلمين، وبين المتعلمين أنفسهم، فضلاً عن الأخذ في الاعتبار التفكير فيما حدث، ويستخدم ذلك كوسيلة لتصور التحول الذي سيولد حلولاً جديدة وأفكارًا جديدة.

ويوضح شكل (٢) مكونات النموذج والتفاعل بينها (Sleurs,2008).

شكل ٢

النموذج الديناميكي لتعليم المعلمين جدارات التعليم من أجل التنمية المستدامة

(المصدر : Sleurs,2008)



ويشير شكل (٢) إلى جميع التركيبات الممكنة، والعلاقات بين الأبعاد المهنية (الجدارات العامة) والجدارات الشاملة، وكذا وجوب تطبيق جميع المجالات الخمسة (المعرفة، وأنظمة التفكير، والعواطف، والأخلاق والقيم، والعمل) على كل من الأبعاد المهنية، وأخيرًا، يجب أن يرتبط محتوى التعليم من أجل التنمية المستدامة بالتطور المستقبلي وبالسياق المحلي والعالمي.

مما سبق يمكننا استنتاج أن التعليم من أجل التنمية المستدامة بصفة عامة، ومن أجل التغلب على مشكلات التغير المناخي بصفة خاصة، يتطلب تنمية الجدارات اللازمة لذلك لدى المعلمين، في مختلف المواد، والصفوف الدراسية، وهو ما سعت إليه وزارة

التربية والتعليم والتعليم الفني في الفترة الأخيرة في إيجاد سبل للنجاة نحو مستقبل أفضل للأجيال القادمة، لضمان مستويات أفضل من جودة الحياة في إطار بيئة صحية، وآمنة، وتنمية مستدامة خضراء، وقد سبق الإشارة إلى الخطة الاستراتيجية التى وضعتها الوزارة؛ لرفع وعي الطلاب والمعلمين بأهمية قضايا التغيرات المناخية، ودمج عامل التغير المناخى والبعد البيئي فى جميع مشروعاتها ومناهجها.

وفى إطار هذا السعي المتنامي من قبل وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني وتأكيد عدد غير من المنظمات والمؤسسات التعليمية أهمية التعليم من أجل مواجهة قضايا التغير المناخي، وأهمية دور المعلمين في هذا الصدد، تظهر أهمية دور معلم الرياضيات بصفة خاصة، وأهمية تنمية الجدارات اللازمة له لدمج قضايا التغير المناخي في صفوف الرياضيات، وهو ما يسعى البحث الحاضر إلى تحقيقه.

دراسات عُنيت بتنمية جدارات التغير المناخي في تعليم الرياضيات:

ومن الدراسات التي وجهت اهتمامها نحو تنمية وكذا استقصاء جدارات الاستدامة لدى المعلمين دراسة De Santiago et al.(2015) التي سعت نحو استكشاف تصورات، وآراء مجموعة من الطلاب المعلمين فيما يتعلق بجدارات التعليم من أجل التنمية المستدامة. أما دراسة Gutierrez(2016) فقد استقصت معتقدات تغير المناخ، ومعرفة المحتوى، ووجهات النظر العالمية، وسلوكيات طلاب المدارس المتوسطة الريفية، وأسرهم في أربع مناطق مدرسية ريفية عالية الفقر في جنوب شرق الولايات المتحدة، تمثلت عينة الدراسة في مجموعة من الطلاب في الصفوف من 5 إلى ٨ فى برنامج النادي المهني للعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، الذين تفاعلوا مع أنشطة التغير المناخي في الأندية الطلابية، وفي التدخل المنزلي. تم استخدام المسوحات الكمية، قبل وبعد التدخل، لقياس أي تغييرات في المعرفة، والمعتقدات المتعلقة بمحتوى تغير المناخ، فضلاً عن وجهات النظر العالمية، وقد أشارت نتائج الدراسة إلى تحقيق مكاسب كبيرة في معرفة محتوى تغير المناخ من خلال التدخلات قصيرة المدى خارج المدرسة، لدى كل من الطلاب، وأولياء الأمور، على عكس المعتقدات المتعلقة بتغير المناخ لم يحدث فيها نمو ذو دلالة، في حين أكدت دراسة كل من Albareda-Tiana et al.(2019) أهمية استراتيجيات مختلفة للتدريس، والتعلم لتعزيز تكامل التعليم من أجل التنمية المستدامة، واكتساب العديد من جدارات الاستدامة، ومن بينها التعلم القائم على حل المشكلات، والتعلم الموجه نحو المشروعات، وورش العمل متعددة التخصصات .

أما دراسة Solís-Espallargas&Morón-Monge(2020) فقد هدفت إلى تنمية جدارات الاستدامة لدى عينة من معلمي العلوم المحتملين، عبر تقديم تجربة تعليمية

مبتكرة لتدريبهم على تصميم، وتنفيذ مجموعة من خطط الدروس في مجال الاستدامة كما عنيت الدراسة بتعرف تصوراتهم الذاتية حول مستوى جدارات الاستدامة التي تم تحقيقها لديهم، وأشارت النتائج إلى تحسنًا في درجة اكتسابهم لهذه الجدارات، ليس فقط من تصورهم لذاتهم، بل أيضا من عملية التحقيق المتبعة من خلال هذه التجربة المبتكرة، كما أشارت النتائج إلى نجاح المقترح التربوي كاستراتيجية تعليمية محتملة لاستدامة المنهج في مجال تعليم العلوم.

بينما سعت دراسة Corres(2020) إلى عمل مراجعة منهجية لأطر، ونماذج جدارات الاستدامة الموجهة إلى المعلمين لتسليط الضوء على (أ) خلفيات الأطر التي تم تحليلها، (ب) المقاربات المفاهيمية، والتربوية نحو الاستدامة، والجدارات التي المرتبطة بها و(ج) الأنواع المختلفة من جدارات المعلمين، ولا سيما تلك الموجهة لتعزيز وجهات النظر التحويلية، و(د) الاستراتيجيات التربوية المطبقة لتطويرها. قامت الدراسة بتحليل ١٤ ورقة بحثية من أصل عينة أولية مكونة من ٤٣٧ ورقة بحثية. أظهرت النتائج أن معظم الدراسات التي تم تناولها بالتحليل يعتمد على إطار لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا (UNECE) ونهجها التوجيهي للتعليم من أجل التنمية المستدامة. وأن الجدارات الأكثر شيوعًا هي التفكير النقدي، والمشاركة في المجتمع، والاتصالات، والتي تم تحديدها على أنها تلك التي يحتاجها المعلمون لمواجهة تحديات الاستدامة الحالية من منظور نقدي وتحويلي، ومع ذلك، فإن الجدارات الأخرى المرتبطة بشكل كبير بالتعليم التحويلي؛ مثل: إدارة العواطف، والمستقبل، وتحقيق التحول، تحظى باهتمام أقل من حيث الاستراتيجيات التربوية اللازمة لتعزيزها.

كما سعت دراسة Fuertes-Prieto et al.(2021) إلى تحديد كيفية ارتباط الأجزاء الثلاثة لجدارة تغير المناخ(المعرفة والمهارات والمواقف)، كما سعت إلى تحديد إذا ما كانت الزيادة في جزء المعرفة تعني أيضًا تغييرًا في المهارات و/أو المواقف. حيث تلقى ٨٤ معلمًا في مرحلة ما قبل الخدمة تدريبًا يركز فقط على الجزء المعرفي حول تغير المناخ: ما هو؟ وما أسبابه؟، ومن خلال استطلاع تم إجراؤه قبل التدريب وبعده، تم قياس مدى النمو في الأجزاء الثلاثة لجدارة تغير المناخ، وأظهرت النتائج أن التدريب الذي يركز على المعرفة يُحسن أيضًا الجزء السلوكي، ولكن ليس الجزء المتعلق بالمهارات، وفى هذا الصدد أكدت الدراسة أنه لتحقيق الجدارة المناخية الكاملة، لا يكفي تدريس المعرفة، ولكن من الضروري أيضًا الاهتمام بالمهارات أثناء التكوين.

وسلطت دراسة Favier et al.(2021) الضوء على مكونات الأساس المعرفي لتدريس قضايا تغير المناخ من خلال إطار معرفة المحتوى التربوي (PCK)؛ حيث تم تدريب مجموعة من المعلمين قبل الخدمة على بناء معرفتهم بالمحتوى، ومعرفتهم بالمحتوى التربوي فيما يرتبط بالقضايا المتعلقة بتغير المناخ في مناطق مختلفة، وتعرفوا على التعليم المكاني والعمل الميداني، وتم تدريبهم على التصميم التعليمي، ثم قاموا بتطوير دروس في هذا السياق للمناهج في المرحلة الثانوية، أشارت نتائج الدراسة إلى تطوير PCK لدى المعلمين قبل الخدمة، كما تباينت الدروس التي تم تطويرها من قبل المعلمين عينة الدراسة.

أما دراسة Scharenberg et al.(2021) فقد عُنيت بكيفية تطور جدارات الاستدامة لدى طلاب المدارس الثانوية استنادًا إلى نموذج إطاري مقترح لجدارات الاستدامة، حيث قام الباحثون بتقييم (أ) معرفة الطلاب المتعلقة بالاستدامة، (ب) معتقداتهم العاطفية التحفيزية، ومواقفهم تجاه الاستدامة، بالإضافة إلى (ج) نواياهم السلوكية المتعلقة بالاستدامة التي أبلغوا عنها ذاتيًا . تكونت عينة الدراسة من ١٣١٨ طالبًا في ٧٩ فصلًا دراسيًا في مسارات مختلفة بالمدارس الثانوية (الصفوف ٥-٨) بألمانيا. تم إجراء القياسات في بداية العام الدراسي، وفي نهايته بعد إدخال التعليم من أجل التنمية المستدامة؛ كمنظور توجيهي لخطة التعليم الجديدة. أشارت نتائج الدراسة إلى وجود زيادة في معرفة الطلاب المتعلقة بالاستدامة، مع وجود انخفاض في معتقداتهم العاطفية التحفيزية، ومواقفهم تجاه الاستدامة على مدار عام دراسي واحد، وأظهرت التحليلات متعددة المستويات، كما أشارت النتائج أنه كلما ارتفعت القيمة المشتركة للتعليم من أجل التنمية المستدامة في المدرسة، والكفاءة الذاتية للمعلمين تجاه التعليم من أجل التنمية المستدامة، زاد تطور الطلاب للمعرفة المتعلقة بالاستدامة والنوايا السلوكية المتعلقة بها، على التوالي.

وبتوجيه العناية خاصة لمجال تعليم الرياضيات نجد دراسة García-Alonso et al.(2023) التي هدفت إلى تعرف تأثير برنامج تدريبي على تنمية جدارات الاستدامة لدى عينة من معلمى المرحلة الثانوية، حيث عزز البرنامج تصميم المهام المتعلقة بالرياضيات، وقضايا الاستدامة وفقًا للنموذج المنهجي للتعليم المبني على المشروعات (PBL)، وتم استكشاف القضية بعمق، والأسباب التي تؤدي إليها، وكيف يمكن معالجتها باستخدام الأدوات الرياضياتية، فضلاً عن ذلك، يظهر في جميع أجزاء المشروع كيف تساعد المهام الرياضياتية في تعميق تحليل السياق، وكيفية التعامل مع جدارات الاستدامة، وباستخدام نموذج تقييم، تم تحليل خمس جدارات للاستدامة؛ هى: التفكير المنهجي، والتوقع، والتفكير النقدي، والوعي الذاتي، وحل

المشكلات المتكامل، وبشكل عام، أشارت النتائج إلى تحسن في مستوى الإنجاز لجميع جدارات الاستدامة بعد التدريب.

مما سبق يمكننا القول إن تنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في التعليم بصفة عامة وفى تعليم الرياضيات بخاصة يُعد مطلبًا مهمًا نحو التوجه إلى التخفيف من الآثار المترتبة على تفاقم المشكلات الناجمة عن عدم الوعي بهذه القضايا، والتصدي لها بشكل سليم، وتتشكل هذه الجدارات من مزيج من ثلاث جدارات، وهى الجدارات المعرفية، والتي تتمثل في معرفة ووعى معلم الرياضيات بطبيعة التغير المناخي، وقضاياه المختلفة، والآثار المترتبة عليها، وكيف يمكن التصدي لها، وكذا وعيه بأهمية التعليم من أجل مواجهتها، فضلاً عن وعيه بدور الرياضيات في دراسة هذه القضايا، وكذا الجدارات المهارية والتي تتمثل في مهارة معلم الرياضيات في تصميم وتنفيذ مواقف تعليمية تدمج قضايا التغير المناخي في تعليم موضوعات الرياضيات المختلفة، فضلاً عن الجدارات الوجدانية، وتتمثل في اتجاهات معلم الرياضيات حول عملية دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها.

إجراءات البحث:

تضمنت إجراءات البحث مجموعة من الخطوات التي تم القيام بها لتحقيق أهدافه، وتمثلت هذه الخطوات في: بناء مواد وأدوات البحث، والتي اشتملت اعداد قائمة بقضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها، وبناء البرنامج المقترح، وإعداد كل من مقياس الجدارات المعرفية، ومقياس الجدارات المهارية، ومقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، كما تضمنت إجراءات البحث الخطوات التي تم اتباعها في التطبيق الميداني لتجربة البحث، وتمثلت في تحديد الهدف منها، واختيار عينة البحث، والتطبيق القبلي لأدوات البحث ، ثم تنفيذ البرنامج، والتطبيق البعدي لأدوات البحث، وفيما يلى طرح تفصيلي لهذه الإجراءات:

أولاً : بناء مواد وأدوات البحث:

يتناول هذا الجزء خطوات بناء مواد وأدوات البحث، والتي تمثلت في قائمة قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها، والبرنامج المقترح، ومقياس الجدارات المعرفية، ومقياس الجدارات المهارية، ومقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، ويمكن تفصيل ذلك على النحو التالي:

١- إعداد قائمة قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها:

أ- هدف القائمة:

هدف بناء هذه القائمة إلى تحديد أهم قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها.

ب- مصادر اشتقاق القائمة:

تم إعداد قائمة قضايا التغير المناخي، وذلك بالاستعانة بالكتب العلمية، والمراجع المتخصصة، والبحوث، وكذلك الدراسات السابقة التي تناولت قضايا التغير المناخى، ورياضيات التغير المناخى، وكذا تم الرجوع إلى توصيات المؤتمرات التربوية الدولية التي تتعلق بقضايا التغير المناخي، فضلاً عن الخبراء المتخصصين.

ج- الصورة الأولية للقائمة:

من خلال الرجوع إلى المصادر السابقة تم إعداد قائمة قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها، وتضمنت القائمة في صورتها الأولية سبع قضايا رئيسية، وهي:

- غازات الاحتباس الحراري.
- إزالة الغابات.
- الاستهلاك المفرط
- الإشعاع الشمسي والنشاط البركاني والتيارات المحيطية.
- استخدام وسائل النقل.
- عمليات التصنيع.
- الممارسات الزراعية.

تم وضع القائمة التي تم التوصل إليها في شكلها المبدئي، بحيث يندرج تحت كل قضية من هذه القضايا السبع مجموعة من مفاهيم/ موضوعات التغير المناخي الفرعية، وكذا المفاهيم/ الموضوعات الرياضياتية التي يمكن دمج القضية ذات الصلة فيها، وقد تم صياغة القائمة في صورة استبانة، وحددت درجات الاستجابة عنها في صورة مقياس ثلاثى (مهمة جدًا ، مهمة، غير مهمة)

د- صدق القائمة: بعد الانتهاء من إعداد القائمة في صورتها الأولية، تم عرضها على مجموعة من المحكمين[٢] المتخصصين في مجال المناهج وطرق تدريس الرياضيات،

[٢] **ملحق (٢): قائمة أسماء محكمي أدوات البحث، والخطابات الموجهة إليهم.**

والجغرافيا بكليات التربية؛ حيث طُلب منهم إبداء آرائهم حول صدق انتماء القضايا السبع إلى قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها، ومدى كفايتها، وصدق تمثيل المفاهيم/ الموضوعات الرياضياتية، و مفاهيم/ موضوعات التغير المناخي التي تتضمنها إلى قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها، وكذا تحديد درجة أهمية كل قضية من القضايا المتضمنة بالقائمة إلى قضايا التغير المناخي التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها، وذلك بوضع علامة صح أمام درجة أهمية كل قضية من وجهة نظرهم (مهمة جدًا، مهمة، غير مهمة)، وكذلك طرح ما يرونه من مقترحات تعديل صياغة، أو إضافة، أو حذف.

أوصى السادة المحكمون بعد الاطلاع على القائمة ببعض التعديلات والاقتراحات، وقد تم إجراؤها، واشتملت القائمة في شكلها النهائي[٣] على سبع قضايا رئيسية تتضمن (٦٤) مفاهيم/ موضوعات فرعية ترتبط بالتغير المناخى، و(٢٠) مفاهيم/ موضوعات رياضياتية ذات صلة، و**بذلك يكون قد تمت الإجابة على السؤال الأول للبحث والذي ينص على" ما قضايا التغير المناخى التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها؟".**

٢- بناء البرنامج المقترح:

للإجابة عن السؤال الثانى، والثالث من أسئلة البحث، المرتبطان بتحديد أسس بناء، ومحتوى البرنامج المقترح؛ لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؛ تم الرجوع إلى عدد غير قليل من البحوث، والدراسات السابقة في هذا الصدد، وأجريت مجموعة من الخطوات، تمثلت في:

أ- تحديد أسس بناء البرنامج المقترح:

اعتمد بناء البرنامج المقترح على مجموعة من الأسس؛ وهي:

- تنوع قضايا التغير المناخي التي يشتملها البرنامج، لتعبر عن الأسباب الكبرى للتغير المناخي.
- تحديد المفاهيم/الموضوعات الرياضياتية ومفاهيم/ موضوعات التغير المناخى المرتبطة بكل قضية من قضايا التغير المناخى؛ حتى يتسنى لمعلمى

[٣] ملحق (٣) قائمة قضايا التغير المناخى التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات.

الرياضيات تعرف المفاهيم والموضوعات الرياضياتية التي يمكن عبر تدريسها دمج قضايا التغير المناخي ذات الصلة بها.

- دعم جوانب المحتوى المعرفي للبرنامج المقترح ببعض الجوانب المعرفية المرتبطة بقضية التغير المناخي التي يتناولها كل نشاط، وكذا العناية بتحديد الخطوات الإجرائية اللازمة لتنفيذ دمج قضايا التغير المناخى في مواقف تعليم الرياضيات، عبر إجراءات كل نشاط، بما يسهم بشكل مباشر في تنمية الجدارات المعرفية، والمهارية لدى معلمى الرياضيات في هذا الصدد ، وكذا تنمية الجدارات الوجدانية بشكل غير مباشر.
- تأكيد تطبيق المفاهيم، والأفكار التي تتناولها أنشطة البرنامج المقترح؛ عبر استخدام مجموعة من أوراق العمل التي يمكن من خلالها استخدام، وتطبيق مفاهيم رياضيات التغير المناخي.
- دعم الجوانب المعرفية، والمهارية لأنشطة البرنامج المقترح ببعض الفيديوهات التوضيحية ومواقع الإنترنت بما يعزز الوعي بطبيعة القضية قيد التناول في النشاط.

ب- إعتبارات بناء البرنامج المقترح:

أُخذت مجموعة من الاعتبارات في بناء البرنامج المقترح؛ ومن أبرز هذه الاعتبارات ما يأتي:

- إبراز نواتج التعلم المستهدفة لكل نشاط من أنشطة البرنامج المقترح، ومتطلبات تنفيذه، وتفصيل إجراءاته.
- استخدام التقويم التكويني للبرنامج المقترح عبر إجراءات تنفيذ أنشطته المختلفة.
- توضيح الأدوار المختلفة للمدرب والمتدرب (معلم الرياضيات) في تنفيذ كل نشاط من أنشطة البرنامج المقترح.
- إثراء تحرير أنشطة البرنامج ببعض الإطلالات النظرية ذات الصلة بقضايا التغير المناخي، لدعم الوعي بها عبر استخدام المفاهيم والمهارات الرياضياتية المختلفة.
- توزيع أنشطة البرنامج المقترح؛ وفق ترتيب قضايا التغير المناخي التي يطرحها البرنامج المقترح في إطار إمكانية دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها.

ج- تحديد الأهداف العامة للبرنامج المقترح:

تمثلت الأهداف العامة للبرنامج المقترح في :

- تأصيل الدورالمحوري الذي تؤديه الرياضيات في معالجة أحد القضايا العالمية الكبرى مثل التغير المناخي.
- توفير الفرصة لمعلمى الرياضيات لتعرف قضايا التغير المناخي، التي يمكن دمجها في مواقف تعليم الرياضيات وتعلمها؛ مما يسهم في تنمية وعيهم، ومهاراتهم في تنفيذ مواقف تعليم وتعلم ترتبط برياضيات المناخ، وكذا تنمية اتجاتهم الإيجابية نحو دمج تلك القضايا في تعليم الرياضيات وتعلمها .
- طرح فرص مختلفة لمعلمى الرياضيات؛ للانخراط في مناقشة هادفة تتعلق بتغير المناخ كمشكلة عالمية ملحة، مما يطور فهم أعمق ونقدي للقضايا لديهم.

د- تحديد الأهداف النوعية للبرنامج المقترح:

في ضوء أسس البرنامج، وأهدافه العامة؛ أمكن صوغ نواتج التعلم المستهدفة منه؛ بحيث تشكل ثلاثة أقسام رئيسة تتمثل في الأهداف المرتبطة بتنمية الجدارات المعرفية، والأهداف المرتبطة بتنمية الجدارات المهارية، والأهداف المرتبطة بتنمية الجدارات الوجدانية، وفيما يلى تفصيل لهذه الأهداف في كل قسم من الأقسام الثلاثة:

القسم الأول: الأهداف المرتبطة بتنمية الجدارات المعرفية :

عندما ينتهي معلم الرياضيات من دراسة البرنامج؛ يكون قادرًا على:

- تعرف مفهوم التغير المناخي، والمفاهيم ذات الصلة.
- تحديد أسباب التغير المناخي.
- استخلاص الآثار المترتبة على التغير المناخي.
- تعرف التأثيرات السلبية لزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.
- تقدير دور الغابات في بقاء النظم البيئية في العالم.
- إدراك أهمية الكهرباء في حياتنا.
- ترشيد استهلاك الكهرباء.
- اقتراح آليات لتقليل البصمة الكربونية الشخصية.
- تعرف العلاقة بين زيادة نسبة الإشعاع الشمسي والاحترار العالمي.
- تعرف مفهوم أحواض الكربون.

