Journal of Educational and Psychological Sciences
Volume (4), Issue (38): 30 Oct 2020
P: 1 - 18

ISSN: 2522-3399

مجلة العلوم التربوية والنفسية
المجلد (4)، العدد (38): 30 أكتوبر 2020 م
ص: 1 - 18

The impact of teaching "Fractal Geometry " on developing the skills of creative thinking among students in the Mathematics Department at the College of Education- Sana'a University

Ibrahim Mohmmed Qnaaf AL- Moafaa
College of Education || King Saud University || KSA

Abstract: This study aimed to prepare a course in Fractal Geometry, and to know its effect on developing creative thinking skills.

The sample of the study consisted of (32) male and female students from the third level students at the Department of Mathematics, College of Education, Sana'a University, and the experimental method, one group, was used through the pre and post application of the experiment tool. For the purpose of data collection, a test was used in creative thinking Already prepared and the researcher has adapted it to the Yemeni environment, and the data was processed using SPSS package, by applying mono- variance analysis and t- test for two interconnected samples.

The results resulted in the following:

- There are statistically significant differences at the level of significance (α =0, 05) between the performance of the members of the experimental group in the pre and post application of the creative thinking test, and on each of its skills (fluency, flexibility, originality) and in favor of post- performance.

- A large educational impact was achieved after teaching the proposed course on creative thinking in the study sample.

The proposed course worked on developing the fluency skill at a higher rate than the rest of the skills of the students of the study sample.

The researcher recommends that a fractal engineering course and its software should be included among the university courses

Keywords: fractal engineering, fractal, creative thinking skills (fluency, flexibility, originality).

أثر تدريس الهندسة الكسورية في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلبة قسم الرياضيات بكلية التربية- جامعة صنعاء - دراسة تجريبية - اليمن

إبراهيم محمد قناف المعافا
كلية التربية || جامعة الملك سعود || المملكة العربية السعودية

الملخص: هدفت هذه الدراسة إلى إعداد مقرر في الهندسة الكسورية (Fractal Geometry)، ومعرفة أثره في تنمية مهارات التفكير الإبداعي. وتم استخدام المنهج التجريبي، ذي المجموعة الواحدة من خلال التطبيق القبلي والبعدي لأداة التجربة. ولغرض جمع البيانات تم استخدام اختبار في التفكير الإبداعي معد مسبقاً، حيث قام الباحث بتكييفه على البيئة اليمنية، وتكونت عينة الدراسة من (32) طالباً وطالبة من طلبة المستوى الثالث بقسم الرياضيات كلية التربية جامعة صنعاء، وتمت معالجة البيانات باستخدام حزمة SPSS، بتطبيق تحليل التباين الأحادي واختبارt- test لعينتين مترابطتين. وأسفرت النتائج عن الآتي:

- توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (α=0.05) بين أداء أفراد المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الإبداعي، وعلى كل مهارة من مهاراته (الطلاقة، المرونة، الأصالة) ولصالح التطبيق البعدي.
- تحقق حجم تأثير تربوي كبير بعد تدريس المقرر المقترح على التفكير الإبداعي لدى عينة الدراسة.
- عمل المقرر المقترح على تنمية مهارة الطلاقة بمعدل أعلى من بقية المهارات لدى طلبة عينة الدراسة.
ويوصى الباحث بضرورة تضمين مقرر الهندسة الكسورية من ضمن المقررات الجامعية.

الكلمات المفتاحية: الهندسة الكسورية، الشكل الكسوري، مهارات التفكير الإبداعي (الطلاقة، المرونة، الأصالة).

المقدمة:

نتيجة للتطور الهائل في شتى مجالات الحياة، فقد تعالت الأصوات الداعية إلى تطوير برامج الرياضيات لتشمل آخر الاكتشافات في الرياضيات كعلم وفي كافة فروعة المختلفة، وعلى الرغم من شيوع استخدام الهندسة الكسورية Fractal Geometry وتضمينها في مقررات الجامعات في عدة دول مثل أمريكا وبريطانيا واليابان واستراليا وغيرها منذ منتصف التسعينيات الميلادية، فإن تدريس تلك الهندسة في جامعاتنا وتضمينها في مناهجنا الدراسية في بلداننا العربية ليس شائعًا، وذلك بالرغم من أن تلك الهندسة تحقق جوانب مهمة في تعليم وتعلم الرياضيات والتي منها مهارات التفكير بوجه عام و مهارات التفكير الإبداعي بوجه خاص.

والهندسة الكسورية بشكل خاص تعتبر من أفضل المجالات التي يمكن استثمارها في تنمية أنماط التفكير المختلفة؛ لأنها ليست مجرد مجموعة من الحقائق، فدراستها تعتمد بالدرجة الأولى على الأساليب المتنوعة والمختلفة والمتقدمة في التفكير، وبالتالي فهي نظام تفكير محكم ومتقن، تعمل على توسيع قدرات الطلاب العقلية، وتنمية أساليب التفكير المختلفة لديهم. حيث تعتبر الهندسة الكسورية وبرمجياتها مجالا خصبا وممتعا للأبحاث العلمية المهتمة بتنمية مهارات التفكير المختلفة (أبو الحمد، 2017).

حيث يؤكد عبيد (2004) على أن الرياضيات تعد عنصراً حاكماً فيما يجرى حالياً – وفيما هو متوقع مستقبلاً – من مستحدثات علمية وتكنولوجية، فإن مناهج الرياضيات لابد أن تتجاوب مع معطيات التطور، فتقلل من ردائها التقليدي الذي يقتصر نسيجه على مجموعة من القواعد والقوانين التي تعاني عزوفاً من معظم الطلبة، ومنذ بداية القرن العشرين وإلى يومنا هذا كان التقدم في علم الرياضيات هو مقياس حقيقي للتقدم العلمي والتقني لأي دولة (صبرا وآخرون، 2007).

فقد انتهت فكرة أن الطالب كتاب متنقل، وحل محلها فكرة " أن الطالب عالم مستقل متنوع متعدد وغني متغير ومتطور، لذلك فأداة تعلم الطالب لم تعد إدارة ذهنه السلبي وإنما إدارة تفكيره (قطامي، 2001)، وبذلك تؤكد الاتجاهات التربوية الحديثة أهمية اكتساب المتعلم لمهارات التفكير وممارستها وخصوصاُ مهارات التفكير الإبداعي، حيث يقول جلفورد: إن الإبداع أصبح مفتاح التربية في أكمل معانيها وأصبح مفتاحاً لحل معظم المشكلات المستعصية (شواهين، شهرزاد، وبدندي، 2009).

كما ينظر إلى الهندسة رياضياً على أنها: طريقة في إثارة التفكير حيث يقوم الطالب بعمل استنتاجات خاصة به من خلال ضم أشكال هندسية لبعضها البعض ومعرفة ما هو الشكل الناتج. (أبو لوم ، 2007)، ونتيجةً للتطور في علم الهندسة ظهرت في عام 1975 الهندسة الكسورية (Fractal Geometry) بواسطة العالم ماندلبروت (Mandelbrot) بولندي المولد وفرنسي الموطن، وأصبحت الهندسة الكسورية في الثلاثين سنة الأخيرة أساساً في الثورة الرياضية التي غيرت نظرتنا للطبيعة (Newton, 2008, pa).

