استخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في تدريس محتوى الهندسة لتنمية المقدرة على الحس المكاني والفهم الهندسي

إعداد
د.إكرامي محمد مرسال
أستاذ المناهج وتعليم الرياضيات المساعد
كلية التربية - جامعة الإسكندرية

ملخص البحث:

بالتدقيق في محتوى هندسة المرحلتين الابتدائية، والإعدادية نجد أنه يتمثل بدرجة كبيرة في مناشط استقصائية حول العلاقات الهندسية من خلال القيام ببعض العمليات الرياضياتية كالنمذجة، والتصور، والتحويل، والمقارنة، وتصنيف الأشكال الهندسية، والتي تعتمد بدورها على الحس المكاني، و تعتبره مستهدف أساسي من مستهدفات هذه المرحلة العمرية.

وتُعد المقدرة على الحس المكاني هدفًا لكثير من الدراسات، والبحوث التي استهدفت تحديد طبيعتها، وكيفية التعرف عليها، وقياسها من جانب، ودراسة سبل تنميتها من جانب آخر؛ ومن الدراسات والبحوث التي حاولت وصف تلك المقدرة، والمتغيرات المرتبطة بها، فضلًا عن بناء اختبارات مُقننة لقياسها: دراسة "تزريل، وإيجوزي" Tzuriel&Egozi (2010) ، ودراسة "يونج وآخرون" Young,et al. (2018). كما يُعد التخطيط لدمج المتعلمين في أنشطة استقصائية متمركزة حول برمجيات تعليم الرياضيات؛ مثل برمجيات GeoGebra,Cabri,Sketchpad من التوجهات المُعاصرة التي تؤكد عليها ورش العمل، والمؤتمرات المعنية بتفعيل تكنولوجيا التعليم في سياق تعليم الرياضيات المدرسية، وتعلمها. وعليه جاء البحث الحاضر كمحاولة لتنمية الحس المكاني، والفهم الهندسي باستخدام أنشطة استقصائية مُصصمة في ضوء بعض برمجيات تعليم الرياضيات الحديثة.

وبصورة أكثر تحديدًا، فإن البحث الحالي بمثابة محاولة للتعرف على جدوى استخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في معالجة موضوعات محتوى الهندسة؛ وذلك بغرض تنمية مستوى الحس المكاني، والفهم الهندسي لدى عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي بمحافظة الإسكندرية.

واعتمدت تجربة البحث على التصميم التجريبي ذي المجموعتين التجريبية والضابطة، حيث درس تلاميذ المجموعة التجريبية وعددهم (٣٣) تلميذًا باستخدام المعالجة التجريبية المتمثلة في أنشطة الاستقصاء التعاوني المتمركز حول برمجيات تعليم الرياضيات، في حين درس تلاميذ المجموعة الضابطة، وعددهم(٣١) تلميذًا باستخدام الطريقة المعتادة في التدريس.

وقد أشارت نتائج البحث إلى وجود فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعتين التجريبية، والضابطة فيما يتعلق بكلٍ من الحس المكاني، والفهم الهندسي، كما أن هذا الفرق يرقى إلى درجة الفاعلية؛ حيث جاءت قيم مربع إيتا أكبر من ٠.١٥ والذي بدوره يؤكد التأثير الكبير للمعالجة التجريبية (أنشطة الاستقصاء التعاوني المتمركزة حول برمجيات تعليم الرياضيات) في المتغيرات التابعة للبحث.

وفي ضوء النتائج التي أسفر عنها البحث، جاءت مجموعة من التوصيات؛ منها: ضرورة تضمين مزيد من أنشطة التعلم التي تتمركز حول برمجيات تعليم الرياضيات، وبناء قناعات جيدة لدى معلم الرياضيات حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات، وجدوى استخدامها، فضلًا عن تصميم برامج تدريبية لمساعدة المعلم على استخدام تلك البرمجيات بفعالية في معالجة أنشطة التعلم، وتحقيق أهدافها، وتضمين تلك البرامج في مصفوفة ترقي المعلم.

Abstract:

Using Co-operative Inquiry based on Technology in teaching geometrical content to develop spatial sense, and geomtrical understanding

Examining the content of elementary and junior high school geometry, we find that it is largely represented in investigative activities around geometrical relationships by performing some mathematical operations such as modeling, visualization, transformation, comparison, and classification of geometric shapes. These processes depend on spatial sense.

The spatial sense ability is the target of many studies and research aimed at determining its nature, how to identify, measure it, and study methods of development it; Among the studies and research that attempted to describe this ability, and the related variables, as well as building standardized tests to measure it: Tzuriel & Egozi (2010) and Young, et al. (2018). It is also planned to engage learners into investigative activities centered on mathematical education software; Such as: GeoGebra, Cabri, Sketchpad are contemporary trends emphasized by the workshops and conferences concerned with the endoing of educational technology in the context of learning school mathematics. So, the current research came as an attempt to develop spatial sense and geometrical understanding using investigative activities designed in light of some modern mathematics education software.

More specifically, the current research is an attempt to identify the feasibility of using the technology-based collaborative Inquiry in teaching sixth-grade geometrical content for developing level of spatial sense and geometrical understanding among a sample of sixth-grade primary school students in Alexandria Governorate.

The results of the research indicated that there is a statistically significant difference between the mean scores of students in the experimental and control groups with regard to both spatial sense and geometrical understanding, and that this difference amounts to the degree of effectiveness; Where the values of the Eta square is greater than 0.15, which in turn confirms the significant effect of experimental Modeling (collaborative Inquiry activities centered on mathematical education software) in the variables of the research.

مقدمة:

تنبع أهمية الرياضيات من كونها بيئة خصبة لممارسة أنماط التفكير المختلفة؛ التي تُعد بدورها نواتج التعلم الحقيقية التي نستهدف الوصول إليها عبر ممارسة أنشطة التعليم والتعلم. هذه الأنماط لا يتوقف تأثيرها عند حدود مجالات تعليم الرياضيات، بل يتعدى هذا التأثير ليشمل جميع مجالات التعلم الأخرى، وعليه فإن تطور مهارات التفكير الرياضياتي لدى المتعلم، يتبعه حتمًا تطور مهارات تفكيره عامةً.

وإذا كانت المقدرة على حل المشكلات بمثابة القلب لعمليتي تعليم الرياضيات، وتعلمها *The heart of mathematics education*، فإن المقدرة على الحس المكاني - وفق توصيف وثيقة معايير المنهج والتقويم الصادرة عن المجلس القومي لمعلمي الرياضيات بالولايات المتحدة الأمريكية *National Council of Teachers of Mathematics(NCTM)* عام (1989)- تمثل بدورها أحد الركائز الأساسية لأنشطة المنهج التي تستهدف تنمية المقدرة على حل المشكلات بوجه خاص، والعمل في إطار الرياضيات *Doing mathematics* بوجه عام.

وبالتدقيق في محتوى هندسة المرحلتين الابتدائية، والإعدادية نجد أنه يتمثل بدرجة كبيرة في مناشط استقصائية حول العلاقات الهندسية من خلال القيام ببعض العمليات الرياضياتية كالنمذجة، والتصور، والانتقال، والمقارنة، وتصنيف الأشكال الهندسية. هذه العمليات تعتمد على الحس المكاني، كما أنها تستهدف تنميته لدى المتعلم.

فالمقدرة على الحس المكاني تساعد المتعلمين على صياغة نماذج بصرية، وتصورات ذهنية للمشكلات، والمواقف الرياضياتية التي تتمركز حولها أنشطة التعليم، والتعلم خاصةً في مجال الهندسة والقياس؛ وعندما يفتقر المتعلم إلى تلك المقدرة؛ فإنه سيتبع مجموعة من الخوارزميات، والقواعد الرياضياتية بصورة آلية تفتقر إلى بناء الفهم وإدراك المعنى.

ولذلك، فالمقدرة على الحس المكاني تُعد متطلبًا أساسيًا لكثير من العلوم والفنون؛ فهي متطلب لدراسة الفنون التشكيلية والتصميمات الهندسية، كما أنها متطلب لدراسة الجغرافيا، وفهمها، ودراسة تراكيب المواد والعناصر في العلوم، ولا يجب أن نغفل دورها في تصميم برامج الحاسب.

فتطور الحس المكاني لدى الطلاب عبر الصفوف الدراسية المختلفة، وتمكنهم من استخدام الخصائص، والعلاقات الهندسية في فهم البيئة المحيطة، وحل المشكلات الرياضياتية الحياتية Everyday life problems أصبح أمرًا حتميًا؛ فبدون الحس المكاني يصعب التواصل مع الواقع المحيط بنا، ورؤية الأشياء والنماذج بصورة متكاملة، كما أننا لن نستطيع تخيل تلك الأشياء أو النماذج عند إجراء تغيرات على موضعها، أو حجمها، أو شكلها. (Putri, et al.,2019)

كما تساعد تلك المقدرة – المقدرة على الحس المكاني- في زيادة مستوى توقع نجاح الفرد وتقدمه في مدارس STEM؛ وهي مدارس تقوم مناهجها، وأنشطة تعلمها على التكامل بين الرياضيات والعلوم والتكنولوجيا بصورة أساسية؛ فلا يمكن للمتعلم أن يتقدم، ويحقق مستوى مرتفع من الإنجاز الأكاديمي في هذا النوع من الدراسة، وهو لا يمتلك مستوى محدد من تلك المقدرة. (Wai, Lubinski, & Benbow2009)

وتشير وثيقة مبادئ ومعايير الرياضيات المدرسية الصادرة عن المجلس القومي لمعلمي الرياضيات *NCTM* عام (2000)، والتي تُعد بمثابة دليل إرشادي لرياضيات القرن الحادي والعشرين، في المعيار الثالث من معاييرها " معيار: الهندسة والحس المكاني" *Geometry&Spatial sense Standard* إلى ضرورة أن تعمل مناهج تعليم الرياضيات على مساعدة جميع التلاميذ على القيام بما يلي:

- تحليل خصائص، وسمات الأشكال الهندسية في بعدين، وثلاثة أبعاد.
- يختار، ويستخدم أنظمة مختلفة للتمثيل الرياضياتي.
- يتعرف أهمية عمليتي التحويل، والتماثل في تحليل المواقف الرياضياتية.
- يستخدم التصور، والاستدلال المكاني في حل المشكلات، سواء كان ذلك داخل سياق الرياضيات أم خارجها.(NCTM,2000:228)

ونتيجة لذلك، أصبحت المقدرة على الحس المكاني هدفًا لكثير من الدراسات والبحوث التي استهدفت تحديد طبيعة تلك المقدرة، وكيفية التعرف عليها وقياسها من ناحية، ودراسة سبل تنميتها من ناحية أخرى؛ ومن الدراسات والبحوث التي حاولت وصف تلك المقدرة، والمتغيرات المرتبطة بها، فضلًا عن بناء اختبارات مقننة لقياسها: دراسة "تزريل، وإيجوزي" Tzuriel&Egozi (2010) ، ودراسة "يونج وآخرون" Young,et al. (2018)، ودراسة "نيوكومب وشيبلي" Newcombe& Shipley (2015). وقد أكدت هذه الدراسات على دور الحس المكاني في بناء المقدرة الرياضياتية بشكل عام، وارتباطها بمتغيرات أخرى ذات أهمية كالتحصيل الدراسي، والإنجاز الأكاديمي، والاتجاه نحو دراسة الرياضيات في المستقبل، فضلًا عن دورها البارز في تحقيق التكامل عبر مناهج STEM للرياضيات والعلوم والتكنولوجيا.

وبالرغم من توافر عدد غير قليل من الدراسات والبحوث المهتمة بدراسة المقدرة على الحس المكاني لدى الطلاب في الصفوف الدراسية المختلفة (من K1 وحتى K12)، وتصميم اختبارات مُقننة للتعرف على طبيعة تلك المقدرة عبر تلك الصفوف، وتطورها؛ فإن أغلبية هذه الدراسات قد اتفقت بصورة غير مباشرة على أنه لا يوجد تحديد دقيق - حتى الآن – لمصطلح الحس المكاني، وطبيعة مكوناته، وكيفية تطوره عبر المراحل الدراسية المختلفة.

ولم يتوقف الاهتمام بالحس المكاني عند حدود دراسة طبيعته، والمتغيرات المرتبطة به؛ بل ذهب الاهتمام إلى أبعد من ذلك؛ وقد ظهر ذلك جليًا في توجه عدد من

الدراسات إلى اقتراح وتصميم مداخل واستراتيجيات تدريسية لتنميته؛ ومن هذه الدراسات دراسة "سحر محمد عبد الحميد" (2014)، دراسة "نورجانا وآخرون" Nurjanah,et al. (2014) ، دراسة "ميسير" Messer (2018) ، دراسة "بوتري"Putri (2019).

ويُعد المدخل التكنولوجي Technology Approach أحد المداخل المهمة في تعليم الرياضيات؛ وذلك وفق التوجهات الحديثة في تعليم الرياضيات، وتعلمها منذ أواخر القرن المُنصرم، وبداية القرن الحادي والعشرين. فقد أشارت وثيقة المجلس القومي لمعلمي الرياضيات *NCTM* عام (2000) إلى ستة مبادئ أساسية يستند إليها تعليم الرياضيات في الصفوف الدراسية المختلفة، وجاء المبدأ السادس منها ليؤكد على دور التكنولوجيا في تعليم الرياضيات، خاصة فيما يتعلق بالحس الهندسي، والحس المكاني، وكذلك الحس البياني.

ويُعد التحول الرقمي في عمليتي تعليم وتعلم الرياضيات المدرسية ملمح رئيس من ملامح رياضيات القرن الحاضر، وعامل مهم في فهم تطبيقاتها المتنوعة؛ فقد أصبح لدينا عديد من البرمجيات التي تمكن المتعلم من إجراء العمليات الحسابية المعقدة، وتمثيل الدوال بأنماطها المختلفة، ورسم الأشكال ثلاثية الأبعاد، وتحليل المقادير الجبرية المختلفة.

وعليه تحولت النظرة الاستاتيكية التي تعتبر الرياضيات مجرد عمليات وخوارزميات روتينية يتدرب المتعلم على القيام بها حتى يتقنها إلى النظرة البنائية التي تعتبر الرياضيات مجال خصب لممارسة عمليات التفكير، والتأمل؛ خاصة مع توافر أدوات التكنولوجيا التي تمكن كل من المعلم والطالب في إجراء عمليات النمذجة الرياضياتية بسهول، ودقة.

ولذلك، لا يجب أن يغيب عنا دور معتقد المعلم حول جدوي تفعيل برمجيات تعليم الرياضيات المختلفة في توفير مناخ تعليمي جيد يتمحور حول العمليات الرياضياتية التي تستهدف مستويات التفكير بأنماطها المختلفة، وتتيح مزيدًا من الوقت لممارسة التفكر، والتأمل حول المواقف الرياضياتية، ومسارات التفكير التي ينتهجها الطلاب أثناء معالجة تلك المواقف.