- تحديد أهمية أحواض الكربون الطبيعية.
- استنتاج دور المحيطات في التغير المناخي.
- تعرف أسباب ذوبان الجليد.
- استنتاج العواقب المترتبة على ذوبان الجليد.
- تعرف أسباب حرائق الغابات.
- تعرف خصائص المنازل الخالية من الكربون.
- تحديد كمية الكربون التي تنتجها مواد بناء معينة..
- طرح بدائل، وأفكار جديدة؛ لإعادة تدوير المخلفات.
- ذكر أضرار المخلفات الصلبة على البيئة.
- طرح بدائل، وأفكار جديدة؛ للاستفادة من المخلفات الصلبة.
- تعرف العلاقة المتبادلة بين العمل المناخي، وقطاع النقل.
- تعرف الأثار السلبية لقطاع النقل على تغير المناخ.
- تحديد الآثار الضارة لعوادم السيارات على البيئة.
- اقتراح بدائل جديدة للبنزين كوقود للسيارات للحفاظ على البيئة.
- تعرف العلاقة المتبادلة بين الغذاء، وتغير المناخ.
- اقتراح بعض الآليات؛ لتقليل الانبعاثات المرتبطة بالغذاء.
- تحديد الفرص، والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز، وحماية النظم البيئية.
- استنتاج الآثار السلبية لبعض الأنشطة البشرية، وتأثيرها على تهديد التنوع البيولوجي.
- تعرف مفهوم البصمة الكربونية.
- اقتراح آليات لتقليل البصمة الكربونية الشخصية.
- تحديد الأضرار الناتجة من حرق المخلفات الزراعية.
- توضيح النتائج المترتبة على زيادة معدل استصلاح الأراضي في مصر.
- ذكر أسباب تجريف التربة الزراعية.
- التمييز بين الأضرار المختلفة المترتبة على تجريف التربة الزراعية.

- تعرف دور الدولة للحد من تجريف التربة الزراعية.
- ذكر الآثار الضارة لمخلفات المصانع على البيئة.
- اقتراح حلول ممكنة للتخلص من مخلفات المصانع دون الإضرار بالبيئة.
- توضيح أهمية المياه في حياتنا.
- اقتراح حلولا لترشيد استهلاك المياه وعدم إهدارها.
- توضيح أهمية نهر النيل.
- اقتراح حلولاً للتوعية والحفاظ على نهر النيل من التلوث.
- توضيح أهمية زراعة الأشجار.
- الربط بين أنماط الاستهلاك البشري، و التغير المناخي.
- تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية؛ من أجل تعزيز، وحماية النظم البيئية.
- استنتاج سبل التصدي؛ لمواجهة عواقب التغير المناخي.

القسم الثاني: الأهداف المرتبطة بتنمية الجدارات المهارية :

عندما ينتهي معلم الرياضيات من دراسة البرنامج؛ يكون قادرًا على:

- تعرف دور التعليم في مواجهة قضايا التغير المناخي بشكل عام.
- تحديد دور الرياضيات في دراسة قضايا التغير المناخي، والوعي بها، وبأبعادها المختلفة.
- تصميم مواقف تعليم وتعلم تربط الموضوعات الرياضياتية بقضايا التغير المناخي، وتستهدف:
  - قراءة البيانات المناخية، وتفسيرها، وتمثيلها بيانيًا بطرق متنوعة.
  - تصميم خريطة تنبؤ لأحوال الطقس في المستقبل.
  - إجراء بعض العمليات الحسابية المرتبطة بالتغيرات المناخية.
  - حساب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد كمية معينة من الكهرباء.
  - حساب معدل الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون نتيجة بعض الأنشطة البشرية.
  - تعرف وحدات القياس المرتبطة بقضايا التغير المناخي.
  - التحويل بين وحدات القياس المختلفة.

- تعرف مفهوم المعدل وكيفية التعبير عنه.
- استخدام المعدل في حل تطبيقات رياضياتية مرتبطة بالتغير المناخي.
- قياس استهلاك الكهرباء بالكيلووات/ساعة.
- إجراء بعض العمليات الحسابية المرتبطة بحساب استهلاك الكهرباء الشهري والسنوي (العمليات الحسابية الأربعة- النسبة المئوية).
- إنشاء ميزانية لاستهلاك الكهرباء.
- حل تطبيقات على معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون.
- إجراء بعض العمليات الحسابية؛ لحساب البصمة الكربونية (العمليات الحسابية الأربعة، النسبة المئوية)
- تحديد مساحة منطقة معينة في بعض قضايا التغير المناخي.
- حساب الحجم في بعض قضايا التغير المناخي.
- تحديد الأنماط الحسابية في بعض قضايا التغير المناخي.
- حساب النسبة المئوية للتغير في الإشعاع الشمسي بين فترات زمنية معينة.
- توقع نسبة الزيادة في مستوى سطح البحر بعد فترة زمنية معينة.
- حساب النسبة المئوية المرتبطة بقضايا التغير المناخي.
- حساب مقياس الرسم في بعض قضايا التغير المناخي.
- حساب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة خلال فترة زمنية معينة.
- حساب الفترة الزمنية المستغرقة لإنتاج كمية معينة من ثاني أكسيد الكربون
- تعرف مفهوم النسبة بين ثلاثة أعداد، وكيفية التعبير عنها في قضايا التغير المناخي.
- حل تطبيقات رياضياتية على النسبة بين ثلاثة أعداد في قضايا التغير المناخي.
- حل تطبيقات رياضياتية على تمثيل البيانات المناخية بالقطاعات الدائرية
- حساب مساحة الدائرة في بعض التطبيقات الرياضياتية في قضايا التغير المناخي.
- تعرف مفهوم التناسب، وخواصه فيما يرتبط بقضايا التغير المناخي.
- تحديد النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون التي تمتصها المحيطات.
- إجراء بعض العمليات الحسابية؛ لحساب البصمة الكربونية.

- حل تطبيقات رياضياتية على خواص التناسب في قضايا التغير المناخي.
- حل تطبيقات رياضياتية على حجم متوازي المستطيلات في قضايا التغير المناخي.
- حل تطبيقات رياضياتية على مقياس الرسم في قضايا التغير المناخي.
- تقدير كميات معينة مرتبطة بقضية إعادة التدوير.
- مقارنة كثافة انبعاثات غازات الدفيئة بناء على الوزن لأنواع معينة من الغذاء.
- تحديد نسبة الغازات المسببة للاحتباس الحراري من الغذاء.

القسم الثالث: الأهداف المرتبطة بتنمية الجدارات الوجدانية :

عندما ينتهي معلم الرياضيات من دراسة البرنامج؛ يكون لديه:

- اتجاهات إيجابية نحو عملية دمج التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها، من خلال:
  - الوعى بأهمية تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات.
  - الوعي بالإجراءات التي يمكن أن القيام بها من أجل دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات.
  - تعرف الصعوبات، والتحديات في تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات.
  - تحديد الدعم، والتطوير اللازم؛ لتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه أهداف البرنامج في أقسامها الثلاثة جاءت **غير منفصلة** في أنشطته؛ وبخاصة أنشطة الجزء الثاني منه، وإنما جاء الفصل هنا بغرض توضيح شمول البرنامج لجميع جوانب الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها: المعرفية، والمهارية، والوجدانية.

هـ - تحديد محتوى البرنامج المقترح:

استنادًا إلى نواتج التعلم المستهدفة من البرنامج المقترح، فقد تضمن محتواه جزئين رئيسيين، كما يلى :

- **الجزء الأول** : يتمثل الهدف منه فى تنمية الوعي بمفهوم التغير المناخي، وتعرف أسبابه، والأثار المترتبة عليه، وكيف يمكن التصدي لمواجهته، كما

يتضمن دور التعليم في مواجهة قضايا التغير المناخي بشكل عام، ودور الرياضيات في دراسة هذه القضايا، والوعي بها، وبأبعادها المختلفة.

- **الجزء الثاني:** يتمثل الهدف منه فى تنمية مهارات معلم الرياضيات على تصميم مواقف تعليم وتعلم تستهدف دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها، وتتمثل هذه القضايا فيما يأتي:

- **القضية الأولى: غازات الاحتباس الحراري:**

وتُعنى هذه القضية بالأضرار البيئية الناتجة عن زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحرارى(غازات الدفيئة)، ويُعد ثاني أكسيد الكربون أهم هذه الغازات التي تطلقها الأنشطة البشرية، حيث يمثل حوالي ثلاثة أرباع إجمالي الانبعاثات، ويُعد الميثان وأكسيد النيتروز من الغازات الدفيئة المهمة أيضًا، ولكن يتم إطلاقهما بكميات أقل، وتنتج انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ناتجة في المقام الأول عن حرق الوقود الأحفوري من أجل الطاقة والنقل، أما انبعاثات الميثان ناتجة في المقام الأول عن تربية الماشية، ومدافن النفايات، كما أن انبعاثات أكسيد النيتروز ناتجة في المقام الأول عن الممارسات الزراعية.

ويرتبط عرض هذه القضية في البرنامج المقترح لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها باستخدام تفسير البيانات، والإحصاءات، والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير، وتقديم الاستنتاجات، وحساب النسب المئوية، والقياس، والتحويل بين وحدات القياس المختلفة، وإجراء عملية التقدير.

- **القضية الثانية: إزالة الغابات:**

تتناول هذه القضية الأضرار الناتجة عن إزالة الغابات؛ حيث يتم إطلاق ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، كما تقل قدرة الغابات على امتصاص ثاني أكسيد الكربون، وتمثل إزالة الغابات، والتغيرات الأخرى في استخدام الأراضي حوالي ١٠٪ من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية، وتتم إزالة الغابات بشكل أساسي عن طريق الزراعة، وقطع الأشجار، والتعدين، وهي سائدة بشكل خاص في المناطق الاستوائية؛ مثل :غابات الأمازون المطيرة، ويمكن أن تؤدي إزالة الغابات إلى تآكل التربة، وفقدان التنوع البيولوجي، ومشاكل بيئية أخرى.

ويرتبط عرض هذه القضية في البرنامج المقترح لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات، وتعلمها باستخدام التقدير، والاستدلال النسبي، والعمليات الحسابية، والقياس، والتحويل بين وحدات القياس، وتفسير البيانات، والإحصاءات والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير، وتقديم الاستنتاجات، وعمل الافتراضات، والتنبؤات.

- **القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط:**

تستهدف هذه القضية التأثرات التي تسببها العادات الاستهلاكية المختلفة على المناخ، مثل طريقة استخدام الطاقة في المنزل، وكيفية الانتقال باستخدام وسائل النقل، والمواد الغذائية المستهلكة، واستهلاك البضائع؛ مثل: الملابس، والإلكترونيات، والمواد البلاستيكية، ومقدار النفايات التي يُنتجها الفرد.

ويرتبط عرض هذه القضية في البرنامج المقترح لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها باستخدام قراءة الرسوم البيانية، وتفسير البيانات، وعمل الإحصاءات والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير، وتقديم الاستنتاجات، وعمل الافتراضات، وإجراء العمليات الحسابية المختلفة، والعمليات الحسابية، والقياس، والتحويل بين وحدات القياس، وإجراء عمليات التقريب، وحساب المعدل، ومقياس الرسم.

- **القضية الرابعة: الإشعاع الشمسي، والنشاط البركاني، والتيارات المحيطية:**

تركز هذه القضية على تأثير التغيرات الطبيعية في مدار الأرض، وميلها على كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، مما يؤدي إلى تغيرات في درجة الحرارة العالمية على مدى فترات طويلة من الزمن، كما تُعنى هذه القضية بتناول تأثير الانفجارات البركانية على البيئة؛ حيث تطلق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكبريت، والغازات الأخرى في الغلاف الجوي، والتي يمكن أن يكون لها تأثير تبريد على مناخ الأرض من خلال عكس ضوء الشمس إلى الفضاء، كما تتناول هذه القضية أيضًا التيارات المحيطية والدور الذي تؤديه في تنظيم مناخ الأرض من خلال توزيع الحرارة حول العالم، وما يمكن أن يؤديه التغيرات في التيارات المحيطية إلى أنماط مناخية إقليمية وعالمية.

ويرتبط عرض هذه القضية في البرنامج المقترح لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها باستخدام قراءة الرسوم البيانية، وتفسير البيانات، وعمل الإحصاءات والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير، وتقديم الاستنتاجات، وعمل الافتراضات، وإجراء العمليات الحسابية المختلفة، والعمليات الحسابية، والقياس، والتحويل بين وحدات القياس، وإجراء عمليات التقريب، وحساب النسبة المئوية.

- **القضية الخامسة: استخدام وسائل النقل:**

وتتناول هذه القضية المشكلات، والأضرار المناخية التي تسببها وسائل النقل المختلفة؛ حيث إن النقل مسؤول عن حوالي ١٤٪ من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية، بشكل أساسي من حرق الوقود الأحفوري في السيارات، والشاحنات، والسفن، والطائرات.

ويرتبط عرض هذه القضية في البرنامج المقترح لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها بإجراء العمليات الحسابية المختلفة، و حساب النسب، واستكشاف نسب الكميات بمرور الوقت، وعمل تخمينات حول النسب المستقبلية في ضوء البيانات المتاحة، و تفسير البيانات والإحصاءات والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير، وتقديم الاستنتاجات.

- **القضية السادسة: عمليات التصنيع:**

وتُعنى هذه القضية بما يسببه مجال الصناعة من أضرار تتعلق بالتغير المناخي، فالعمليات الصناعية تتسبب في حوالي ٢٠٪ من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية، ويعتبر إنتاج الأسمنت مصدرًا مهمًا بشكل خاص هذه الانبعاثات، حيث يمثل حوالي ٧ ٪ من الانبعاثات العالمية، كما يسهم تصنيع الحديد، والصلب، والإنتاج الكيميائي، والعمليات الصناعية الأخرى في الانبعاثات، وتُعنى القضية أيضًا بالمشكلات الأخرى الناتجة من مجال الصناعة ومن أبرزها المخلفات الصناعية التي تسبب بجانب تلوث الهواء، تلوث المياه أيضًا، وما يرتبط بذلك من إعادة تدوير لهذه المخلفات؛ كأحد السبل لتقليل الأضرار المناخية.

ويرتبط عرض هذه القضية في البرنامج المقترح لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها باستخدام التقدير الرياضياتى، وإجراء العمليات الحسابية، وقراءة

البيانات، وإنشاء الرسوم البيانية، وتفسيرها، وحساب النسبة، والنسبة المئوية، وحساب المعدل.

- **القضية السابعة: الممارسات الزراعية:**

وتستهدف هذه القضية تأثيرات الممارسات الزراعية المختلفة على التقلبات المناخية؛ حيث إن حوالي ١٠٪ من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية، ينتج بشكل أساسي من استخدام الأسمدة والسماد الطبيعي، وتعتبر تربية الماشية أيضًا مصدرًا مهمًا للانبعاثات، خاصة من إنتاج الميثان بواسطة الأبقار، والحيوانات الأخرى، كما تتناول القضية أيضًا عمليات تجريف التربة، والمخلفات الزراعية، وما ينتج عنها من أضرار مناخية، وكيف يمكن أن تساعد ممارسات الزراعة المستدامة، في تقليل الانبعاثات من الزراعة.

ويرتبط عرض هذه القضية في البرنامج المقترح لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها باستخدام العمليات الحسابية المختلفة، وإجراء القياس، والتحويل بين وحدات القياس، وحساب النسبة، والنسبة المئوية، وقراءة البيانات، وعمل الإحصاءات والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل ومقارنة البيانات.

وقد ارتبط طرح هذه القضايا بتحديد المفاهيم / الموضوعات الرياضياتية، ومفاهيم/ موضوعات التغير المناخي ذات الصلة بها، والأنشطة التي يمكن استخدامها لمعالجة تلك القضايا في سياق صفوف الرياضيات، و يوضح جدول (١) مصفوفة أنشطة البرنامج.

جدول (١)
مصفوفة أنشطة البرنامج

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على:	الأدوات والمتطلبات
نشاط (١) مفهوم التغير المناخي	تعرف مفهوم التغير المناخي والمفاهيم ذات الصلة.	ورقة عمل (١) . الشبكة العالمية للمعلومات" الإنترنت"
نشاط (٢) أسباب التغير المناخي	تحديد أسباب التغير المناخي.	ورقة عمل (٢). الشبكة العالمية للمعلومات" الإنترنت"
نشاط (٣) الأثار المترتبة على التغير المناخي	استخلاص الآثار المترتبة على التغير المناخي.	ورقة عمل (٣). الشبكة العالمية للمعلومات" الإنترنت"
نشاط (٤) مواجهة عواقب التغير المناخي	استنتاج سبل التصدي لمواجهة عواقب التغير المناخي.	ورقة عمل (٤). الشبكة العالمية للمعلومات" الإنترنت"
نشاط (٥) دور التعليم في مواجهة قضايا التغير المناخي	تعرف دور التعليم في مواجهة قضايا التغير المناخي بشكل عام.	ورقة عمل (٥)
نشاط (٦) الرياضيات وقضايا التغير المناخي	تحديد دور الرياضيات في دراسة هذه القضايا والوعي بها وبأبعادها المختلفة.	ورقة عمل (٦) .

ثانيًا: مصفوفة أنشطة الجزء الثاني من البرنامج

١- مصفوفة أنشطة القضية الأولى: غازات الاحتباس الحراري

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (١) تغير المناخ - المفاهيم الخطأ	استنتاج بعض المعلومات الرياضياتية المرتبطة بالتغير المناخي (نسبة ثاني أكسيد الكربون- ارتفاع مستوى سطح البحر- التحويل بين وحدات القياس المختلفة) تعرف المفاهيم والأفكار الصحيحة حول التغير المناخي. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- تفسير البيانات- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- النسبة المئوية- العمليات الحسابية.	الاحتباس الحراري- التغير المناخي- زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون- البراكين- الغلاف الجوي- بخار الماء- الجليد.	فيديو عن " ١٣ خطأ مفاهيمي عن التغير المناخي". فيديو عن "أسباب وتأثيرات تغير المناخ". فيديو عن "علم المناخ: ما تحتاج إلى معرفته". ورقة عمل (١) - ورقة عمل (٢)

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (٢) التقلبات المناخية	تعرف ماهية البيانات وكيف يمكن تمثيلها. تمثيل البيانات باستخدام الرسوم البيانية الشريطية والرسوم البيانية الخطية. تعرف أهمية نطاق البيانات وكيفية تفسيرها. استخدام مجموعة البيانات المناخية الحقيقية لبعض المدن لفهم تقلبات المناخ. قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية.	تمثيل البيانات وتفسيرها- نطاق البيانات- الرسوم البيانية الشريطية- قراءة الرسوم البيانية- تفسير الرسوم البيانية.	الطقس- المناخ- درجات الحرارة- هطول الأمطار- الظواهر الجوية المتطرفة- الغلاف الجوي.	الموقع الإلكتروني للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية. فيديو عن " يمكن للعلماء الآن ربط أحداث الطقس المتطرفة بسرعة بتغير المناخ"-ورقة عمل (٣)
نشاط (٣) الطقس في الماضي والمستقبل	تمثيل البيانات المنفصلة باستخدام الرسوم البيانية. تفسير البيانات المنفصلة باستخدام الرسوم البيانية. تمثيل البيانيات المناخية وتفسيرها. تصميم خريطة تنبؤ لأحوال الطقس في المستقبل.	الرسوم البيانية- تمثيل البيانات- تفسير البيانات- خريطة التنبؤ	الطقس – المناخ- الطقس القاسي- الفيضانات - الأعاصير - الانزلاقات الطينية – الجفاف.	صور لأحداث الطقس من الماضي ومن الحاضر ورقة عمل (٤).
نشاط (٤) ثاني أكسيد الكربون الإنتاج والعزل	تحديد مساحة منطقة معينة بالكيلو متر مربع. حساب الحجم. التحويل بين وحدات القياس المختلفة. حساب معدل الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون نتيجة بعض الأنشطة البشرية. تعرف التأثيرات السلبية لزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	المساحة- الحجم- التقدير- مقياس الرسم- تحويل وحدات القياس- المعدل- الكيلو متر مربع- طن- العدد- النمط- النسبة المئوية.	تركيز ثاني أكسيد الكربون- الإنتاج- العزل- الوقود الأحفوري- مصادر ومصارف ثاني أكسيد الكربون.	ورقة عمل (٥) ورقة عمل (٦) ورقة عمل (٧)
نشاط (٥) تغير تركيز ثاني	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. إنشاء الرسوم البيانية.	إنشاء الرسوم البيانية- تفسير الرسوم	زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون-	ورقة عمل (٨) ورقة عمل (٩) ورقة عمل (١٠)

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
أكسيد الكربون في الغلاف الجوي	التحويل بين وحدات القياس المختلفة. تحديد الأنماط الحسابية. حساب معدل الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون نتيجة بعض الأنشطة البشرية. تعرف التأثيرات السلبية لزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	البيانية- العمليات الحسابية- التحويل بين وحدات القياس- جيجا طن- الأنماط الحسابية.	العصر الجليدي- منحنى كيلينج- الغلاف الجوي	ورقة عمل (١١)
نشاط (٦) مستوى سطح البحر	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. تعرف أسباب ذوبان الجليد. استنتاج العواقب المترتبة على ذوبان الجليد. توقع نسبة الزيادة في مستوى سطح البحر بعد فترة زمنية معينة.	الرسوم البيانية-قراءة الرسوم البيانية – تفسير الرسوم البيانية.	ذوبان الجليد- الاحترار العالمي- دوران المحيطات- غاز الميثان	فيديو عن " ماذا لو ذاب كل الجليد على الأرض؟" فيديو عن " جليد بحر القطب الشمالي ١٩٨٤-٢٠١٦" ورقة عمل (١٢) ورقة عمل (١٣)
نشاط (٧) القطب الشمالى	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. تعرف أسباب ذوبان الجليد. استنتاج العواقب المترتبة على ذوبان الجليد. توقع نسبة الزيادة في مستوى سطح البحر بعد فترة زمنية معينة.	الرسوم البيانية-قراءة الرسوم البيانية – تفسير الرسوم البيانية.	ذوبان الجليد- الاحترار العالمي- دوران المحيطات- غاز الميثان	فيديو عن " شاهد التغيرات الجليدية المتطرفة بالقرب من شبه جزيرة أنتاركتيكا" ورقة عمل (١٤)

٢- مصفوفة أنشطة القضية الثانية: إزالة الغابات

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (٨) إزالة الغابات - ١	قراءة مجموعة من الرسوم البيانية. تفسير مجموعة من الرسوم البيانية. إجراء بعض العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المقروءة من الرسوم البيانية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تقدير دور الغابات في بقاء النظم البيئية في العالم.	الرسوم البيانية- تفسير الرسوم البيانية- النسبة المئوية- العمليات الحسابية-	إزالة الغابات- المناخ- الفيضانات- الغلاف الجوي- زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون- الانقراض- الاحتباس الحراري- غازات الدفيئة- الوقود الأحفوري- سلاسل الغذاء- الانقراض- الظواهر	ورقة عمل (١٥) فيديو عن "المناخ ١٠١: إزالة الغابات" ورقة عمل (١٦) ورقة عمل (١٧)