وتشير دراسات ومقالات منها دراســة (البنا، 2007)، (السيد، 2001)، (على، 2008)، (الغانمي، 2010)، (المعافا، 2015)، (المعافا، والحسن، 2019) & (Camp, 1999; Langille, 1997; Lornell and Mandelbrot, 2007; Makee, 1997; Vacc, 1992; Westerberg, 1999) إلى أن أهمية دراسة الهندسة الكسورية تظهر في التالي:

- تساهم في ربط مقررات الرياضيات بتقنية المعلومات والاتصال.
- تفيد في رسم الأشياء الطبيعية الواقعية على شاشة الكمبيوتر.
- تستثير التفكير الإبداعي والاستقصاء عند المتعلمين من خلال فحص وتحليل مكونات الأشكال الكسورية، ومن خلالها تمزج الفنون مع الرياضيات، فتتحول المعادلات من مجرد أرقام ورموز إلى أشكال ورسومات.

مشكلة الدراسة:

نتيجة لما سبق فقد تحددت مشكلة الدراسة في تعالي الأصوات الداعية إلى تطوير برامج أقسام الرياضيات بكليات التربية، لتشمل الجديد من فروع الرياضيات وخصوصاً تلك المرتبطة بالتقنية والتي تتسم بالحداثة في موضوعات علم الرياضيات ونظرياته ودوره كأداة نفعية ومن تلك الفروع الحديثة للرياضيات (الهندسة الكسورية وبرمجياتها).

أسئلة الدراسة:

ونتيجة لحاجة قسم الرياضيات بكلية التربية جامعة صنعاء لإضافة تلك الهندسة العصرية للقسم فإن مشكلة الدراسة تبلورت بالسؤالين التاليين:

1- ما صورة المقرر المقترح في الهندسة الكسورية وما مدى مناسبته لطلبة قسم الرياضيات بكلية التربية- جامعة صنعاء؟
2- ما أثر تدريس الهندسة الكسورية وبرمجياتها في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلبة قسم الرياضيات بكلية التربية- جامعة صنعاء؟

فرضيات الدراسة:

1. توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=0.05) بين أداء أفراد المجموعة التجريبية في اختبار التفكير الإبداعي في تطبيقه قبلياً وبعدياً، وفي كل مهاره من مهاراته المدروسة: الطلاقة، المرونة، الأصالة، ولصالح التطبيق البعدي.
2. يوجد حجم تأثير تربوي لاستخدام المقرر المقترح على التفكير الإبداعي لدى طلبة عينة الدراسة.
3. ينمي المقرر المقترح كل مهارة من مهارات التفكير الإبداعي المدروسة (الطلاقة، المرونة، الأصالة) بالمعدل نفسه لدى طلاب عينة الدراسة.

أهداف الدراسة:

1. إعداد وتنظيم مواصفات محتوى مقرر مقترح في الهندسة الكسورية بما يتناسب ومستوى طلبة قسم الرياضيات بكلية التربية- جامعة صنعاء.
2. معرفة أثر تدريس المقرر المقترح في الهندسة الكسورية في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلبة قسم الرياضيات بكلية التربية- جامعة صنعاء.

أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية الدراسة عامة في تطرقها لفرع حديث من فروع الرياضيات يتم السعي إلى إضافته إلى مقررات وبرامج قسم الرياضيات، ويمكن تفصيل هذه الأهمية على النحو التالي:

1. قد تسهم الدراسة الحالية في تقديم محتوى مقرر جديد من مقررات الرياضيات وهو (الهندسة الكسورية).
2. قد تسهم في تحقيق بعض أهداف تدريس الرياضيات، ومنها:
   - تنمية مهارات التفكير الإبداعي.
   - مواكبة التطورات العلمية والاكتشافات الحديثة في علم الرياضيات.

حدود الدراسة

اقتصرت الدراسة الحالية على الحدود الآتية:

- الحدود الموضوعية: أثر تدريس الهندسة الكسورية في تنمية مهارات التفكير الإبداعي. متمثلة في: الطلاقة – المرونة – الأصالة.
- الحدود البشرية: طلبة المستوى الثالث بقسم الرياضيات.
- الحدود المكانية: كلية التربية- جامعة صنعاء.
- الحدود الزمنية: العام الدراسي (2019- 2020).

مصطلحات الدراسة

- الشكل الكسوري:

يعرف ماندلبروت الشكل الكسوري بأنه الشكل الهندسي (الخشن أو ذو الانكسارات) الذي يمكن تقسيمه إلى أجزاء كل منها (على الأقل تقريباً) هو تصغير للشكل لعديد من المقاييس (Edger, 2008).

- الهندسة الكسورية:

يعرف ماندلبروت الهندسة الكسورية بأنها: دراسة منظمة تهتم بدراسة الأشكال غير المنتظمة المتواجدة في العالم الحقيقي أو في الرياضيات، وهي توضح أن كل جزء صغير في الشكل يشبه كثيراً الكل كنسخة مصغرة (Mandelbrot and Frame, 2002).

- مهارات التفكير الإبداعي:

عرفها هلال (18 ,1997) بأنها: "عملية تقود إلى ابتكار حلول جديدة للأدوات أو الأفكار والمناهج المكونة لأي مشكلة، وناتج العملية الإبداعية يمثل قيمة مرتفعة مهمة بالنسبة للمجتمع".

ويعرفها جراون (23 ,1999) بأنها: "عمليات محددة نمارسها ونستخدمها عن قصد في معالجة المعلومات وأهم مهارات التفكير الإبداعي (الطلاقة، المرونة، الأصالة، الإفاضة)".

2- الإطار النظري والدراسات السابقة

الهندسة الكسورية

مفهوم الهندسة الكسورية:

يصف ماندلبروت الهندسة الكسورية بأنها الدراسة المنظمة لأشكال غير منتظمة في مجال الرياضيات أو العالم الواقعي متغاير المقاييس (Mandelbort and Frame, 2002).

كما تعرفها موافي (2004) بأنها: شكل هندسي ذو انكسارات يمكن تقسيمه إلى أجزاء متماثلة ومتشابهة ذاتياً، ويمكن من خلال خاصية التشابه الذاتي لأجزاء الشكل الكسوري تقسيم الأجزاء الناتجة حتى تصل إلى مولد الكسوريات، ويختلف البعد الكسوري من شكل إلى آخر حسب درجة تعقيد الشكل وكثرة تعرجاته.