ويتطلب استخدام التكنولوجيا في تعليم الرياضيات أكثر من مجرد المعرفة بكيفية استخدام أدواتها المختلفة؛ فعلى معلم الرياضيات أن يتعرف كيف يصمم أنشطة للتعليم والتعلم بحيث تتمركز حول تلك الأدوات أو البرمجيات، وكيف يستخدم أساليب متنوعة لتحفيز المتعلمين نحو تلك الأنشطة، وأن يستهدف بصورة أساسية التعلم ذي المعنى القائم على الفهم، ومشاركة الرؤى والأفكار المختلفة. (Silk,et. al.,2010:21)

كما أشار المجلس القومي لمعلمي الرياضيات NCTM عام (2011) إلى مجموعة من الفوائد التي يمكن تحقيقها عند تفعيل التكنولوجيا في فصول تعليم الرياضيات؛ منها:

- تفريد المحتوى Individualized Content.
- زيادة انخراط الطلاب Increased Engagement في أنشطة التعلم.
- توفير فرص متنوعة للتعلم Multiple Opportunities for Practice.

كما أوصى مجلس اعتماد برامج إعداد المعلم Council for the Accreditation of Educator Preparation (CAEP) بضرورة تضمين برامج إعداد المعلم قدر من المعلومات والمهارات المرتبطة بتفعيل بيئة التعلم باستخدام التكنولوجيا المناسبة.

ويُعد الاستقصاء الرياضياتي المتمركز حول برمجيات تعليم الرياضيات مثل: GeoGebra,Cabri,Sketchpad من التوجهات الحديثة التي وجدت اهتمامًا كبيرًا من الباحثين على مستوى التخطيط، والتنفيذ، والتقويم. ومن الدراسات العربية التي اهتمت مؤخرًا بهذا التوجه؛ دراسة "بسمة محمود عبد العظيم" (2014)، ودراسة "أمنية ابراهيم حسن" (2015)، ودراسة "خديجة منصور علي" (2017)، ودراسة "عبد الجواد عبد الجواد" (2019).

وقد اتفقت هذه الدراسات في نتائجها حول أهمية استخدام البرمجيات التفاعلية في تدريس بعض موضوعات الرياضيات، وأن هذا الاستخدام من شأنه أن يؤدي إلى تنمية متغيرات مهمة كالتحصيل، واستيعاب المفاهيم الرياضياتية، بالإضافة إلى تنمية بعض مهارات التفكير؛ حيث إن استخدام المعلم لتلك البرمجيات خاصة على مستوى النمذجة الرياضياتية للأشكال ثلاثية البعد، وتحليل المقادير الجبرية، وإجراء العمليات الحسابية يوفر فرص أكبر للمعلم لاستهداف التعلم المستند على الفهم، وذلك من خلال ممارسة عمليات المناقشة، والتفكير في كل ما يطرحه الطلاب.

كما لا يجب أن يغيب عنا - بحال من الأحوال - أن استخدام التكنولوجيا يضفي على بيئة التعلم مزيد من التشويق والإثارة، ويحقق قدر من متعة التعلم؛ والذي يُعد بدوره هدفًا أساسيًا في المراحل الأولى من التعليم لزيادة مستوى المشاركة الفعّالة في أنشطة التعليم والتعلم.

مصادر الإحساس بالمشكلة:

تعددت مصادر الإحساس بالمشكلة الرئيسة للبحث الحالي؛ والتي تتمثل في "تدنى مستوى الحس المكاني، وكذلك الفهم الهندسي لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي"؛ وهذه المصادر هي:

١. الخبرة الميدانية للباحث من واقع إشرافه على الطلاب معلمي الرياضيات بمرحلة التعليم الأساسي أثناء التربية العملية؛ فقد وجد الباحث أن التلاميذ يجدون صعوبة

في إدراك الأشكال الهندسية المركبة، وبناء تصورات، وإدراكات عقلية لها بصورة صحيحة، فضلًا عن الافتقار إلى بناء المعنى خلال معالجتهم المشكلات الهندسية المختلفة في سياق محتوى الرياضيات المقرر عليهم.

٢. الدراسات والبحوث السابقة التي أكدت وجود قصور في المقدرة على الحس المكاني لدى التلاميذ، برغم التأكيدات المتزايدة على دور الحس المكاني في بناء المقدرة الرياضياتية، وتحقيق مستوى متقدم في الإنجاز الأكاديمي أو التحصيل؛ ومن هذه الدراسات: دراسة "تزريل، وإيجوزي" Tzuriel&Egozi(2010) ، ودراسة "نيوكومب وشيبلي" Newcombe& Shipley(2015)، ودراسة "يونج وآخرون"Young,et al. (2018).

٣. الدراسة الاستطلاعية التي أجراها الباحث على عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي بإحدى مدارس المرحلة الابتدائية بالإسكندرية، والتي بلغ عددها (٥٠) تلميذًا، حيث طُبق عليهم اختبارين قصيرين للتعرف على الحس المكاني، والفهم الهندسي لديهم؛ يشتمل كل منهما على أربع مفردات من نوع "اختيار من متعدد"، وقد بلغ متوسط درجات أفراد العينة في اختبار الحس المكاني (١.٩) من الدرجة الكلية للاختبار(٤درجات) بنسبة مئوية تُقدر بـ (٤٧.٥%)، بينما بلغ متوسط درجاتهم في اختبار الفهم الهندسي (٢.٣) من الدرجة الكلية للاختبار(٤درجات) بنسبة مئوية تُقدر بـ (٥٧.٥%). هذه المستويات تُعد متدنية مقارنةً بالمستويات المطلوب تحقيقها في تلك المرحلة. كما أجريت مقابلة مع التلاميذ حول مفردات اختبار الحس المكاني، فتبين أن التدني عند كثير من التلاميذ مرجعه عدم القدرة على بناء تصورات صحيحة للأشكال والمجسمات الهندسية، خاصة المركبة منها من عدة أشكال.

هذه المصادر بدورها دعمت شعور الباحث بوجود مشكلة لدى التلاميذ فيما يتعلق بالحس المكاني، ومقدرتهم على بناء تصورات صحيحة للأشكال الهندسية في بعدين، وثلاثة أبعاد؛ ومن ثم فهناك ضرورة لدراسة كيفية التصدى لها من خلال استخدام مدخل "الاستقصاء المتمركز حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات"

مشكلة البحث وأسئلته:

تحددت مشكلة البحث في تدني مستوى مقدرة تلاميذ الصف السادس الابتدائي على الحس المكاني المرتبط بالعلاقات بين الأشكال الهندسية الأساسية، وإدراك خصائصها المختلفة، وبناء تصورات صحيحة لتلك الأشكال والمجسمات في المستوى الإحداثي، وفي الفراغ؛ فضلًا عن ضعف مستوى الفهم الهندسي لديهم. وللتصدي لهذه المشكلة، فإن البحث الحالي يمثل محاولة للإجابة عن السؤال الرئيس التالي: **كيف يمكن استخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في معالجة موضوعات**

محتوى هندسة الصف السادس الابتدائي لتنمية مستوى الحس المكاني، والفهم الهندسي لديهم؟ ويتفرع عن هذا السؤال الأسئلة الفرعية التالية:

السؤال الأول: كيف يمكن تفعيل الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في تدريس موضوعات الهندسة؟

السؤال الثاني: ما فاعلية استخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في تنمية الحس المكاني لدى عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي؟

السؤال الثالث: ما فاعلية استخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في تنمية الفهم الهندسي لدى عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي؟

فروض البحث:

- يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعتين (التجريبية، والضابطة) في القياس البعدي لمستوى الحس المكاني لصالح تلاميذ المجموعة التجريبية.
- يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في القياسين القبلي والبعدي لمستوى الحس المكاني لصالح التطبيق البعدي.
- يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعتين (التجريبية، والضابطة) في القياس البعدي لمستوى الفهم الهندسي لصالح تلاميذ المجموعة التجريبية.
- يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في القياسين القبلي والبعدي لمستوى الفهم الهندسي لصالح التطبيق البعدي.

أهمية البحث:

قد تفيد نتائج البحث الحالي في الجوانب التالية:

- **مخططي مناهج تعليم الرياضيات المدرسية:** توجيه اهتمام متزايد نحو الحس المكاني من خلال تضمين أنشطة متنوعة في كتاب التلميذ، ودليل المعلم تستهدف تنمية تصوراتهم، وكذا إدراكهم للأشكال الهندسية ثنائية، وثلاثية البعد المتضمنة في محتوى الهندسة.
- **معلمي وموجهي الرياضيات المدرسية:** تفعيل المعلمين للأنشطة المختلفة التي تستهدف الحس المكاني، واعتبار ذلك بمثابة أحد أبعاد تقويم الأداء التدريسي

لمعلمي الرياضيات بالمرحلة الابتدائية. فضلًا عن حث المعلمين على التخطيط لأنشطة إثرائية متنوعة تستهدف إثارة تفكير التلاميذ، وتحفيزهم على الإنخراط في استقصاءات تعاونية حول الأشكال، والمجسمات الهندسية الأساسية.

- **تلاميذ الصف الخامس الابتدائي:** الانخراط في استقصاءات تعاونية حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات بهدف فهم الأشكال الهندسية، وتحليل خصائصها، وإدراك ما بينها من علاقات.
- **ميدان البحث في تربويات الرياضيات:** تقديم خلفية نظرية حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات، ودورها في تدعيم الفهم، والحس المكاني، وتصميم أداتي الدراسة الأساسيتين، فضلًا عن تقديم نتائج حول استخدام الاستقصاءات التعاونية المتمركزة حول التكنولوجيا في تنمية الحس المكاني، والفهم الهندسي لدى عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي.

حدود البحث:

يقتصر البحث الحالي على الحدود التالية:

- تلاميذ الصف السادس الابتدائي.
- الوحدة التعليمية الثالثة (الهندسة والقياس) المقررة على تلاميذ الصف السادس الابتدائي، لأنه بنهاية هذا الفصل يُتوقع من التلميذ فهم، وإدراك الخصائص والعلاقات الهندسية الخاصة بمجموعة الأشكال الهندسية الأساسية، وكذلك بعض المجسمات متمثلة في المكعب، ومتوازي المستطيلات.
- إحدى مدارس المرحلة الابتدائية بمحافظة الإسكندرية، وذلك حتى يسهل على الباحث تطبيق تجربتي البحث الاستطلاعية والأساسية، ومتابعة التطبيق، وتدوين الملاحظات الميدانية.
- بداية الفصل الدراسي الثاني للعام ٢٠١٩/٢٠٢٠م.

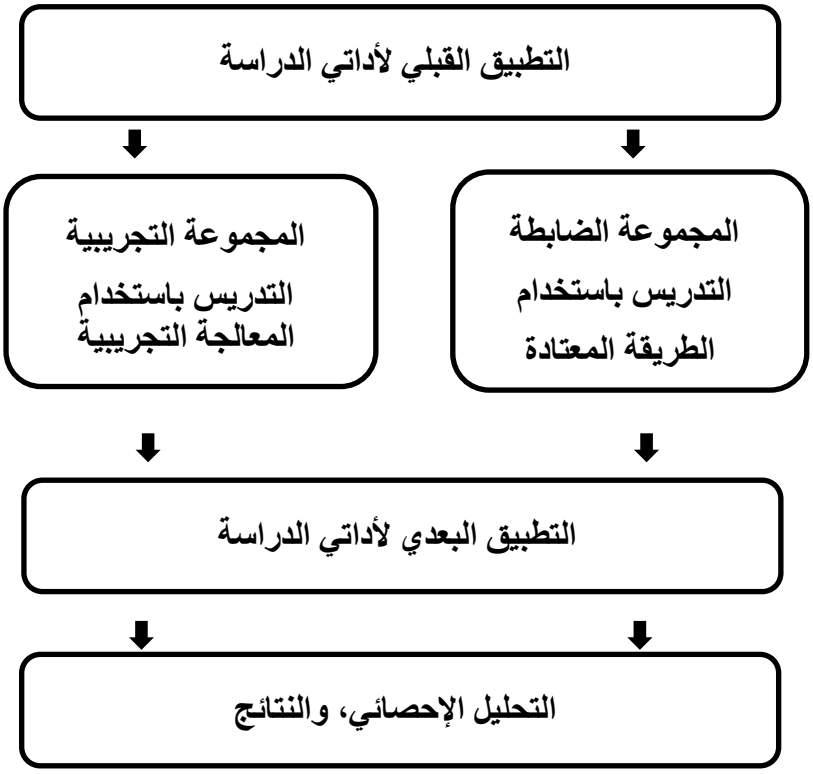
منهج البحث:

يعتمد البحث على:

- المنهج الوصفي التحليلي لدراسة طبيعة المتغيرات الأساسية للبحث، والوقوف على أبعادها المختلفة، والدراسات والبحوث التي استهدفتها؛ وذلك بغرض تصميم بعض مناشط تعلم الهندسة في سياق بعض برمجيات تعليم الرياضيات؛ بالإضافة إلى إعداد أداتي الدراسة الأساسيتين.
- المنهج شبه التجريبي للإجابة عن أسئلته، والتحقق من صحة فروضه.

التصميم التجريبي:

يوضح شكل (١) تصميم تجربة البحث:



شكل (١) : التصميم التجريبي للبحث

مصطلحات البحث:

الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا

نمط من أنماط التعلم؛ ينشط فيه الطالب بالتعاون مع أقرانه من أجل البحث عن إجابة سؤال رئيسي، أو ينخرط في أداء مهمة رياضياتية Mathematical Task مستخدمًا ما لديه من أدوات التكنولوجيا المتاحة له في بيئة التعلم، وذلك تحت توجيه، وضبط من جانب معلم الرياضيات.

الحس المكاني:

يمكن وصف المقدرة على الحس المكاني في ضوء طبيعة البحث الحاضر من خلال إطار عام يحدد مظاهرها الأساسية؛ وتتمثل ملامح هذا الإطار فيما يلي:

- **التصور المكاني** Spatial Visualization: ويتمثل في المقدرة على التعرف على أبعاد الشكل الهندسي، والعلاقة بين مكوناته المختلفة، وذلك في بعدين، وثلاثة أبعاد.

- **التدوير الذهني** Mental Rotation: ويتمثل في إجراء عمليات التحويل الهندسي على الأشكال والمجسمات الهندسية.
- **النماذج والأنماط الهندسية** Geometric Patterns: وتتمثل في فهم طبيعة الأشكال والنماذج التي تكون نمطًا هندسيًا ما، والقدرة على استكمال تلك الأنماط.

الفهم الهندسي:

يمكن تحديد المقصود بالفهم الهندسي بأنه: "ذلك الفهم الرياضياتي لكن في سياق مواقف هندسية"، وبصورة أكثر تحديدًا، يمكن التعبير عن الفهم الهندسي بأنه: "مقدرة المتعلم على إدراك مجموعة خصائص المفاهيم الهندسية، وتمثيلها عقليًا، فضلًا عن بناء علاقات رياضياتية بين تلك المفاهيم، واستخدام تلك العلاقات في تحليل المواقف الهندسية المرتبطة بتلك المفاهيم".

ويرتكز هذا التعريف بصورة كبيرة على كون التمثيلات الرياضياتية Mathematical Representations تمثل اللبنة الأساسية في بناء الفهم الصحيح لدى المتعلم، ومن ثم تطور البنية المفاهيمية لديه.