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
	تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	التقدير.	المناخية المتطرفة- التنمية الزراعية- التلوث- التنوع البيولوجي.	
نشاط (٩) إزالة الغابات-٢	قراءة مجموعة من الرسوم البيانية. تفسير مجموعة من الرسوم البيانية. إجراء بعض العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المقروءة من الرسوم البيانية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تقدير دور الغابات في بقاء النظم البيئية في العالم. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- تفسير الرسوم البيانية- النسبة المئوية- العمليات الحسابية- التقدير.	إزالة الغابات- المناخ- الفيضانات- الغلاف الجوي- زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون- الانقراض الاحتباس الحراري- غازات الدفيئة- الوقود الأحفوري- سلاسل الغذاء- الانقراض- الظواهر المناخية المتطرفة- التنمية الزراعية- التلوث- التنوع البيولوجي.	ورقة عمل (١٨) ورقة عمل (١٩) ورقة عمل (٢٠)
نشاط (١٠) التنوع البيولوجى	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. استنتاج الآثار السلبية لبعض الأنشطة البشرية وتأثيرها على تهديد التنوع البيولوجي. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	قراءة الرسوم البيانية- تفسير الرسوم البيانية.	التنوع البيولوجي- النظم الأيكولوجية- الانقراض الجماعي	فيديو عن "لماذا التنوع البيولوجي مهم جدا؟" . ورقة عمل (٢١)

٣- مصفوفة أنشطة القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (١١) استهلاك الكهرباء	تعرف وحدات القياس. التحويل بين وحدات القياس. إدراك أهمية الكهرباء في حياتنا. قياس استهلاك الكهرباء بالكيلووات/ساعة. ترشيد استهلاك الكهرباء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- الوات- الكيلو وات/ ساعة- العمليات الحسابية.	زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون- حرق الفحم والغاز الطبيعي – الضباب الدخاني- المطر الحمضي.	ورقة عمل (٢٢)
نشاط (١٢) الطاقة في المنزل	تعرف وحدات القياس. التحويل بين وحدات القياس. يتعرف مفهوم المعدل وكيفية التعبير عنه. يحل تطبيقات رياضياتية على المعدل.	وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- الوات- الكيلو وات/	زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون- حرق الفحم والغاز الطبيعي – الضباب	ورقة عمل (٢٣) ورقة عمل (٢٤)

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
	إدراك أهمية الكهرباء في حياتنا. قياس استهلاك الكهرباء بالكيلووات/ساعة. قياس درجات الحرارة. ترشيد استهلاك الكهرباء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	ساعة- العمليات الحسابية- المعدل- قياس درجات الحرارة- الوقت	الدخاني- المطر الحمضي- المصابيح الموفرة للطاقة- المصابيح التقليدية- الطاقة- الحرارة.	ورقة عمل (٢٥)
نشاط (١٣) استهلاك الطاقة في بيت فارغ!	إجراء بعض العمليات الحسابية المرتبطة بحساب استهلاك الكهرباء الشهري والسنوي (العمليات الحسابية الأربعة- النسبة المئوية). إدراك أهمية الكهرباء في حياتنا. إنشاء ميزانية لاستهلاك الكهرباء. ترشيد استهلاك الكهرباء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	العدد- النمط- النسبة المئوية.	زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون- حرق الفحم والغاز الطبيعي – الضباب الدخاني- المطر الحمضي.	ورقة عمل (٢٦)
نشاط (١٤) الاستهلاك السنوي للكهرباء في المنزل	يتعرف مفهوم المعدل وكيفية التعبير عنه . يحل تطبيقات رياضياتية على المعدل. إدراك أهمية الكهرباء في حياتنا. ترشيد استهلاك الكهرباء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	المعدل- العمليات الحسابية.	زيادة نسبة ثاني أكيد الكربون- حرق الفحم والغاز الطبيعي – الضباب الدخاني- المطر الحمضي.	ورقة عمل (٢٧)
نشاط (١٥) إنتاج ثاني أكسيد الكربون في المنزل	يتعرف مفهوم البصمة الكربونية. يحسب البصمة الكربونية الشخصية. يحل تطبيقات على معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون. إجراء بعض العمليات الحسابية لحساب البصمة الكربونية (العمليات الحسابية الأربعة، النسبة المئوية) اقتراح آليات لتقليل البصمة الكربونية الشخصية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	العدد- النمط- النسبة المئوية- المعدل- العمليات الحسابية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس.	البصمة الكربونية- إنتاج ثاني أكسيد الكربون	ورقة عمل (٢٨)
نشاط (١٦) الاستهلاك العالمي للكهرباء وثاني أكسيد	تعرف وحدات القياس. التحويل بين وحدات القياس. قراءة جداول البيانات. تفسير جداول البيانات. قياس استهلاك الكهرباء بالكيلووات/ساعة.	وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- الوات- الكيلو وات/ ساعة- طن- جيجا	زيادة نسبة ثاني أكيد الكربون- حرق الفحم والغاز الطبيعي – الضباب الدخاني- المطر	ورقة عمل (٢٩)

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
الكربون	حساب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد كمية معية من الكهرباء. إدراك أهمية الكهرباء في حياتنا. ترشيد استهلاك الكهرباء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	طن- جيجا وات- العمليات الحسابية.	الحمضي.	
نشاط (١٧) منازل خالية من الكربون	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. التحويل بين وحدات القياس. تعرف خصائص المنازل الخالية من الكربون. تحديد كمية الكربون التي تنتجها مواد بناء معينة.. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- قراءة الرسوم البيانية- تفسير البيانات- التحويل بين وحدات القياس.	الاحتباس الحراري- ثاني أكسيد الكربون- المنازل الخالية من الكربون.	فيديو " الطريق إلى ٢٠٢٠ - المنازل المستدامة: هل المنازل الخالية من الكربون مهمة؟" ورقة عمل (٣٠) ورقة عمل(٣١) ورقة عمل(٣٢)
نشاط (١٨) كن نباتي	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. تعرف وحدات القياس. مقارنة كثافة انبعاثات غازات الدفيئة بناء على الوزن لأنواع معينة من الغذاء. تعرف العلاقة المتبادلة بين الغذاء وتغير المناخ. اقتراح بعض الآليات لتقليل الانبعاثات المرتبطة بالغذاء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- قراءة الرسم البيانية- تفسير الرسوم البيانية- النسبة المئوية- العمليات الحسابية- وحدات القياس.	غازات الدفيئة- الاحتباس الحراري- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون- الأطعمة العضوية.	ورقة عمل (٣٣) ورقة عمل (٣٤)
نشاط (١٩) الغذاء - ١	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. تحديد نسبة الغازات المسببة للاحتباس الحراري من الغذاء. تعرف العلاقة المتبادلة بين الغذاء وتغير المناخ. اقتراح بعض الآليات لتقليل الانبعاثات المرتبطة بالغذاء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- قراءة الرسم البيانية- تفسير الرسوم البيانية- النسبة المئوية- العمليات الحسابية.	غازات الدفيئة- الاحتباس الحراري- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون- الأطعمة العضوية.	ورقة عمل (٣٥) ورقة عمل(٣٦)
نشاط (٢٠) الغذاء - ٢	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. تحديد نسبة الغازات المسببة للاحتباس الحراري من الغذاء.	الرسوم البيانية- قراءة الرسم البيانية- تفسير	غازات الدفيئة- الاحتباس الحراري- انبعاثات	ورقة عمل (٣٧) ورقة عمل

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
	تعرف العلاقة المتبادلة بين الغذاء وتغير المناخ. اقتراح بعض الآليات لتقليل الانبعاثات المرتبطة بالغذاء. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- النسبة المئوية- العمليات الحسابية.	ثاني أكسيد الكربون- الأطعمة العضوية.	(٣٨)
نشاط (٢١) البصمة الكربونية الشخصية – ١	يتعرف مفهوم البصمة الكربونية. يحسب البصمة الكربونية الشخصية. إجراء بعض العمليات الحسابية لحساب البصمة الكربونية. اقتراح آليات لتقليل البصمة الكربونية الشخصية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة المئوية- العمليات الحسابية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- التقريب.	البصمة الكربونية- إنتاج ثاني أكسيد الكربون	ورقة عمل (٣٩)
نشاط (٢٢) البصمة الكربونية الشخصية – ٢	يتعرف مفهوم البصمة الكربونية. يحسب البصمة الكربونية الشخصية. إجراء بعض العمليات الحسابية لحساب البصمة الكربونية. اقتراح آليات لتقليل البصمة الكربونية الشخصية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة المئوية- العمليات الحسابية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- التقريب.	البصمة الكربونية- إنتاج ثاني أكسيد الكربون	ورقة عمل (٤٠)
نشاط (٢٣) البصمة الكربونية الشخصية – ٣	يتعرف مفهوم البصمة الكربونية. يحسب البصمة الكربونية الشخصية. إجراء بعض العمليات الحسابية لحساب البصمة الكربونية. اقتراح آليات لتقليل البصمة الكربونية الشخصية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة المئوية- العمليات الحسابية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- التقريب.	البصمة الكربونية- إنتاج ثاني أكسيد الكربون	ورقة عمل (٤١)
نشاط (٢٤) البصمة الكربونية الشخصية -٤	يتعرف مفهوم البصمة الكربونية. يحسب البصمة الكربونية الشخصية. إجراء بعض العمليات الحسابية لحساب البصمة الكربونية. اقتراح آليات لتقليل البصمة الكربونية الشخصية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة المئوية- العمليات الحسابية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- التقريب.	البصمة الكربونية- إنتاج ثاني أكسيد الكربون	ورقة عمل (٤٢) ورقة عمل (٤٣)
نشاط (٢٥) هدر استخدام المياه	يتعرف مفهوم المعدل وكيفية التعبير عنه. يحل تطبيقات رياضياتية على المعدل. تعرف مفهوم التناسب وخواصه حل تطبيقات رياضياتية على خواص التناسب	المعدل- العمليات الحسابية- التناسب- متوازي المستطيلات-	استهلاك المياه- تحلية المياه- تقنيات الري.	فيديو عن " فهم استخدامك للمياه ".

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
	يتعرف مفهوم متوازي المستطيلات وحجمه. يحل تطبيقات رياضياتية على حجم متوازي المستطيلات توضيح أهمية المياه في حياتنا. اقتراح حلولا لترشيد استهلاك المياه وعدم إهدارها. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	حجم متوازي المستطيلات.		ورقة عمل (٤٤) ورقة عمل(٤٥) ورقة عمل(٤٦)
نشاط (٢٦) مياه النهر	تعرف مفهوم مقياس الرسم. حل تطبيقات رياضياتية على مقياس الرسم. توضيح أهمية نهر النيل. اقتراح حلولا للتوعية والحفاظ على نهر النيل من التلوث. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	مقياس الرسم- العمليات الحسابية.	تلوث المياه- المخلفات الصناعية- النفايات السامة.	فيديو عن " لاجنون في مصر يناضلون لمكافحة التلوث البلاستيكي في نهر النيل". ورقة عمل (٤٧)

٤- مصفوفة أنشطة القضية الرابعة: الإشعاع الشمسي، والنشاط البركاني، والتيارات المحيطية

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (٢٧) الثابت الشمسي منذ عام ١٦٠٠	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. حساب النسبة المئوية للتغير في الإشعاع الشمسي بين فترات زمنية معينة. تعرف العلاقة بين زيادة نسبة الإشعاع الشمسي والاحترار العالمي.	الرسوم البيانية- تفسير الرسوم البيانية- النسبة المئوية- العمليات الحسابية	الاحترار العالمي- الثابت الشمسي- الطاقة الإشعاعية	ورقة عمل (٤٨)
نشاط (٢٨) تقدير فقد الكتلة الحيوية من حريق كبير	حساب مساحة قطعة من الأرض. حساب النسبة المئوية. حساب مقياس الرسم. التحويل بين وحدات القياس المختلفة. تعرف أسباب حرائق الغابات. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الكيلو متر- المساحة- الميل- المليمتر- النسبة المئوية- العمليات الحسابية- مقياس الرسم- التحويل بين وحدات القياس.	حرائق الغابات- الكتلة الحيوية- التغير المناخي.	ورقة عمل (٤٩)

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (٢٩) البراكين والتسرب النفطي وزيادة ثاني أكسيد الكربون	حساب كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة خلال فترة زمنية معينة. حساب الفترة الزمنية المستغرقة لإنتاج كمية معينة من ثاني أكسيد الكربون تعرف التأثيرات السلبية لزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	وحدات القياس-تحويل وحدات القياس- الزمن- النسبة المئوية- العمليات الحسابية.	البراكين- التسرب النفطي- الاحترار العالمي- زيادة نسبة ثاني أكيد الكربون	ورقة عمل (٥٠)
نشاط (٣٠) المحيطات- أحواض الكربون	تحديد النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون التي تمتصها المحيطات. إجراء بعض تحويلات القياس. تعرف مفهوم أحواض الكربون. تحديد أهمية أحواض الكربون الطبيعية. استنتاج دور المحيطات في التغير المناخي.	النسبة المئوية- العمليات الحسابية- تحويلات القياس.	أحواض الكربون- التغير المناخي- التمثيل الضوئي-عزل الكربون	فيديو عن "ما هي أحواض الكربون؟ - الاستدامة للجميع " ورقة عمل (٥١)

٥- مصفوفة أنشطة القضية الخامسة: استخدام وسائل النقل

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (٣١) وسائل النقل	قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. تعرف العلاقة المتبادلة بين العمل المناخي وقطاع النقل. تعرف الأثار السلبية لقطاع النقل على تغير المناخ. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- قراءة الرسوم البيانية- تفسير البيانات- النسبة المئوية- العمليات الحسابية.	التلوث- النقل البري- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون- استهلاك النفط العالمي.	ورقة عمل (٥٢)
نشاط (٣٢) عوادم السيارات	تعرف مفهوم التناسب وخواصه. تحديد الآثار الضارة لعوادم السيارات على البيئة. اقتراح بدائل جديدة للبنزين كوقود للسيارات للحفاظ على البيئة. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	الرسوم البيانية- قراءة الرسوم البيانية- تفسير الرسوم البيانية- التناسب.	تلوث الهواء- الطاقة الشمسية- الطاقة الحركية- الخلايا الشمسية.	فيديو عن" تكلفة تلوث الهواء" ورقة عمل (٥٣) ورقة عمل (٥٤)

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات

٦- مصفوفة أنشطة القضية السادسة: عمليات التصنيع

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (٣٣) إعادة التدوير	تقدير كميات معينة مرتبطة بقضية إعادة التدوير. قراءة الرسوم البيانية. تفسير الرسوم البيانية. طرح بدائل وأفكار جديدة لإعادة تدوير المخلفات. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	التقدير- النسبة المئوية- العمليات الحسابية- قراءة الرسوم البيانية- تفسير الرسوم البيانية.	إعادة التدوير	فيديو عن "محاربة التلوث البلاستيكي" ورقة عمل(٥٥) ورقة عمل(٤٦)
نشاط (٣٤) إدارة المخلفات	تقدير كميات معينة مرتبطة بقضية إعادة التدوير. تعرف مفهوم النسبة بين ثلاثة أعداد وكيفية التعبير عنها حل تطبيقات رياضياتية على النسبة بين ثلاثة أعداد يتعرف مفهوم القطاع الدائري يحل تطبيقات رياضياتية على تمثيل البيانات بالقطاعات الدائرية يتعرف مفهوم مساحة الدائرة يحل تطبيقات رياضياتية على مساحة الدائرة يذكر أضرار المخلفات الصلبة على البيئة يناقش بدائل وأفكار جديدة للاستفادة من المخلفات الصلبة. طرح بدائل وأفكار جديدة لإعادة تدوير المخلفات. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة- النسبة بين ثلاث كميات- العمليات الحسابية- تمثيل البيانات- القطاع الدائري- الدائرة- مساحة الدائرة.	إعادة التدوير- المخلفات الصلبة.	قائمة مراجعة للمراقبة ورقة عمل (٥٧) ورقة عمل(٥٨) ورقة عمل(٥٩)
نشاط (٣٥) النفايات الصناعية	تعرف مفهوم النسبة والصور المختلفة للتعبير عنها حل تطبيقات رياضياتية على النسبة. يتعرف مفهوم المعدل وكيفية التعبير عنه يحل تطبيقات رياضياتية على المعدل يذكر الآثار الضارة لمخلفات المصانع على البيئة.	النسبة- النسبة بين كميتين- النسبة بين ثلاث كميات- العمليات الحسابية - المعدل.	مخلفات المصانع- الاحتباس الحراري- تلوث الهواء- تلوث التربة- النفايات الخطرة.	فيديو عن " سلم إلى الاستدامة - بحث حول إعادة تدوير النفايات الصناعية" .

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
	اقتراح حلول ممكنة للتخلص من مخلفات المصانع دون الإضرار بالبيئة الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.			ورقة عمل(٦٠) ورقة عمل(٦١)

٧- مصفوفة أنشطة القضية السابعة: الممارسات الزراعية

النشاط	هدف النشاط في نهاية النشاط سوف يكون معلم الرياضيات أكثر قدرة على تصميم أنشطة تستهدف:	موضوعات الرياضيات	موضوعات التغير المناخي	الأدوات والمتطلبات
نشاط (٣٦) المخلفات الزراعية	تعرف مفهوم النسبة والصور المختلفة للتعبير عنها. حل تطبيقات رياضياتية على النسبة. تحديد الأضرار الناتجة من حرق المخلفات الزراعية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة – النسبة بين كميتين- العمليات الحسابية.	المخلفات الزراعية	صور توضيحية لبعض المخلفات الزراعية. ورقة عمل (٦٢)
نشاط (٣٧) التربة هي الحل	تعرف مفهوم النسبة والصور المختلفة للتعبير عنها. حل تطبيقات رياضياتية على النسبة. مناقشة النتائج المترتبة على زيادة معدل استصلاح الأراضي في مصر. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة – النسبة بين كميتين- العمليات الحسابية.	التصحر- استصلاح الأراضي الزراعية- غازات الدفيئة- التنوع البيولوجي- الغلاف الجوي	ورقة عمل (٦٣)
نشاط (٣٨) تجريف التربة	يتعرف مفهوم النسبة بين ثلاثة أعداد وكيفية التعبير عنها. يحل تطبيقات رياضياتية على النسبة بين ثلاثة أعداد. يعدد أسباب تجريف التربة الزراعية. يذكر الأضرار المختلفة المترتبة على تجريف التربة الزراعية. يناقش دور الدولة للحد من تجريف التربة الزراعية. الربط بين أنماط الاستهلاك البشري والمناخ. تحديد الفرص والمسؤوليات الشخصية من أجل تعزيز وحماية النظم البيئية.	النسبة- النسبة بين ثلاث كميات- العمليات الحسابية.	تجريف التربة- التصحر.	فيديو عن " كشط التربة السطحية" . ورقة عمل (٦٤)

و-تحديد استراتيجيات التعليم، والتعلم:

استُخدمت مجموعة من الاستراتيجيات التي تتناسب وطبيعة البرنامج، ونواتج التعلم المستهدفة منه في تنفيذ أنشطته؛ مثل: المناقشة الموجهة، والمجموعات التعاونية الصغيرة، والمحاضرة القصيرة، وحل المشكلات، والعصف الذهني.

ز- إعداد دليلى المدرب والمتدرب:

استلزم تنفيذ البرنامج، وتحقيق الهدف منه؛ توفير دليل المدرب[٤] ، وتضمن فضلاً عن مقدمته، فلسفة البرنامج، ومنطلقاته، ومرتكزاته، واعتبارات بنائه، والإطار العام للبرنامج، وخطته الزمنية، وأنشطته، وأوراق العمل، ومراجع إعداد البرنامج، كما استلزم تنفيذ البرنامج اعداد دليل للمتدربين[٥] (معلمى الرياضيات)، وتضمن فضلاً عن مقدمته، فلسفة البرنامج، ومنطلقاته، ومرتكزاته، واعتبارات بنائه، والإطار العام للبرنامج، وخطته الزمنية، ومصفوفة أنشطته، ومراجع إعداد البرنامج.

ح- تحديد أساليب التقويم:

ارتبط تنفيذ البرنامج باستخدام مجموعة من أساليب، وأدوات التقويم، تمثلت في:

- تقويم أولى: في بداية تدريس البرنامج المقترح بعد أول لقاء؛ لتعرف إمكانات معلمي الرياضيات، وقدراتهم، والمستوى المبدئي لمعارفهم.
- تقويم تكويني: من خلال تنفيذ أنشطة التقويم البنائية التي يتضمنها البرنامج.
- تقويم نهائي: في نهاية البرنامج؛ من خلال مقياس الجدارات المعرفية، ومقياس الجدارات المهارية، ومقياس الجدرات الوجدانية.

٣- إعداد مقياس الجدارات المعرفية:

هدف المقياس إلى تحديد مدى معرفة معلمى الرياضيات بطبيعة التغير المناخي، والمفاهيم المرتبطة به، وأسبابه المختلفة، والعواقب المترتبة عليه، وكيفية التصدي له، وشمل - في صورته الأولية – (٢٥) عبارة موزعة على أربعة أبعاد، حُددت؛ استنادًا إلى تحليل بعض الأطر النظرية، والدراسات السابقة، وتمثلت هذه الأبعاد فيما يأتي:

البعد الأول: طبيعة التغير المناخي: ويرتبط بالمعرفة حول كيفية عمل نظام مناخ الأرض، والمفاهيم المختلفة المرتبطة به.

البعد الثاني: أسباب التغير المناخي: ويرتبط بالمعرفة حول العوامل المختلفة التي تتسب في التغير المناخي، سواء كانت أسباب بشرية أم طبيعية.

---

[٤] ملحق (٤) دليل المدرب

[٥] ملحق (٥) دليل المعلم

البعد الثالث: العواقب المختلفة للتغير المناخي: ويرتبط بالمعرفة حول النتائج المترتبة على التغير المناخي.

البعد الرابع: استراتيجيات التكيف والتعديل من أجل التغير المناخي: ويرتبط بالمعرفة حول السلوكيات المختلفة التي يمكن القيام بها من أجل التصدي لعواقب التغير المناخي.

وقد مثلت بعض أسئلة المقياس أسئلة اختيار من متعدد، كما اشتمل المقياس على أسئلة لتحديد ما إذا كانت العبارة "صحيحة بالتأكيد"، "ربما صحيحة"، "ربما خطأ"، أو "خطأ بالتأكيد"، كما تضمن المقياس أسئلة لها البدائل التالية "كثيرًا" أو "بعضًا" أو "قليلًا" أو "لا على الإطلاق" أو "لا أعرف"، وقد حُددت طريقة التصحيح لهذه العبارات وهى استخدام التحليل الثنائى للعبارات: واحد في حال (إجابة صحيحة) أو صفر في حال (إجابة غير صحيحة) بما في ذلك البديل (لا أعرف).