نشأة الهندسة الكسورية وأهميتها:

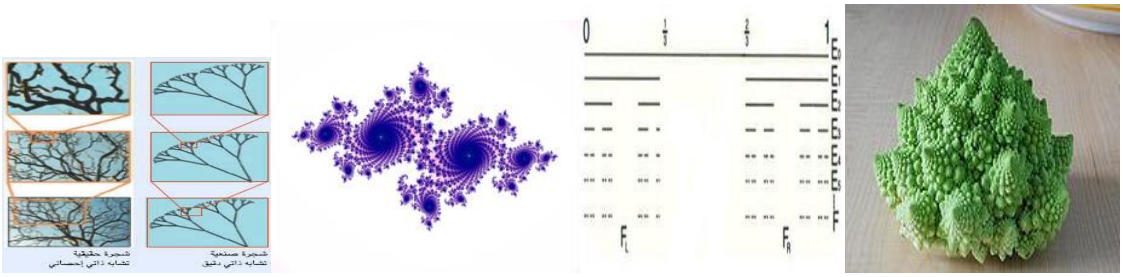
نشأت الهندسة الكسورية عندما جلس ماندلبروت (Mandelbrot) بولندي المنشأ وفرنسي الموطن على شاطئ بإنجلترا، ومن قمة استمتاعه بالبحر وأمواجه، زاغ ببصره نحو الشاطئ، وبهرته تعرجاته وخلجانه وتضاريسه الصخرية المتباينة، لم يلهمه البحر بقصيدة شعرية أو بلوحة فنية؛ ولكن الشاطئ المتعرج أثار مشكلة في خاطرة: ما هو طول الشاطئ؟ إن شكل الشاطئ المتعرج ذكره بالأشكال المتشابهة ذاتيا (Self- Similarity)، والشكل المتشابه ذاتيا - ببساطة –هو شكل يتكون من أشكال أصغر منه بمقاييس (Scales) مختلفة، ومن تعريف الشكل المتشابه ذاتيا انطلق إلى تعريف أعم للشكل الكسوري، وهو الشكل الهندسي (الخشن أو ذو الانكسارات) الذي يمكن تقسيمه إلى أجزاء كل منها (على الأقل تقريبا) هو تصغير للشكل لعديد من المقاييس؛ وأرجع تعاريج الشاطئ بأنها كسوريات. إن الطبيعة الساحرة الملهمة، البحر وشواطئه المتعرجة جعلت ماندلبروت يخترع هندسة جديدة عصرية، أحد تطبيقاتها هو قياس طول الساحل الإنجليزي؛ وذلك بتحليل خواص التشابه الذاتي والبعد الكسوري وتمثيل كسوريات تعكس ثنايات وانكسارات وتعرجات الشاطئ عديمة الانتظام لأجزائه الصغيرة، وعند إصدار كتاب ماندلبروت (1982) حول هذه الهندسة اختار لها اسماً "Fractal Geometry" واسم فراكتال (Fractal)، لأنه وقع تحت يده بالصدفة مجلة عرف منها أن "Fractus" هي كلمة لاتينية تعنى يكسر break وبمعنى كسر رياضي Fraction وهذا جعله يشتق الاسم فراكتال منها. ولذا فإنهم يترجمونها بهندسة الكسوريات أو هندسة الفتافيت (خضر، 2004).

خصائص الهندسة الكسورية:

يشير على (2008) إلى أن هندسة الفراكتال تتميز بخصائص أساسية تعطى لها ذلك التركيب الفريد بين فروع الهندسيات الأخرى، ومن هذه الخصائص الآتي:

أ- خاصية التشابه الذاتي Self – Similarity: -

هي خاصية أساسية تعنى أن الشكل يمكن تقسيمه إلى أجزاء، كل جزء هو نسخه تقريبية للشكل الكلى، وهناك أمثلة متنوعة من الطبيعة والأشكال الهندسية المستقيمة، وأمثله من لوحات فنية، وأخرى من التشابه الذاتي المضبوط والإحصائي نستعرضها في الاشكال التالية:

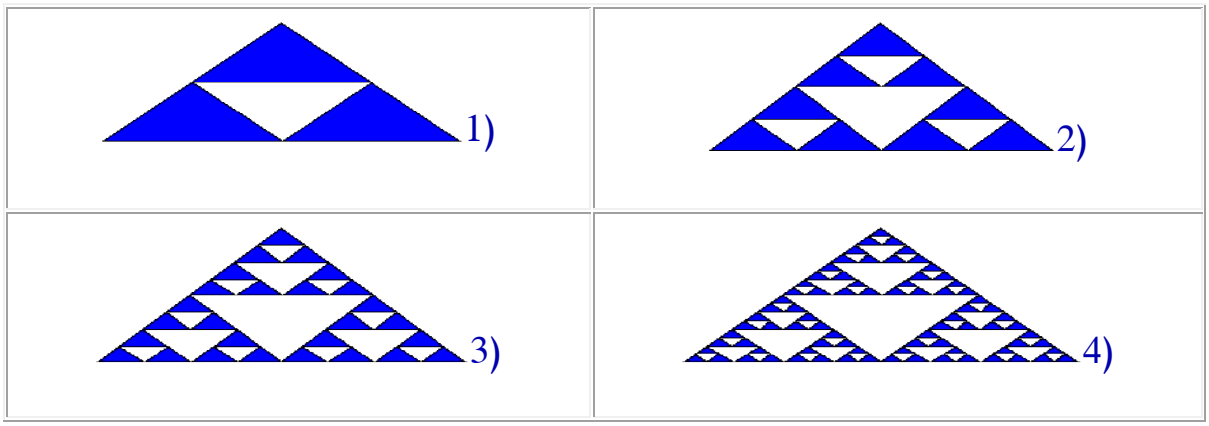


ب- خاصية البعد الكسوري (Fractal Dimension): -

البعد الكسوري هو أحد الخصائص الأساسية التي يمكن من خلالها تعريف الشكل الكسوري، حيث إنه بشكل عام ليس عدداً ولا قيمة عددية محددة، وهو عدد حقيقي موجب بين الـ (1) و (2) يوضح مدى النتوءات في الشكل (السيد، 2004 ; Falconer, 2003). وهناك أساليب إحصائية لإيجاد البعد الكسوري (Hartvigsen, 2000) منها: الطريقة التحليلية، طريقة المسطرة، طريقة الشبكة التربيعية.

ج- خاصية التكرار(Iteration): -

يقصد بالتكرار تكرار قاعدة أو عملية أو إجراء. ويستخدم ناتج أو مخرجات كل تكرار كمدخلات في التكرار التالي وهكذا؛ فالأشكال الكسورية تنتج نتيجة لتكرار إجراءات بسيطة عدة مرات، فينتج عنها شكل كسوري معقد الشكل، وهذا يُلاحظ في مراحل إنشاء مثلث سينبرسكي، والشكل التالي يوضح ذلك: -



4- تطبيقات الهندسة الكسورية:

يشير على (2008) إلى أن الهندسة الكسورية لها تطبيقات مختلفة في العديد من مجالات الدراسة، وهذا في تزايد مستمر، فكل شيء يتضمن تشابهاً ذاتياً - تكبيراً أو تصغيراً- يمكن نمذجته ودراسته من خلال الشكل الكسوري بشكل أفضل من أي نماذج أخرى.

فيما يلي أمثلة على تطبيقات الهندسة الكسورية في بعض العلوم:

أ- الطب:

يشير كل من ديفيس Davis (2000) والبنا (2007) إلى أن استخدام الهندسة الكسورية ساعد العلماء في التغلب على صعوبات كانت تواجههم عند دراسة التغيرات التي تحدث في الخلايا والأنسجة، وذلك بالمقارنة بين التغيرات الطبيعية والمرضية داخل الخلايا والأنسجة.

ب- التكنولوجيا:

أشارة دراستا بأول، وهان إلى أن الكسوريات تتميز بالعديد من التطبيقات في مجال التكنلوجيا، ومن أهمها صناعة الإريال؛ فيمكن تشكيل الإريال على شكل مجموعة من الأرايل الصغيرة المنظمة بطريقة تجمع بين النظام والعشوائية، وهذه الخاصية تتوافر في أشكال كسوريات (Kiyun, 2003 & Paul, 2003).