خطوات البحث وإجراءاته:

للإجابة عن أسئلة البحث أُتبعت الخطوات، والإجراءات التالية:

أولاً: التحديد الدقيق لمفهوم "الحس المكاني"، وطبيعته، وطبيعة المفردات التي يمكن استخدامها في قياسه لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي؛ وكذلك مفهوم "الفهم الهندسي"؛ وقد تم ذلك من خلال اتباع عدد من الإجراءات تمثلت فيما يلي:

- تحليل مجموعة من الدراسات العربية، والأجنبية التي عنيت بالمقدرة على الحس المكاني، وكيفية قياسها، وأساليب تنميتها.
- توصيف مصطلح "الحس المكاني، وكذلك الفهم الهندسي" توصيفًا إجرائيًا.
- تحليل موضوعات وحدة "الهندسة والقياس"المقررة على تلاميذ الصف السادس الابتدائي في الفصل الدراسي الثاني؛ وذلك لتحديد المفاهيم، والمهارات، والمشكلات الرياضياتية المتضمنة في موضوعات تلك الوحدة.
- بناء اختباري "الحس المكاني، والفهم الهندسي" في صورة تناسب المرحلة العمرية، والخلفية المعرفية لدى أفراد عينة البحث.
- تقنين أداتي البحث من حيث، الصدق والثبات.

ثانياً: بناء دليل المعلم لتدريس أنشطة الوحدة باستخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات؛ وقد تم ذلك باتباع الإجراءات التالية:

- تحديد المفاهيم والمهارات التي يمكن تنميتها باستخدام برمجيات تعليم الرياضيات المُستخدمة في البحث.
- تصميم مجموعة من أنشطة التعلم باستخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول تلك البرمجيات.
- بناء دليل لمعلم الرياضيات يتضمن تلك الأنشطة، ومجموعة من الإرشادات التي تساعده على تنفيذها بالطريقة المستهدفة.

ثالثًا: تطبيق تجربة البحث، ومعالجة البيانات، وتفسير النتائج، وقد تم ذلك وفق مجموعة الإجراءات التالية:

- تحديد مجتمع البحث المتمثل في تلاميذ الصف السادس الابتدائي بمحافظة الإسكندرية، واختيار العينة بطريقة عشوائية.
- عقد مجموعة من الجلسات التعريفية مع معلم المجموعة التجريبية؛ وذلك بغرض تعريفه بطبيعة الدليل، وكيفية تنفيذ أنشطة التعلم بطريقة الاستقصاء التعاوني المتمركز حول برمجيات تعليم الرياضيات المُستخدمة.
- التطبيق القبلي لأداتي البحث؛ وهما اختبار الحس المكاني، واختبار الفهم الهندسي.
- تطبيق تجربة البحث الأساسية؛ والتي تتضمن دراسة تلاميذ المجموعة التجريبية لأنشطة وحدة "الهندسة والقياس" باستخدام المعالجة التجريبية، بينما يقوم تلاميذ المجموعة الضابطة بدراسة نفس موضوعات الوحدة بالطريقة المعتادة.
- التطبيق البعدي لاختباري الحس المكاني، والفهم الهندسي.
- جمع البيانات ومعالجتها إحصائيًا.
- مناقشة النتائج المرتبطة بالسؤالين الثاني والثالث، وتقديم عدد من التوصيات.

الخلفية النظرية للبحث:

المدخل التكنولوجي في تعليم الرياضيات Technology Approach

بالرجوع إلى نظريات التعلم، وفي مقدمتها نظرية بياجيه Piaget نجد أنها أكدت على ضرورة الاهتمام بالتدرج في عملية تعلم المفاهيم والمهارات؛ بحيث تبدأ بالمرحلة المحسوسة Concrete operational stage، ثم الانتقال تدريجيًا للمرحلة الرمزية (المجردة) Formal operational stage.هذا الانتقال التدريجي يتطلب وجود وسيط يعمل على بناء تصورات عقلية في أذهان الأفراد للأشياء والنماذج في الواقع، وهنا تظهر قيمة تفعيل التكنولوجيا في التعليم في أنها تعمل على بناء جسور جيدة بين المرحلتين المحسوسة، والمجردة من خلال التصور Visualizations الذي يساعد

على بناء نموذج عقلي للأشياء الحقيقية من خلال التمثيلات المختلفة، والصور والأشكال التي يمكن عرضها بصورة تفاعلية.

وقد بدأ استخدام التكنولوجيا في تعليم الرياضات منذ ابتكار الآلة الحاسبة التي يمكنها القيام بالعمليات الحسابية الأساسية المتمثلة في الجمع والطرح والضرب والقسمة، ثم مع ظهور الكمبيوتر، وتطور استخدامه، وابتكار عديد من برمجيات تعليم الرياضيات التي يمكن استخدامها داخل الفصول الدراسية لشرح المفاهيم والمهارات الرياضياتية بصورة أكثر فاعلية مثل برمجيات GeoGebra, Cabri, and Geometers Sketchpad، أصبح للتكنولوجيا رصيدًا كبيرًا في مجال تعليم الرياضيات، وتعلمها في المراحل التعليمية المختلفة.

والمتأمل لمضامين المؤتمرات الإقليمية، والدولية المرتبطة بمجال تربويات الرياضيات، يجد أن التكنولوجيا تمثل –على الأقل- محورًا من محاور اهتمامها؛ فعلى سبيل المثال، جاء المؤتمر العلمي السنوى السابع عشر لجمعية تربويات الرياضيات عام (2020) ليؤكد بصورة كبيرة على دور التكنولوجيا الحديثة في مجال تعليم الرياضيات، وجعلها بعدًا مهمًا من أبعاد المؤتمر. كما تمركزت جميع أبحاث المؤتمر الدولي الثالث عشر للتكنولوجيا في تعليم الرياضيات The 13th International Conference on Technology in Mathematics Teaching – ICTMT عام (2017) حول تفعيل التكنولوجيا في تعليم الرياضيات.

ولقد أدى ربط مناهج تعليم الرياضيات بالتكنولوجيا إلى ظهور تغير واضح في طبيعة عمليتي التعليم والتعلم، ونتائجها؛ فطبقًا لدراسة "رايت" (Wright,1999) أدى ربط التكنولوجيا بمناهج تعليم الرياضيات في المرحلة العليا إلى نمو مستوى التحصيل الدراسي لدى الطلاب، والثقة بالنفس، والاتجاه، ومستوى التفاعل في سياق بيئة التعلم بمكوناتها المختلفة. كما أشارت دراسة "كيريجان" (Kerrigan,2002) إلى نمو مستوى مهارات التفكير العليا higher-order thinking skills لدى عينة التلاميذ الذين تعلموا باستخدام برمجيات تعليم الرياضيات، وعبر مواقع الإنترنت، فضلًا عن نمو مهارات استخدام الحاسب في تجميع البيانات، وتحليلها.

وفي ذات السياق، يشير مركز التكنولوجيا في التعلم Center for Technology in Learning عام (2007) إلى أن تمركز أداء معلم الرياضيات حول التكنولوجيا خلال عملية التدريس يساعد على توفير عاملين يصعب توافرهما في بيئة التعلم التقليدية؛ الأول يتمثل في توفير مساحة من أجل التركيز على مهارات التفكير، والثاني يتمثل في التمثيل الجيد لمواقف التعلم، وإجراء العمليات الحسابية بسرعة، ودقة؛ وهذا بدوره يضفي على بيئة التعلم مزيدًا من المتعة، والتشويق، ويوفر مجهود المعلم، ووقته ليستثمرهما في مناقشة مسارات التفكير المختلفة التي ينتهجها طلابه خلال التصدي لحل المشكلات الرياضياتية.

وتأكيدًا على دور التكنولوجيا في عمليتي التعليم والتعلم، أشارت هيئة "المجتمع الدولي للتكنولوجيا في التربية" International Society for Technology in Education عام (2000) إلى الحاجة إلى تضمين مجموعة من المعايير المرتبطة بالتكنولوجيا في برنامج إعداد المعلم؛ وذلك بهدف إكسابه مجموعة من المعارف والمهارات المرتبطة بتوظيف الكمبيوتر كأداة تعليمية تفاعلية في الفصول التعليمية.

وإجرائيًا، تضمنت وثيقة مبادئ ومعايير الرياضيات المدرسية التي أصدرها المجلس القومي لمعلمي الرياضيات NCTM عام (2000) ستة مبادئ أساسية، مثلت التكنولوجيا فيها المبدأ السادس؛ مؤكدة على الدور الحيوي للتكنولوجيا في تحقيق التعلم الفعّال في بيئة تعلم الرياضيات.

كما أشار المجلس القومي لمعلمي الرياضيات NCTM عام (2011) إلى مجموعة من الفوائد التي يمكن تحقيقها عند تفعيل التكنولوجيا في فصول تعليم الرياضيات؛ منها: تفريد المحتوى Individualized Content، زيادة انخراط الطلاب Increased Engagement في أنشطة التعلم، وتوفير فرص متنوعة للممارسة Multiple Opportunities for Practice. كما أوصى مجلس اعتماد برامج إعداد المعلم Council for the Accreditation of Educator Preparation (CAEP) بضرورة تضمين برامج إعداد المعلم قدر من المعلومات والمهارات المرتبطة بتفعيل بيئة التعلم باستخدام التكنولوجيا المناسبة.

واتساقًا مع ما سبق؛ نصت مسودة مركز تطوير المناهج لمصفوفة المدى والتتابع لمعايير ومؤشرات مادة الرياضيات لمرحلة التعليم قبل الجامعي في المؤشرات المرتبطة بتحقيق المعيار الأول لمجال الهندسة في الصف السادس الابتدائي "تحليل خواص أشكال هندسية ثنائية وثلاثية البعد وإدراك العلاقات بينها" على المؤشر التالي:

"يستخدم بعض برامج الحاسب الآلي في رسم أشكال هندسية، وحل مشكلات هندسية في صورة أنشطة"(مركز تطوير المناهج،٢٠١٦: ٢٤)

ويشير عدد -غير قليل- من البحوث والدراسات المعنية باستخدام التكنولوجيا في تعليم الرياضيات المدرسية إلى دورها الكبير في تفعيل وتيسير أدوار المعلم؛ وذلك من خلال القيام بما يلي:

- تدعيم الخبرات السابقة، وما يرتبط بها من مهارات.
- تأكيد الترابط بين المفاهيم الرياضياتية.
- ربط المجردات بالعالم الواقعي الذي نعيش فيه.
- تحديد الأخطاء المفاهيمية Misunderstandings.

- تطوير الأفكار الرياضياتية.

(Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Roschelle et. al., 2000)

ولقد أشار كل من "ميشرا، وكوهلر" Mishra and Koehler (2006) إلى ثلاثة مكونات رئيسة يمكن اعتبارها بمثابة القلب في بنيان التدريس الجيد؛ وهي المحتوى، والمعرفة التربوية، والتكنولوجيا Content, Pedagogy and Technology، فضلًا عن العلاقة التبادلية بين تلك المكونات. كما تم ترجمة هذا الاهتمام في إطار عمل أُطلق عليه PACKage of technological pedagogical content knowledge (TPACK)، وقد تم الأخذ بهذا الإطار لتفعيل التكنولوجيا داخل بيئة التعلم الصفي، ليس فقط في الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن في كثير من بلدان العالم الأخرى، مثل الكويت، وتايوان، واليونان، وسنغافورة. ويحدد هذا الإطار بصورة إجرائية سمات البيئة الصفية، وأدوار المعلم والمتعلم المؤسسة على المدخل التكنولوجي في التدريس.

وطبقًا للتوجهات الحديثة في تعليم الرياضيات، وتعلمها، والتي تنطلق بدورها من النظرية البنائية، بحيث يكون للمتعلم الدور الأكبر في بناء المعرفة الرياضياتية، وذلك في إطار ما يُعرف بمدخل التعلم القائم على الاستقصاء Inquiry-Based Learning Approach في مقابل المدخل التقليدي القائم على التلقين Transmissive Approach؛ فإن المدخل التكنولوجي يمكن أن يكون بمثابة الجسر الذي يتأسس عليه هذا التحول، والتغير.(Camenzuli,2015:42)

ويمكن تعريف الاستقصاء الرياضياتي بأنه "عملية تتضافر فيها جهود كل من المعلم، والطالب؛ بحيث يحاول الطالب البحث عن إجابة سؤال رئيسي، أو ينشط في أداء مهمة رياضياتية Mathematical Task تحت توجيه، وضبط من جانب المعلم"، ويتمركز اهتمام المعلم خلال عملية التوجيه والضبط على مساعدة الطالب بعدم الخروج عن المسار الذي يؤدي إلى تحقيق الأهداف المرجوة، وتقديم الدعم، والتحفيز في الوقت المناسب. (Alvarado & Herr, 2003).

وخلال الاستقصاء الرياضياتي، يقوم المتعلم بالدور الأكبر في عملية التعلم، حيث يمارس عملية المُلاحظة لمواقف التعلم، ويخطط لعملية البحث عن حلول، أو إجابات عن أسئلة المعلم التى يطرحها، ويمارس التفكير الناقد خلال عملية تحديد السبب، أو ما يُعرف بالسببية الرياضياتية Mathematical Reasoning، وصياغة تفسيرات مقبولة عقلية.

ويُعد الاستقصاء الرياضياتي المتمركز حول برمجيات تعليم الرياضيات مثل: GeoGebra,Cabri,Sketchpad من التوجهات الحديثة التي وجدت اهتمامًا كبيرًا من الباحثين على مستوى التخطيط، والتنفيذ، والتقويم. ومن الدراسات العربية التي

اهتمت مؤخرًا بهذا التوجه؛ دراسة "بسمة محمود عبد العظيم" (2014)، ودراسة "أمنية ابراهيم حسن" (2015)، ودراسة "خديجة منصور علي" (2017)، ودراسة "عبد الجواد عبد الجواد" (2019). وقد اتفقت هذه الدراسات في نتائجها حول أهمية استخدام البرمجيات التفاعلية في تدريس بعض موضوعات الرياضيات، وأن هذا الاستخدام من شأنه أن يؤدي إلى تنمية متغيرات مهمة كالتحصيل، واستيعاب المفاهيم الرياضياتية، بالإضافة إلى تنمية بعض مهارات التفكير.

ويعتمد البحث الحاضر بدرجة أساسية على برمجيتين فقط من برمجيات تعليم الرياضيات التفاعلية؛هما:

برمجية Geometer's Sketchpad(GSP)

تُعد بمثابة بيئة تعلم إلكتروني مفتوحة، تمكن المستخدم من تمثيل بعض الأفكار الهندسية، وتساعد في رسم الأشكال الهندسية بدقة عالية، وذلك باستخدام أدوات هندسية متوفرة ضمن قائمة الأدوات، أو من خلال الأمر Construct – حيث يمكن للمستخدم أن يجري بعض التغييرات على مظهر الشكل، وحجمه.

وتتميز الأشكال في برمجية GSP بأنها قابلة للسحب في جميع أرجاء الشاشة، وكلما تغيرت سمات الشكل، تغيرت بالتبعية قياساته المتمثلة في محيطه، ومساحته، وحجمه أيضًا.