كما عُرض المقياس - في صورته الأولية - على عدد من المحكمين[٦] الذين اقترحوا بعض التعديلات الممثلة في تعديل صوغ بعض عبارات المقياس؛ لتصير أكثر وضوحًا، وقد روعيت هذه الملحوظات، كما حُسب ثبات المقياس؛ بحساب معامل الثبات؛ عن طريق تطبيق معادلة "ألفا كرونباخ" Cronbach's Alpha(α)؛ وقد بلغ (.779)؛ ويدل ذلك على أن المقياس على درجة مقبولة من الثبات.

وفى ضوء ما تقدم من خطوات؛ صار المقياس - في صورته النهائية[٧]- صالحًا للتطبيق؛ حيث شمل (٢٢) مفردة، ويوضح جدول (٢) توزيع مفردات المقياس على أبعاده الأربعة.

[٦] **ملحق (٢): قائمة أسماء محكمي أدوات البحث، والخطابات الموجهة إليهم.**

[٧] **ملحق (٦) مقياس الجدارات المعرفية.**

جدول ٢

توزيع مفردات مقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخى في تعليم الرياضيات

م	أبعاد المقياس	أرقام المفردات	عدد المفردات	الوزن النسبي%
1	البعد الأول: طبيعة التغير المناخي	٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ١٧، ١٩	٨	36.4
2	البعد الثاني: أسباب التغير المناخي	١، ٢، ٩، ١٠، ١٨، ٢١	٦	27.3
3	البعد الثالث: العواقب المختلفة للتغير المناخي	١١، ١٢، ١٣، ١٤	٤	18.2
4	البعد الرابع: استراتيجيات التكيف والتعديل من أجل التغير المناخي	١٥، ١٦، ٢٠، ٢٢	٤	18.2
	المجموع		٢٢	١٠٠%

٤- اعداد مقياس الجدارات المهارية:

تمثل الهدف من مقياس الجدارات المهارية في تحديد مستوى معلمي الرياضيات أفراد عينة البحث في رياضيات المناخ، وكذا مستواهم في استخدام المفاهيم والمهارات الرياضياتية فى تصميم سيناريوهات/ مواقف/ أنشطة تعليمية تدمج قضايا التغير المناخي في تعليم موضوعات الرياضيات المختلفة بالمرحلة الابتدائية، وقد وُزِّعَت مفردات المقياس على قضايا التغير المناخى السبع التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها، وهى القضايا التي يُعنى بها البرنامج المقترح؛ حيث تضمن المقياس (٧) مواقف تتمحور حول هذه القضايا السبع، ويرتبط بكل موقف ٣ أسئلة ، إثنين منهم يستهدفا قياس مهارة أفراد عينة البحث في رياضيات التغير المناخي، أما السؤال الثالث فيتطلب تصميم سيناريو تدريسي/ موقف/ نشاط يتضح من خلاله قدرة أفراد العينة على دمج قضية التغير المناخي، ذات الصلة بالموقف، في تعليم موضوعات الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

وقد تم اقتراح نظاماً لتقدير الدرجات في هذا المقياس؛ بحيث تعطى ٥ درجات لكل سؤال من أسئلة رياضيات التغير المناخي المصاحبة للموقف، في حال الإجابة الصواب، و(صفر) في حال الإجابة الخطأ، وفيما يرتبط بتخطيط السيناريو التدريسي/ الموقف/ النشاط وتنفيذه فقد اقترحت الباحثة مقياس تقدير متدرج لتقييم جدارات دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها، ويتضمن المقياس المتدرج جدارات التصميم، والتنفيذ التي يتم تقييمها من خلال مواقف التدريس المصغر.

وقد عُرض مقياس الجدارات المهارية ومقياس التقدير المتدرج المصاحب له - في صورته الأولية - على مجموعة من المحكمين[٨] في مجال تعليم الرياضيات، وقد أبدوا بعض الملاحظات بشأن صوغ مواقف المقياس، ومقياس التقدير المتدرج، وقد روعيت هذه الملحوظات، كما طُبِّق استطلاعيًّا - في صورته الأولية– على (20) من معلمي الرياضيات؛ لحساب ثباته باستخدام معامل "ألفا كرونباخ"، وقد جاءت قيمة α مساوية (720.)، ويعد ذلك مؤشرًا على أن المقياس على درجة مقبولة من الثبات، ومن ثم صار مقياس الجدارات المهارية[٩]، والمقياس المتدرج[١٠] المصاحب له- صالحًا للتطبيق؛ حيث شمل (٢١) مفردة، ويوضح جدول (٣) توزيع مفردات مقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات.

جدول (٣)

توزيع مفردات مقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخى في تعليم الرياضيات

أبعاد المقياس	قضايا التغير المناخى	الموضوعات الرياضياتية ذات الصلة	عدد أسئلة رياضيات التغير المناخي	عدد الأسئلة المرتبطة بتخطيط السيناريو التدريسي/ الموقف/ النشاط وتنفيذه
الأول	القضية الأولى: غازات الاحتباس الحراري	النسبة- النسبة المئوية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- العمليات الحسابية-الأعداد الكبيرة	٢	واحد
الثاني	القضية الثانية: إزالة الغابات	المعدل- النسبة- النسبة المئوية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس-العمليات الحسابية- الأعداد الكبيرة	٢	واحد
الثالث	القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط	المعدل- النسبة المئوية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- العمليات الحسابية	٢	واحد
الرابع	القضية الرابعة: الإشعاع الشمسي والنشاط البركاني والتيارات المحيطية	المعدل- النسبة المئوية- وحدات القياس- تحويل وحدات القياس- العمليات الحسابية	٢	واحد
الخامس	القضية الخامسة: استخدام وسائل النقل	التناسب- العمليات الحسابية- وحدات القياس	٢	واحد
السادس	القضية السادسة: عمليات التصنيع	النسبة المئوية- العمليات الحسابية - وحدات القياس.	٢	واحد
السابع	القضية السابعة: الممارسات الزراعية	النسبة - العمليات الحسابية- القياس-وحدات القياس	٢	واحد
الإجمالي			١٤	٧

[٨] ملحق (٢): قائمة أسماء محكمي أدوات البحث، والخطابات الموجهة إليهم.
[٩] ملحق (٧): مقياس الجدارات المهارية.
[١٠] ملحق (٨) : مقياس التقدير المتدرج لتقييم الجدارات المهارية.

٥- إعداد مقياس الجدارات الوجدانية:

هدف المقياس إلى تعرف الاتجاهات نحو دمج قضايا التغير المناخى في تعليم الرياضيات لدى معلمى الرياضيات بالمرحة الابتدائية عينة البحث، وشمل - في صورته الأولية – (٦٦) عبارة موزعة على أربعة أبعاد، حُددت؛ استنادًا إلى تحليل بعض الأطر النظرية، والدراسات السابقة، وتمثلت هذه الأبعاد فيما يأتي:

البعد الأول: أهمية تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات: ويرتبط برؤى معلمي الرياضيات حول أهمية دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات.

البعد الثاني: ممارسات تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات: ويرتبط برؤى معلمي الرياضيات فيما يرتبط بالإجراءات التي يمكن القيام بها من أجل دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات؛ مثل: الأنشطة، والمشروعات، والأدوات التعليمية، والتطبيقات العملية.

البعد الثالث: الصعوبات والتحديات في تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات: ويرتبط برؤى معلمي الرياضيات حول الصعوبات، والتحديات التي يمكن أن يواجههوها أثناء تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات.

البعد الرابع: الدعم والتطوير اللازم لتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات: ويرتبط برؤى معلمي الرياضيات حول التوصيات، والإجراءات المستقبلية؛ لتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات؛ مثل: تطوير المناهج،، والمواد التعليمية وتنظيم دورات التنمية المهنية للمعلمين، وتقديم الدعم اللازم لهم.

وقد أُعد هذا المقياس؛ باستخدام طريقة " ليكرت" *Likert*، وحُدد عدد البدائل على متصل الشدة بالصورة الخماسية (٥= موافق جداً)، أو (٤= موافق)، أو (٣= محايد)، أو (٢= غير موافق)، أو (١= غير موافق بشدة)، وذلك بالنسبة لجميع أبعاد المقياس، فيما عدا البعد الثاني فقد حددت البدائل على متصل الشدة بالصورة الثلاثية (٣= مهمة جدًا)، أو (٢= مهمة)، (١= غير مهمة)، كما عُرض - في صورته الأولية - على عدد من المحكمين[١١] الذين اقترحوا بعض التعديلات الممثلة في تعديل صوغ بعض عبارات المقياس؛ لتصير أكثر وضوحًا، وقد روعيت هذه الملحوظات.

[١١] **ملحق (٢): قائمة أسماء محكمي أدوات البحث، والخطابات الموجهة إليهم.**

وحُسب ثبات المقياس؛ بحساب معامل الثبات؛ عن طريق تطبيق معادلة "ألفا كرونباخ" Cronbach's Alpha(α)؛ وقد بلغ (.899)؛ ويدل ذلك على أن المقياس على درجة عالية من الثبات.

وفى ضوء ما تقدم من خطوات؛ صار المقياس - في صورته النهائية[١٢]- صالحًا للتطبيق؛ حيث شمل (٦٦) مفردة، ويوضح جدول (٤) توزيع مفردات المقياس على أبعاده الأربعة.

جدول (٤)

توزيع مفردات مقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخى في تعليم الرياضيات

م	أبعاد المقياس	عدد المفردات	الوزن النسبي%
١	أهمية تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	١٤	21.2
٢	ممارسات تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	٢٢	33.3
٣	الصعوبات والتحديات في تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	١٧	25.8
٤	الدعم والتطوير اللازم لتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	١٣	19.7
	المجموع	٦٦	%١٠٠

ثانيًا: إجراءات التطبيق الميداني:

بعد تصميم البرنامج المقترح، وإعداد أدوات البحث في صورتها النهائية؛ بدأ تنفيذ تجربة البحث؛ وشمل ذلك: تحديد الهدف منها، واختيار العينة، والتطبيق القبلي لأدوات البحث، وتطبيق البرنامج المقترح، والتطبيق البعدي لأدوات البحث. وفيما يأتي وصف كل إجراء من تلك الإجراءات:

١- تحديد الهدف من تجربة البحث: استهدفت التجربة الحصول على بيانات؛ لتعرف أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات لدى أفراد عينة البحث.

٢- اختيار عينة البحث:

اختيرت عينة البحث من معلمى الرياضيات، الذين يدرسون بالدبلوم العام المسار الثانى(معلم المجال) بكلية التربية جامعة الإسكندرية، في فصل الخريف من العام الدراسي ٢٠٢٣ – ٢٠٢٤م، وذلك بعد الحصول على الموافقة الخاصة بتطبيق تجربة

[١٢] ملحق (٩) مقياس الجدارات الوجدانية.

البحث، وكذا الحصول على الموافقة الأخلاقية[١٣]، واعتمد البحث على مجموعتين: تجريبية، وضابطة، حيث تكونت كل من المجموعة التجريبية والضابطة من (29) معلمًا.

٣- التطبيق القبلي لأدوات البحث:

طُبقت أدوات البحث على مجموعتي البحث: التجريبية، والضابطة قبل إجراء التجربة؛ يوم ٨ / ١٠/ ٢٠٢٣ م ، وتم التحقق من تكافؤ مجموعتي البحث في متغيرات البحث التابعة: الجدارات المعرفية، والجدارات المهارية، والجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات، وفيما يلى عرض للنتائج التي تم الحصول عليها في هذا الصدد:

أ- بالنسبة لمتغير الجدارات المعرفية:

تم التحقق من تكافؤ المجموعتين التجريبية والضابطة في مقياس الجدارات المعرفية باستخدام اختبار f للتجانس Levene's Test، واختبار t لحساب دلالة الفروق بين المتوسطات المستقلة في التطبيق القبلي لمقياس الجدارات المعرفية، ويوضح جدول (٥) النتائج التي تم الحصول عليها في هذا الصدد.

جدول ٥

قيمتي f، و t ودلالتهما للفرق بين المتوسطين القبليين لمقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بعد من أبعاده، لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة (n=29)

مقياس الجدارات المعرفية	المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة f لاختبار التجانس Levene's Test	الدلالة	قيمة t	قيمة الدلالة p
البُعد الأول: طبيعة التغير المناخي	الضابطة.	٨.٤١٣٨	٣.٦٢٠٥٥	٥٦	.000	١.٠٠٠	١.٠٥٢	.297
	التجريبية.	١١.٤١٣٨	٣.٦٢٠٥٥					
البُعد الثاني: أسباب التغير المناخي	الضابطة.	٩.٢٧٥٩	٤.١٣٠٨٦		.000	١.٠٠٠	.922	.361
	التجريبية.	١٠.٢٧٥٩	٤.١٣٠٨٦					
البُعد الثالث: العواقب المختلفة للتغير المناخي	الضابطة.	٧.٢٤١٤	٣.١٥٨٣٨		.000	١.٠٠٠	١.٢٠٦	.233
	التجريبية.	١٠.٢٤١٤	٣.١٥٨٣٨					
البُعد الرابع: استراتيجيات التكيف والتعديل من أجل التغير المناخي	الضابطة.	٨.١٠٣٤	٣.٨٢٩٨٢		.000	١.٠٠٠	.994	.324
	التجريبية.	٩.١٠٣٤	٣.٨٢٩٨٢					
المقياس ككل	الضابطة.	٣٣.٠٣٤٥	١٠.٠٣٣٨١		.000	١.٠٠٠	١.٥١٨	.135
	الضابطة.	29.06	5.163					

[١٣] ملحق (١٠) الموافقات الخاصة بتنفيذ تجربة البحث

يتضح من جدول (٥) عدم وجود فروق ذات دلالة بين متوسطات درجات أفراد المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق القبلي لمقياس الجدارات المعرفية، مما يعنى تكافؤ أفراد المجموعتين.

ب- بالنسبة لمتغير الجدارات المهارية:

تم التحقق من تكافؤ المجموعتين التجريبية، والضابطة في مقياس الجدارات المهارية؛ باستخدام اختبار f للتجانس Levene's Test، واختبار t لحساب دلالة الفروق بين المتوسطات المستقلة في التطبيق القبلى لمقياس الجدارات المهارية، ويوضح جدول (٦) النتائج التي تم الحصول عليها في هذا الصدد.

جدول ٦

قيمتي f، و t ودلالتهما للفرق بين المتوسطين القبليين لمقياس الجدارات المهارية ككل ولكل بعد من أبعاده، لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة (n=29):

مقياس الجدارات المهارية	المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة f لاختبار التجانس Levene's Test	الدلالة	قيمة t	قيمة الدلالة p
البُعد الأول: القضية الأولى: غازات الاحتباس الحراري	الضابطة.	١٠.٣٩٢٩	٢.٩٢٢٩٥	56	٠.00	١.٠٠٠	١.٢٨٠	.206
	التجريبية.	١١.٣٩٢٩	٢.٩٢٢٩٥					
البُعد الثاني: القضية الثانية: إزالة الغابات	الضابطة.	١٠.٥٣٥٧	٣.٢٢٥٨٥		٠.00	١.٠٠٠	١.١٦٠	.251
	التجريبية.	١١.٥٣٥٧	٣.٢٢٥٨٥					
البُعد الثالث: القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط	الضابطة.	١١.٢٥٠٠	٢.٧٣٠١٥		٠.00	١.٠٠٠	١.٣٧٠	.176
	التجريبية.	١٢.٢٥٠٠	٢.٧٣٠١٥					
البُعد الرابع: القضية الرابعة: الإشعاع الشمسي والنشاط البركاني والتيارات المحيطية	الضابطة.	١١.٠٧١٤	٣.٢٣٠٩٧		٠.00	١.٠٠٠	١.١٥٨	.252
	التجريبية.	١٢.٠٧١٤	٣.٢٣٠٩٧					
البُعد الخامس. القضية الخامسة: استخدام وسائل النقل	الضابطة.	١٠.٦٠٧١	٣.١٣٠٩٦		٠.00	١.٠٠٠	١.١٩٥	.237
	التجريبية.	١١.٦٠٧١	٣.١٣٠٩٦					
البُعد السادس القضية السادسة: عمليات التصنيع	الضابطة.	١٣.٤٦٤٣	٢.٢٥٢٢٨		١.٣١١	**.257**	١.٢٩٨	.200
	التجريبية.	١٤.١٧٨٦	١.٨٤٦٩٩					
البُعد السابع القضية السابعة: الممارسات الزراعية	الضابطة.	١٢.٣٥٧١	٢.٣٦٠٣٩		٠.00	١.٠٠٠	١.٥٨٥	.119
	التجريبية.	١٣.٣٥٧١	٢.٣٦٠٣٩					
المقياس ككل	الضابطة.	٨٤.٦٧٨٦	٦.٣٣٠٧٢		.196	.660	١.٠٥١	.298
	التجريبية.	٨٦.٣٩٢٩	٥.٨٦٤٧٧					

يتضح من جدول (٦) عدم وجود فروق ذات دلالة بين متوسطات درجات أفراد المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق القبلي لمقياس الجدارات المهارية، مما يعنى تكافؤ أفراد المجموعتين.

ج- بالنسبة لمتغير الجدارات الوجدانية:

تم التحقق من تكافؤ المجموعتين التجريبية، والضابطة في مقياس الجدارات الوجدانية؛ باستخدام اختبار f للتجانس Levene's Test، واختبار t لحساب دلالة الفروق بين المتوسطات المستقلة في التطبيق القبلى لمقياس الجدارات الوجدانية، ويوضح جدول (٧) النتائج التي تم الحصول عليها في هذا الصدد.

جدول ٧

قيمتي f، و t ودلالتهما للفرق بين المتوسطين القبليين لمقياس الجدارات الوجدانية ككل ولكل بعد من أبعاده، لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة (n=29):

مقياس الجدارات الوجدانية	المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة f لاختبار التجانس Levene's Test	الدلالة	قيمة t	قيمة الدلالة p
البُعد الأول. أهمية تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٥٦.٩٠٣٢	٦.٦٠٤٨٢	٥٦	.000	١.٠٠٠	١.٧٨٨	0.79
	التجريبية.	٥٩.٩٠٣٢	٦.٦٠٤٨٢					
البُعد الثاني. ممارسات تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٧٧.٠٠٠٠	٩.٧٦٧٢٩					
	التجريبية.	٨٠.٠٠٠٠	٩.٧٦٧٢٩				١.٢٠٩	.231
البُعد الثالث. الصعوبات والتحديات في تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٣٨.٧٠٩٧	١١.٣٥٨٣٨					
	التجريبية.	٤١.٧٠٩٧	١١.٣٥٨٣٨				١.٠٤٠	.303
البُعد الرابع. الدعم والتطوير اللازم لتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٥٦.٢٢٥٨	٥.٥٣٦٠٠					
	التجريبية.	٥٩.٢٢٥٨	٥.٥٣٦٠٠				٢.١٣٣	.037
المقياس ككل	الضابطة.	٢٢٨.٨٣٨٧	٢١.٦٣٦٥٤					
	التجريبية.	٢٤٠.٨٣٨٧	٢١.٦٣٦٥٤				٢.١٨٤	.033

يتضح من جدول (٧) عدم وجود فروق ذات دلالة بين متوسطات درجات أفراد المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق القبلي لمقياس الجدارات الوجدانية، مما يعنى تكافؤ أفراد المجموعتين.

٤- تنفيذ البرنامج المقترح:

بعد الانتهاء من التطبيق القبلي لأدوات البحث؛ طُبق البرنامج المقترح في الفترة من ١٥ / ١٠ / ٢٠٢٣، إلى ٣ /١٢ / ٢٠٢٣ م؛ وفقًا لمجموعة من الإجراءات، ويوضح الجدول (٨) الخطة الزمنية لتنفيذ أنشطة البرنامج.

جدول ٨

الخطة الزمنية لتنفيذ البرنامج المقترح.

الأسبوع	أجزاء البرنامج	الموضوع	عدد الأنشطة
قبل البداية ٢٠٢٣/١٠/٨	التعريف بالبرنامج والتطبيق القبلي لأدوات البحث		
الأول ٢٠٢٣/١٠/١٥	الجزء الأول	أنشطة الجزء الأول من البرنامج.	٦
الثاني ٢٠٢٣/١٠/٢٢	الجزء الثاني	أنشطة القضية الأولى: غازات الاحتباس الحرارى	٧
الثالث ٢٠٢٣/١٠/٢٩	الجزء الثاني	أنشطة القضية الثانية: إزالة الغابات	٣
الرابع ٢٠٢٣/١١/٥	الجزء الثاني	أنشطة القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط	١٦
الخامس ٢٠٢٣/١١/١٢	الجزء الثاني	تابع أنشطة القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط	
السادس ٢٠٢٣/١١/١٩	الجزء الثاني	أنشطة القضية الرابعة: الإشعاع الشمسي، والنشاط البركاني، والتيارات المحيطية	٤
السابع ٢٠٢٣/١١/٢٦	الجزء الثاني	أنشطة القضية الخامسة: استخدام وسائل النقل	٢
		أنشطة القضية السادسة: عمليات التصنيع	٣
الثامن ٢٠٢٣/١٢/٣	الجزء الثاني	أنشطة القضية السابعة: الممارسات الزراعية	٣
التاسع ٢٠٢٣/١٢/١٠	إنهاء البرنامج والتطبيق البعدى لأدوات البحث		
الفترة الزمنية للبرنامج مقدرة بالأسابيع : ٨ أسابيع فضلاً عن الأسبوع الافتتاحي، والختامي، و إجمالي عدد الأنشطة (٣٨) نشاطاً			

٥- التطبيق البعدي لأدوات البحث:

بعد الانتهاء من تنفيذ البرنامج المقترح؛ طُبقت أدوات البحث؛ على مجموعتي البحث: التجريبية، والضابطة في يوم ٢٠٢٣/١٢/١٠ م؛ للحصول على بيانات، تتعلق بالمتغيرات التابعة للبحث، وبعد رصد البيانات؛ بُوبت؛ تمهيدًا لإجراء المعالجات الإحصائية المناسبة؛ ومن ثم التحقق من صحة فروض البحث، والإجابة عن أسئلته.

عرض نتائج البحث، ومناقشتها:

فيما يأتي عرض لنتائج البحث؛ مرتبطًا بالفروض المتعلقة بها، ومتبوعًا بمحاولة لتفسيرها:

أولاً: الإجابة عن السؤال الأول من أسئلة البحث:

ما قضايا التغير المناخى التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات وتعلمها؟

تمثلت الإجابة عن هذا السؤال في إعداد قائمة قضايا التغير المناخى التي يمكن دمجها في تعليم الرياضيات، وقد شغلت الملحق (٣) من ملاحق البحث.

ثانيًا: الإجابة عن السؤالين الثانى والثالث من أسئلة البحث:

- **ما أسس بناء المقترح لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟**
- **ما البرنامج المقترح لتنمية الجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟**

تمثلت الإجابة عن هذين السؤالين في تحديد أسس بناء البرنامج المقترح، وكذا إعداد محتواه، وقد شغل هذا البرنامج الملحق (٤) ، والملحق (٥) من ملاحق البحث؛ وهما يمثلا دليل المدرب في تنفيذ البرنامج، وكذا دليل المعلم في دراسة وتنفيذ أنشطة البرنامج.