ج- الترفيه:

يشير كان إلى استخدام الهندسة الكسورية في صناعة الأفلام والمؤثرات المرئية، حيث يتم ضغط الصورة وتنفذ الصورة على شكل دالة تكرارات مرحلية، ومن تطبيقات الهندسة الكسورية استخدام بعض الأشكال الكسورية المتولدة من بعض المعادلات الرياضية في توليد موسيقى وألحان جميلة (Chen, 2009).

التفكير الإبداعي

مفهوم الإبداع:

أصبح الاهتمام بالإبداع ضرورة تحتمها طبيعة العصر الحديث، ويرجع ذلك إلى أهمية الإبداع في كل مجالات الحياة، وإلى دور المبتكرين في تغيير التاريخ (أبو النصر، 2009). حيث يطرح شواهين وآخرون (2009) أنه لا يوجد في الواقع تعريف محدد جامع لمفهوم الإبداع، وقد عرفه كثير من الباحثين الأجانب والعرب على حد سواء بتعريفات مختلفة ومتباينة، ومن أبرزها ما عرفه أحد الباحثين العرب على أنه قدرة الفرد على الإنتاج إنتاجا يتميز بأكبر قدر من الطلاقة الفكرية، والمرونة التلقائية، والأصالة.

مهارات التفكير الإبداعي:

يشير الحيلة (2002) وشواهين (2005) إلى أن المراجعة لأكثر اختبارات التفكير الإبداعي شيوعا وهي اختبارات تورانس (Torrance) واختبارات جلفورد (Guilford)، تتضمن بضعة مهارات للتفكير الإبداعي والتي حاول الباحثون قياسها، وهي:

1- **الطلاقة**: وتعني القدرة على توليد عدد كبير من البدائل أو المترادفات أو الأفكار أو المشكلات أو الاستعمالات عند الاستجابة لمثير معين.
2- **المرونة**: وهي القدرة على توليد أفكار متنوعة ليست من نوع الأفكار المتوقعة عادة، وتوجيه أو تحويل مسار التفكير مع تغير المثير أو متطلبات الموقف.
3- **الأصالة**: والأصالة هنا بمعنى القدرة على الجدة والتفرد، وعدم التقليد، وهي العامل المشترك بين معظم التعريفات التي تركز على النواتج الإبداعية كمحك للحكم على مستوى الإبداع.

ثانياً- الدراسات العربية والأجنبية التي تناولت الهندسة الكسورية:

دراسة السيد (2001) حيث هدفت الدراسة إلى إعداد وحدة في الهندسة الكسورية يمكن تضمينها في برنامج إعداد معلمي الرياضيات بكليات التربية، والبحث في مدى فعالية الوحدة المقترحة لطلاب الرياضيات بكلية التربية، اتبع الباحث المنهج التجريبي فقد تم الاعتماد على التصميم التجريبي ذي المجموعة الواحدةً، ومن أهم نتائج الدراسة الآتي:

- يمكن إكساب الطلاب المعلمين للمعارف والمهارات المتضمنة في الهندسة الكسورية ويستدل على ذلك من خلال ارتفاع متوسط درجات الطلاب في الاختبار التحصيلي البعدي للهندسة الكسورية.

- أظهر الطلاب دافعية كبيرة نحو دراسة الهندسة الكسورية، وقد ظهر ذلك من خلال اهتماماتهم بتعرف مواقع جديدة للشكل الكسوري بالإنترنت، وقد تنافس الطلاب في التوصل إلى أجمل الأشكال الكسورية.

دراسة البنا (2007) حيث هدفت الدراسة إلى إعداد وحدة مقترحة في الهندسة الكسورية لطلاب كليات التربية، ودراسة أثرها على التفكير الإبداعي والاتجاه نحو الرياضيات، واستخدمت الباحثة التصميم التجريبي للمجموعة الواحدة ذات التطبيق (القبلي – البعدي) وذلك لدراسة فاعلية الوحدة المقترحة على المتغيرات التابعة (التفكير الإبداعي – الاتجاه نحو الرياضيات). استخدمت الباحثة اختبار التفكير الإبداعي ومقياس الاتجاه نحو الرياضيات، ومن أهم نتائج الدراسة الآتي:

- توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (01، 0) بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لصالح التطبيق البعدي في كل من اختبار التفكير الإبداعي ومقياس الاتجاه نحو الرياضيات والهندسة الكسورية.

دراسة الغانمي (2010) حيث هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على فاعلية برنامج تدريبي قائم على الهندسة الكسورية لتنمية مهارات حل المشكلات الهندسية والتفكير الرياضي والإبداعي لدى معلمات الرياضيات بالمرحلة المتوسطة بمدينة جدة، واتبعت الباحثة في هذه الدراسة المنهج شبه التجريبي، حيث تم تقسيم المعلمات إلى مجموعتين: ضابطة وتجريبية، ومن أهم نتائج الدراسة الآتي:

- توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى أقل من 0، 05 بين متوسطي درجات معلمات المجموعتين الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لكل من اختبار مهارات حل المشكلات الهندسية، واختبار مهارات التفكير الرياضي، وكذلك اختبار مهارات التفكير الإبداعي وذلك لصالح المجموعة التجريبية.

دراسة ماكى (Makee, 1997) حيث هدفت الدراسة إلى بيان مدى ارتباط أنشطة وموضوعات في الهندسة الكسورية بموضوعات الرياضيات المدرسية لطلاب الصف التاسع، حيث تم قياس ذلك من خلال الملاحظة والمقابلات والتسجيلات لأنشطة الطلاب المرتبطة بأعمالهم في الهندسة الكسورية التي قدمت لهم من خلال أسئلة استقصائية لموضوعات متعلقة بالطبيعة، وتوصلت الدراسة إلى:

- أن هناك ارتباطات قوية بين الهندسة الكسورية وموضوعات الرياضيات وكما اكتشف الطلاب التشابه الذاتي للأشكال الهندسية والأشياء في الطبيعة، وازدادت ثقة الطلاب وإدراكاتهم حول كيفية تكوين الاشكال الكسورية وعمل التكرارات الهندسية.

دراسة أبراهام (Abraham, 2008) حيث هدفت الدراسة إلى دراسة القيمة الجمالية للهندسة الكسورية من خلال المستويات المختلفة للأبعاد الكسورية المكونة للأشكال الكسورية لدى طلبة الدراسات العليا قسم علم نفس، ومن أهم نتائج الدراسة الآتي:

- الأبعاد الكسورية وتعقيد الشكل الكسوري لها علاقة في التباين في الأحكام الجمالية.
- تزيد جماليات الشكل الكسوري كلما زاد تعقيده.

التعقيب على البحوث والدراسات السابقة:

أوصت معظم الدراسات بضرورة تضمين مقرر الهندسة الكسورية ضمن مراحل التعليم المختلفة لما لها من تطبيقات مختلفة في الرياضيات والمجالات الأخرى وفي الطبيعة، إمكانية تدريس مفاهيم الهندسة الكسورية البسيطة في المراحل الابتدائية كما في دراسة فاك، والثانوية كما في دراسة لورنيل ووستربرج والجامعية كما في دراسة السيد (2001) ودراسة البنا (2007)، توصلت معظم الدراسات إلى أن تدريس وحدات وبرامج مقترحة في الهندسة الكسورية

له أثر فعال في تنمية التحصيل والتفكير الرياضي والهندسي والإبداعي والبصري لدى التلاميذ في المراحل التعليمية المختلفة، كما شملت برامج تدريب المعلمين أثناء الخدمة.