برمجية GeoGebra Classic

وبرمجية "جيوجبرا" Geogebra يعرّفها البعض على أنها برمجية تفاعلية مرتبطة بمجالات الرياضيات المختلفة، مُصممة بالدرجة الأولى لمساعدة الطالب على بناء تصورات صحيحة للمفاهيم، والعلاقات الرياضياتية المختلفة، ويمكن تصنيفها ضمن أنظمة الهندسة التفاعلية DGS ؛ حيث إنها تتضمن المفاهيم الهندسية الأساسية (مثل: النقطة، المستقيم، القطع المستقيمة، الأشكال ثنائية البعد والمجسمات ثلاثية البعد)(غادة سالم النعيمي، ٢٠١٦: ٤٧)

والبرمجية عبارة عن مجموعة من الأدوات والأوامر التي تساعد المتعلم في تمثيل العلاقات، والأشكال الهندسية معتمدًا على ذاته، كما تتضمن تلك الأدوات معينات كثير لتيسير عملية التعلم، بحيث ينصب دور المعلم على التوجيه، والإرشاد، والضبط.

وتُعد هاتان البرمجيتان من برمجيات تعليم الرياضيات التي يمكن للمعلم أن يستخدمها بمجرد تعرفه على مجموعة نوافذ كل برمجية، وما تحتويه من أوامر تنفيذية، كم يمكن تحميلها مجانًا على أجهزة اللابتوب الشخصية.

ويرجع السبب الرئيس في اعتماد البحث على هاتين البرمجيتين إلى فاعلية برمجية Geogebra Classic في معالجة الأشكال الهندسية ثنائية البعد، بينما تزداد فاعلية

برمجية Geometer's Sketchpad في معالجة المجسمات والأشكال الهندسية ثلاثية البعد، وإضفاء عنصر الحركة على المجسم بسهولة.

ولم يقتصر اهتمام الباحثين على مجرد استخدام البرمجيات التفاعلية في تدريس محتوى بعض الموضوعات الرياضياتية، بل امتد هذا الاهتمام ليشمل اقتراح، وتصميم برامج تدريبية للمعلمين قبل الخدمة، وأثنائها؛ وذلك بغرض إكسابهم المهارات التدريسية الأساسية المرتبطة بتفعيل تلك البرمجيات في تعليم الرياضيات، وتعلمها؛ ومن هذه الدراسات:

- دراسة (Herron,2010) والتي استهدفت توفير مجموعة من الخبرات المخططة للطلاب معلمي الرياضيات قبل الخدمة، لتعزيز مقدرتهم على استخدام، وتوظيف التكنولوجيا في رياضيات المرحلة الابتدائية، وتوصلت الدراسة إلى تحديد طبيعة توجهات الطلاب المعلمين نحو استخدام التكنولوجيا في تعليمهم الرياضيات، والتي من شأنها يمكن أن تفيد في إصلاح برامج إعداد معلم الرياضيات بشأن دمج التكنولوجيا في عملية تعليم الرياضيات، وتعلمها.
- دراسة (Camenzuli,2015) التي تمركزت حول الاستقصاء الرياضياتي في إطار نموذج لدورة التعلم IBL Circle، مكون من خمسة مراحل هي: (١) الملاحظة، (٢) البحث أو الاستقصاء، (٣) تفسير وشرح النتائج، (٤) التواصل مع الأخرين، (٥) التأمل المعرفي، ودراسة دوره في تفعيل تعليم الرياضيات وفق المدخل البنائي. وتضمنت عينة الدراسة مجموعة من فصول تعليم الرياضيات في المرحلة العمرية (من ١١-١٦عام) في دول مالطة. وقد بينت النتائج فاعلية الاستقصاء القائم على التكنولوجيا في إحداث التحول من المنظور التقليدي (الاهتمام بنقل المعرفة) إلى المنظور الحديث (الرؤية البنائية)، فضلًا عن تنمية اتجاهات أفراد عينة الدراسة نحو تعلم الرياضيات.
- دراسة (Mistretta,2005) والتي استهدفت تصميم برنامج تدريبي للطلاب معلمي الرياضيات لتفعيل التكنولوجيا في فصول تعليم الرياضيات، وتكونت عينة الدراسة من (٧٠) طالب معلم. تم تدريبهم خلال أنشطة البرنامج على استخدام مجموعة من برمجيات تعليم الرياضيات في تدريس الموضوعات المختلفة للطلاب في المرحل التعليمية المختلفة. وقد أشارت نتائج الدراسة إلى فاعلية البرنامج التدريبي في تنمية الأداء التدريسي القائم على التكنولوجيا، فضلًا عن تنمية الوعي، والثقة بالنفس لدى أفراد عينة الدراسة على توظيف التكنولوجيا بشكل جيد خلال تعليم الرياضيات، وذلك على مستوى التخطيط، والتنفيذ.

وتأسيسًا على ما سبق، نجد أن الاهتمام بإصلاح برامج إعداد معلم الرياضيات يتمركز بصورة كبيرة حول الاستفادة من التطور التكنولوجي، وانعكاساته على واقع التعليم عامة، وتعليم الرياضيات خاصةً، حتى أصبحت التكنولوجيا بأدواتها، وبرمجياتها المختلفة بمثابة نقطة ارتكاز لمحتوى، وأنشطة المنهج في كثير من الصفوف الدراسية؛ والذي يترتب عليه الأخذ في الاعتبار تضمين هذه البعد في برامج إعداد معلم الرياضيات، ويمكن أن نتلمس ذلك في المتطلبات التي يجب أن تتوافر لدى معلم الرياضيات بمدارس STEM، واقتراح برامج لإعداد معلم STEM كما هو الحال في كلية التربية، جامعة الإسكندرية.

كما يتبين لنا أيضًا من الدراسات السابقة، أن استخدام برمجيات الحاسب التفاعلية في تعليم الرياضيات ساعد بدوره على تعزيز اتجاهات المتعلمين نحو دراسة، وتعلم الرياضيات، وتطور بعض مهارات التفكير لديهم، فضلًا عن استيعابهم المفاهيم الرياضياتية الأساسية بصورة جيدة.

وبرغم وجود عدد من الدراسات العربية التي اهتمت باستخدام التكنولوجيا بأدواتها المختلفة في تنمية بعض المتغيرات المرتبطة بتعليم الرياضيات كاستيعاب المفاهيم الرياضياتية، وتنمية بعض مهارات التفكير؛ فإنه لا يزال هناك متغيرات تبدو أكثر ارتباطًا بالتكنولوجيا لم تجد نفس الاهتمام كالحس المكاني، والحس البياني، والاستدلال الهندسي في سياق الهندسة الفراغية.

كما تبدو الحاجة إلى الاهتمام بإعداد معلم الرياضيات في ضوء متطلبات القرن الحادي والعشرين، ويأتي في مقدمة هذه المتطلبات القدرة على التعامل مع التكنولوجيا الحديثة، وتوظيف أدواتها المختلفة من أجل إتاحة فرص جيدة للمتعلمين لفهم محتوى الرياضيات، ومعالجة أنشطته المختلفة بصورة أكثر تشويقًا. الأمر الذي يحتم على المعنيين توجيه مزيد من الاهتمام نحو تعريف معلم الرياضيات بالبرمجيات التفاعلية المختلفة التي يمكن توظيفها في تعليم المفاهيم، والمهارات الرياضياتية، وتدريبهم على استخدامها بصورة عملية.

ولا يغيب عنا التوجه المتزايد حديثًا من قبل وزارة التربية والتعليم، وكذلك المهتمين بتطوير التعليم نحو تفعيل منظومة التكنولوجيا بكل مفرداتها في تحسين بيئة التعلم، وتوفير مناخًا تعليميًا أكثر أمانًا، وأقل تكلفة.

المقدرة على الحس المكاني Spatial Sense Ability

يُعد تنمية الحس المكاني، والحس العددي – وفق توصيف وثيقة معايير المنهج والتقويم الصادرة عن المجلس القومي لمُعلمي الرياضيات NCTM عام (1989)- أحد الركائز الأساسية لمناهج تعليم الرياضيات التي تستهدف تنمية المقدرة على حل المشكلات بوجه خاص، وإنتاج رياضيات Doing mathematics بوجه عام.

فالمقدرة على الحس المكاني عامل أساسي في مساعدة المتعلمين على صياغة نماذج، وتصورات ذهنية للمشكلات، والمواقف الرياضياتية التي تتمركز حول مواقف التعليم والتعلم. وعدم التمكن من هذه المقدرة، خاصةً في مجال الهندسة والقياس يجعل المتعلم يقوم بالإجراءات الرياضياتية بصورة آلية تفتقر إلى بناء الفهم والمعنى.

وتشير وثيقة مبادئ ومعايير الرياضيات المدرسية الصادرة عن المجلس القومي لمعلمي الرياضيات عام (2000)، والتي تُعد بمثابة دليل إرشادي لرياضيات القرن الحادي والعشرين، في المعيار الثالث من معاييرها " معيار: الهندسة والحس المكاني" Geometry&Spatial sense Standard إلى ضرورة أن تعمل مناهج تعليم الرياضيات على مساعدة جميع التلاميذ على القيام بما يلي:

- تحليل خصائص، وسمات الأشكال الهندسية في بعدين، وثلاثة أبعاد.
- يختار، ويستخدم أنظمة مختلفة للتمثيل الرياضياتي.
- يتعرف أهمية عمليتي التحويل، والتماثل في تحليل المواقف الرياضياتية.
- يستخدم التصور، والاستدلال المكاني في حل المشكلات، سواء كان ذلك داخل سياق الرياضيات أم خارجها.(NCTM,2000:228)

بالرغم من وجود انتشار واسع لمفهوم الحس المكاني، أو التصور والإدراك المكاني في الأدبيات والكتابات التربوية المرتبطة بالقدرات الرياضياتية المختلفة، فإنه يصعب تحديد المفهوم تحديدًا دقيقًا شأنه في ذلك شأن جميع المصطلحات المرتبطة بعمل المخ.

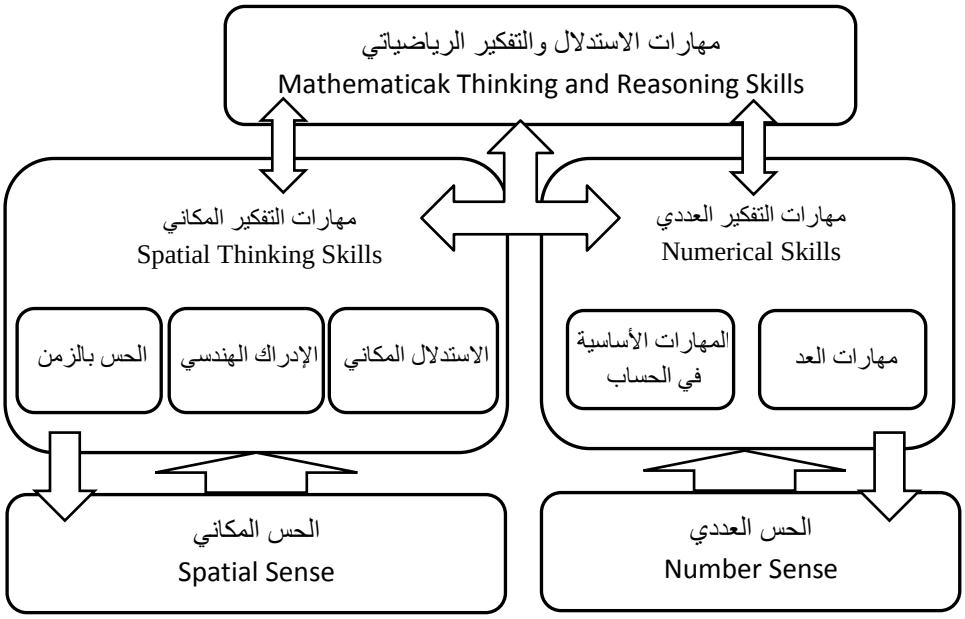
كما أن ارتباط استخدام المقدرة على الحس المكاني بعدد من المجالات داخل سياق الرياضيات وخارجها، قد جعل بدوره تحديد المفهوم تحديدًا دقيقًا أمرًا أكثر صعوبة.

فعلى مستوى علم النفس، كان هناك اهتمام متزايد بالقدرة المكانية منذ بدايات القرن المنصرم؛ وذلك بهدف التعرف على طبيعتها، ومظاهرها أو مكوناتها، وكيفية قياسها وتنميتها، وقد ظهر ذلك بوضوح في كتابات ثورنديك Thorndike، وجان بياجيه Jean Piage، وأخيرًا ثورستون Thurstone الذى عرف المقدرة على الحس المكاني في إطار نظرية "العوامل المتعددة" Multiple Factors للقدرة العقلية "الذكاء" باعتبارها مقدرة ذهنية تتطلب القيام بثلاث عمليات هي: التدوير الذهني Mental rotatio، والتصور المكاني Spatial Visualization، والإدراك المكاني Spatial Perception.(Thurstone,1950)

أما على صعيد الأدبيات والكتابات في إطار تربويات الرياضيات، فيمكن الوقوف على بعض الاجتهادات، أو الإسهامات التي تناولت المفهوم بقدر من الوصف والتحليل؛ ومن هذه الإسهامات ما يلي:

- المقدرة على الحس المكاني تتمثل في مقدرة الفرد على التعرف على الأنماط والنماذج البصرية التي يستقبلها المخ، ووصفها بصورة جيدة. (Mahayukti et al.,2019)
- القدرة على استحضار التمثيلات العقلية للنماذج والأشياء البصرية، وتمثيلها، وتحويلها، وتعميمها. (Carroll,1993)
- القدرة على الإدراك، والتصور المكاني للنماذج، والأنماط البصرية، وإجراء عمليات التدوير الذهني في بعدين، وثلاثة أبعاد. (Linn&Peterson,1985)
- قدرة التلميذ على تخيل واستخدام التمثيلات الهندسية، وإدراك عمليات التحويل الهندسي، واستخدام الاستدلال في معالجة المواقف والمشكلات الهندسية. (Sheard,2007:3)

ويلخص (Parviainen,2019) العلاقة بين الحس المكاني، والحس العددي في إطار مهارات التفكير الرياضياتي، وذلك وفق رؤيته التحليلية البنائية لمهارات التفكير الرياضياتي المتضمنة في رياضيات المرحلة الابتدائية التي كانت من نتائج دراسة التحليل البعدي التي أجراها على (١٣٤) بحث ومقال مرتبطة بكافة أنماط التفكير في المرحلة الابتدائية ؛ ويعبر الشكل التالي عن هذه العلاقة.



شكل (٢): نموذج بنائي لمهارات التفكير الرياضياتي في المرحلة الابتدائية

وبالتدقيق في الشكل السابق، نجد أن المهارات الأساسية للتفكير والاستدلال في المراحل الأولى من التعليم تعتمد بصورة أساسية على نمطين من التفكير؛ هما: (١) التفكير العددي بما يتضمنه من مهارات مرتبطة بالعد، والعمليات الحسابية الأساسية، (٢) التفكير المكاني بما يتضمنه من فهم وإدراك للأشكال الهندسية، والعلاقات بينها، والحس بالزمن. النمط الأول من التفكير يؤدي إلى نمو المقدرة على الحس العددي، ويتطور في إطاره، بينما النمط الثاني من التفكير يؤدي إلى نمو المقدرة على الحس المكاني.