ثالثًا: الإجابة عن السؤال الرابع من أسئلة البحث:

ما أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟

ترتبط الإجابة عن هذا السؤال بالتحقق من مدى صحة فرضى البحث الأول، والثاني، وفيما يأتي عرض النتائج التي أسفر عنها استخدام الأساليب الإحصائية المشار إليها لاختبار هذين الفرضين.

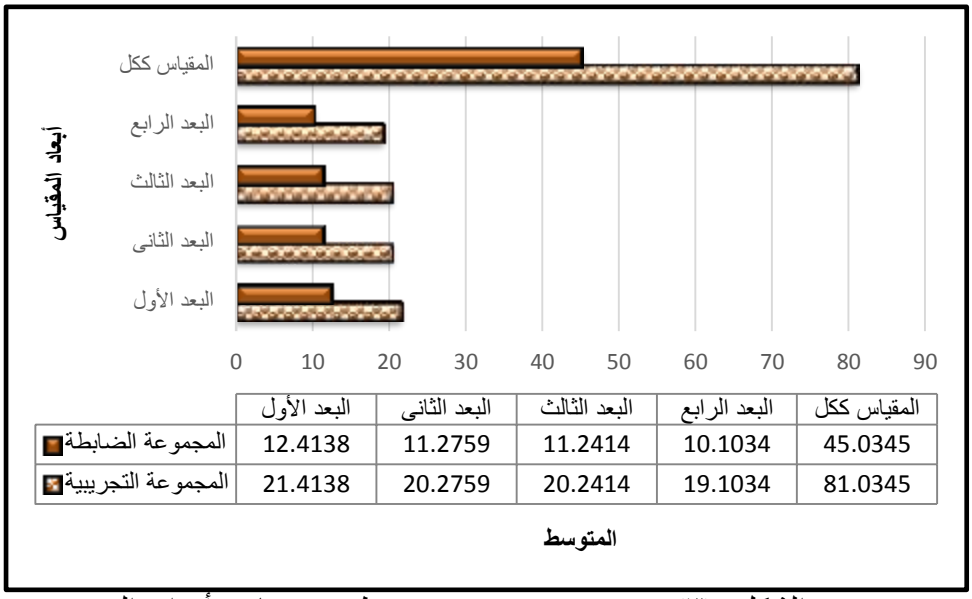
١- اختبار صحة الفرض الأول للبحث:

لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى $\alpha < 0.05$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

للتحقق من مدى صحة هذا الفرض؛ حُسب متوسطا درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة، في التطبيق البعدي **لمقياس الجدارات المعرفية** ككل ولكل بعد من أبعاده، ويوضح الشكل (٣) التمثيل البياني للمتوسطين:

شكل ٣

التمثيل البياني للمتوسطين البعديين لمقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بعد من أبعاده لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة.



	البعد الأول	البعد الثانى	البعد الثالث	البعد الرابع	المقياس ككل
المجموعة الضابطة	12.4138	11.2759	11.2414	10.1034	45.0345
المجموعة التجريبية	21.4138	20.2759	20.2414	19.1034	81.0345

ويتضح من الشكل (٣) وجود فرق بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بعد من أبعاده؛ لصالح المجموعة التجريبية، ولتحديد دلالة هذا الفرق؛ حُسبت قيمة *t* للمتوسطات المستقلة، ويوضح الجدول (٩) قيمة *t*، ودلالتها للفرق بين هذين المتوسطين:

جدول ٩

قيمة t، ودلالتها للفرق بين المتوسطين البعديين لمقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بعد من أبعاده، لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة (n=29):

مقياس الجدارات المعرفية	المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة *t*	قيمة الدلالة p	حجم التأثير η^2
البُعد الأول: طبيعة التغير المناخي	الضابطة.	١٢.٤١٣٨	٣.٦٢٠٥٥	٥٦	٩.٤٦٦	0.00	.615
	التجريبية.	٢١.٤١٣٨	٣.٦٢٠٥٥				
البُعد الثاني: أسباب التغير المناخي	الضابطة.	١١.٢٧٥٩	٤.١٣٠٨٦		٨.٢٩٦	0.00	.551
	التجريبية.	٢٠.٢٧٥٩	٤.١٣٠٨٦				
البُعد الثالث:	الضابطة.	١١.٢٤١٤	٣.١٥٨٣٨		١٠.٨٥١	0.00	.678

العواقب المختلفة للتغير المناخي	التجريبية.	٢٠.٢٤١٤	٣.١٥٨٣٨		
البُعد الرابع: استراتيجيات التكيف والتعديل من أجل التغير المناخي	الضابطة.	١٠.١٠٣٤	٣.٨٢٩٨٢	٨.٩٤٨	0.00	8٨.5
	التجريبية.	١٩.١٠٣٤	٣.٨٢٩٨٢			
المقياس ككل	الضابطة.	٤٥.٠٣٤٥	١٠.٠٣٣٨١	١٣.٦٦٢	0.00	.769
	التجريبية.	٨١.٠٣٤٥	١٠.٠٣٣٨١			

ويتضح من الجدول (٩):

- وجود فرق دال إحصائيًّا بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة، في التطبيق البعدي لمفردات مقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بعد من أبعاده؛ لصالح المجموعة التجريبية؛ حيث إن قيمة t دالة عند مستوى $\alpha< 0.05$، ودرجة حرية (١٠٦)، وبلغت قيمة الدلالة $p< 0.001$ ، وهكذا يُرفض الفرض الصفري الأول للبحث، ويُقبل الفرض البديل" **يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية لصالح المجموعة التجريبية ".**
- قيمة مربع "إيتا" η^2 (حجم التأثير) تظهر أن التباين في مقياس الجدارات المعرفية بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة بالنسبة للمقياس ككل بلغ (.769)، وهو ما يدل على حجم تأثير كبير، يُعزى للبرنامج، كما أن التباين في المقياس بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة بالنسبة للبُعد الأول والثاني والثالث والرابع للمقياس بلغ (.615، .551، .678، .588) على الترتيب، وهو ما يدل على حجم تأثير كبير، يُعزى للبرنامج، وفقًا لما ذكره رجاء محمود أبو علام (٢٠٠٣م: ١٠٦- ١٠٧).

٢- اختبار صحة الفرض الثاني للبحث:

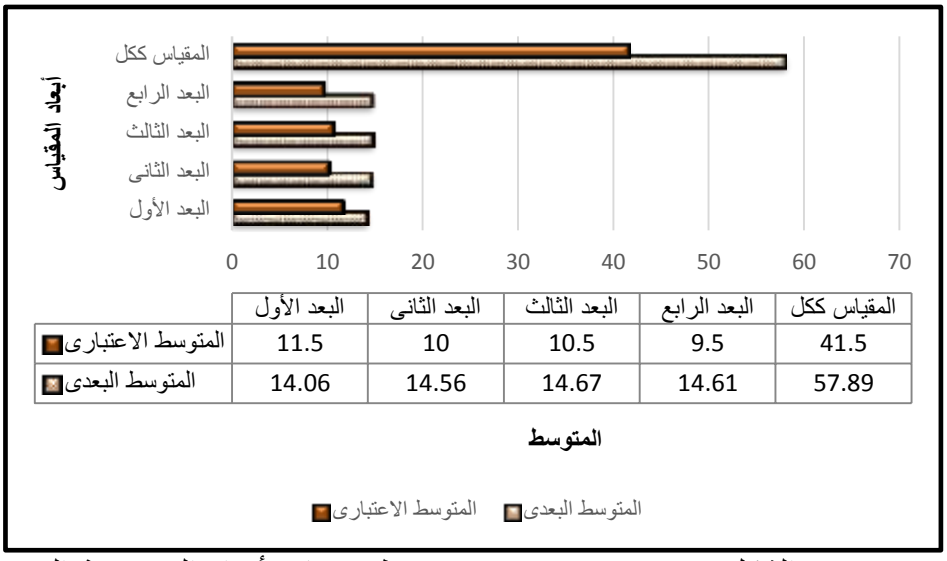
لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري[١٤] له.

١٤ أستخدم في الدراسة الحاضرة المتوسط الاعتباري لمقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بُعد من أبعاده بمقدار ٥٠% من درجات المقياس ككل و٥٠% من درجة كل بعد من أبعاد المقياس (الدرجة الكلية للمقياس = ٨٣ ، المتوسط الاعتباري للمقياس ككل = ٨٣× ٥٠% = 41.5 ، الدرجة الكلية للبعد الأول = ٢٣، المتوسط الاعتباري للبُعد الأول = ٢٣× ٥٠% = 11.5 ،

للتحقق من مدى صحة هذا الفرض؛ حُسب متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية، ككل ولكل بعد من أبعاده، وقورن هذا المتوسط بالمتوسط الاعتباري لهذا المقياس ككل (41.5 درجة)، ولكل بعد من أبعاده (11.5، 10، 10.5، 9.5) على الترتيب، ويوضح شكل رقم (2) التمثيل البياني للمتوسطين.

شكل ٤

التمثيل البياني للمتوسطين: البعدي، والاعتباري؛ لمقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بعد من أبعاده



	البعد الأول	البعد الثانى	البعد الثالث	البعد الرابع	المقياس ككل
المتوسط الاعتبارى	11.5	10	10.5	9.5	41.5
المتوسط البعدى	14.06	14.56	14.67	14.61	57.89

ويتضح من الشكل (٤) وجود فرق بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية (n= 29)، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية، ومتوسطه الاعتباري، بالنسبة للمقياس ككل ولكل بعد من أبعاده؛ لصالح التطبيق البعدي، ولتحديد دلالة هذا الفرق؛ حُسبت قيمة *t* للمجموعة الواحدة، ويوضح جدول (10) قيمة *t* ودلالتها للفرق بين هذين المتوسطين.

الدرجة الكلية للبعد الثاني = ٢٠، المتوسط الاعتباري للبُعد الثاني = ٢٠× ٥٠% = 10 ، الدرجة الكلية للبعد الثالث = ٢١، المتوسط الاعتباري للبُعد الثالث = ٢١× ٥٠% = 10.5 ، الدرجة الكلية للبعد الرابع = ١٩، المتوسط الاعتباري للبُعد الرابع = ١٩× ٥٠% = 9.5)

جدول ١٠

قيمة t، ودلالتها للفرق بين متوسط درجات المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية ككل ولكل بُعد من أبعاده، ومتوسطه الاعتباري (n=29):

مقياس الجدارات المعرفية	المتوسط		الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة t	قيمة الدلالة p
البُعد الأول: طبيعة التغير المناخي	الحسابي.	٢١.٤١٣٨	3.62055	٢٨	14.746	0.00
	الاعتباري.	11.5	-			
البُعد الثاني: أسباب التغير المناخي	الحسابي.	٢٠.٢٧٥٩	4.13086		13.396	0.00
	الاعتباري.	10	-			
البُعد الثالث: العواقب المختلفة للتغير المناخي	الحسابي.	٢٠.٢٤١٤	3.15838		16.609	0.00
	الاعتباري.	10.5	-			
البُعد الرابع: استراتيجيات التكيف والتعديل من أجل التغير المناخي	الحسابي.	١٩.١٠٣٤	3.82982		13.504	0.00
	الاعتباري.	9.5	-			
المقياس ككل	الحسابي.	٨١.٠٣٤٥	10.03381		21.218	0.00
	الاعتباري.	41.5	-			

ويتضح من الجدول (١٠) وجود فرق دال إحصائياً بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية، في التطبيق البعدي لمفردات مقياس الجدارات المعرفية ككل، ولكل بعد من أبعاده، والمتوسط الاعتباري لهذا المقياس ككل ولكل بعد من أبعاده، وذلك لصالح التطبيق البعدي؛ حيث إن قيمة t دالة عند مستوى $\alpha< 0.05$ ، ودرجة حرية ٢٨، وبلغت قيمة الدلالة $p< 0.001$ ؛ وهكذا يرفض الفرض الصفري الثاني للبحث، ويقبل الفرض البديل " **يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري له لصالح التطبيق البعدى**".

وترتيبًا على مجمل النتائج السابقة المتعلقة بالإجابة عن السؤال الرابع للبحث؛ يمكن القول بفاعلية البرنامج المقترح في تنمية لمقياس الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية أفراد عينة البحث التجريبية؛ نتيجة دراستهم البرنامج المقترح؛ حيث

روعيت مجموعة من العوامل فى تصميم محتواه وأنشطته، وكذا عملية تنفيذه- وبخاصة الجزء الأول منه- تتمثل في:

- العناية بطرح مفهوم التغير المناخي، والمفاهيم ذات الصلة به، ومن بين هذه المفاهيم : التغير المناخي، البصمة الكربونية، الغازات الدفيئة، الاحتباس الحراري، التنوع البيولوجي، تخفيف تداعيات تغير المناخ، التكيف مع تغير المناخ، وذلك في إطار تنمية الوعي بالقضايا المتختلفة المرتبطة به، ومن هذه القضايا : غازات الاحتباس الحراري، وإزالة الغابات، و الاستهلاك المفرط، و الإشعاع الشمسي والنشاط البركاني والتيارات المحيطية، واستخدام وسائل النقل، وعمليات التصنيع، والممارسات الزراعية.
- توجيه الاهتمام إلى رصد أسباب التغير المناخي المختفة، بما يمكن أفراد عينة البحث من الوعي بهذه الأسباب ومن ثم تحديد كيفية مواجهتها، والعمل على تقليلها قدر الإمكان، ومن هذه الأسباب: توليد الطاقة، وتصنيع البضائع، و قطع الغابات، واستخدام وسائل النقل، وإنتاج الغذاء، وتزويد المباني بالطاقة، والاستهلاك المفرط
- عرض الآثار المترتبة على قضايا التغير المناخي على مستوى الفرد وعلى مستوى العالم، الأمر الذى يسهم في تعرف أهمية التصدي لهذه القضايا، ومخاطر إهمالها، وعدم التصدي لها من كوارث طبيعية وبشرية، ومن هذه الآثار: ارتفاع درجات الحرارة، والعواصف الشديدة، وزيادة الجفاف، وارتفاع درجة حرارة المحيطات، وفقدان الأنواع، ونقص الغذاء، والمزيد من المخاطر الصحية، والفقر والنزوح.
- طرح مواقف مختلفة تسهم في استنتاج سبل التصدي لمواجهة عواقب التغير المناخي، ومن بين هذه السبل: التوسع في المدن الخضراء، واستخدام الوقود النظيف مثل الهيدروجين الأخضر، وتفعيل فكرة سوق الكربون، والاستدامة البيئية، والاقتصادية ، والاجتماعية، وخفض انبعاثات الكربون.
- إبراز دور التعليم المهم في مواجهة قضايا التغير المناخي بشكل عام، وكذا توضيح دور الرياضيات في دراسة هذه القضايا، والوعي بها وبأبعادها المختلفة، حيث تسهم الرياضيات بثلاث طرق لفهم تغير المناخ، وهي: وصف تغير المناخ، والتنبؤ بتغير المناخ، والتواصل بشأن تغير المناخ، ومن بين الأمثلة التي عُنى بطرحها في سياق البرنامج وتوضح استخدامات الرياضيات في الوعي بقضايا التغير المناخي: **الرسوم البيانية وتحليل البيانات** التي نحتاج إليها لتحليل عديد من الظواهر والمناخية ومن ثم تفسيرها مثل درجات الحرارة و مستويات سطح

البحر وانبعاثات الكربون، وكذا **القياس والتقدير**؛ حيث يمكن قياس، وتقدير الأنشطة المختلفة التي يمكن أن تتسبب في التغير المناخي؛ مثل: البصمة الكربونية، واستهلاك الطاقة، فضلاً عن **الهندسة والتفكير المكاني**: حيث يمكن استخدام الخرائط والرسوم البيانية؛ لفهم تأثير تغير المناخ على النظم البيئية المختلفة، وكذا **الاحتمالات والإحصاءات** التي يمكن استخدامها لفهم احتمالية وتأثير ظواهر التغير المناخي المختلفة وعواقبها المحتملة؛ مثل: الأعاصير والفيضانات، والجفاف.

ومن ثم يمكن القول بأن العناية في تصميم محتوى البرنامج وتنفيذ أنشطته- وبخاصة الجزء الأول منه- بهذه العوامل السابق الإشارة إليها قد أسهم في تنمية الجدارات المعرفية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخى في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى أفراد عينة البحث التجريبية، ويعزز تلك النتائج ما توصلت إليه دراسة محمد سعيد الدمنهورى (٢٠١٧)، و دراسة علاء الدين إبراهيم أحمد عبد العزيز (٢٠٢٠)، ودراسة Favier et al.(2021)، ودراسة Scharenberg et al.(2021) ، ودراسة Fuertes-Prieto et al.(2022).

رابعًا: الإجابة عن السؤال الخامس من أسئلة البحث:

ما أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟

ترتبط الإجابة عن هذا السؤال بالتحقق من مدى صحة فرضى البحث الثالث، والرابع، وفيما يأتي عرض النتائج التي أسفر عنها استخدام الأساليب الإحصائية المشار إليها لاختبار هذين الفرضين.

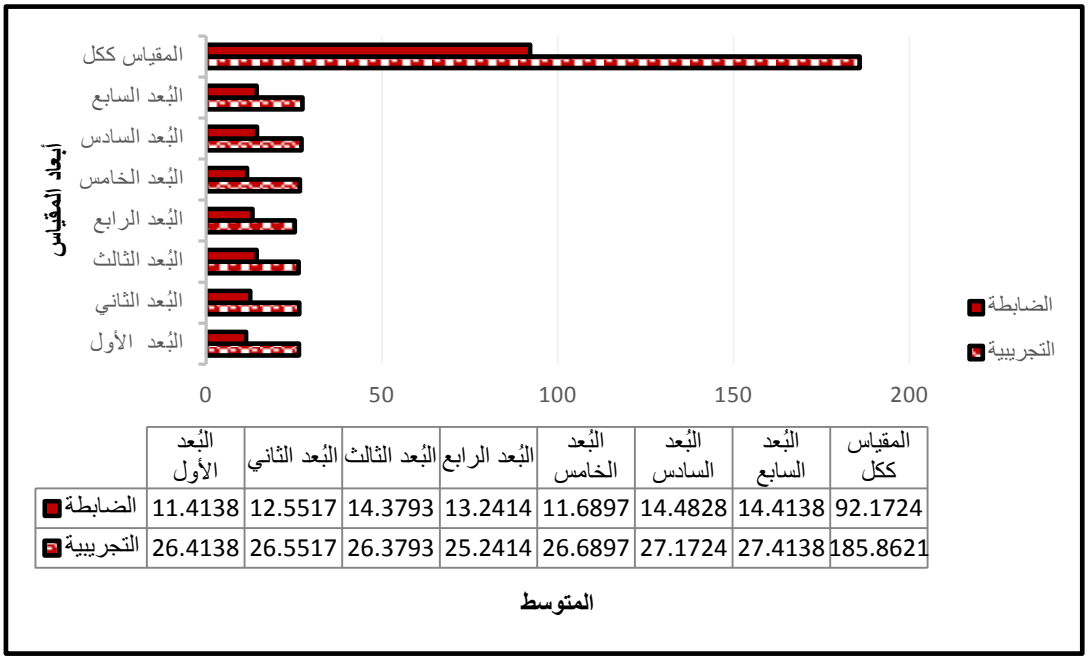
١- اختبار صحة الفرض الثالث للبحث:

لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

للتحقق من مدى صحة هذا الفرض؛ حُسب متوسطا درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية ككل ولكل بعد من أبعاده. ويوضح الشكل (٥) التمثيل البياني للمتوسطين:

شكل ٥

التمثيل البياني للمتوسطين البعديين لمقياس الجدارات المهارية ككل ولكل بعد من أبعاده لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة.



	البُعد الأول	البُعد الثاني	البُعد الثالث	البُعد الرابع	البُعد الخامس	البُعد السادس	البُعد السابع	المقياس ككل
الضابطة	11.4138	12.5517	14.3793	13.2414	11.6897	14.4828	14.4138	92.1724
التجريبية	26.4138	26.5517	26.3793	25.2414	26.6897	27.1724	27.4138	185.8621

المتوسط

ويتضح من الشكل (٥) وجود فرق بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية ككل ولكل بعد من أبعاده، ولتحديد دلالة هذا الفرق؛ حُسبت قيمة t للمتوسطات المستقلة، ويوضح الجدول (11) قيمة t، ودلالتها للفرق بين هذين المتوسطين.

جدول ١١

قيمة t، ودلالتها للفرق بين المتوسطين البعديين لمقياس الجدارات المهارية ككل ولكل بعد من أبعاده لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة (n=29).

مقياس الجدارات المهارية	المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة t	الدلالة	حجم التأثير η^2
البُعد الأول: القضية الأولى: غازات الاحتباس الحراري	الضابطة.	١١.٤١٣٨	٢.٨٧٢٥٠	٥٦	١٩.٨٨٥	.000	.876
	التجريبية.	٢٦.٤١٣٨	٢.٨٧٢٥٠				
البُعد الثاني: القضية الثانية: إزالة الغابات	الضابطة.	١٢.٥٥١٧	٣.١٦٨٨٩		١٦.٨٢٣	.000	.835
	التجريبية.	٢٦.٥٥١٧	٣.١٦٨٨٩				
البُعد الثالث: القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط	الضابطة.	١٤.٣٧٩٣	٢.٧٦٩٩١		١٦.٤٩٧	.000	.829
	التجريبية.	٢٦.٣٧٩٣	٢.٧٦٩٩١				
البُعد الرابع: القضية الرابعة: الإشعاع الشمسي والنشاط البركاني والتيارات المحيطية	الضابطة.	١٣.٢٤١٤	٣.٣٠٢١١		١٣.٨٣٨	.000	.774
	التجريبية.	٢٥.٢٤١٤	٣.٣٠٢١١				
البُعد الخامس. القضية الخامسة: استخدام وسائل النقل	الضابطة.	١١.٦٨٩٧	٣.١٠٦٤٨		١٨.٣٨٧	.000	.858
	التجريبية.	٢٦.٦٨٩٧	٣.١٠٦٤٨				
البُعد السادس القضية السادسة: عمليات التصنيع	الضابطة.	١٤.٤٨٢٨	٢.٢١٣٩٣		٢٣.٨٧٥	.000	.911
	التجريبية.	٢٧.١٧٢٤	١.٨١٤٠١				
البُعد السابع القضية السابعة: الممارسات الزراعية	الضابطة.	١٤.٤١٣٨	٢.٣٣٧٨٤		٢١.١٧٤	.000	.889
	التجريبية.	٢٧.٤١٣٨	٢.٣٣٧٨٤				
المقياس ككل	الضابطة.	٩٢.١٧٢٤	٦.٧٦١٦٠		٥٤.٦٣٧	.000	.982
	التجريبية.	١٨٥.٨٦٢١	٦.٢٨٩٠٢				

ويتضح من الجدول (11):

- وجود فرق دال إحصائيًّا بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية ككل، ولكل بُعد من أبعاده، لصالح المجموعة التجريبية؛ حيث إن قيمة t دالة عند مستوى 0.05 >α، ودرجة حرية ٥٦، وبلغت قيمة الدلالة 0.001 > p ؛ وهكذا يُرفض الفرض الصفري الثالث للبحث، ويقبل الفرض البديل " **يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى 0.05 >α بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا**

التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية لصالح المجموعة التجريبية".