3- منهجية الدراسة وإجراءاتها

منهج الدراسة

اتبعت الدراسة الحالية المنهج التجريبي، وأخذت بالتصميم التجريبي للمجموعة الواحدة من خلال التطبيق القبلي والبعدي لأدوات الدراسة وذلك لمناسبته لمثل هذا النوع من الدراسات والتي تهدف إلى التعرف على أثر المتغير المستقل (تدريس مقرر مقترح في الهندسة الكسورية) في المتغير التابع (التفكير الإبداعي)، (أبوعلام، 2013).

مجتمع الدراسة وعينتها:

تكون مجتمع الدراسة من طلبة المستوى الثالث بقسم الرياضيات كلية التربية جامعة صنعاء للعام الدراسي 2020/2019م حيث كان إجمالي عدد طلبة المجتمع (106) طالباً وطالبة من طلبة المستوى الثالث بقسم الرياضيات كلية التربية جامعة صنعاء، وتكونت عينة الدراسة من (32) طالباً وطالبة من طلبة المستوى الثالث بقسم الرياضيات كلية التربية جامعة صنعاء، وقد كان اختيار العينة قصدياً كون الباحث عضو هيئة تدريس بالقسم.

المقرر المقترح في الهندسة الكسورية:

لبناء المقرر اتبع الباحث الخطوات الآتية:

الخطوة الأولى: تحديد الهدف العام لمقرر الهندسة الكسورية، والمتمثل بتنمية مهارات التفكير الإبداعي.

الخطوة الثانية: الاطلاع على المراجع الرياضية والأدب التربوي والدراسات السابقة التي أشارت إلى الهندسة الكسورية ومهارات التفكير الإبداعي، وشملت ما يأتي:

1. القراءة المتعمقة في موضوع الهندسة الكسورية.
2. القراءة المتعمقة حول مهارات التفكير الإبداعي.
3. رصد وتحديد أبرز مكونات الهندسة الكسورية والتي تساهم في تنمية مهارات التفكير الإبداعي وتتناسب مع مستويات طلبة المستوى الثالث.
4. في ضوء ما سبق تم تحديد مواصفات المقرر المقترح.
5. تم عمل مقابلات مع ستة خبراء من الوطن العربي في مجالي الرياضيات وتعليم الرياضيات ولهم أبحاث ودراسات في الهندسة الكسورية؛ لاستعراض ما تم تحديده من مواصفات، وخطط تدريسية، والاستفادة من مقترحاتهم وتوصياتهم وتعديل مواصفات المقرر بناءً على تلك التوصيات والمقترحات وإخراجه بصورته النهائية.

الخطوة الثالثة: في ضوء مواصفات المقرر النهائية تم تحديد أهداف المقرر التعليمية لكل مكونات المقرر وصياغتها سلوكياً.

الخطوة الرابعة: تحديد المحتوى التعليمي للمقرر مع مراعاة ما يلي:

- سهولة ووضوح الأسلوب اللغوي، الدقة العلمية، ربط المادة بحياة الطلبة.
- وضع أنشطة تساعد على ربط الهندسة الكسورية، بمهارات التفكير الابداعي.

- تصميم المقرر في ثلاث وحدات، وتضمن بناء كل وحدة تعليمية مقترحة ما يأتي: أهداف تعليم الرياضيات، أهداف خاصة، مقدمة وإرشادات، جميع دروس الوحدة بحيث تضمن كلّ درس، ما يأتي: عنوان الدرس، أهداف الدرس، وأبرز أفكاره، مواقف ومشكلات حياتية من بيئة الطلبة تتناسب مع اهتماماتهم، استعراض المفاهيم الرياضية بواسطة مجموعة من المهارات التي تسهم في استيعابه، تقديم مجموعة من الأنشطة التي تعزز فهم الطلبة لأفكار الدرس الرئيسة، اختبارات تشخيصية وتكوينية وختامية.

الخطوة الخامسة: تحديد الوسائل التعليمية واستراتيجيات التدريس المستخدمة في المقرر.

الخطوة السادسة: تحديد أساليب التقويم.

الخطوة السابعة: تم ضبط المقرر بعرضه على مجموعة من المختصين في تعليم وتعلم الرياضيات والرياضيات، للتأكد من صدق المحتوى ومناسبته للطلاب المعلمين ومن ثم اخراج المقرر بصورته النهائية.

أداة الدراسة:

يعد اختبار التفكير الإبداعي الأداة الوحيدة للدراسة، ومن خلالها تم جمع البيانات ويتكون الاختبار من خمسة بنود يتضمن كل منها موقفاُ يطلب فيه من المفحوصين أن يصيغوا أكبر عدد من الأسئلة التي يمكن الإجابة عنها من المعلومات المعطاة في كل موقف من المواقف الخمسة، ويسبق تلك المواقف الخمسة تعليمات الاختبار توضح للطلبة طريقة الإجابة عن فقرات ومواقف الاختبار المختلفة.

واختبار التفكير الإبداعي معد من قبل أ.د/ محمود منسي أستاذ علم النفس التربوي – كلية التربية – جامعة الإسكندرية، حيث يشير المعد (2008) إنه أحد مقاييس الإبداع الرياضي الرائدة في مصر حيث قام بإعداده في دراسته التي فحصت أثر دراسة كل من الرياضيات التقليدية والحديثة على التفكير الإبداعي في الرياضيات (منسي، 2008).

الخصائص القياسية الأصلية التي يتمتع بها الاختبار.

- **صدق الاختبار:**

1- صدق المحتوى:

للتعرف على مدى ملاءمة صدق المحتوى للبيئة اليمنية اعتمدت الدراسة رأي الخبراء في ذلك حيث أكد الخبراء على صدق المحتوى في البيئة اليمنية.

2- صدق البناء:

يشير منسي (2008) على أن معامل الصدق هو 93.0، إذ قام باستخدام محك خارجي على عينة مكونة من 200 طالب وطالبة من طلاب المرحلة الثانوية العامة بالقاهرة كما قام بحساب الصدق الظاهري بعرض مواقف الاختبار على خمسة محكمين من المتخصصين في علم النفس والقياس النفسي ببعض كليات التربية بالجامعات المصرية وكانت نسبة اتفاقهم عالية.

وتحقق الباحث من ذلك من خلال الاتساق الداخلي للاختبار عن طريق حساب معامل الارتباط بين درجة السؤال في كل من: الطلاقة، المرونة، الأصالة لأفراد العينة الاستطلاعية ودرجاتهم على الاختبار في البعد الذي تنتمي إليه تلك الدرجة (الطلاقة، المرونة، الأصالة) كما حُسب معامل ارتباط الأبعاد مع بعضها البعض وبالدرجة الكلية وكانت النتائج موضحة بالجدول التالي:

جدول (1) مصفوفة الارتباط لأسئلة وأبعاد اختبار التفكير الإبداعي

رقم السؤال	معاملات ارتباط السؤال بمهارات التفكير الإبداعي		
	الطلاقة	المرونة	الأصالة
1	0.86	0.88	0.87
2	0.84	0.79	0.82
3	0.88	0.87	0.86
4	0.91	0.85	0.93
5	0.90	0.76	0.84
معاملات الارتباط بين مهارات اختبار التفكير الإبداعي			
	الطلاقة	المرونة	الأصالة
الطلاقة	-	0.95	0.96
المرونة	0.95	-	0.94
الأصالة	0.96	0.94	-
الدرجة الكلية	0.97	0.98	0.96

ويتضح من مصفوفة الارتباطات السابقة ارتباط السؤال مع أبعاد الاختبار ارتباطاً دالاً إحصائياً، حيث تراوحت معاملات الارتباط ما بين (0.79 – 0.93) وهي دالة إحصائياً عند مستوى أقل من 0.01. كما يتضح أيضاً أن الأبعاد المكونة لاختبار التفكير الإبداعي ترتبط فيما بينها وكذا مع الدرجة الكلية ارتباطا دالاً إحصائياً حيث تراوحت معاملات الارتباط ما بين (0.94 –0.98) وكلها دالة إحصائياً عند مستوى أقل من 0.01.