وتأسيسًا على النظرة التحليلية للتعريفات السابقة، يمكن وصف المقدرة على الحس المكاني من خلال إطار عام يحدد مظاهرها الأساسية؛ وتتمثل ملامح هذا الإطار فيما يلي:

- التصور المكاني Spatial Visualization: ويتمثل في المقدرة على التعرف على أبعاد الشكل الهندسي، والعلاقة بين مكوناته المختلفة، وذلك في بعدين، وثلاثة أبعاد.
- التدوير الذهني Mental Rotation: ويتمثل في إجراء عمليات التحويل الهندسي على الأشكال والمجسمات الهندسية.
- النماذج والأنماط الهندسية Geometric Patterns: وتتمثل في فهم طبيعة الأشكال والنماذج التي تكون نمطًا هندسيًا ما، والقدرة على استكمال تلك الأنماط.

وبصورة أكثر تحديدًا، اقترح "بوتري وآخرون" Putri&others(2019) مجموعة من مؤشرات الأداء التي يمكن استخدامها في وصف المقدرة على الحس المكاني، والتعرف عليها وقياسها؛ هذه المؤشرات هي:

- استكشاف العلاقات المكانية بين الأشياء في الفراغ.
- فهم، واستكشاف العلاقات الهندسية بين الأشكال كالتماثل، والتشابه، والتطابق.
- استخدام خصائص الأشكال والمجسمات في التعرف عليها، وتصنيفها.
- استكشاف التحويلات الهندسية المختلفة كالدوران، والانتقال، والانعكاس.
- استخدام النمذجة الهندسية في حل المشكلات الرياضياتية.

فالمقدرة على الحس المكاني تُعد بمثابة مرتكزًا أساسيًا لكثير من الأنشطة والممارسات التعليمية التي تستهدف تنمية مهارات التفكير الرياضياتي الأخرى من جانب، وتحقيق مستوى متقدم في تحصيل الرياضيات من جانب آخر، فضلًا عن علاقتها الوثيقة في إطار مناهج STEM (التكامل بين مناهج الرياضيات والعلوم

والتكنولوجيا والتصميم)، حيث أكدت الدراسات المعنية؛ ومنها دراسة (Wai, Lubinski, & Benbow2009) على الدور الكبير للحس المكاني في تنمية مستويات التفكير لدى الطلاب الذين يدرسون في مدارس STEM. وعليه فقد اتجه عدد -غير قليل- من الدراسات التجريبية التي تستهدف اقتراح، واستخدام مداخل متباينة في تنمية المقدرة على الحس المكاني، ودراسة علاقتها ببعض المتغيرات الأخرى؛ ومن هذه الدراسات:

دراسة "ناصر السيد عبد الحميد" (2007) والتي استهدفت استخدام مدخل الأوريجامي (الأنشطة المعتمدة على طي الأوراق لتكوين الأشكال والمجسمات) لتنمية بعض مكونات الحس المكاني والاستدلال الهندسي لدى عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي، وتم توزيعها على ثلاث مجموعات(تجريبية أولى، وتجريبية ثانية، وضابطة)، وقد أشارت نتائج الدراسة إلى وجود فرق دال إحصائيًا بين متوسطات درجات تلاميذ المجموعات الثلاث في التطبيق البعدي لاختباري الحس المكاني والاستدلال الهندسي.

دراسة (Richardson&Stien) عام (2008) والتي استهدفت تنمية الحس المكاني ومهارات التواصل الرياضياتي لدى عينة من تلاميذ المرحلة المتوسطة، وذلك باستخدام برنامج تدريبي للطلاب المعلمين قائم على تفعيل طريقة "ويتلي"Wheatley لتمثيل الأشكال الهندسية؛ والتي تُدعى Quick Draw Activity ، وقد أشارت نتائج الدراسة إلى فاعلية البرنامج التدريبي في مساعدة الطلاب المعلمين على تنمية الحس المكاني، ومهارات التواصل الرياضياتي لدى أفراد العينة التجريبية.

دراسة "زكريا جابر حناوي" (2011) والتي استهدفت استخدام المدخل البصري المكاني في تنمية المفاهيم الهندسية والحس المكاني لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية، وتكونت عينة الدراسة من (92) تلميذًا من تلاميذ المرحلة الابتدائية، وُزعت على مجموعتين متساويتين لتمثل إحداهما المجموعة التجريبية، وتمثل الأخرى المجموعة الضابطة. وقد أشارت نتائج الدراسة إلى فاعلية المدخل البصري في تنمية الحس المكاني لدى أفراد عينة الدراسة التجريبية، فضلًا عن تنمية مستوى استيعابهم للمفاهيم الهندسية.

دراسة "سحر محمد عبد الحميد" (2014) والتي استهدفت استخدام المدخل البصري لتنمية الحس المكاني لدى طفل ما قبل المدرسة. وقد أشارت نتائج الدراسة إلى وجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى أقل من 0.05 بين متوسطي درجات التطبيقين القبلي والبعدى لاختبار الحس المكاني لدى أفراد المجموعة التجريبية.

دراسة (Nurjanah,et al.,2014) والتي استهدفت استخدام الوسائط المتعددة التفاعلية في تحسين مستوى الحس المكاني لدى الطلاب بالمرحلة المتوسطة،

واعتمدت الدراسة على عينة من الدارسين، تم تقسيمهم إلى ثلاث مجموعات وفق تحصيلهم الدراسي (مرتفع، متوسط، ومنخفض)، ثم توزيعهم على مجموعتين إحداهما تجريبية، والأخرى ضابطة، حيث تم التدريس للمجموعة التجريبية باستخدام التدريس التفاعلي، بينما تم التدريس للمجموعة الضابطة بالطريقة المعتادة. وقد بينت النتائج وجود فرق دال إحصائيًا عند مستوى أقل من 0.05 بين متوسطى درجات أفراد المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار الحس المكاني لصالح المجموعة التجريبية، كما أشارت النتائج إلى وجود علاقة دالة إحصائيًا بين المقدرة على الحس المكاني، ومستوى التحصيل.

دراسة "أمنية ابراهيم حسن" (2015) والتي استهدفت استخدام الموديولات ثلاثية الأبعاد القائمة على القطاع الذهبي في تنمية الحس المكاني، والعلاقات الهندسية لدى طفل الروضة، وقد أشارت نتائج الدراسية إلى فاعلية البرنامج المقترح في تنمية الحس المكاني، والعلاقات الهندسية لدى أفراد عينة الدراسة.

دراسة (Messer,2018) والتي استهدفت تقويم مدى فاعلية مدخل البرمجة التربوية Educational Programming Intervention في تنمية المهارات الرياضياتية، والحس المكاني، وتحسين عمل الذاكرة.، وتكونت عينة الدراسة من (41) طفل في المرحلة العمرية من (٥-٦سنوات)، حيث تم تقسيمهم إلى مجموعتين، إحداهما تجريبية(يمارسون أنشطة التعليم والتعلم باستخدام البرمج التربوية المُعدة لهذا الغرض)، والأخرى ضابطة(يمارسون أنشطة التعليم والتعلم باستخدام الورقة والقلم Paper and pencil activities). وقد بينت النتائج أنه برغم وجود فروق بين متوسطي درجات أفراد المجموعتين الأولى والثانية في التطبيق البعدي، فإن هذه الفروق لم ترق إلى مستوى الدلالة الإحصائية عند مستوى 0.05 فيما يتعلق بالمهارة الرياضياتية، والوعي المكاني.

دراسة (Putri,2019) والتي استهدفت دراسة تأثير مدخل concrete pictorial abstract(CPA) approach في تنمية الحس المكاني لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية، ويعتمد هذا المدخل على تقديم الأنشطة التعليمية بصورة متدرجة عبر ثلاث مراحل أو مستويات هي على الترتيب: (١) المرحلة المحسوسة Concrete(manipulative) Stage، (٢) المرحلة المصورة Pictorial Stage، (٣) المرحلة المجردة Abstract Stage، وتكونت عينة الدراسة من (72) تلميذًا من تلاميذ الصف الخامس الابتدائي، حيث تضمنت المجموعة التجريبية (٣٥) تلميذًا، بينما تضمنت المجموعة الضابطة (٣٧) تلميذاً. وقد أشارت نتائج الدراسة إلى فاعلية المعالجة التجريبية (CPA) في تنمية الحس المكاني لدى أفراد عينة الدراسة مقارنة بالطريقة المعتادة في التدريس.

تنمية الحس المكاني:

بتحليل عدد من الدراسات العربية والأجنبية التي تمركز اهتمامها حول اقتراح برامج، أو أنشطة تعليمية، أو استخدام مداخل تدريسية ما لتنمية المقدرة على الحس المكاني لدى المتعلمين في المراحل التعليمية المختلفة؛ يمكن الوقوف على مدخلين أساسيين أو نمطين من المعالجات التجريبية التي يمكن استخدامها لتنمية تلك المقدرة؛ وهي:

أولاً: المدخل المتمركز حول المعالجات اليدوية Hands on Approach

- استخدام الأوريجيمي Origami، وطي الأوراق Paper folding:
- استخدام التانجرام Tangram، والألغاز Open-ended Puzzules:
- استخدام المجسمات Blocks، وبناء الأشياء Bulding Objects:

وهذا المدخل يتطلب من المعلم تصميم أنشطة تعليمية تعتمد على المتعلم في تنفيذها، وتسمح لهم ببناء تصورات مختلفة، واستخدام مواد التعلم في تصميم أشكال، أو مجسمات تعبر عن تصوراتهم المختلفة، وعند استخدام هذا النمط من المعالجات التجريبية يجب أن يهتم المعلم بالحوار أو الخطاب الصفي الذي يساعد على تنمية بناء تصورات صحيحة للأشكال والمجسمات.

ثانيًا: المدخل التكنولوجي المتمركز حول الكمبيوتر Computer- based on

- استخدام برمجيات تعليم الرياضيات Math. Programs
- استخدام الوسائط المتعددة Multimedia
- استخدام ألعاب الكمبيوتر Vedio Games

وهذا المدخل يتطلب من المعلم التركيز في أنشطة التعليم والتعلم على التدريس التفاعلي المتمرز حول استخدام الكمبيوتر بأدواته المختلفة لتمكين المتعلمين من إدراك الأشياء والمجسمات بصورة صحيحة من زوايا مختلفة، سواء كانت ساكنة أم متحركة.

وتنتمى الدراسة الحاضرة إلى النمط الثاني من المعالجة التجريبية، حيث تستهدف استخدام بعض برمجيات تعليم الرياضيات بصورة تفاعلية في تنمية الحس المكاني، والفهم الهندسي لدى التلاميذ.

الفهم الهندسي Geometric Understanding

أكد المجلس القومي لمعلمي الرياضيات NCTM عام (1991) على ضرورة أن يفهم المعلم كيفية استخدام الهندسة في وصف العالم المحيط بنا، وكيف تسهم في حل المشكلات المحسوسة في البيئة المحيطة بنا، واستخدام التمثيلات، والتحويلات الهندسية المختلفة في تطوير مهارات المتعلمين، ومقدرتهم على بناء تصورات مكانية صحيحة.

وقد أشارت وثيقة معايير المجلس ذاته NCTM عام (2000) إلى أن الهندسة هي السياق الطبيعي لتنمية مقدرة المتعلمين على التصور البصري، واستخدام أنماط

خاصة من الاستدلال، والنمذجة الرياضياتية في حل المشكلات الرياضياتية، كما أقرت مجموعة من المؤشرات المرتبطة بمجال الهندسة، والتي تصف مخرجات التعلم بعد دراسة التلاميذ لمنهج الهندسة في الصفوف الثلاثة الأخيرة للمرحلة الابتدائية؛ وهذه المخرجات هي:

- يحدد، ويقارن، ويحلل الأشكال الهندسية في بعدين، وثلاثة أبعاد.
- يصنف الأشكال الهندسية طبقًا لخصائصها، ويصيغ تعريفات لها.
- يستقصي، ويصف، ويستدل على العلاقات الرياضياتية المرتبطة بتحويل الأشكال الهندسية ثناية، وثلاثية البعد.
- يستكشف خصائص التطابق، والتشابه.
- يعمل، ويختبر نتائج مرتبطة بخصائص الأشكال الهندسية ، وما بينها من علاقات، ويصيغ جمل رياضية منطقية.

واتساقًا مع تأكيد NCTM على دور الهندسة ومكانتها في مساعدة المتعلمين على اكتساب المهارات الرياضياتية الأساسية في المراحل الأولى من التعليم، جاء مؤتمر هيئة علوم الرياضيات The Conference Board for the Mathematical Sciences (CBMS) عام (2012) ليحدد عدد من الكفايات competences أو المهارات الأساسية التي يجب أن يهتم معلم الرياضيات بتنميتها لدى التلاميذ في المراحل الأولى من التعليم، هذه الكفايات أو المهارات هي:

(١) استيعاب المفاهيم الهندسية الأساسية (المتمثلة في: الزاوية، التوازي، التعامد، واستخدامها في وصف وتعريف الأشكال الهندسية، وعمل استدلالات في المستوى الإحداثي).

(٢) تصنيف الأشكال الهندسية طبقًا لخصائصها، واستخدام الاستدلال في وصف ما بينها من علاقات هندسية.

(٣) الاستدلال المرتبط بالعلاقات التناسبية proportional relationships. (CBMS,2012:30)

وبالرغم من وجود عدد -غير قليل- من الدراسات والبحوث التي عنيت بالفهم، والاستدلال الهندسي؛ فإنه لا يزال هناك حاجة إلى إضفاء مزيد من الإيضاح حول طبيعة هاتين العمليتين، وأساليب تطوير أداء التلاميذ المرتبط بهما.

ويُعد نموذج فان هيل Van Hiele's model بمثابة ترجمة حقيقية لمجهودات كبيرة بُذلت لفهم طبيعة، ومدلول فهم الأشكال الهندسية، وما يرتبط بها من عمليات استدلالية، ولا يزال هذا النموذج يخضع للدراسة والتحليل حتى وقتنا الحاضر.

حيث يصف فان هيل Van Hiele خمسة مراحل أساسية، يجب أن يمر بهم المتعلم حتى يصل إلى مستوى الفهم المجرد الكامل Rigor، وهذه المراحل هي على الترتيب: (١) الاستدلال البصري Visual-holistic reasoning ، (٢) الاستدلال التحليل Descriptive-analytic reasoning ، (٣) الاستدلال العلاقيRelational-inferential reasoning ، (٤) البرهان الشكلي Formal deductive proof ، (٥) الاستدلال المجرد (Cited in Rigor Brunheira, da Ponte, 2009:516).

ولتحديد المقصود بالفهم الهندسي، علينا أن نبدأ بتوضيح طبيعة الفهم في الرياضيات، فقد حدد "سكيمب" Skemp نمطين من الفهم الرياضياتي؛ الفهم العلاقي Relational Understanding، والفهم الأدائي Instrumental Understanding. ويصف الفهم العلاقي بأنه "معرفة المتعلم ماذا يفعل ولماذا"، وعملية تعلم العلاقات الرياضياتية بأنها عملية بناء "البنية المفاهيمية" Conceptual Structure، بينما يصف الفهم الأدائي بأنه استخدام للقواعد الرياضياتية بدون خطوات استدلالية. (Skemp,1976:20-26)

بينما يعرفه "نيكسون" Nickerson بأنه مقدرة المتعلم على التعمق في رؤية خصائص المفهوم، وتمثيل المواقف الرياضياتية التي تتضمن المفهوم باستخدام النماذج العقلية Mental Models. وأن هذا الفهم يتطور كلما أمكن استخدام المفهوم في مجالات متنوعة، كما اتفق مع "سكيمب" Skemp في دور الفهم العلاقي في بناء بنية المتعلم المفاهيمية، والتي تمثل حجر الزاوية في فهم الرياضيات. (Nickerson,1985:235-236).