- قيمة مربع "إيتا" η^2 (حجم التأثير) تظهر أن التباين في مقياس الجدارات المهارية بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة بالنسبة للمقياس ككل بلغ (.982)؛ وهو ما يدل على حجم تأثير كبير، يُعزى للبرنامج، كما أن التباين في المقياس بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة بالنسبة للبُعد الأول، والثاني والثالث والرابع، والخامس، والسادس، والسابع للمقياس بلغ (.976)، (.835)، (.829)، (.774)، (.858)، (.911)، (.889) على الترتيب؛ وهو ما يدل على حجم تأثير كبير، يُعزى للبرنامج.

٢- اختبار صحة الفرض الرابع للبحث:

لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha < 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري[١٥] له.

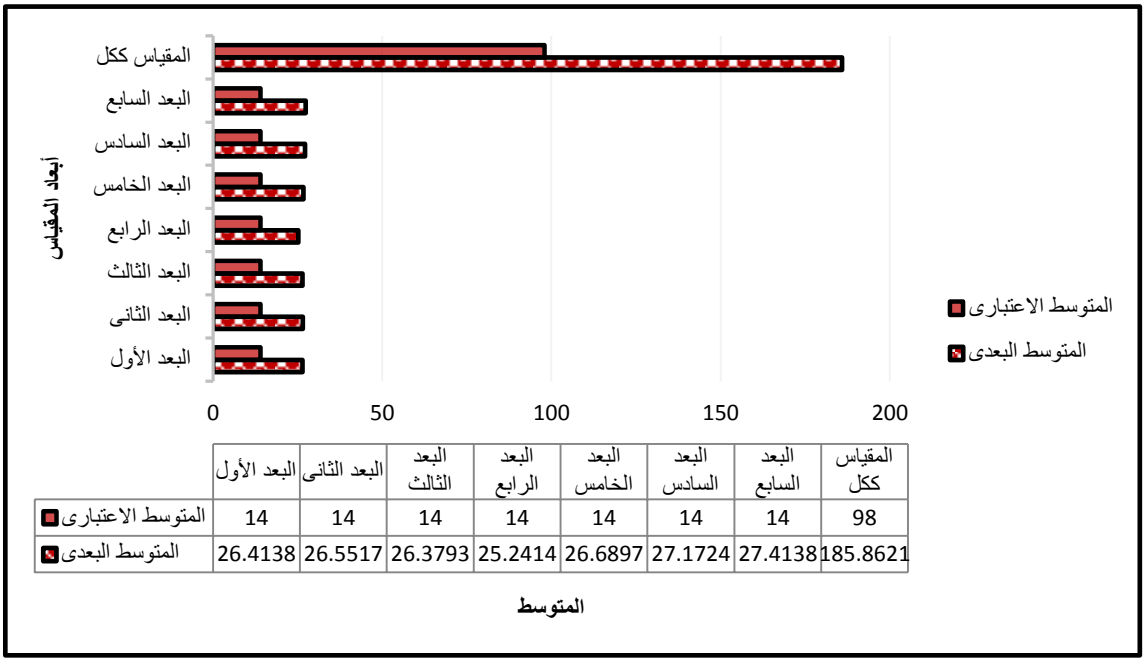
للتحقق من مدى صحة هذا الفرض؛ حُسب متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية ككل ولكل بعد من أبعاده، وقورن هذا المتوسط بالمتوسط الاعتباري لهذا المقياس ككل (٩٨ درجة) ولكل بعد من أبعاده (١٤)، ويوضح شكل رقم (6) التمثيل البياني للمتوسطين.

---

[١٥] أستخدم في الدراسة الحاضرة المتوسط الاعتباري لمقياس الجدارات المهارية ككل ولكل بُعد من أبعاده بمقدار ٥٠% من درجات المقياس ككل و٥٠% من درجة كل بعد من أبعاد المقياس (الدرجة الكلية للمقياس = ١٩٦ ، المتوسط الاعتباري للمقياس ككل = ١٩٦ × ٥٠% = ٩٨ ، الدرجة الكلية لكل بعد من أبعاد المقياس = ٢٨، المتوسط الاعتباري لكل بُعد من أبعاد المقياس = ٢٨× ٥٠% = ١٤)

شكل6

التمثيل البياني للمتوسطين: البعدي، والاعتباري؛ لمقياس الجدارات المهارية ككل، ولكل بعد من أبعاده.



	البعد الأول	البعد الثانى	البعد الثالث	البعد الرابع	البعد الخامس	البعد السادس	البعد السابع	المقياس ككل
المتوسط الاعتبارى	14	14	14	14	14	14	14	98
المتوسط البعدى	26.4138	26.5517	26.3793	25.2414	26.6897	27.1724	27.4138	185.8621

ويتضح من الشكل (6) وجود فرق بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية (n= 29)، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية ككل، ومتوسطه الاعتباري؛ لصالح التطبيق البعدي، ولتحديد دلالة هذا الفرق؛ حُسبت قيمة *t* للمجموعة الواحدة، ويوضح جدول رقم (12) قيمة *t* ودلالتها للفرق بين هذين المتوسطين.

جدول ١٢

قيمة t، ودلالتها للفرق بين المتوسطين: البعدي، والاعتباري؛ لمقياس الجدارات المهارية

مقياس الجدارات المهارية		المتوسط	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة t	الدلالة
البُعد الأول: القضية الأولى: غازات الاحتباس الحراري	البعدي.	26.4138	2.87250	٢٨	١٨.٥٨٦	.000
	الاعتباري.	16.5	---			
البُعد الثاني: القضية الثانية: إزالة الغابات	البعدي.	26.5517	3.16889		١٧.٠٨٢	.000
	الاعتباري.	16.5	---			
البُعد الثالث: القضية الثالثة: الاستهلاك المفرط	البعدي.	26.3793	2.76991		١٩.٢٠٧	.000
	الاعتباري.	16.5	---			
البُعد الرابع: القضية الرابعة: الإشعاع الشمسي والنشاط البركاني والتيارات المحيطية	البعدي.	25.2414	3.30211		١٤.٢٥٦	.000
	الاعتباري.	16.5	---			
البُعد الخامس. القضية الخامسة: استخدام وسائل النقل	البعدي.	26.6897	3.10648		١٧.٦٦٤	.000
	الاعتباري.	16.5	---			
البُعد السادس القضية السادسة: عمليات التصنيع	البعدي.	27.1724	1.81401		٣١.٦٨٣	.000
	الاعتباري.	16.5	---			
البُعد السابع القضية السابعة: الممارسات الزراعية	البعدي.	٢٧.٤١٣٨	٢.٣٣٧٨٤		٢٥.١٤٠	.000
	الاعتباري.	16.5	---			
المقياس ككل	البعدي.	١٨٥.٨٦٢١	٦.٢٨٩٠٢		٦٤.٥٣١	.000
	الاعتباري.	110.5	---			

ويتضح من الجدول (١٢) وجود فرق دال إحصائياً بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية ككل، ولكل بعد من أبعاده، والمتوسط الاعتباري لهذا الاختبار ككل ولكل بعد من أبعاده، وذلك لصالح التطبيق البعدي؛ حيث إن قيمة t دالة عند مستوى $\alpha < 0.05$ ، ودرجة حرية ٢٨، وبلغت قيمة الدلالة $p < 0.001$ ؛ وهكذا يرفض الفرض الصفري الرابع للبحث، ويقبل الفرض البديل " **يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى $\alpha < 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري له لصالح التطبيق البعدي** ".

وترتيبًا على مجمل النتائج السابقة المتعلقة بالإجابة عن السؤال الخامس للبحث؛ يمكن القول بفاعلية البرنامج المقترح في تنمية الجدارات المهارية لدى أفراد المجموعة التجريبية؛ نتيجة دراستهم البرنامج، وقد يرجع ذلك إلى الأسباب الآتية:

- العناية في تصميم محتوى البرنامجk وتنفيذ أنشطته بتنمية مهارات معلمي الرياضيات أفراد عينة البحث على تصميم سيناريوهات تدريس/ مواقف تدريس/ أنشطة تعليم وتعلم تستهدف دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمهاk وتتمثل هذه القضايا في: غازات الاحتباس الحراري، وإزالة الغابات، والاستهلاك المفرط، والإشعاع الشمسي، والنشاط البركاني، والتيارات المحيطية، واستخدام وسائل النقل؛ حيث عُنى في عرض خطوات كل نشاط كيف يمكن لمعلم الرياضيات بطرح سيناريوهات تدريس/ مواقف/ أنشطة تعليم وتعلم ترتبط بدمج تلك القضايا عبر تدريس موضوعات الرياضيات المختلفة في المرحلة الابتدائية.
- الاهتمام بطرح المفاهيم والأفكار المحورية المرتبطة بقضايا التغير المناخي عبر أنشطة البرنامج المختلفة، بهدف زيادة وعيه بهذه القضايا، وكذا توضيح كيفية تقديم معلم الرياضيات إياها في سياق تدريسه موضوعات الرياضيات المختلفة، ومن بينها: تفسير البيانات والإحصاءات والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير وتقديم الاستنتاجات، وحساب النسب المئوية، والقياس، والتحويل بين وحدات القياس المختلفة، وإجراء عملية التقدير، والاستدلال النسبي، والعمليات الحسابية، وإجراء العمليات الحسابية المختلفة، وإجراء عمليات التقريب، وحساب المعدل، ومقياس الرسم.
- إبراز كل نشاط من أنشطة الجزء الثاني من البرنامج بصفة خاصة قضايا التغير المناخي المختلفة وموضوعات الرياضيات التي يمكن دمج تلك القضايا في أثناء تدريسها، مما يسهم في تنمية وعي معلم الرياضيات بالموضوعات الرياضياتية التي يمكن دمج قضايا التغير المناخي في أثناء تدريسها، ومن ثم تعرف طلابه دور الرياضيات المهم في هذا الصدد، وكذا تعرف دور الرياضيات في خدمة القضايا المجتمعية المختلفة ومن أبرزها قضايا التغير المناخي، فضلاً عن الأثر الأكثر أهمية الذى قد يترتب على ذلك لدى الطلاب، وهو دعم وعيهم بهذه القضايا، ودعم سلوكياتهم الإيجابية من أجل التصدي، ومواجهة الآثار السلبية للتغير المناخي.

- الحرص في تصميم أنشطة البرنامج على توفير مجموعة متنوعة من مصادر التعليم والتعلم مثل الفيديوهات وأوراق العمل و مواقع "الإنترنت"؛ الأمر الذى يساعد في تنمية معرفة ومن ثم مهارة معلمي الرياضيات أفراد عينة البحث التجريبية في دمج قضايا التغير المناخي عبر تدريس موضوعات الرياضيات المختلفة.
- توفير فرص التدريس المصغر لسيناريوهات التدريس/ مواقف/ أنشطة التعليم والتعلم التي طُلب من معلمي الرياضيات أفراد عينة البحث التجريبية تصميمها؛ بحيث تبرز كيف يمكن دمج قضايا التغير المناخي المشار إليها فيما سبق بموضوعات الرياضيات المتنوعة في المرحلة الإبتدائية.

مما سبق يمكن القول بأن الحرص في تصميم أنشطة البرنامج وتنفيذها- وبخاصة الجزء الثاني منه- بهذه العوامل السابق الإشارة إليها قد أسهم في تنمية مهارة معلمي الرياضيات أفراد عينة البحث التجريبية برياضيات التغير المناخي، وكيفية تصميم سيناريوهات تدريس/ مواقف/ أنشطة تعليم وتعلم تسهم في دمج قضايا التغير المناخي عبر تدريس موضوعات الرياضيات المختلفة، أي يمكن القول أن البرنامج المقترح قد أسهم في تنمية الجدارات المهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخى في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى أفراد عينة البحث التجريبية، ويعزز تلك النتائج ما توصلت إليه دراسة كل من Archer et al.(2021)، ودراسة كل من Solís-Espallargas&Morón-Monge(2020)، ودراسة كل من Steffensen et al. (2021) ، ودراسة Favier et al.(2021)، ودراسة كل من García-Alonso et al.(2023).

وتجدر الإشارة هنا إلى طرح أمثلة من السيناريوهات/ المواقف/ الأنشطة التي طرحها أفراد عينة البحث في سياق دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات بصفوف المرحلة الابتدائية المختلفة، ويعرض جدول (13) أمثلة لهذه الدروس التي اختارها أفراد عينة البحث التجريبية لدمج قضايا التغير المناخي في سياق تدريسها في مواقف التدريس المصغر أثناء تنفيذ تجربة البحث، مقرونة بالصف الدراسي، وقضية التغير المناخي المرتبطة به.

جدول 13

أمثلة دروس الرياضيات التي طرحها أفراد عينة البحث أثناء مواقف التدريس المصغر

الدرس	الصف	قضية التغير المناخي
الأعداد الكبيرة	الرابع	حساب اجمالي الإنبعاثات الكربونية
القيمة المكانية	الرابع	حرق الوقود الأحفوري، متوسط استهلاك الوقود
طرح الأعداد العشرية	الخامس	معدلات سقوط الأمطار (المناخ / الطقس القاسي)
النسب المئوية والرسم البياني	السادس	التنوع البيولوجى
مسائل كلامية متعددة الخطوات	الخامس	الإنبعاثات الكربونية
التقريب، التقدير، الرسم البياني	الرابع	التنوع البيولوجي
المدرج التكراري	السادس	الإنبعاثات الكربونية
مساحة المستطيل	الرابع	التصحر والممارسات الزراعية والارتفاع في درجات الحرارة
الكسور العشرية	الخامس	الانبعاثات الكربونية
التمثيل بالقطاعات الدائرية	الخامس	نسب استهلاك الوقود الأحفوري في قارات العالم
خواص عملية الجمع	الرابع	اجمالي الإنبعاثات الكربونية
إنشاء وتحليل الرسوم البيانية	الرابع	استهلاك الوقود الأحفوري
إنشاء وتحليل الرسوم البيانية	الرابع	نسب الإنبعاثات الكربونية
ترتيب الأعداد تصاعديًا وتنازليًا	الرابع	إزالة الغابات وقطع الأشجار
ضرب الأعداد الصحيحة (ضرب الأعداد متعددة الأرقام)	الخامس	الإنبعاثات الكربونية

وفيما يلى عرض لمجموعة من السيناريوهات/ المواقف/ الأنشطة التي صممها أفراد عينة البحث التجريبية والتى تعكس تطور جدارتهم المهارية في دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها:

الجدول يوضح ٣ دول تمثل كمية الأنشطة بالكيلوجرام من الزيت
بالعالم بالطن وذلك خلال عام ٢٠٠٠

مصر	الجزائر	تونس
١,٥٠٠,٠٠٠	١,٢٠٠,٠٠٠	٥٠٠,٠٠٠

الوحدات

١) حساب اجمالي كمية الكربون الموجودة في الزيت دول بالكيلوجرام

٢) حساب متوسط كمية الكربون الموجودة في الزيت بالطن بالكيلوجرام

٣) حدد مالكي الأفراد الواردة في الجدول تبعية لكمية الأنشطة بالكربون
ومدى تأثير انتاج ذلك وكيف يمكننا الحد من ذلك

طاهره ضد وحيد القرن: حروب افريقيا تقتل ٨٠٪ من وحيد القرن الابيض و أسود.
هذا النوع من الحيوانات يعيش في محميات و لكنهم مازالوا معرضون للخطر
أن الصيادين يقومون بقتلهم للاستفاده من قرونهم

في جنوب افريقيا فقط
١٣٢ وحيد القرن قتلوا في ٢٠٠٩
٣٣٣ وحيد القرن قتلوا في ٢٠١٠
٤٤٨ وحيد القرن قتلوا في ٢٠١١
٦١٨ وحيد القرن قتلوا في ٢٠١٢

١) قرب الرقم الذي عشرات و قم برسمها على ورقه الرسم البياني مستخدما العصه
الطريقه بين اعداد وحيد القرن المقتوله كل السنوات
بين ٢٠٠٩ الى ٢٠١٢.

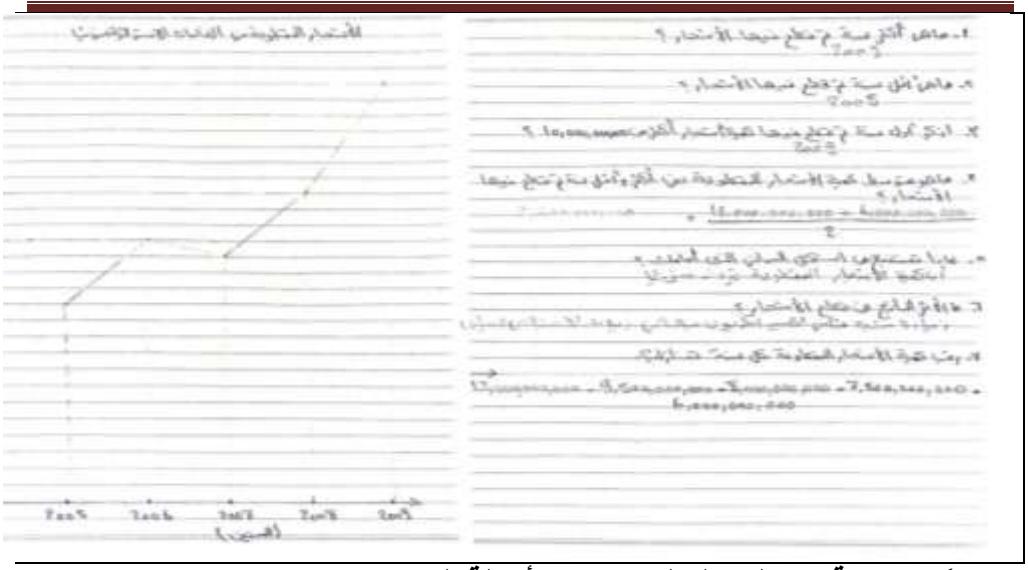
٢) توقع كم عدد وحيد القرن القتل في ٢٠١٣ و ما بعدها

٣) اقترح كيف يمكن ايقاف عمليه الصيد و القضاء على هذا الحيوان
باعطاء حلول من تفكيرك.

الهدف حيوان وحيد القرن من الحيوانات القلة الباقات بشراهه ، من وجهه نظرك لما الغرض هذا
الحيوان كيف سيؤثر على العالم بفكرة الاختفاء الجزائي

التصحيح الباقي بالصور التاليه

مصر	٢٠٠٠
الجزائر	١٢٠٠
السعودية	٣٠٠
ليبيا	٢٠٠
الكويت	١٥٠
الامارات	٣٠٠
العراق	١٠٠
البحرين	٢٠٠
الأردن	٢٠٠
تونس	٥٠٠
المغرب	١٠٠
ليبيا	٢٠٠
لبنان	١٠٠
عمان	١٠٠
قطر	١٠٠
فلسطين	١٠٠
البحرين	١٠٠



خامسًا: الإجابة عن السؤال السادس من أسئلة البحث:

ما أثر البرنامج المقترح في تنمية الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية؟

ترتبط الإجابة عن هذا السؤال بالتحقق من مدى صحة فرضى البحث الخامس، والسادس، وفيما يأتي عرض النتائج التي أسفر عنها استخدام الأساليب الإحصائية المشار إليها لاختبار هذين الفرضين.

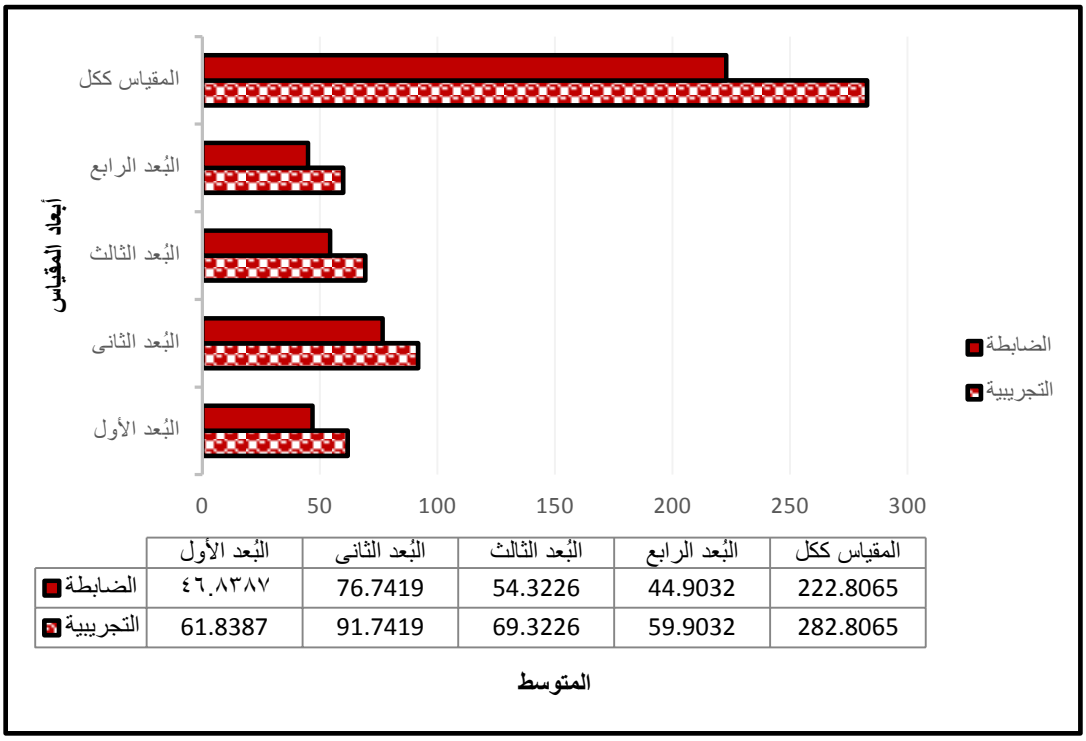
١- اختبار صحة الفرض الخامس للبحث:

لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى $\alpha < 0.05$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية.

للتحقق من مدى صحة هذا الفرض؛ حُسب متوسطا درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية،ككل ولكل بعد من أبعاده. ويوضح الشكل (7) التمثيل البياني للمتوسطين:

شكل7

التمثيل البياني للمتوسطين البعديين لمقياس الجدارات الوجدانية، ككل ولكل بعد من أبعاده لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة.