- **الثبات:**

يشير منسي (2008) على أن معامل ثبات الاختبار الناتج هو74، 0 عندما طبقه على عينة الدراسة، بطريقة إعادة التطبيق بفاصل زمني 3 أسابيع، وقد قامت الدراسة الحالية بدراسة ثبات الاختبار وذلك من خلال:

1- ثبات التجانس:

تحققت الدراسة من ذلك من خلال حساب معامل ألفا كرونباخ لكل بعد من أبعاد الاختبار وللدرجة الكلية وكانت قيم معاملات الثبات كما في الجدول الآتي: -

جدول (2) معاملات ارتباط ألفا كرونباخ

البعد	معامل الارتباط
الطلاقة	0.93
المرونة	0.89
الأصالة	0.90
الدرجة الكلية	0.93

ويتضح من الجدول (2) السابق أن معاملات الثبات لجميع الأبعاد وللدرجة الكلية كلها عالية وهذه خاصية جيدة في الاختبار تسمح باستخدامه في الدراسة الحالية (العجيلي، 2007).

2- ثبات التصحيح:

اطلع الباحث على تعليمات تصحيح اختبار التفكير الإبداعي، من ثم قام الباحث بتصحيح أوراق طلبة العينة الاستطلاعية وبعد فاصل زمني مناسب أعيد تصحيح الأوراق مرة أخرى وتم تسجيل الدرجات في كل مرة كل على حدة ومن ثم حُسب ثبات التصحيح من خلال حساب معامل ارتباط بيرسون وقد جاءت النتائج على النحو الآتي:

جدول (3) ثبات تصحيح الاختبار

البعد	معامل الثبات	مستوى الدلالة
الطلاقة	0.97	0.01
المرونة	0.93	0.01
الأصالة	0.94	0.01
الدرجة الكلية	0.95	0.01

وتعتبر هذه النتائج دالة عند مستوى (0.01) وهي قيم تشير إلى درجة ثبات جيدة تسمح بتطبيق الاختبار، ومن خلال مؤشرات الصدق والثبات التي تحققت لهذا الاختبار فإن الاختبار يتمتع بدرجة صدق وثبات عالية تسمح باستخدامه في الدراسة الحالية.

المعالجة الإحصائية:

استخدم الباحث الوسائل الإحصائية الآتية؛ واستعان في تنفيذ بعضها بالبرنامج الاحصائي SPSS:

- ✓ معامل ارتباط بيرسون لحساب: ثبات التصحيح، صدق الاختبار.
- ✓ معامل ألفا كرونباخ (α- K) لحساب ثبات الاختبار.
- ✓ اختبار (t) لعينتين مترابطتين، واستُخدم لاختبار الفرق بين أداء أفراد المجموعة التجريبية على اختبار التفكير الابداعي القبلي والبعدي، وعلى كل بعد من أبعاده المحددة للدراسة: الطلاقة، المرونة، الأصالة.
- ✓ تحليل التباين للتحقق فيما إذا كانت الوحدة التجريبية تنمي مهارات التفكير بالمعدل نفسه.

4- تحليل نتائج الدراسة ومناقشتها

- **النتائج المتعلقة بالفرضية الأولى: " توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة (α=0.05) بين أداء أفراد المجموعة التجريبية في اختبار التفكير الإبداعي في تطبيقه قبلياً وبعدياً، وفي كل مهارة من مهاراته المدروسة: الطلاقة، المرونة، والأصالة، ولصالح التطبيق البعدي "**

ولاختبار الفرضية الأولى قام الباحث بحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري في التطبيقين القبلي والبعدي، على اختبار التفكير الإبداعي ككل وفي كل مهاره من مهاراته المشمولة في هذه الدراسة (الطلاقة، المرونة، الأصالة)، وكانت النتائج كما في الجدول التالي:

جدول (4) المتوسطات والانحرافات المعيارية لدرجات طلبة عينة الدراسة في التطبيقين القبلي والبعدي

مهارات الاختبار		العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
الطلاقة	قبلي	32	42.83	18.11
	بعدي	32	73.44	22.16

مهارات الاختبار		العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
المرونة	قبلي	32	27.13	12.61
	بعدي	32	51.13	18.01
الأصالة	قبلي	32	28.11	13.11
	بعدي	32	55.19	20.33
المجموع	قبلي	32	32.69	14.61
	بعدي	32	59.92	20.17

ومن خلال الجدول رقم (4) يتبين ما يلي: -

- ارتفاع متوسط أداء الطلبة في التطبيق البعدي لاختبار التفكير الإبداعي في الرياضيات ككل عن متوسط أدائهم في التطبيق القبلي، حيث بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق البعدي (59.92) في حين بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق القبلي (32.69).
- ارتفاع متوسط أداء الطلبة في التطبيق البعدي لاختبار التفكير الإبداعي في الرياضيات لكل مهارة من مهاراته الثلاث (الطلاقة، المرونة، الأصالة) عن متوسط أدائهم في التطبيق القبلي، وأن أعلى أداء كان لمهارة الطلاقة حيث بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق البعدي (73.44) في حين بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق القبلي (42.83) أما أقل أداء كان في مهارة المرونة، حيث بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق البعدي لمهارة المرونة (51.13) في حين بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق القبلي (27.13) كما بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق البعدي لمهارة الأصالة (55.19) في حين بلغ متوسط درجاتهم في التطبيق القبلي (28.11).

ولاختبار دلالة الفرق بين متوسط الاداء القبلي والبعدي تم استخدم اختبار (t) لعينتين مترابطتين كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (5) اختبار (t) لدلالة الفروق بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والبعدي لاختبار التفكير الإبداعي

مهارات الاختبار	الفرق بين الأداء القبلي والبعدي		قيمة t	درجة الحرية	مستوى الدلالة
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري			
الطلاقة	30.61	20.11	8.99	31	0.01
المرونة	24.00	15.14	8.36	31	0.01
الأصالة	27.08	14.93	9.45	31	0.01
المجموع	27.23	17.13	9.13	31	0.01

يتبين من الجدول (5) أن هناك فروقاً ذات دلالة إحصائية عند مستوى أقل من (0.01) بين متوسطي درجات الطلاب في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار التفكير الإبداعي ككل وما يتضمنه من مهارات فرعية لصالح التطبيق البعدي، وبناءً على ما تقدم من عرض للنتائج التي تم التوصل إليها، يكون البحث قد أثبت صحة الفرضية الأولى وبذلك تقبل هذه الفرضية.