في حين أكد كل من "هيبرت، وكاربنتر" Hiebert and Carpenter (1992:67) على البنية أو السياق المفاهيمي في تشكيل الفهم الرياضياتي لدى المتعلم، فالفهم يعتمد بصورة كبيرة على التمثيل العقلي للمفهوم، ومن ثم تتحدد درجة الفهم بمدى تعقد الشبكة المفاهيمية في البنية العقلية للمتعلم، وما تتضمنه تلك الشبكة من روابط.

واتساقًا مع هذه التعريفات، يمكن تحديد المقصود بالفهم الهندسي بأنه: ذلك الفهم الرياضياتي في سياق مواقف هندسية، وبصورة أكثر تحديدًا، يمكن التعبير عن الفهم الهندسي بأنه: "مقدرة المتعلم على إدراك مجموعة خصائص المفاهيم الهندسية، وتمثيلها عقليًا، فضلًا عن بناء علاقات رياضياتية بين تلك المفاهيم، واستخدام تلك العلاقات في تحليل المواقف الهندسية المرتبطة بتلك المفاهيم".

ويمكن أن نستخلص من مجموعة التعريفات السابقة أن التمثيلات الرياضياتية Mathematical Representations تمثل اللبنة الأساسية في بناء الفهم الصحيح لدى المتعلم، ومن ثم تطور البنية المفاهيمية لديه، وذلك اتساقًا مع ما أوردته وثيقة مبادئ ومعايير الرياضيات المدرسية للمجلس القومي لمعلمي الرياضيات "يتطور فهم

المتعلم، وقدرته على استخدام المتغيرات تدريجيًا مع قيام المتعلم بتكوين التعبيرات الرمزية، وتمثيلها لفظيًا، أو جدوليًا، أو بيانيًا. (NCTM,2000:225)

كما يمكن أن نستنتج أيضًا أن الفهم الهندسي يمثل الأساس الذي يقوم عليه جميع العمليات الهندسية الأخرى كالاستدلال الهندسي، وحل المشكلات الهندسية، والتمثيل الهندسي، وغيرها من العمليات الرياضياتية. كما أن كثير من الأخطاء المفاهيمية، والصعوبات التي يواجهها الطلاب أثناء تعلمهم الرياضيات عامة، والهندسة خاصة؛ تعود بدرجة كبيرة إلى تدني مستوى الفهم لديهم. وعليه، فلا يمكن التطرق إلى مهارات التفكير العليا High-level thinking skills مع وجود تدني أو قصور في مستوى الفهم.(Sumartini, Priatna,2018)

وبإمعان النظر في طبيعة الفهم الهندسي، والمقدرة على الحس المكاني؛ يظهر لنا مدى الارتباط الوثيق بينهما، خاصة أن عدد من الدراسات أكدت ضمن نتائجها على أن المقدرة على الحس المكاني مثلت عاملًا أساسيًا في تحديد نوع الدراسة المستقبلية للمتعلم، وأن تطور المقدرة على الحس المكاني ساعد بدوره على الارتقاء بمستوى التحصيل الدراسي لدى المتعلمين؛ وقد ظهر ذلك جليًا في مدارس STEM.

وإذا كان التمثيل الرياضياتي بصوره، ونماذجه المتعددة يلعب دورًا أساسيًا في تشكيل البنية المفاهيمية لدى المتعلم، فإن المقدرة على الحس المكاني لا يمكن أن تتطور بدون تلك التمثيلات في صورها المختلفة الحسية، والمصورة، والذهنية. وعليه، فالاهتمام بالحس المكاني، هو في حد ذاته اهتمام بالفهم الهندسي؛ حيث إن مناشط التعلم التي سوف تُستخدم لتنمية الحس المكاني ستساعد حتمًا المتعلمين على تكوين نماذج عقلية جيدة للمفاهيم الهندسية، وما بينها من علاقات رياضياتية؛ والذي سيؤدي بدوره إلى تعميق الفهم الهندسية، وتدعيم الشبكة المفاهيمية لدى المتعلم.

بناء دليل المعلم، وأداتي البحث:

اعتمد البحث في التحقق من صحة فروضه، والإجابة عن أسئلته على دليل المعلم بجانب اختبارين؛ أحدهما لتعرف المقدرة على الحس المكاني، والآخر لتعرف مستوى الفهم الهندسي لدى التلاميذ عينة البحث؛ ونوضح فيما يلي، وبصورة موجزة مجموعة الخطوات التي اتُبعت في بناء الدليل والاختبارين:

أولاً: دليل المعلم لتدريس وحدة "الهندسة والقياس" باستخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات.

ثانيًا: بناء اختبار الحس المكاني، وضبطه.

ثالثًا: بناء اختبار الفهم الهندسي، وضبطه.

أولاً: دليل المعلم:

بعد مراجعة عدد من الأدبيات والدراسات العربية والأجنبية والمشروعات البحثية لبعض الهيئات المعنية بتطوير تعليم الرياضيات وتعلمها، والتي اهتمت بتوظيف التكنولوجيا ببرمجياتها المختلفة في إثراء بيئة تعليم وتعلم الرياضيات، فضلًا عن تحليل عدد من الدراسات التي اهتمت بمدخل تكنولوجيا تعليم الرياضيات؛ اتجه الباحث إلى القيام بعدد من الإجراءات لبناء دليل المعلم وفق ما يلي:

- تحديد عدد من الملامح الأساسية التي يجب أن يعكسها المدخل المُستخدم (الاستقصاء التعاوني المتمركز حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات، وتعلمها)، وقد تم ذلك في إطار تحليل عدد من الدراسات المرتبطة، وكذلك الكتابات المعنية بتوظيف التكنولوجيا في بيئة التعليم والتعلم، وتمثلت تلك الملامح الأساسية في:
  - اعتبار دور المتعلم مرتكزًا أساسيًا في عمليتي التعليم والتعلم.
  - تفعيل التكنولوجيا لجوانب الحس المختلفة.
  - الاهتمام بالعمليات الذهنية في دراسة وتحليل المواقف الهندسية.
  - دعم المناقشة البناءة بين المتعلمين بعضهم البعض.
  - تحقيق قدر من متعة التعلم.
- تحليل محتوى وحدة "الهندسة والقياس" لتحديد أهداف الوحدة، وموضوعاتها الأساسية.
- صياغة عدد من أنشطة التعليم والتعلم المرتبطة بموضوعات وحدة "الهندسة والقياس" المقررة على تلاميذ الصف السادس الابتدائي باستخدام برمجيات تعليم الرياضيات؛ وهما: برمجية Geometer's Sketchpad، وبرمجية GeoGebra Classic.
- إعداد دليل المعلم من خلال إعادة صياغة دروس موضوعات وحدة "الهندسة والقياس" المقررة على تلاميذ الصف السادس الابتدائي وفق الاستقصاء التعاوني المتمركز حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات.

ثانيًا: بناء اختبار الحس المكاني(SST)، وضبطه:

اتبع الباحث عدد من الإجراءات في بناء اختبار الحس المكاني، نجملها فيما يلي:

- صياغة مفهوم إجرائي يحدد المقصود بالحس المكاني؛ وذلك بما يمكن الباحث في صياغة مفردات الاختبار، وإعدادها بما يتناسب مع تلاميذ المرحلة.
- تحليل عدد من الدراسات التي عنيت بالحس المكاني، وأعدت بدورها اختبارات لقياسه، وذلك بغرض التعرف على طبيعة تلك المفردات، ومستوياتها المختلفة.

- تحليل مفردات عدد من اختبارات الحس المكاني، خاصة اختبار (Putri&others) عام (2019)، والمؤشرات المصاحبة لمفردات الاختبار؛ حيث تم صياغة مجموعة من المؤشرات تستهدف في مجملها التعرف على الحس المكاني لدى الطلاب، واقتراح مفردة لكل مؤشر.
- صياغة مفردات الاختبار في ضوء التعريف الإجرائي للحس المكاني الذي وضعه الباحث، وقد تكون الاختبار في صورته المبدئية من (٨) مفردات في صورة اختيار من متعدد.
- ضبط الاختبار من حيث الصدق والثبات: وإذا كان يُقصد بصدق الاختبار "أن يقيس ما وضع لقياسه"، فقد تم التأكد من صدق الاختبار بعرضه على عدد من خبراء تعليم الرياضيات. وقد أشاروا إلى صلاحية الاختبار في تعرف وقياس المقدرة على الحس المكاني لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي، بعد إجراء عدد من التعديلات في الصياغة. أما فيما يتعلق بثبات الاختبار؛ فقد قام الباحث بالتطبيق الاستطلاعي للاختبار على عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي بإحدى مدارس محافظة الإسكندرية، وذلك في نهاية الفصل الدراسي الأول ٢٠١٨/٢٠١٩م، واستخدم "معادلة كيودر ريتشارد سون" Kuder-Richardson21 لتحديد قيمة معامل الثبات، وقد جاءت قيمة معامل الثبات للاختبار ككل مساوية لـ (٠.٧٢)، مما يعني صلاحية استخدام الاختبار لقياس مستوى الحس المكاني لدى مجتمع عينة البحث؛ وبذلك أصبح الاختبار في صورته النهائية.

ثالثًا: بناء اختبار الفهم الهندسي(GUT)، وضبطه:

اتبع الباحث عدد من الإجراءات في بناء اختبار الفهم الهندسي، نجملها فيما يلي:

- صياغة مفهوم إجرائي يحدد المقصود بالفهم الهندسي؛ وذلك بما يمكن الباحث في صياغة مفردات الاختبار، وإعدادها بما يتناسب مع تلاميذ المرحلة.
- تحليل عدد من الدراسات التي اهتمت بدراسة وتنمية الفهم الهندسي لدى التلاميذ، وأعدت بدورها اختبارات لقياسه، وذلك بغرض التعرف على طبيعة تلك المفردات، ومستوياتها المختلفة.
- تحليل محتوى وحدة "الهندسة والقياس" لتحديد طبيعة المفردات المرتبطة بمستوى الفهم، والموضوعات الهندسية التي تنتمي إليها تلك المفردات.
- صياغة مفردات الاختبار في ضوء التعريف الإجرائي للفهم الهندسي، وفي ضوء التحليل السابق؛ وقد تكون الاختبار في صورته المبدئية من (٨) مفردات في صورة اختيار من متعدد.

- ضبط الاختبار من حيث الصدق والثبات: حيث عُرض الاختبار في صورته المبدئية على عدد من خبراء تعليم الرياضيات. وقد أشاروا إلى صلاحية الاختبار في تعرف وقياس مستوى الفهم الهندسي لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي. أما فيما يتعلق بثبات الاختبار؛ فقد قام الباحث بالتطبيق الاستطلاعي للاختبار على نفس العينة السابقة، واستخدم "معادلة كيودر ريتشارد سون" Kuder-Richardson21 أيضًا لتحديد قيمة معامل الثبات، وقد جاءت قيمة معامل الثبات للاختبار ككل مساوية لـ (٠.٦٨)، مما يشير إلى صلاحية الاختبار لقياس مستوى الفهم الهندسي لدى مجتمع عينة البحث؛ وبذلك أصبح الاختبار في صورته النهائية.

مجتمع البحث وعينته:

تمثل مجتمع البحث في جميع تلاميذ وتلميذات الصف السادس الابتدائي بمحافظة الإسكندرية، حيث تم اختيار إحدى الإدارات التعليمية بمحافظة الإسكندرية بطريقة عشوائية بسيطة، ثم اختيار إحدى مدارس المرحلة الابتدائية، ثم اختيار فصلين ليمثل أحدهما المجموعة التجريبية (٣٣ تلميذًا وتلميذة)، بينما مثل الفصل الآخر المجموعة الضابطة (٣١ تلميذًا وتلميذة). وقد رُوعي استبعاد التلاميذ الذين تغيبوا أكثر من حصتين في المعالجة الإحصائية للتطبيق البعدي للاختبار.

المعالجة الإحصائية:

للإجابة عن أسئلة البحث، والتحقق من صحة فروضه، استخدم الباحث المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية، والنسب المئوية، واختبار "ت" للمتوسطات بين المجموعات المستقلة، فضلًا عن حساب قيمة مربع إيتا "μ^2"، وذلك باستخدام برنامج الحزم الإحصائية SPSS.

التطبيق القبلي لاختباري الحس المكاني، والفهم الهندسي:

تم تطبيق اختباري الحس المكاني، والفهم الهندسي على تلاميذ المجموعتين التجريبية، والضابطة في بداية الفصل الثاني من العام الدراسي ٢٠١٩/٢٠٢٠م، وذلك بمساعدة معلم الفصلين، ثم حُسبت قيمة "ت" للتعرف على دلالة الفرق بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعتين في الاختبارين؛ ويوضح الجدول التالي قيمة (ت) لدلالة الفرق بين متوسطى درجات تلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة فى التطبيق القبلى لاختباري الحس المكاني، والفهم الهندسي.

جدول (١) : نتائج التطبيق القبلي لاختباري الحس المكاني، والفهم الهندسي

اختبار	المجموعة	العدد (ن)	المتوسط (م)	الانحراف المعياري(ع)	قيمة (ت)
الحس المكاني	التجريبية	٣٣	٢.٧٣	١.٠٩	١.٦١*
	الضابطة	٣١	٢.٢٣	١.٣٨	
الفهم الهندسي	التجريبية	٣٣	٢.٦١	١.٣٢	١.٣٥*
	الضابطة	٣١	٢.١٣	١.٤٩	

* غير دالة عند درجات حرية (٦٢) ومستوي أقل من (٠.٠٥)

وفى إطار تفسير البيانات الإحصائية السابقة المتعلقة بتكافؤ المجموعتين التجريبية والضابطة فيما يتعلق بكلٍ من المقدرة على الحس المكاني، ومستوى الفهم الهندسي لدى التلاميذ أفراد عينة البحث؛ يمكن القول أن تلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة يتعرضون للأنشطة والعوامل نفسها داخل الفصل، ويدرسون المقررات الدراسية بطريقة التدريس نفسها. وهكذا تكون إمكانية إرجاع أى تغير يطرأ على تلاميذ المجموعة التجريبية بعد التطبيق إلى طبيعة المعالجة التجريبية المتمثلة في الأنشطة الاستقصائية التعاونية المتمركزة حول برمجيات تعليم الرياضيات.

تدريس أنشطة الوحدة لتلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة:

بدأت عملية تدريس وحدة "الهندسة والقياس" لتلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة فى بداية الفصل الثاني للعام الدراسي ٢٠١٩/٢٠٢٠م، وقد تم التدريس لتلاميذ المجموعة التجريبية بواسطة معلم الفصل بعد عقد عدة لقاءات تعريفية له حول طبيعة البحث، والبرمجيات المُستخدمة فيه، وكيفية استخدامها في تمثيل العلاقات، والأشكال، والمجسمات، وإجراء بعض العمليات كحساب المحيط، والمساحة، والحجم، والذي بدوره ممكن أن يسهم في تنمية الحس المكاني، ومستوى الفهم الهندسي، بالإضافة إلى تعريفه بطبيعة دليل المعلم المُعد، وفلسفة إعداده، وكيفية استخدامه. أما تلاميذ المجموعة الضابطة فقد تم التدريس لهم وفق الطريقة المعتادة، والتى تتمثل فى قيام المعلم بتمثيل الأشكال والمجسمات الهندسية على السبورة، وإجراء العمليات والتحويلات الهندسية باستخدام الأدوات الهندسية، والذي عادةً يستغرق مزيدًا من الوقت والجهد من المعلم، وذلك مقارنة بمعلم المجموعة التجريبية. وقد اقتصر دور الباحث أثناء التدريس لأفراد المجموعتين على المتابعة، والتوجيه المستمر.