	البُعد الأول	البُعد الثانى	البُعد الثالث	البُعد الرابع	المقياس ككل
الضابطة	٤٦.٨٣٨٧	76.7419	54.3226	44.9032	222.8065
التجريبية	61.8387	91.7419	69.3226	59.9032	282.8065

ويتضح من الشكل (7) وجود فرق بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية، ككل ولكل بعد من أبعاده، ولتحديد دلالة هذا الفرق؛ حُسبت قيمة t للمتوسطات المستقلة، ويوضح الجدول (14) قيمة t، ودلالتها للفرق بين هذين المتوسطين.

جدول 14

قيمة t، ودلالتها للفرق بين المتوسطين البعديين لمقياس الجدارات الوجدانية، ككل ولكل بعد من أبعاده لدى المجموعتين: التجريبية، والضابطة (n=29).

مقياس الجدارات الوجدانية.	المجموعة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة *t*	الدلالة	حجم التأثير η^2
البُعد الأول. أهمية تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٤٦.٨٣٨٧	٥.٠١٣٩٦	٥٦	١١.٧٧٨	.000	.698
	التجريبية.	٦١.٨٣٨٧	٥.٠١٣٩٦				
البُعد الثاني. ممارسات تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٧٦.٧٤١٩	٦.٥٨٧٧٠		٨.٩٦٤	.000	.573
	التجريبية.	٩١.٧٤١٩	٦.٥٨٧٧٠				
البُعد الثالث. الصعوبات والتحديات في تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٥٤.٣٢٢٦	٥.٥٧٠٠٨		١٠.٦٠٢	.000	.652
	التجريبية.	٦٩.٣٢٢٦	٥.٥٧٠٠٨				
البُعد الرابع. الدعم والتطوير اللازم لتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	الضابطة.	٤٤.٩٠٣٢	٤.٦٧١٥٨		١٢.٦٤١	.000	.727
	التجريبية.	٥٩.٩٠٣٢	٤.٦٧١٥٨				
المقياس ككل.	الضابطة.	٢٢٢.٨٠٦٥	١٤.٢٠٦٦٢		١٦.٦٢٧	.000	.822
	التجريبية.	٢٨٢.٨٠٦٥	١٤.٢٠٦٦٢				

ويتضح من الجدول (14):

- وجود فرق دال إحصائيًّا بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية ككل، ولكل بُعد من أبعاده، لصالح المجموعة التجريبية؛ حيث إن قيمة *t* دالة عند مستوى $0.05 > \alpha$، ودرجة حرية 56، وبلغت قيمة الدلالة $0.001 > p$ ؛ وهكذا يُرفض الفرض الصفري الخامس للبحث، ويقبل الفرض البديل " **يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $0.05 > \alpha$ بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية لصالح المجموعة التجريبية**".
- قيمة مربع "إيتا" η^2 (حجم التأثير) تظهر أن التباين في مقياس الجدارات الوجدانية بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة بالنسبة للمقياس ككل بلغ (.822)؛ وهو ما يدل على حجم تأثير كبير، يُعزى للبرنامج، كما أن التباين في المقياس بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة بالنسبة للبُعد الأول،

والثاني والثالث والرابع للمقياس بلغ (.698)، (.573)، (.652)، (.727) على الترتيب؛ وهو ما يدل على حجم تأثير كبير، يُعزى للبرنامج.

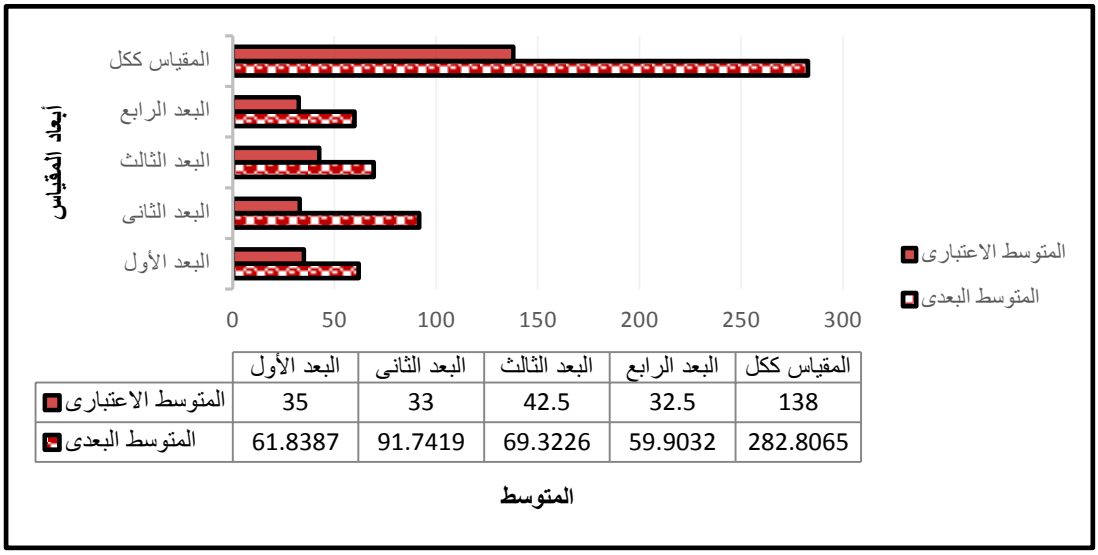
٢- اختبار صحة الفرض السادس للبحث

لا يوجد فرق دال إحصائيًّا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري[١٦] له.

للتحقق من مدى صحة هذا الفرض؛ حُسب متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية ككل ولكل بعد من أبعاده، وقورن هذا المتوسط بالمتوسط الاعتباري لهذا المقياس ككل (١٣٨ درجة) ، والمتوسط الاعتبارى لأبعاده (٣٥، ٣٣، 42.5، 32.5) على الترتيب، ويوضح شكل رقم (8) التمثيل البياني للمتوسطين.

شكل8

التمثيل البياني للمتوسطين: البعدي، والاعتباري؛ لمقياس الجدارات الوجدانية ككل، ولكل بعد من أبعاده.



	البعد الأول	البعد الثانى	البعد الثالث	البعد الرابع	المقياس ككل
المتوسط الاعتبارى	35	33	42.5	32.5	138
المتوسط البعدى	61.8387	91.7419	69.3226	59.9032	282.8065

المتوسط

[١٦] أستخدم في الدراسة الحاضرة المتوسط الاعتباري لمقياس الجدارات الوجدانية ككل ولكل بُعد من أبعاده بمقدار ٥٠% من درجات المقياس ككل و٥٠% من درجة كل بعد من أبعاد المقياس (الدرجة الكلية للمقياس = ٢٧٦ ، المتوسط الاعتباري للمقياس ككل = ٢٧٦× ٥٠% = ١٣٨، الدرجة الكلية للبعد الأول = ٧٠، المتوسط الاعتباري للبُعد الأول = ٧٠× ٥٠% = ٣٥ ، الدرجة الكلية للبعد الثاني = ٦٦، المتوسط الاعتباري للبُعد الثاني = ٦٦× ٥٠% = ٣٣ ، الدرجة الكلية للبعد الثالث = ٨٥، المتوسط الاعتباري للبُعد الثالث = ٨٥× ٥٠% =42.5 ، الدرجة الكلية للبعد الرابع = 65، المتوسط الاعتباري للبُعد الرابع = 65× ٥٠% = 32.5)

ويتضح من الشكل (8) وجود فرق بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية (n= 29)، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية ككل، ومتوسطه الاعتباري؛ لصالح التطبيق البعدي، ولتحديد دلالة هذا الفرق؛ حُسبت قيمة *t* للمجموعة الواحدة، ويوضح جدول رقم (12) قيمة *t* ودلالتها للفرق بين هذين المتوسطين.

جدول 15

قيمة t، ودلالتها للفرق بين المتوسطين: البعدي، والاعتباري؛ لمقياس الجدارات الوجدانية ككل ولكل بعد من أبعاده (n=29)

مقياس الجدارات الوجدانية	المتوسط		الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة *t*	الدلالة
البُعد الأول. أهمية تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	**البعدي.**	61.8387	5.013959	٢٨	29.803	.000
	الاعتباري.	٣٥	---			
البُعد الثاني. ممارسات تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	**البعدي.**	91.7419	6.58770		49.647	.000
	الاعتباري.	٣٣	---			
البُعد الثالث. الصعوبات والتحديات في تضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	**البعدي.**	69.3226	5.57008		26.811	.000
	الاعتباري.	42.5	---			
البُعد الرابع. الدعم والتطوير اللازم لتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات	**البعدي.**	59.9032	4.67158		32.660	.000
	الاعتباري.	32.5	---			
المقياس ككل	**البعدي.**	282.8065	14.20662		56.752	.000
	الاعتباري.	138	---			

ويتضح من الجدول (15) وجود فرق دال إحصائياً بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية، في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية ككل، ولكل بعد من أبعاده، والمتوسط الاعتباري لهذا المقياس ككل ولكل بعد من أبعاده، وذلك لصالح التطبيق البعدي؛ حيث إن قيمة *t* دالة عند مستوى $\alpha< 0.05$ ، ودرجة حرية ٢٨، وبلغت قيمة الدلالة $p< 0.001$ ؛ وهكذا يرفض الفرض الصفري السادس للبحث، ويقبل الفرض البديل " **يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى $\alpha< 0.05$ بين متوسط درجات أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس الجدارات الوجدانية**

اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى معلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية، والمتوسط الاعتباري له لصالح التطبيق البعدي ".

وترتيبًا على مجمل النتائج السابقة المتعلقة بالإجابة عن السؤال السادس للبحث؛ يمكن القول بفاعلية البرنامج المقترح في تنمية الجدارات الوجدانية لدى أفراد عينة البحث التجريبية؛ نتيجة دراستهم البرنامج، وقد تعود هذه النتائج إلى الأسباب الآتية:

- توفير محتوى البرنامج مجموعة غير قليلة من الأنشطة التي تعزز معرفة ومهارة معلمي الرياضيات أفراد عينة البحث التجريبية بعملية دمج قضايا التغير المناخي في مواقف تعليم الرياضيات المختلفة، ومن ثم تعزيز رؤي وإتجاهات إيجابية لديهم نحو أهمية دمج تلك القضايا في تعليم الرياضيات وتعلمها.
- الاهتمام في طرح محتوى البرنامج بتنمية الجدارات المعرفية والمهارية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخى في مواقف تعليم الرياضيات وتعلمها المتنوعة، الأمر الذى يساعد في تعرف أفراد عينة البحث التجريبية أهمية دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات، والإجراءات التي يمكن القيام بها في هذا الصدد؛ مثل: الأنشطة، والمشروعات، والأدوات التعليمية، والتطبيقات العملية المرتبطة بتضمين قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات، وكذا تحديد الصعوبات، والتحديات التي يمكن أن تواجههم، وتحديد أبرز سُبل الدعم اللازمة في هذا الصدد؛ مثل: تطوير المناهج، والمواد التعليمية، وتنظيم دورات تنمية مهنية للمعلمين.
- شمول البرنامج عبر جزأيه الأول والثاني، مجموعة كبيرة من قضايا التغير المناخي، وتناولها من حيث مفهومها، وأسبابها، وآثارها، وكيف يمكن التصدي لها، وكذا إبرازه لإجراءات عملية دمج تلك القضايا عبر تدريس موضوعات الرياضيات المختلفة، التي تم تناولها عبر أنشطة الجزء الثاني من البرنامج على وجه الخصوص ومن بينها : تفسير البيانات، والإحصاءات، والرسوم البيانية، ونقد الرسوم البيانية، وتحليل البيانات ومقارنتها من أجل تطوير وتقديم الاستنتاجات، وحساب النسب المئوية، والقياس، والتحويل بين وحدات القياس المختلفة، وإجراء عملية التقدير، والاستدلال النسبي، والعمليات الحسابية، وإجراء العمليات الحسابية المختلفة، وإجراء عمليات التقريب، وحساب المعدل، ومقياس الرسم؛ مما يزيد من وعي معلمي الرياضيات بهذه القضايا، وكيفية دمجها عبر تدريس الرياضيات، ومن ثم

تنمية جدارتهم الوجدانية اللازمة في هذا الصدد؛ حيث أن عدم الوعي، والمعرفة يترتيب عليه تكون اتجاهات سلبية قد تعوق عملية دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها، ومن ثم عدم تحقيق الهدف الأسمى لذلك، وهو تنمية الوعي بهذه القضايا، ومن ثم الفوائد غير المباشرة التي تعود بالنفع على المجتمع، فضلاً عن هدف آخر يمكن تحقيقه وهو إبراز دور الرياضيات في تناول قضايا المجتمع المختلفة، وعلى رأسها قضايا التغير المناخي، ومن ثم تعزيز النظرة الإيجابية للرياضيات، وعدم اقتصار دراستها على مجرد معرفة الرموز والقوانين الرياضياتية المجردة .

- العناية أثناء تنفيذ أنشطة البرنامج بتوفير فرصاً متنوعة لتفاعلات أفراد عينة البحث التجريبية، عبر مجموعات العمل الصغيرة المتعاونة، وكذا المناقشات الفردية والجماعية، الأمر الذي يُعزز إنخراطهم، وتفاعلهم الإيجابي عبر تنفيذ أنشطة البرنامج، مما يسهم في تنمية اتجاهاتهم الإيجابية نحو عملية دمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها.

ومن هنا يمكن الإشارة إلى أن العناية في تصميم أنشطة البرنامج، وتنفيذ محتواها - عبر جزأيه الأول والثاني- بهذه العوامل السابق ذكرها قد أسهم في تنمية الجدارات الوجدانية اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها لدى أفراد عينة البحث التجريبية، ويعزز تلك النتائج ما توصلت إليه دراسة كل من De Santiago et al.(2015)، ودراسة Gutierrez(2016)، ودراسة كل من Seow&Ho(2016) ، ودراسة كل من Liu et al.(2015)، ودراسة كل من Scharenberg et al.(2021) ، و دراسة كل من Abtahi et al. (2017) ، ودراسة كل من Karrow et al. (2017) ودراسة Odmo (2021) .

توصيات البحث:

في ضوء ما أسفر عنه البحث من نتائج؛ يمكن الخروج بمجموعة من التوصيات؛ منها:

- الاهتمام بتوفير برامج تنمية مهنية لمعلمي الرياضيات تسهم في تنمية جدارتهم في دمج قضايا التغير المناخي في صفوف الرياضيات.
- ضرورة العناية بدمج قضايا التغير المناخي في مناهج الرياضيات الجديدة المطورة، بالصفوف، والمراحل الدراسية المختلفة.

- عناية برامج إعداد معلم الرياضيات بتنمية جدارات الاستدامة بشكل عام، والجدارات اللازمة لدمج قضايا التغير المناخي في تعليم الرياضيات وتعلمها بالمراحل الدراسية المختلفة بشكل خاص .
- أهمية تشجيع الخبرات البحثية للطلاب الجامعيين لتضمين بحوثهم مواقف حقيقية لدمج الرياضيات في المشكلات المجتمعية المختلفة؛ مثل: المشكلات المرتبطة بقضايا المناخ المختلفة.
- ضرورة توفير موارد، ومصادر تعليم وتعلم غنية حول رياضيات التغير المناخي تسهم في نشر الوعي، والمعرفة بها لدى كل من الطلاب، ومعلمي الرياضيات، وموجهيها.
- الاهتمام بتشجيع البحوث المشتركة بين تخصصي الرياضيات وتعليم الرياضيات لتطوير الجهود التعاونية في مجال نمذجة تغير المناخ، وتنميتها لدى الطلاب في المراحل الجامعية.

مقترحات البحث:

في ضوء نتائج البحث أمكن صوغ المقترحات الآتية:

- مناشط مقترحة في رياضيات التغير المناخي لتنمية مهارات النمذجة الرياضياتية.
- برنامج مقترح في ضوء الإستراتيجية الوطنية لتغير المناخ في مصر (٢٠٥٠م) لتنمية الثقافة الرياضياتية.
- دليل استرشادى لمعلمى الرياضيات لدمج قضايا التغير المناخى في صفوف الرياضيات بالمراحل الدراسية المختلفة.
- وحدات إثرائية مقترحة لتنمية جدارت التغير المناخي لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية.
- تطوير مناهج رياضيات المرحة الابتدائية في ضوء قضايا التغير المناخي.
- برنامج مقترح في رياضيات التغير المناخي لتنمية الكفاءة الرياضياتية، والتفكير المستقبلي لدى الطلاب في المراحل الدراسية المختلفة.
- برنامج مقترح في رياضيات التغير المناخي لتنمية مهارات التدريس متعدد التخصصات لدى معمى الرياضيات بالمراحل الدراسية المختلفة.
- أنشطة مقترحة في ضوء أهداف التنمية المستدامة لتنمية جدارات الرياضيات النقدية.
- استخدام استراتيجية التعلم الموجه نحو المشروعات لتنمية جدارات الاستدامة في صفوف الرياضيات.

- تصور مقترح لتطوير برامج إعداد معلمى الرياضيات في ضوء قضايا التغير المناخي.
- مدى وعى معلمي الرياضيات بأدوارهم في تنمية جدارات التغير المناخى/ الاستدامة لدى طلابهم .

المراجع العربية، وغير العربية:

أولاً: المراجع العربية:

تفيدة سيد أحمد غانم(٢٠٢٠). الأبعاد التنموية لتدريب المعلمين على التعليم في مجال التغير المناخى في إطار المدرسة الشاملة لمواجهة تحديات القرن الحادى والعشرين. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٣(٦)، ٤١-٧٠

جمهورية مصر العربية، وزارة البيئة (٢٠٢٢). *الخطة الاستراتيجية لتغير المناخ في مصر ٢٠٥٠: ملخص صناع القرار*.
https://gate.ahram.org.eg/media/News/2022/5/19/2022-637885786041087285-108.pdf

الدولية للتربية(٢٠٢١). *بيان الدولية للتربية بشأن تغير المناخ الجيد التعليم للجميع*
https://www.ei-ie.org/file/632

علاء الدين إبراهيم أحمد عبد العزيز.(٢٠١٠). دور كليات الزراعة في تنمية الوعي البيئي لدى طلبتها في مواجهة آثار التغيرات المناخية. رسالة ماجستير. جامعة جرش، الأردن.
http://search.mandumah.com/Record/1181707

علي مصطفى سليم (٢٠١٦): *التغير المناخي وأثره على درجة الحرارة الصغرى في شمال غرب ليبيا خلال الفترة من ١٩٦١ – ٢٠١٠* ، رسالة دكتوراة غير منشورة، عمان، الجامعة الأردنية، الأردن.

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب أسيا : إطار المؤشرات العالمية لأهداف وغايات خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠
https://archive.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/uploads/tr_lmwshrt_llmy_lhdf_wgyt_kht_ltnmy_lmstdm_lm_2030.pdf

محمد سعيد الدمنهورى. (٢٠١٧) برنامج تدريبي لرفع مستوى الوعي البيئي حول ظاهرة التغير المناخي لدى طلبة الجامعات الأردنية*العلوم التربوية*، ٢٥(٤) ،٤٦٢ - ٤٨٧

منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة(اليونسكو)(٢٠١٧). الاستعداد لمواجهة المناخ: دليل المدارس بشأن العمل المناخي. فرنسا.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246740_ara

وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني (٢٠٢٢). للتوعية بأهمية قضايا التغيرات المناخية وزير التربية والتعليم: دمج قضايا التغيرات المناخية والتوعية بأهميتها في المناهج التعليمية.
https://moe.gov.eg/what-s-on/news/importance-of-climate/
اليونسكو (٢٠٢١): *التعليم من أجل القيام بالعمل المناخي*
https://ar.unesco.org/themes/education-sustainable-development/cce

ثانيًا: المراجع غير العربية:

Abtahi, Y., Gotze, P., Steffensen, L., Hauge, K. H., & Barwell, R. (2017). Teaching climate change in mathematics classroom: An ethical responsibility. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, 32.

Albareda-Tiana, S.; García-González, E.; Jiménez-Fontana, R.; Solís-Espallargas, C. (2019).Implementing pedagogical approaches for ESD in initial teacher training at Spanish Universities. *Sustainability*, 11(18), 4927. https://doi.org/10.3390/su11184927

Anderson, A. (2012). Climate Change Education for Mitigation and Adaptation. *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(2). https://doi.org/10.1177/0973408212475199

Appelbaum, P. (2009). Taking action: Mathematics curricular organization for effective teaching and learning. *For the Learning of Mathematics*, 29(2), 39–44.

Archer, Morgan, Grant & Hackett(2021) . Mathematics and the climate crisis. *Association of Teachers of Mathematics (ATM)*,277, 40-44.

Archer, R., Morgan, S., and Swanson, D. (2020). *Understanding lesson study for mathematics: A practical guide for improving teaching and learning.* London: Routledge

Bain, P. G., Milfont, T. L., Kashima, Y., Bilewicz, M., Doron, G., Garoarsdóttir, R. B., Gouveia, V. V., Guan, Y., Johansson, L. O., Pasquali, C., Corral-Verdugo, V., Aragones, J. I., Utsugi, A., Demarque, C., Otto, S., Park, J., Soland, M., Steg, L., González, R., … Saviolidis, N. M. (2016). Co-benefits of addressing climate change can motivate action around the world. *Nature Climate Change*, 6(2), 154–157. https://doi.org/10.1038/ nclimate2814

Barbosa, J. C. (2007). Teacher-student interactions in mathematical modelling. In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics*

(ICTMA 12) (pp. 232–240). Woodhead. https://doi.org/10.1533/9780857099419.5.232

Barriga, A. (2006). El enfoque de competencias en la educación: ¿Una alternativa o un disfraz de cambio? Perfiles Educativos, *28*(111), 7–36.

Barwell, R. (2013). The mathematical formatting of climate change: Critical mathematics education and post-normal science. *Research in Mathematics Education*, 15(1), 1–16. https://doi.org/10.1080/14794802.2012.756633

Barwell, R. (2018). Some thoughts on a mathematics education for environmental sustainability. In P. Ernest (Ed.), *The philosophy of mathematics education today* (pp. 145–160). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77760-3_9

Barwell, R., & Hauge, K. H. (2021). A critical mathematics education for climate change. In *BRILL eBooks* (pp. 166–184). https://doi.org/10.1163/9789004465800_008

Barwell, R., & Suurtamm, C. (2011). Climate change and mathematics education: Making the invisible visible. In M. Pytlak, T. Rowland & E. Swoboda (Eds.) *Proceedings of the 7th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1409-1419). Poland: European Society for Research in Mathematics Education

Bissell et al.(2022). Can teaching mathematics help save the planet?. *MT,284*, December ,9-14

Blum, W., Galbraith, P., Henn, H., & Niss, M. A. (2007). Modelling and Applications in Mathematics Education : the 14th ICMI Study. In *Springer eBooks*. https://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/17710

Bosschaart, A. (2019). *Ecorexia of klimaatapathie? Hoe denken amsterdamse leerlingen over klimaatverandering?* Hogeschool van Amsterdam. Netherlands.