- **النتائج المتعلقة بالفرضية الثانية: " تحقق حجم تأثير تربوي لاستخدام المقرر المقترح على التفكير الإبداعي ككل وعلى كل مهارة من مهاراته على حدة لدى طلبة عينة الدراسة".**

ولاختبار الفرضية الثانية حُسب حجم الأثر باستخدام اختبار (t) لعينتين مترابطتين وكانت النتائج كما هو مبين بالجدول التالي:

جدول (6) قيمة وحجم التأثير في اختبار التفكير الإبداعي

المهارات	الفرق بين الأداء القبلي		درجة الحرية	قيمة (ت)	قيمة حجم الأثر	مقدار حجم الأثر
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري				
الطلاقة	30.61	20.11	31	8.99	0.73	كبير
المرونة	24.00	15.14	31	8.36	0.71	كبير
الأصالة	27.08	14.93	31	9.45	0.74	كبير
المجموع	27.23	17.13	33	9.13	0.73	كبير

يتبين من الجدول (6): أن حجم أثر استخدام المقرر المقترح في تنمية مهارات التفكير الإبداعي ككل هو (0.73) وهو حجم تأثير كبير وأن حجم أثر استخدام الوحدة المقترحة في تنمية مهارة الطلاقة هو (0.73) ومهارة المرونة هو (0.71) ومهارة الأصالة هو (0.74) وكلها تعتبر حجم تأثير كبير وفقاً لمعيار أثر الحجم.

- وبناءً على ذلك يكون البحث قد أثبت صحة الفرضية الثانية وبذلك تقبل هذه الفرضية.

- **النتائج المتصلة بالفرضية الثالثة: "المقرر المقترح ينمي كل مهارة من مهارات التفكير الإبداعي المدروسة (الطلاقة، المرونة، الأصالة) بالمعدل نفسه لدى طلاب عينة الدراسة".**

ولاختبار الفرضية الثالثة فقد حُسبت درجة الكسب لكل فرد من أفراد العينة ممثلة في الفرق بين درجته القبلية والبعدية وذلك بالنسبة لكل مهارة من مهارات التفكير الإبداعي والجدول التالي يبين تلك النتائج: -

جدول (7) متوسط الكسب لكل مهارة من مهارات التفكير الابداعي

المهارة	العدد	متوسط الكسب	الانحراف المعياري
الطلاقة	31	34.14	18.12
المرونة	31	27.16	15.11
الأصالة	31	30.13	17.13

من الجدول (7) تبين أن أعلى متوسط للكسب كان لمهارة الطلاقة (34.14) وكان أقل متوسط كسب لمهارة المرونة (27.16) في حين بلغ متوسط الكسب لمهارة الأصالة (30.13).

ومن ثم استخدم تحليل التباين لدلالة الفروق بين متوسطات الكسب لمجموعة المهارات،

والجدول التالي يوضح تلك النتائج:

جدول (8) تحليل التباين لدراسة الفروق في النمو الحاصل في أبعاد التفكير الابداعي

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمةF	الدلالة الإحصائية
بين المجموعات	1632.44	2	816.22	4.17	0.01

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمةF	الدلالة الإحصائية
داخل المجموعات	21030.09	93	226.13		
المجموع	22662.53	95			

من الجدول (8) يتبين أن قيمة ف المحسوبة (4.17) وهذه القيمة دالة إحصائياً عند مستوى دلالة أقل من (0.05)، ولمعرفة اتجاه الفروق استخدم اختبار أقل فرق معنوي (LSD) كما في الجدول التالي

جدول (9) اختبار أصغر فرق معنوي (LSD) للمقارنات المتعددة لمتوسط الكسب

(I)المهارة	(J)المهارة	Mean D (I- J)	الدلالة الإحصائية
الطلاقة	المرونة	11.12	0.01
	الأصالة	5.13	0.311
المرونة	الأصالة	4.86 -	0.213

يتبين من الجدول (9): أن الوحدة التجريبية عملت على تنمية مهارة الطلاقة بمعدل أعلى من مهارة المرونة، في حين كان النمو للمهارتين الأخيرتين (الأصالة والمرونة) بالمعدل نفسه.

وفيما يلي خلاصة للنتائج التي تم التوصل إليها ومناقشتها:

- أثبتت النتائج الخاصة بتطبيق اختبار التفكير الإبداعي، أن هناك فروقاً ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.01$) لصالح التطبيق البعدي.
- ظهر أن حجم التأثير التربوي لتدريس المقرر المقترح كبير على التفكير الإبداعي ككل وعلى كل مهارة من مهاراته على حده لدى طلاب عينة الدراسة.
- ظهر أن تدريس المقرر عمل على تنمية مهارة الطلاقة بمعدل أعلى من مهارة المرونة، في حين كان النمو للمهارتين الأخيرتين (الأصالة والمرونة) بالمعدل نفسه

ويمكن تفسير ذلك على النحو التالي:

1. الأنشطة المتعددة والمختلفة التي تضمنها المقرر، ومن أهمها الأنشطة الخاصة بإنشاء الأشكال الكسورية المختلفة من خلال التكرارات الهندسية، واستخدام التعلم الذاتي في تلك الأنشطة يدعم مسئولية التعلم لدى الطالب ويقلل منها لدى المعلم؛ وهذا ما أثر في تنمية تفكير الطلبة، وخاصةً في تنمية مهارات التفكير الإبداعي.
2. إن المقرر المقترح قدم بعض التطبيقات للهندسة الكسورية المرتبطة بحياة الطلبة، مما جعلهم يشعروا بأهمية دراسة الهندسة الكسورية وجدواها في حياتهم، وأوجد دافعية لديهم نحو تعلم الهندسة الكسورية.
3. حدوث حجم تأثير كبير للمقرر المقترح يرجع إلى تعرف الطلبة على التطبيقات العديدة والمتنوعة للهندسة الكسورية في المجالات المختلفة مما جعلهم يشعرون بأهمية الرياضيات وتطبيقاتها في الحياة اليومية، وأن الرياضيات ليست مجردة جافة، وأنها تفسر العديد من الظواهر الطبيعية التي تحيط بهم.
4. المقرر المقترح وخصوصاً موضوع التكرارات الهندسية وإنشاء الأشكال الكسورية وحساب البعد الكسورية يتطلب استخدام طرق تدريسية ترتبط بجوانب عملية واكتشافيه، مما يؤدي إلى تفاعل الطلبة مع المادة التعليمية وينمي التعليم الذاتي، وهذا ما أكدته دراسة البنا (2007) دراسة السيد (2001) ودراسة المعافا (2015).

التوصيات والمقترحات

في ضوء نتائج الدراسة يوصي الباحث ويقترح بما يلي:

- العمل المستمر بتطوير مقررات وبرامج أقسام الرياضيات بكليات التربية بما يواكب التطورات العلمية والتربوية وخاصة التي تساعد على تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى الطلبة، وذلك عن طريق إثراء المناهج الحالية بالاكتشافات الحديثة في فروع الرياضيات، وخصوصاً إذا كانت تلك الاكتشافات تدعم تنمية التفكير.
- العمل على تطوير برامج إعداد طلبة كلية التربية بما يواكب التطورات والاكتشافات الحديثة في علوم الرياضيات الحديثة، ومنها الهندسة الكسورية.
- عقد دورات تدريبية للمعلمين في مواضيع الهندسة الكسورية.
- الربط بين الهندسة الكسورية وفروع الرياضيات المختلفة.