تحليل البيانات ومناقشة النتائج:

بعد الانتهاء من تدريس دروس وحدة "الهندسة والقياس" لتلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة وفق الجدول الزمني المخصص لها في الخطة الفصلية للعام

الدراسي ٢٠١٩/٢٠٢٠م، تم تطبيق اختبار الحس المكاني على تلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة تطبيقًا بعديًا؛ وذلك بمساعدة معلم الفصل.

للإجابة عن السؤال الثاني من أسئلة البحث والذي ينص على: **ما فاعلية استخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في تنمية الحس المكاني لدى عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي؟**

وتتطلب الإجابة عن هذا السؤال التحقق من صحة الفرضين الأول والثاني من فروض البحث وفق ما يلي:

فيما يتعلق بالتحقق من صحة الفرض الأول من فروض البحث؛ والذي ينص على: **"يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعتين (التجريبية، والضابطة) في القياس البعدي لمستوى الحس المكاني لصالح تلاميذ المجموعة التجريبية"**، حُسب المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري لدرجات تلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي للاختبار، كما حُسبت قيمة "ت" للمجموعات المستقلة، وقد جاءت النتائج كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (٢) : نتائج التطبيق البعدي لاختباري الحس المكاني

اختبار	المجموعة	العدد (ن)	المتوسط (م)	الانحراف المعياري(ع)	قيمة (ت)
الحس المكاني	التجريبية	٣٣	٥.٣٣	١.٩٧	٢.٨٠٨*
	الضابطة	٣١	٣.٨٧	٢.١٨	

*** دالة عند درجات حرية (٦٢) ومستوي (٠.٠٠٧)**

يمكن أن نستخلص من بيانات الجدول السابق ما يلي

- بلغ متوسط درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (٥.٣٣) في التطبيق البعدي لاختبار الحس المكاني من الدرجة الكلية المخصصة للاختبار(٨ درجات) بنسبة مئوية بلغت (٦٦.٦%)، بينما بلغ متوسط درجات تلاميذ المجموعة الضابطة (٣.٨٧) بنسبة مئوية بلغت (٤٨.٣%)، مما يمثل إشارة إلى تفوق أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لاختبار الحس المكاني مقارنة بأفراد المجموعة الضابطة.
- بلغت قيمة "ت" المحسوبة بين متوسطي درجات تلاميذ المحموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي (٢.٨٠٨) وهى دالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠.٠٠٧)؛ بمعنى أنها دالة عند مستوى (أقل من ٠.٠٥)، وهذا بدوره يشير إلى تحقق صحة الفرض الأول من فروض البحث.

فيما يتعلق بالتحقق من صحة الفرض الثاني من فروض البحث؛ والذي ينص على: **"يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في القياسين القبلي والبعدي لمستوى الحس المكاني لصالح التطبيق البعدي"** حُسب المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري لدرجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي، والبعدي للاختبار، كما حُسبت قيمة "ت" للمجموعات المرتبطة، وكذا قيمة مربع إيتا (μ^2) وقد جاءت النتائج كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (٣): نتائج التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار الحس المكاني

اختبار	التطبيق	العدد (ن)	المتوسط (م)	الانحراف المعياري(ع)	قيمة (ت)	قيمة (μ^2)
الحس المكاني	البعدي	٣٣	٥.٣٣	١.٩٧	٦.٧٩	٠.٤١٨
	القبلي		٢.٧٣	١.٠٩		

ويمكن أن نستخلص من بيانات الجدول السابق ما يلي:

- بلغ متوسط درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (٢.٧٣) في التطبيق القبلي لاختبار الحس المكاني من الدرجة الكلية المخصصة للاختبار(٨ درجات) بنسبة مئوية بلغت (٣٤.١٢%)، بينما بلغ متوسط درجات تلاميذ نفس المجموعة (٥.٣٣) بنسبة مئوية بلغت (٦٦.٦%)، والذي بدوره يشير إلى دور المعالجة التجريبية في تطور مستوى الحس المكاني لدى أفراد المجموعة التجريبية.
- بلغت قيمة "ت" المحسوبة بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي (٦.٧٩) وهى دالة إحصائية عند مستوى دلالة أقل من (٠.٠٥)؛ وهذا بدوره يشير إلى تحقق صحة الفرض الثاني من فروض البحث.
- قيمة مربع إيتا المحسوبة (٠.٤١٨) وهي أكبر من ٠.١٥ تظهر حجم التأثير الكبير للمتغير المستقل (الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا) في المتغير التابع (الحس المكاني).

وبتحقق صحة الفرضين الأول والثاني من فروض البحث الحاضر، يكون قد تمت الإجابة على السؤال الثاني من أسئلته، وتتفق نتائج البحث فيما يتعلق بالإجابة عن هذا السؤال مع نتائج عدد من الأبحاث والدراسات السابقة؛ منها: (Nurjanah,et al.,2014) ، (Putri,2019) والتي أكدت بدورها فاعلية البرامج التفاعلية في تعزيز المقدرة على الحس المكاني لدى الطلاب، وأوصت بضرورة توجه مزيد من الاهتمام نحو تصميم أنشطة للتعليم والتعلم في سياق تفعيل برمجيات الرياضيات التفاعلية

المختلفة، وتدريب معلمي الرياضيات في الصفوف المختلفة على التدريس باستخدام تلك البرمجيات؛ وذلك حتى يتسنى لهم توفير بيئة تعلم مشوقة، وجاذبة تستثير انتباه الطلاب، وتمنحهم مزيد من الوقت للتأمل، والتفكر في الحلول والأكار المطروحة؛ حيث إن استخدام البرمجيات التفاعلية في تعليم الرياضيات يمكن المعلم، والطالب من إظهار التمثيلات الرياضياتية المختلفة بدقة عالية، وبمجهود أقل.

كما أن الاستقصاء التعاوني ساعد بدوره على تطور الحس المكاني؛ وذلك من خلال المناقشات الصفية داخل المجموعة الواحدة، وبين المجموعات المختلفة حول التصورات المختلفة للتمثيلات الرياضياتية للأشكال، والمجسمات قبل عرضها.

ونظرًا لارتباط نمو المقدرة على الحس المكاني بدرجة كبيرة بطبيعة التمثيلات للأشكال والمجسمات، خاصة التي يتطلب إدراكها، رؤيتها من زوايا مختلفة؛ فإن الحاجة إلى تفعيل برمجيات الرياضيات في تدريس الموضوعات المرتبطة بالحس المكاني تبدوا أكثر إلحاحًا في إطار تكامل التكنولوجيا بأدواتها المختلفة مع الرياضيات المدرسية بكافة مجالاتها.

التطبيق البعدي لاختبار الفهم الهندسي:

بعد الانتهاء من تدريس دروس وحدة "الهندسة والقياس" لتلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة وفق الجدول الزمني المخصص لها في الخطة الفصلية للعام الدراسي ٢٠١٩/٢٠٢٠م، تم تطبيق اختبار الفهم الهندسي على تلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة؛ وذلك بمساعدة معلم الفصل.

للإجابة عن السؤال الثالث من أسئلة البحث والذي ينص على: **ما فاعلية استخدام الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا في تنمية الفهم الهندسي لدى عينة من تلاميذ الصف السادس الابتدائي؟**

وتتطلب الإجابة عن هذا السؤال التحقق من صحة الفرضين الثالث والرابع من فروض البحث وفق ما يلي:

فيما يتعلق بالتحقق من صحة الفرض الثالث من فروض البحث؛ والذي ينص على: **"يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعتين (التجريبية، والضابطة) في القياس البعدي لمستوى الفهم الهندسي لصالح تلاميذ المجموعة التجريبية"**، حُسب المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري لدرجات تلاميذ المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار الفهم الهندسي، كما حُسبت قيمة "ت" للمجموعات المستقلة، وقد جاءت النتائج كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (٤) : نتائج التطبيق البعدي لاختبار الفهم الهندسي

اختبار	المجموعة	العدد (ن)	المتوسط (م)	الانحراف المعياري(ع)	قيمة (ت)
الفهم الهندسي	التجريبية	٣٣	٤.٩٤	٢.٠٦	٢.٦١٦*
	الضابطة	٣١	٣.٥٨	٢.٠٩	

*** دالة عند درجات حرية (٦٢) ومستوي (٠.٠١١)**

ويمكن أن نستخلص من بيانات الجدول السابق ما يلي:

- بلغ متوسط درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (٤.٩٤) في التطبيق البعدي لاختبار الفهم الهندسي من الدرجة الكلية المخصصة للاختبار(٨ درجات) بنسبة مئوية بلغت (٦١.٧%)، بينما بلغ متوسط درجات تلاميذ المجموعة الضابطة (٣.٥٨) بنسبة مئوية بلغت (٤٤.٧%)، مما يمثل إشارة إلى تفوق أفراد المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لاختبار الفهم الهندسي مقارنة بأفراد المجموعة الضابطة.
- بلغت قيمة "ت" المحسوبة بين متوسطي درجات تلاميذ المحموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لاختبار الفهم الهندسي (٢.٦١٦) وهى دالة إحصائية عند مستوى دلالة (٠.٠١١)؛ بمعنى أنها دالة عند مستوى (أقل من ٠.٠٥)؛ وهذا بدوره يشير إلى تحقق صحة الفرض الثالث من فروض البحث.

فيما يتعلق بالتحقق من صحة الفرض الثاني من فروض البحث؛ والذي ينص على: **"يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى (أقل من ٠.٠٥) بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في القياسين القبلي والبعدي لمستوى الفهم الهندسي لصالح التطبيق البعدي"** حُسب المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري لدرجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي، والبعدي لاختبار الفهم الهندسي، كما حُسبت قيمة "ت" للمجموعات المرتبطة، وكذا قيمة مربع إيتا (μ^2) وقد جاءت النتائج كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (٥) : نتائج التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار الحس المكاني

اختبار	التطبيق	العدد (ن)	المتوسط (م)	الانحراف المعياري(ع)	قيمة (ت)	قيمة (μ^2)
الفهم الهندسي	البعدي	٣٣	٤.٩٤	٢.٠٦	٥.٤٧	٠.٣١٨
	القبلي		٢.٦١	١.٣٢		

ويمكن أن نستخلص من بيانات الجدول السابق ما يلي:

- بلغ متوسط درجات تلاميذ المجموعة التجريبية (٢.٦١) في التطبيق القبلي لاختبار الفهم الهندسي من الدرجة الكلية المخصصة للاختبار(٨ درجات)

بنسبة مئوية بلغت (٣٢.٦٢%)، بينما بلغ متوسط درجات تلاميذ نفس المجموعة (٤.٩٤) بنسبة مئوية بلغت (٦١.٧٥%)، والذي بدوره يشير إلى التأثير الكبير للمعالجة التجريبية المتمثلة في الاستقصاء التعاوني المتمركز حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات في الارتقاء بمستوى الفهم الهندسي لدى تلاميذ المجموعة التجريبية.

- بلغت قيمة "ت" المحسوبة بين متوسطي درجات تلاميذ المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار الفهم الهندسي (٥.٤٧) وهى دالة إحصائية عند مستوى دلالة أقل من (٠.٠٥)؛ وهذا بدوره يشير إلى تحقق صحة الفرض الرابع من فروض البحث.
- قيمة مربع إيتا المحسوبة (٠.٣١٨) وهي أكبر من ٠.١٥ تظهر حجم التأثير الكبير للمتغير المستقل (الاستقصاء التعاوني المتمركز حول التكنولوجيا) في المتغير التابع (الفهم الهندسي).

وبتحقق صحة الفرضين الثالث، والرابع من فروض البحث الحاضر، يكون قد تمت الإجابة على السؤال الثالث من أسئلة البحث، وتبدو هذه النتيجة منطقية إذا ما تأملنا طبيعة العلاقة بين الحس المكاني، والفهم الهندسي، والتي سبق الإشارة إليها في الخلفية النظرية للبحث؛ حيث أكد عدد من الدراسات ضمن نتائجها أن المقدرة على الحس المكاني مثلت عاملًا أساسيًا في تحديد نوع الدراسة المستقبلية للمتعلم، وأن تطور المقدرة على الحس المكاني ساعد بدوره على الارتقاء بمستوى التحصيل الدراسي لدى المتعلمين؛ وقد ظهر ذلك جليًا في مدارس التي تعتمد في مناهجها على التكامل بين أنشطة التعلم للمجالات الدراسية المختلفة.

ولما كان تطور الحس المكاني يعتمد بدرجة كبيرة على التمثيلات الرياضياتية في صورها المختلفة الحسية، والمصورة، والذهنية؛ فإن الاهتمام بالحس المكاني، هو في حد ذاته اهتمام بالفهم الهندسي؛ حيث إن مناشط التعلم التي سوف تُستخدم لتنمية الحس المكاني ستساعد حتمًا المتعلمين على تكوين نماذج عقلية جيدة للمفاهيم الهندسية، وما بينها من علاقات رياضياتية؛ والذي سيؤدي بدوره إلى تعميق مستوى الفهم، وتدعيم الشبكة المفاهيمية لدى المتعلم.

وترتيبًا على ما أظهرته نتائج البحث، والإجابة عن أسئلته؛ فإن العلاقة بين استخدام تكنولوجيا تعليم الرياضيات بأدواتها المختلفة، وتطور المقدرة على الحس المكاني، ونمو مستوى الفهم لدى الطلاب تبدو علاقة قوية، خاصة في الصفوف الدراسية التي تعتمد فيها أنشطة التعليم والتعلم على التمثيلات، والنماذج الرياضياتية للانتقال بفهم المتعلم، وإدراكه من المرحلة المحسوسة إلى المرحلة المجردة.

تعقيب على النتائج:

تشير النتائج السابقة - في مجملها - إلى فاعلية المدخل المُستخدم المتمثل في أنشطة التعليم والتعلم الاستقصائية المتمركزة حول تكنولوجيا تعليم الرياضيات، والذي بدوره يوفر بيئة افتراضية تسمح للتلاميذ برؤية المجسمات، والأشكال الرياضياتية من أبعاد محتلفة، كما إنها توفر الوقت والمجهود المبذولين في رسم الأشكال والمجسمات على السبورة، فيجد المعلم، وكذلك تلاميذه مزيدًا من الوقت للمشاركة في المناقشات الصفية، وتبادل الأفكار والرؤي الرياضياتية حول الأسئلة والمشكلات الرياضياتية المطروحة.