Boylan, M. (2016). Ethical dimensions of mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, *92*(3), 395–409. https://doi.org/10.1007/s10649-015-9678-z

Brocker, J.; Calderhead, B.; Cheraghi, D.; Cotter, C.; Holm, D.; Kuna, T.; Pelloni, B.; Shepherd, T.; Weller, H. (2017).*Mathematics of Planet. Earth. A Premier*.World Scientific Publishing: London, UK.

Buckler, C., & Creech, H. (2014). *Shaping the future we want: UN Decade of Education for Sustainable Development; final report*. UNESCO.

Carracedo, F.S.; Segalàs, J.; Cabré, J.; Climent, J.; López, D.; Martín, C.; Vidal, E. (2017).El proyecto EDINSOST: Inclusión de los ODS en la educación superior. *Revista Española de Desarrollo y Cooperación*, 41, 67–81.

Center for Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science (DIMACS).(2013) Mathematics of Planet Earth. http://www.mpe2013.org/mpe2013index/

Corres ,A. , Rieckmann ,M. , Espasa , A. ,& Ruiz-Mallén,I.(2020).Educator Competences in Sustainability Education: A Systematic Review of Frameworks. *Sustainability*, 12, 9858; doi:10.3390/su12239858

De Santiago, B. S., Satre, L. B., Neira, J. M., Calleja, M. R. S., & Menéndez, E. D. (2015b). Perfiles profesionales de futuros maestros para el desarrollo sostenible desde un modelo formativo centrado en el diseño de ambientes de aprendizaje. *Foro De Educación*, *13*(19), 141–163. https://doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.007

Delors, J., Al Mufti, I., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., Kornhauser, A., Manley, M., Padrón Quero, M., Savane, M-A., Singh, K., Stavenhagen, R. Myong Won Suhr and Zhou Nanzhao, Z. (1996). Learning: The Treasure Within. Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-first century. Paris, UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590.locale=en

English, L. D., & Gainsburg, J. (2015). Problem solving in a 21st-century mathematics curriculum. In L. D. English & D. Kirshner (Eds.), *Handbook of international research in mathematics education (3rd ed.*, pp. 313–335). Routledge. https://doi.org/ 10.4324/9780203448946-21

English, L. D., & Watson, J. (2018). Modelling with authentic data in sixth grade. *ZDM Mathematics Education*, 50(1–2), 103–115.https://doi.org/10.1007/s11858-017-0896-y

Espinosa, G. M. F., Velásquez-Sarria, J., & Arroyave-Escobar, M. (2017). Formación ambiental y reconocimiento de la realidad: dos aspectos esenciales para la inclusión de la educación ambiental en la escuela. *Revista Luna Azul*, *45*, 377–399. https://doi.org/10.17151/luaz.2017.45.19

European Union (2021). Special Eurobarometer 513, Climate Report. ISBN 978-92-76-38399- 4.

Favier,T., Bouke Van Gorp,B.V., Cyvin ,J.B.& Cyvin,J. (2021) Learning to teach climate change: students in teacher training and their progression in pedagogical content knowledge, *Journal of Geography in Higher Education*, 45:4, 594-620, DOI: 10.1080/03098265.2021.1900080

Feja, K., Lütje, S., Neumann, L., Otto, K-H., M. L., & Siegmund, A. (2019). Climate changes cities - A project to enhance students' evaluation and action competencies concerning climate change impacts on cities. In L. W. Filho & B. H. L. McGhie (Eds.), *Addressing the challenges in communicating climate change across various audiences*,159–174. Springer

Fernandez, C. (2014). Knowledge base for teaching and pedagogical content (PCK): Some useful models and implications for teacher training. *Problems for education in the 21rst century* ,60, 79–100

Ferrari, E., Ballegeer, A. M., Fuertes, M. A., Herrero, P., Delgado, L., Corrochano, D., AndrésSánchez, S., Bisquert, K. M., García-Vinuesa, A., Meira, P., Martinez, F., & Ruiz, C. (2019). Improvement on social representation of climate change through a knowledge-based MOOC in spanish. *Sustainability*, 11(22), 6317. https://doi.org/10.3390/su11226317

Flores, J. P. G., Torres, B. C., & Muñoz, M. Á. M. (2020c). Proposal of Training in Topics for the Curriculum Sustainability of the Program of Engineering in Systems of the Escuela Superior de Cómputo of the Instituto Politécnico Nacional, México. In *Springer proceedings in business and economics* (pp. 273–280). https://doi.org/10.1007/978-3-030-36126-6_30

Fuertes- Prieto, M. Á., Andrés Sánchez, S., Corrochano Fernández, D., Delgado Martín, L., Herrero Teijón, P., Ballegeer, A. M., ... & Ruiz Méndez, C. (2020). *Climate change education: A proposal of a*

category-based tool for curriculum analysis to achieve the climate competence. Education in the knowledge society: EKS.

Fuertes- Prieto, M. Á., Corrochano, D., Delgado, L., Teijón, P. H., Ballegeer, A., Ferrari-Lagos, E., Fernández, R. N., & Ruiz, C. (2020). Educación sobre el Cambio Climático: una propuesta de una herramienta basada en categorías para analizar la idoneidad de un currículum para alcanzar la competencia climática. *Education in the Knowledge Society*, *21*, 13. https://doi.org/10.14201/eks.22823

Fuertes-Prieto, M. A., Ferrari-Lagos, E., Andrés-Sánchez, S., Corrochano, D., Ballegeer, A-M., Delgado-Martín, M. L., Herrero-Teijón, P., & Ruiz, C. (2022). Using Mathematics to Know How to Teach Climate Change to Pre-Service Teachers: Is Knowledge Enough?. *European Journal of Teaching and Education*, 4(3): 49-55. https://doi.org/10.33422/ejte.v4i3.730

Fuertes-Prieto, M. A.; Ferrari-Lagos, E.; Andrés-Sánchez, S.; Corrochano, D.; Ballegeer, A.M.; Delgado-Martín, M. L.; Herrero-Teijón, P.; & Ruiz, C. (2021). How to Teach Climate Change to Pre-service Teachers. Is Knowledge Enough?https://www.dpublication.com/wp-content/uploads/2021/11/02-750.pdf

García-Alonso, I., Sosa-Martín, D. & Trujillo-González, R. (2023). Assessing sustainability competencies present in class proposals developed by prospective mathematics teachers. *AIEM - Avances de investigación en educación matemática*, 23, 61-83. https://doi.org/10.35763/aiem23.5419

Gardiner, S. M. (2011). *A perfect moral storm: The ethical tragedy of climate change.* Oxford University Press.

Goos,M. & Halai,A.(2022).Teaching Mathematics: Mathematics Education for Sustainable Development . In: UNESCO(2022). *Mathematics for action :Supporting Science-Based Decision-Making*.(pp15-16). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France.

Gutierrez ,K.S.(2016).Investigating the Climate Change Beliefs, Knowledge, Behaviors, and Cultural Worldviews of Rural Middle School Students and their Families During An Out-of-School Intervention: A Mixed-Methods Study. Ph.D. Theses. North Carolina State University.

Hauge, K. H., & Barwell, R. (2017). Post-normal science and mathematics education in uncertain times: Educating future citizens for extended peer communities. Futures, 91, 25–34.https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.013

Hauge, K.H., & Barwell, R. (2015). Uncertainty in texts about climate change: A critical mathematics education perspective. In Mukhopadhyay, S. & Greer, B. (Eds.) *Proceedings of the Eighth International Mathematics Education and Society Conference*, (pp. 582-595). Portland, OR: Portland State University.

Heyworth, F. (2006). The Common European Framework. *ELT Journal*, *60*(2), 181–183. https://doi.org/10.1093/elt/cci105

Hoffman, J. (2019). Imagining 2060: A cross-cultural comparison of university students' perspectives. *Journal of Future Studies*, 23(4), 63–78. 10.6531/JFS.201906_23(4).0007

https://www.atm.org.uk/write/MediaUploads/Journals/MT284/03.pdf

Hubers, M. D. (2020). In pursuit of sustainable educational change - Introduction to the special section. *Teaching and Teacher Education*, *93*, 103084. https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103084

Huerta, V. V. G., García, J.J. G., & Zamudio, M. M. (2020). Importance of Teacher Training Incorporating Sustainability in their Subjects from the Life Cycle Approach in Higher School of Computation (ESCOM-IPN). In *Springer proceedings in business and economics* (pp. 257–263). https://doi.org/10.1007/978-3-030-36126-6_28

Ibáñez, M. E., Cid, I. V. L., Muñoz, L. V. A., & Claros, F. M. (2020). Environmental education, an essential instrument to implement the sustainable development goals in the university context. *Sustainability*, *12*(19), 7883. https://doi.org/10.3390/su12197883

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC](2014). *Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Vol 2. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781107415386

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2018, October). Global warming of 1.5°C. https://www.ipcc.ch/sr15/

Intergovernmental Panel on Climate Change[IPCC]. (2001). Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge University Press.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI_TAR_full_report.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change[IPCC]. (2013). Contribution of working group I to the Fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA,1535p.

Jablonka, E. (2007). The relevance of modelling and applications: relevant to whom and for what purpose? In *Springer eBooks* (pp. 193–200). https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_19

Kaiser, G., & Schwarz, B. (2010). Authentic modelling problems in mathematics education: Examples and experiences. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31(1), 51–76. https://doi.org/10.1007/s13138-010-0001-3

Karl, H., Curtin, C., Scarlett, L., & Hopkins, W. (2011). Adapting to climate change, a wicked problem: A road map for action. In I. Linkov & T. S. Bridges (Eds.), *Climate: Global change and local adaptation* (pp. 237–254). Springer Science + Business Media.

Karper, H.; Engler, H.(2013). *Mathematics and Climate*; SIAM: Philadelphia, PA, USA.

Karrow, D., Khan, S., & Fleener, J. (2017). Mathematics education's ethical relation with and response to climate change. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, 32.

Klaassen, R. (2018). Interdisciplinary education: a case study. *European Journal of Engineering Education*, *43*(6), 842–859. https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1442417

Langrall, C. W., Nisbet, S., Mooney, E. S., & Jansem, S. (2011). The role of context expertise when comparing data. *Mathematical Thinking and Learning*, *13*(1–2), 47–67. https://doi.org/10.1080/10986065.2011.538620

Liberman, N., & Trope, Y. (2008). The psychology of transcending the here and now. *Science*, 322, 1201-1205. doi:10.1126/science.1161958

Liu, S., Roehrig, G. H., Bhattacharya, D., & Varma, K. (2015). In-Service Teachers' attitudes, knowledge and classroom teaching of global

climate change. *Science Educator*, *24*(1), 12–22. http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1069990.pdf

Lohmann, G. (2021). Mathematics and Climate Change. In: Sriraman, B. (eds) *Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences*. Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-319-70658-0_145-1

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, S., Connors, C., Péan, S., Berger, N., ... Scheel Monteiro, P. M. (2021). IPCC, 2021: Summary for Policymakers. *In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* .Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. http://hdl.handle.net/10204/12710

Mathematical Sciences Research Institute(MSRI)(2007). *Mathematics of Climate Change A new discipline for an uncertain century*. Berkeley, CA. http://library.msri.org/msri/MathClimate.pdf

Mathematics Education Innovation (IEM)(2023). *Maths and Climate Change.* https://mei.org.uk/resource/08983010-4175-4f54-80e0-08d9ab607fb9/

McNeal, P.; Petcovic, H.; & Reeves, P. (2017). What Is Motivating Middle-School Science Teachers to Teach Climate Change?. *International Journal of Science Education*, 39 (8), 1069- 1088.

Mochizuki, Y., & Bryan, A. (2015). Climate Change Education in the Context of Education for Sustainable Development: Rationale and Principles. *Journal of Education for Sustainable Development*, 9(1).https://doi.org/10.1177/0973408215569109

Mogensen, F., & Schnack, K. (2010). The action competence approach and the 'new' discourses of education for sustainable development, competence and quality criteria. *Environmental Education Research*, *16*(1), 59–74. https://doi.org/10.1080/13504620903504032

Mohamed Shaffril,H.A., D'Silva, J. L., Kamaruddin, N., Omar, S. Z., & Bolong, J. (2015). The coastal community awareness towards the climate change in Malaysia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, *7*(4), 516–533. https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2014-0089

Monteiro, C. E. F., & Ainley, J. (2004). EXPLORING THE COMPLEXITY OF THE INTERPRETATION OF MEDIA GRAPHS. *Research in Mathematics Education*. https://doi.org/10.1080/14794800008520133

Mulà, I., Tilbury, D., Ryan, A., Mader, M., Dlouhá, J., Mader, C., Benayas, J., Dlouhý, J., & Alba, D. (2017). Catalysing change in higher education for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *18*(5), 798–820. https://doi.org/10.1108/ijshe-03-2017-0043

Nordén, B. (2018). Transdisciplinary teaching for sustainable development in a whole school project. *Environmental Education Research*, 24(5), 663–677. https://doi.org/ 10.1080/13504622.2016.1266302

Ödmo, M. (2021). Mathematics education in a context of climate change. In D. Kollosche (Ed.), *Exploring new ways to connect: Proceedings of the Eleventh International Mathematics Education and Society Conference* (Vol. 1, pp. 211–214). Tredition. https://doi.org/10.5281/zenodo.5392572

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2003). *The PISA 2003 assessment framework - mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. Paris: OECD.

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2019). *OECD Skills Strategy 2019 Skills to Shape a Better Future: Skills to Shape a Better Future*. OECD Publishing.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic and financial literacy. https://doi.org/10.1787/9789264255425-en*

Organisation For Economic Co-Operation and Development[OECD](2002). Annual Report. Paris, France.

Osama, A. , Eltouny, N. , Gouda, E. , Adel, M. 1 , Mahmoud, L. , Elmenshawi, Y. , Akram, S. , Wagdy, A., Saleh, S. , Omar, K. , and Sayed, A. (2021). *Educational Package for Climate Change*. Enhancing National Capacities for Improved Public Participation for Implementing Rio Conventions Project (CB3)". Global Environment Facility (GEF) / United Nations Development Program

(UNDP) and Ministry of Environment. Report 202111ES, Arabic version, 175 pp.

Osipov, V., Kuleshov, S., Zaytseva, A. A., & Aksenov, A. (2021). Approach for the COVID-19 epidemic source localization in Russia based on mathematical modeling. *Informatika I Avtomatizaciâ*, *20*(5), 1065–1089. https://doi.org/10.15622/20.5.3

Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & van Ypserle, J. P. (2014). Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC

Pauw, I., & Beneker, T. (2015). A futures perspective on Dutch geography education. *Futures*, 66, 96–105. https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.01.001

Pereira, F. (2019). Teacher Education, Teachers' Work, and Justice in Education: Third Space and Mediation Epistemology. *Australian Journal of Teacher Education*, *44*(3), 77–92. https://doi.org/10.14221/ajte.2018v44n3.5

Pratt, D., Ainley, J., Kent, P., Levinson, R., Yogui, C., & Kapadia, R. (2011). Role of context in risk-based reasoning. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(4), 322–345. https://doi.org/10.1080/10986065.2011.608346

Quality Assurance Agency (QAA)(2020). *Education for sustainable development guidance: Draft consultation*. December 2020, Gloucester, UK: Quality Assurance Agency

Raymond, L. (2006) .Cutting the "Gordian knot" in climate change policy. *Energy Policy*,34(6), 655-658.

Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures*, *44*(2), 127–135. https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005

Salvador, S. L., Pastrana, M. R., & Prieto, J. M. M. (2019). Impacto de un programa de intervención metacognitivo sobre la Conciencia Ambiental de docentes de Primaria en formación inicial. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, *16*(2), 1–16.

https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2501

Sarfaty, M., Mitchell, M., Bloodhart, B.,& Maibach, E.W.(2014). A Survey of African American Physicians on the Health Effects of Climate Change. *International Journal of Environmental Research and Public Health* ,11(12):12473-12485. https://doi.org/10.3390/ijerph111212473

Scharenberg, K.; Waltner, E.-M.; Mischo, C.; Rieß, W. (2021).Development of Students' Sustainability Competencies: Do Teachers Make a Difference? *Sustainability*, 13, 12594. https://doi.org/10.3390/su132212594

Seow, T.; & Ho, Li-Ching (2016). Singapore Teachers' Beliefs about the Purpose of Climate Change Education and Student Readiness to Handle Controversy. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 25 (4), 358-371.

Shaugnessy, J.M. (2007). Research on statistics learning and reasoning. In . F. Lester (Ed.) ,*Second handbook of research on mathematics teaching and learning*, (pp.957-1009). Charlotte, NC: NCTM/ Information Age Publishing.

Shen, S.S.P.; Somerville, R.C.J. (2019).*Climate Mathematics: Theory and Applications*; Cambridge University Press: Cambridge, UK.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Know,ledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

Simpson, N.P.; Mach, K.J.; Costable, A.; Hess, J.; Hogarth, R.; Howden, M.; Lawrence, J.; Lempert, R.J.; Muccione, V.; Mackey, B.; et al. (2021).A Framework for complex climate risk assessment. *One Earth* , *4*, 489–501.

Sipari,P.(2018). *Teacher's climate guide*. https://teachers-climate-guide.fi/#what

Skovsmose, O. (1994). *Towards a philosophy of critical mathematics education*. Kluwer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3556-8

Skovsmose, O. (2014). Critical Mathematics Education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 116–120). Springer. https://doi.org/10.1007/978- 94-007-4978-8

Sleurs, W. Competencies for ESD (Education for Sustainable Development) Teachers: A Framework to Integrate ESD in the Curriculum of Teacher Training Institutes; Curriculum, Sustainable Development, Competences, Teacher Training (CSCT) Comenious 2.1 Project ; UN: Brussels, Belgium, 2008; Available online: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/inf.meeting.docs/EGonInd/8mtg/CSCT%20Handbook_Extract.pdf (accessed on 22 October 2020).

Soldatenko, S.; Bogomolov, A.; Ronzhin, A. (2021).Mathematical Modelling of Climate Change and Variability in the Context of Outdoor Ergonomics. *Mathematics* , *9*, 2920. https://doi.org/10.3390/math9222920

Soldatenko, S.; Yusupov, R.; Colman, R. (2020).Cybernetic Approach to problem of interaction between nature and human society in the context of unprecedented climate change. *SPIIRAS Proc, 19*, 5–42.

Soldatenko, S.A.(2017). Weather and climate manipulation as an optimal control for adaptive dynamical systems. *Complexity* **,** *2017*, 4615072.

Solís-Espallargas, C.; Morón-Monge, H. How to Improve Sustainability Competences of Teacher Training? Inquiring the Prior Knowledge on Climate Change in Primary School Students. *Sustainability* **2020**, *12*, 6486. https://doi.org/10.3390/su12166486

Spence, A., Poortinga, W., & Pidgeon, N. (2012). The psychological distance of climate change. *Risk Analysis*, 32, 957-972. doi:10.1111/j.1539- 6924.2011.01695.x

Steffensen, L., Herheim, R., & Rangnes, T. E. (2021). The mathematical formatting of how climate change is perceived. In *BRILL eBooks* (pp. 185–209). https://doi.org/10.1163/9789004465800_009

Steffensen,L., Hansen,R.& Hauge,K.H.(2016). *Climate Change In Mathematics Classrooms.* 13th International Congress on Mathematical Education Hamburg, 24-31 July 2016.

Stoll-Kleemann, S., O'Riordan, T., & Jaeger, C. C. (2001) .The psychology of denial concerning climate mitigation measures: evidence from Swiss focus groups. *Global Environmental Change,*11(2), 107-117.

Sudakov, I., Bellsky, T., Usenyuk, S., & Polyakova, V. (2014). *Mathematics and Climate Infographics: A Mechanism for*

Interdiscplinary Collaboration in the Classroom. Cornell University Library, arXiv.org. https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1072607

Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2012). An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *93*(4), 485–498. https://doi.org/10.1175/bams-d-11-00094.1

The National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics (NCETM)(n.d) . *teaching about climate change in the maths classroom.* https://www.ncetm.org.uk/podcasts/teaching-about-climate-change-in-the-maths-classroom/

Trope, Y., & Liberman, N. (2003). Temporal construal. *Psychological Review*, 110, 403-421. doi:10.1037/0033-295X.110.3.403

Trope, Y., & Liberman, N. (2010). Construal-level theory of psychological distance. *Psychological Review*, 117, 440-463. doi:10.1037/a0018963

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2016). *Ten years of the UNECE Strategy for Education for Sustainable Development*. United Nations Economic Commission for Europe. Geneva, Switzerland.

United Nations Economic Commission for Europe [UNECE](2012). *Learning for the Future: Competences in Education for Sustainable Development*. United Nations Economic Commission for Europe. Geneva, Switzerland https://unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/ESD_Publications/Competences_Publication.pdf

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (2015). *Not Just Hot Air: Putting Climate Change Education into Practice* .Paris, UNESCO

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2009). UNESCO World Conference on Education for Sustainable Development: 31 March-2 April 2009, Bonn, 2009.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (2022). Mathematics for action Supporting Science-Based Decision-

Making.https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380883.locale=en

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (2010). The UNESCO Climate Change Initiative. Climate Change Education for Sustainable Development.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO].(2020).Education for Sustainable Development: A Roadmap. UNESCO: Paris, France.

United Nations. (2016). Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Paris: United Nations, pp.1-27

Varela-Candamio, L., Novo-Corti, I., & García-Álvarez, M. T. (2018). The importance of environmental education in the determinants of green behavior: A meta-analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, *170*, 1565–1578. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.214

Vásquez, C., & Pastells, À. a. I. (2021). Analysing probability teaching practices in primary education: What tasks do teachers implement? *Mathematics*, *9*(19), 2493. https://doi.org/10.3390/math9192493

Vega-Marcote, P., Varela-Losada, M., & Álvarez-Suárez, P. (2015b). Evaluation of an educational model based on the development of sustainable competencies in basic teacher training in Spain. *Sustainability*, *7*(3), 2603–2622. https://doi.org/10.3390/su7032603

Wagh,M.,A.(2015). Climate Change: Mathematics And Some New Techniques. Proceedings of the National Conference on Climate Change: Impacts, Adaptation, Mitigation Scenario & Future Challenges In Indian Perspective, New Delhi, 2-3, March-2015. Pp. 138-143

Walsh, J. & McGehee,R.(2013). Modeling Climate Dynamically. The College Mathematics Journal, 44 (5), 350-363.

Watson, J.M. (2001). Longitudinal development of inferential reasoning by school students. *Educational Studies in Mathematics*, 47(3), 337-٣72.

Watson, J.M., & Moritz,J.B.(1999). The beginning of statistical inference: Comparing two data sets. *Educational Studies in Mathematics* ,37, 145-68.

Weaver, A. (2008). *Keeping our cool: Canada in a warming world*. Toronto, ON: Penguin.

Yang, X.-S. (2009).*Introductory Mathematics for Earth Scientists*. Dunedin Academic Press: Edinburgh, UK.

Yore, L. D., Pimm, D., & Tuan, H. L. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *5*(4), 559–589. https://doi.org/10.1007/s10763-007-9089-4