يُعد تفعيل المدخل التكنولوجي في تعليم موضوعات الهندسة المرتبطة بالقدرة المكانية أمرًا ضروريًا وحتميًا في مجتمع التعلم المعاصر، لأنه باستخدام تكنولوجيا تعليم الرياضيات يمكن توفير بيئة ديناميكية إثرائية تسمح بإضفاء بعض المؤثرات على الأشكال والمجسمات الهندسية ؛ مثل مؤثر الحركة ، والصوت، والدوران، والانتقال، والتي بدوره تزيد من تعمق فهم التلاميذ للموضوعات الهندسية، وكذلك حسهم على إدراك العلاقات المكانية بصورة أكبر مقارنة بالبيئة التقليدية التي تفتقر بدورها إلى مثل هذه المؤثرات.

الاستقصاء التعاوني في سياق التعلم باستخدام التكنولوجيا يوفر مناخًا تعليميًا جيدًا يمكن التلاميذ من التعلم من بعضهم البعض، كما يتيح لهم فرصة التقارب الاجتماعي، واكتساب عادات اجتماعية جيدة؛ وذلك اتساقًا مع الرؤية المعاصرة للرياضيات المجتمعية التي تتأسس على البنائية الاجتماعية في مقابل الرؤية الاستاتيكية التقليدية المتمركزة حول معرفة الخوارزميات الرياضياتية، وكيفية استخدامها.

وبصورة أكثر تحديدًا، يمكن إرجاع فاعلية المعالجة المُستخدمة في البحث الحاضر إلى عدة أسباب؛ منها:

- طبيعة الأنشطة الاستقصائية المتمركزة حول برمجيات تعليم الرياضيات، والتي تستهدف بصورة أساسية النمذجة الرياضياتية للأشكال، والمجسمات، وتأملها، ومناقشة رؤى التلاميذ المختلفة، وتفسيراتهم للأسئلة والأفكار المطروحة حول المشكلات التي يطرحها المعلم.
- استهداف الأنشطة الاستقصائية التعاونية للتعلم المستند على الفهم، وبناء المعني والتفسيرات المناسبة.
- دقة النمذجة الرياضياتية للأشكال والمجسمات الرياضياتية باستخدام البرمجيات المُستخدمة في البحث الحاضر، ساعد بدوره في تنمية مستوى

إدراك المتعلم، وقدرته على بناء تصورات عقلية صحيحة للمواقف الرياضياتية التى يطرحها المعلم.

- زيادة دافعية الطلاب نحو الإنخراط في أنشطة التعلم المتمركزة حول برمجيات تعليم الرياضيات، ومواصلة التعلم لفترات زمنية أطول ساهم في نمو مستوى فهم الطلاب للعلاقات الهندسية المتضمنة في دروس الوحدة.
- زيادة مستوى المشاركة خلال تعاون مجموعات التلاميذ في أداء المهام الرياضياتية المطلوبة منهم ساعد على تحفيزهم بصورة إيجابية نحو تعلم الهندسة، وفهم مضمونها بصورة أفضل مقارنة بالطريقة الفردية.
- التغير في أدوار المعلم؛ فبينما تمركز دور المعلم في المجموعة التقليدية حول نمذجة الأشكال والمجسمات الهندسية على السبورة، واستخدام الأدوات الهندسية في إجراء التحويلات الهندسية كالانتقال، والدوران، وهذا يستغرق وقتًا أطول، وجهدًا أكبر مقارنةً بمعلم المجموعة التجريبية الذي يتمكن من إجراء آلية التحويل الهندسي، وعرض عدد من الأمثلة عليها باستخدام البرمجية في وقتٍ أقل، مما يسمح لها باستثمار وقت الحصة في مزيد من المناقشة التي تدعم الفهم الهندسي.

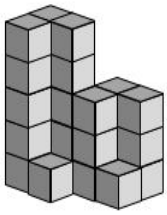
التوصيات:

في ضوء النتائج التي أسفر عنها البحث، يمكن الخروج بعدد من التوصيات نجملها فيما يلي:

- ضرورة تضمين مزيد من أنشطة التعليم والتعلم التي تتمكرز حول برمجيات تعليم الرياضيات، خاصة في المجالات التي يصعب معالجة موضوعاتها بالطريقة المعتادة مثل: موضوعات التحولات الهندسية كالانتقال، والدوران، وموضوعات الهندسة الفراغية، وتمثيل الدوال المختلفة.

فعلى سبيل المثال، عند معالجة مواقف، ومشكلات رياضياتية مرتبطة بموضعات كالحجم، فإن المعلم يصعب عليه التمثيل الرياضياتي للمجسمات في الفراغ بالطريقة المعتادة، فضلًا عن صعوبة رؤية المجسم من زوايا مختلفة تمنحه مزيدًا من الإدراك، والحس بمكونات الشكل.

فالشكل التالي - على سبيل المثال لا الحصر- يسهل تمثيله باستخدام البرمجيات التفاعلية لتعليم الرياضيات، فضلًا عن عرضه، وإضفاء عنصر الحركة عليه، فيستطيع المتعلم بدوره أن يرى الشكل من أوضاع مختلفة، فيزداد بدوره مدى إدراكه، وحسه لطبيعة الشكل، كما يمكن إجراء تغييرات على الشكل دون عناء من جانب المعلم؛ وبالتالي يقضي المعلم جُل وقته في استثارة تفكير الطلاب.



- بناء قناعات جيدة لدى معلم الرياضيات بالصفوف التعليمية المختلفة حول التكنولوجيا بأدواتها المختلفة، وبرمجياتها المتعددة، وجدوى توظيفها في بيئة التعلم لكل من المعلم والطالب على حدٍ سواء.
- إعادة النظر في بطاقات ملاحظة أداءات معلم الرياضيات التي تُستخدم كأداة لتقييم أداءاتهم، بحيث تتضمن مؤشرات أداء واضحة لاستخدام تكنولوجيا تعليم الرياضيات بأشكالها المتنوعة في العملية التعليمية.
- تصميم بعض البرامج التدريبية التي تمكن المعلم، وتنمي مقدرته على استخدام برمجيات تعليم الرياضيات المختلفة، وتضمين هذه البرامج في سياق مصفوفة ترقي المعلمين.
- توفير نماذج من برمجيات تعليم الرياضيات للمعلم، خاصة التي يتطلب الحصول عليها الدفع إلكترونيًا.
- إكساب معلمي الرياضيات قناعات جيدة نحو الرؤية البنائية لتعليم الرياضيات؛ بمعنى مساعدته على إدراك التحول في طبيعة الرياضيات، وطبيعة تعلمها، فالرياضيات تمثل بناءًا ثقافيًا اجتماعيًا، وعليه لا يمكن تعلمها بمعزل عن السياق الاجتماعي لها.
- تدريب معلمي الرياضيات علي الصور المختلفة للاستقصاء الرياضياتي، وكيفية توظيفه في سياق التعلم التعاوني.
- إجراء مزيد من الأبحاث حول جدوى استخدام برمجيات تعليم الرياضيات في تنمية متغيرات أخرى كالبراعة الرياضياتية، والحساب العقلي، وعادات العقل.

مراجع البحث:

أولًا:المراجع العربية:

أمنية ابراهيم حسن.(٢٠١٥). استخدام الموديولات ثلاثية الأبعاد القائمة على القطاع الذهبي في تنمية الحس المكاني والعلاقات الهندسية لدى طفل الروضة، ***مجلة كلية التربية***، جامعة طنطا، العدد السابع والخمسون، ٢٦٣-٢٩٤.

بسمة محمود عبد العظيم.(٢٠١٤). دور البرمجيات الديناميكية التفاعلية في تدريس هندسة التحويلات، وتنمية صنع المعرفة الرياضية وتطبيقاتها. ***مجلة القراءة والمعرفة***، ع١٥٤، ٦٥-٧٦.

خديجة منصور علي.(٢٠١٧). توظيف برمجيات وتطبيقات الحاسوب لتدريس مناهج الرياضيات للثانوية العامة. ***مؤتمر الرياضيات الأول:مدى مواءمة مفردات مناهج الثانوية العامة مناهج التعليم الجامعي في مادة الرياضيات***، الجامعة الأسمرية الإسلامية، ٣٠٠-٣٢١.

زكريا جابر حناوي.(٢٠١١). فاعلية استخدام المدخل البصري المكاني في تنمية المفاهيم الهندسية والحس المكاني لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية. ***مجلة كلية التربية***، جامعة أسيوط، ٢٧(١)، ٣٤٩-٣٨٩.

سحر محمد عبد الحميد.(٢٠١٤). الإدراك البصري كمدخل لتنمية الحس المكاني لطفل ما قبل المدرسة. ***مجلة البحث العلمي في التربية***. العدد السادس عشر، ٣٨٣-٤٠٦.

عبد الجواد عبد الجواد بهوت.(٢٠١٩). أثر البرمجيات الرسومية على استيعاب المفاهيم الجبرية لدى طلاب الصف الثاني الثانوي. ***مجلية كلية التربية***، جامعة كفر الشيخ، ١٩ (١)، ٥١٧-٥٤٠.

غادة سالم النعيمي.(٢٠١٦).أثر استخدام برنامج جيوجبراGeoGebra في تنمية مهارات الترابط الرياضي لدى طالبات الصف الأول الثانوي بمدينة الرياض، ***المجلة الدولية التربوية المتخصصة***، المجلد الخامس، العدد الخامس،٣٩-٦٢.

مركز تطوير المناهج والمواد التعليمية بجمهورية مصر العربية.(٢٠١٦).***مسودة لمصفوفة المدى والتتابع لمعايير ومؤشرات مادة الرياضيات لمرحلة التعليم قبل الجامعي***.

ناصر السيد عبد الحميد.(٢٠٠٧).تنمية بعض مكونات الحس المكاني والاستدلال الهندسي باستخدام الأوريجامي لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية. ***المؤتمر العلمي السابع للجمعية المصرية لتربويات الرياضيات:الرياضيات للجميع***، ٢٧٨-٣١٥.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

Alvarado, A.E., & Herr, P.R. (2003). ***Inquiry-Based Learning: Using Everyday Objects***. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (1999). ***How people learn: Brain, mind, experience, and school***. National Academy Press.

Brunheira,L da Ponte,J.P.(2016). ***Prospective teachers'*** development of geometric reasoning through an ***exploratory approach***.(available at: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01286995/document).

Camenzuli,J.(2015). The use of Technology to Support the Innovative Teaching of Mathematics to Students with SEBD: A Debate Related to the use of Technology in the Classroom to Promote Inclusion. ***International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*** ,12(1), 35-52.

Carroll, J. B. (1993). ***Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies***. Cambridge University Press.

Center for Technology in Learning.(2007). Why should a teacher use technology in his or her mathematics classroom?, Prepared for Texas Instruments by the Center for Technology in Learning, ***SRI International***, December 7. Retrieved from https://education.ti.com/sites/UK

Conference Board for the Mathematical Sciences (CBMS) .(2012). ***Mathematical Education of Teachers II***. Washington, DC: American Mathematical Society.

Council for the Accreditation of Educator Preparation. (2015). ***The CAEP standards***. Retrieved from http://caepnet.org/standards/introduction.

Herron,J.(2010). Implementation of Technology in an Elementary Mathematics Lesson: The Experiences of Pre-Service Teachers at One University. ***SRATE Journal***,19(1),19-29.

Hiebert, J. & Carpenter, T. P. (1992). Learning and Teaching with Understanding. In Grouws, D. A. (Ed.) ***Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*** (pp. 65-97). New York: Macmillan.

International Society for Technology in Education. (2000). ***National educational technology standards for students: Connecting curriculum and technology***. Eugene, OR: Author.

Kerrigan, J. (2002). Powerful software to enhance the elementary school mathematics program. ***Teaching Children Mathematics***, 8(6), 364–377.

Linn,M.C.&Peterson,A.C.(1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability:A meta anylasis,***Child Development***,1479-1498.

Mahayukti,G.A., Dianawati,N.P.S., Ardana,I.M., and Suryawan,I.P.P.(2019). The effect of concrete-pictorial-abstract learning strategy on spatial sense ability. ***Journal of Physics***: Conference Series. 1317 012007.

Mishra, P., & Koehler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. ***Teachers College Record***, 108(6), 1017-1054. http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Mistretta,M.R.(2005).Integrating Technology int the mathematics classroom:the role of teacher preparation programs. The ***Mathematics Educator***, 15(1), 18–24.

National Council of Teachers of Mathematics (1991). ***Professional standards for teaching mathematics***. Reston, VA: NCTM.

National Council of Teachers of Mathematics. (2011). ***Technology in teaching and learning mathematics: A position of the National Council of Teachers of Mathematics***. Retrieved from http://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Position-Statements/Strategic-Useof-Technology-in-Teaching-and-Learning-Mathematics/.

National Council of Teachers of Mathematics.(2000). ***Principles and Standards for School Mathematics***. Reston, VA: NCTM

Newcombe N. S., Shipley T. F. (2015). Thinking about spatial thinking: new typology, new assessments, ***in Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity***, ed Gero J. S., editor. (New York, NY: Springer;), 179–192.

Nurjanah, Didi Suryadi, Jozua Sabandar,and Darhim.(2014).The enhancement of junior high school students mathematical spatial sense abilities through computer-based interactive multimedia instruction. ***International Journal of Education***, 7(2),111-119.

Parviainen,P.(2019).The development of early mathematical skills-Atheoritical framework for a holistic model. ***Journal of Early Childhood Education Research***,8(1),162-191.

Putri,H.E.(2019). Influence of concrete pictorial abstract approach to the improvement of spatial sense ability of elementary school students. ***International Conference on Mathematics and Science Education*** (***ICMScE 2018***).

Putri,H.E., Isrokatun,I., Majid,N.W.,& Ridwan,T.(2019). Spatial sense instrument for prospective elementary school student. ***Journal of Physics: Conf. Series 1318 (2019) 012142***, doi:10.1088/1742-6596/1318/1/012142.

Richardson.K&Stien.C.(2008).Developing Spatial sense and communication skills. ***Mathematics Teaching in the Middle School***,14(2),100-107.

Roschelle, J., Pea, R., Hoadley, C., Gordin, D., & Means, B. (2000). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. ***The Future of Children***, 10(2), 76-101.

Sheard, j.(2007). ***Geometry and spatial sense***, illinois institute of technology,career connection to teaching with echnology USDOE technology innovation challenge grant marshall ransom.

Silk,M.E.,Higashi,R.,Shoop,R.,Schunn,C.D.(2010).Designing technolog activities that teach mathematics. ***The Technology Teacher***,January,21-27.

Skemp, R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. ***Mathematics Teaching***, 77, 20-26.

Sumartini,T.S. & Priatna,N.(2018). Identify student mathematical understanding ability through direct learning model. ***Journal of Physics, 3rd International Conference on Mathematical Sciences and Statistics***, doi:10.1088/1742-6596/1132/1/012043

Thurstone, L. (1950). Some primary abilities in visual thinking. In ***Proceedings of the American Philosophical Society*** (pp. 517-521).

Tzuriel,D.,Egozi,G.(2010). Gender Differences in Spatial Ability of Young Children: The Effects of Training and Processing Strategies.***Child Development***,81(5), 1417-1430.

Wai, Lubinski, & Benbow.(2009). Spatial ability for STEM domains: aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. ***Journal of Educational Psychology***, 101, 817-835.

Wright, R.T. (1999). ***Technology education: Essential for a balanced education***. NASSP Bulletin, 83(60), 16–22.

Young,J.C.,Levine,C.S.,Mix,S.K.(2018). ***The Connection between spatial and mathematical ability across development***. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00755.