قائمة المراجع

أولاً- المراجع بالعربية:

- أبو الحمد، زينب طاهر توفيق. (2017). أثر برنامج مقترح في هندسة الفراكتال في التحصيل والتفكير البصري لطالبات قسم الرياضيات بكلية العلوم والآداب بجامعة نجران. المجلة التربوية الدولية المتخصصة، 6(10)، 63-77.
- أبو النصر، مدحت. (2009). التفكير الابتكاري والإبداعي طريقك إلى التميز والنجاح، ط2، القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر.
- أبو علام، رجاء محمود. (2013). مناهج البحث الكمي والنوعي والمختلط. عمان. دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.
- أبو لوم، خالد. (2007). الهندسة طرق واستراتيجيات تدريسها، ط2، عمان: دار المسيرة.
- البنا، مكة. (2007). فعالية وحدة مقترحة في الهندسة الكسورية (الفراكتال) لطلاب كلية التربية وأثرها على التفكير الإبداعي والاتجاه نحو الرياضيات، الجمعية المصرية لتربويات الرياضيات قُدم إلى المؤتمر العلمي السابع الرياضيات للجميع 17- 18 يوليو.
- جروان، فتحي عبدالرحمن. (1999). تعليم التفكير – مفاهيم وتطبيقات، ط1، أبو ظبي: دار الكتاب الجامعي.
- الحيلة، محمد. (2002). تكنولوجيا التعليم من أجل تنمية التفكير بين القول والممارسة، ط1، عمان: دار المسيرة.
- خضر، نظلة. (2004). معلم الرياضيات والتجديدات الرياضية هندسة الفراكتال وتنمية الابتكار التدريسي لمعلم الرياضيات، ط1، القاهرة: عالم الكتب.
- السيد، رضوان ابوعلوان. (2001): فعالية وحدة مقترحة في هندسة الفراكتال Fractal geometryلطلاب الرياضيات بكلية التربية، مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس، العدد72، كلية التربية، جامعة عين شمس، 109- 145.
- السيد، رضوان ابوعلوان. (2005). تضمين هندسة الفراكتال Fractal Geometry في الرياضيات المدرسية، قُدم إلى المؤتمر العلمي الخامس، التغيرات العالمية والتربوية وتعليم الرياضيات، الجمعية المصرية لتربويات الرياضيات، كلية التربية، جامعة بنها، 20 – 21يوليو.
- شواهين، خير. (2005). تنمية مهارات التفكير في تعلم العلوم، ط2، عمان: دار المسيرة.

- شواهين، خير؛ بدندي، شهرزاد؛ بدندي، تغريد. (2009). تنمية التفكير الإبداعي في العلوم والرياضيات باستخدام الخيال العلمي، ط1، عمان: دار المسيرة.
- صبرا، رمضان؛ عثمان، أحمد؛ موسى، غريب؛ زريقات، روز. (2007). الرياضيات العامة، ط2، عمان: دار المناهج.
- عبيد، وليم. (2004). تعليم الرياضيات لجميع الأطفال في ضوء متطلبات المعايير وثقافة التفكير، ط1، عمان: دار المسيرة.
- العجيلي، صباح. (2007). مدخل إلى القياس والتقويم التربوي، ط4، صنعاء: مركز التربية للطباعة.
- علي، وائل عبدالله محمد. (2008). فاعلية وحدة مقترحة في هندسة الفراكتال Fractal Geometry باستخدام الكمبيوتر في تنمية مهارات التفكير البصري والميل نحو الرياضيات الديناميكية لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية، مجلة تربويات الرياضيات، المجلد الحادي عشر، الجمعية المصرية لتربويات الرياضيات، كلية التربية، جامعة بنها، يوليو.
- الغانمي، وئام محمد حمد. (2010). فاعلية برنامج تدريبي قائم على هندسة الفراكتال لتنمية مهارات حل المشكلات الهندسية والتفكير الرياضي والإبداعي لدى معلمات الرياضيات بالمرحلة المتوسطة بمدينة جده، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة.
- قطامي، نايفة. (2001). تعليم التفكير للمرحلة الأساسية، ط1، عمان: دار الفكر.
- المعافا، إبراهيم محمد قناف. (2015). أثر تدريس هندسة الفراكتال في تنمية مهارات التفكير الإبداعي لدى طلاب المرحلة الثانوية، مؤتمر التميز في تعليم العلوم والرياضيات الاول: توجه العلوم والرياضيات والتقنية والهندسة (STEM)، الرياض، جامعة الملك سعود 16- 18/ 7/ 1436هـ.
- المعافا، إبراهيم محمد قناف؛ والحسن، رياض بن عبد الرحمن. (2019). مدى احتواء مناهج الرياضيات بالمرحلتين المتوسطة والثانوية بالمملكة العربية السعودية على هندسة الفراكتال Fractal Geometry وتقنيات المعلومات والاتصال المصاحبة لها، المؤتمر السادس لتعليم وتعلم الرياضيات: مستقبل تعليم الرياضيات بالمملكة العربية السعودية في ضوء الاتجاهات الحديثة والتنافسية الدولية، مكة المكرمة، جامعة أم القرى 19- 21/ 7/ 1440هـ.
- المليجي، رفعت محمد حسن؛ حسن، محمود محمد؛ عمار، احمد حمدي احمد؛ وسيد، مؤنس محمد. (2014). فاعلية وحدة مقترحة في هندسة الطوبولوجي والفرا كتال في تنمية التفكير الإبداعي لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية، مجلة كلية التربية بأسيوط - مصر، 30(1)، 409- 462.
- منسي، محمود. (2008). الإبداع والموهبة في التعليم العام، ط1، الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية.
- هلال، محمد عبدالغني. (1997). علم النفس التربوي، ط2، عمان: دار الفرقان.

ثانياً- المراجع بالإنجليزية:

- Abraham, F. D.(2008): Judgments of Time, Aesthetics, and Complexity as a Function of The Fractal Dimension of Images formed by Chaotic Attractors. Psychology, Silliman University, Dumaguete City, Philippines 6200. and Blueberry Brain Institute, Waterbury Center VT USA 05677.
- Camp, D.(1999). A Cultural history of Fractal Geometry: The biography of an idea, PhD, Loyola University of CHICAGO, AAC9917760, D.A.

- Chen, A. (2009).Computability of Julia Sats, Berlin: Springer Verlag.
- Davis, B.(2000). Curriculum forms: on the Assumed Shaped of Knowing and Knowledge. Journal of curriculum Studies, 32(6), 214- 221.
- Kiyun, H.(2003).Sierpinski Fractal Antennas, PhD, Southem Illinois University at Carbondale, Dis. Abs.Int, vol(65- 01B), No AA13120544, P356.
- Langille, M. (1997).Students' Sense making of fractal Geometry, Msc, Simon Fraser University, (Canada), AAC MM16962, D.A.
- Liebovitch, L.(1998). Fractals and Chaos, New York: Ox Ford University.
- Lornell, R & Westerberg, J.(1999): Fractals in High school, Exploring a New Germany, The Mathematics Teacher, (92) 3, 260- 265.
- Mandelbort, B. & Frame, M. (2002). Fractal, Graphics, and Mathematics Education. The Mathematical Association of America.
- Mandelbrot, B. (2007): Fractal Geometry, Yale University, Online, Retrieved on October 16, 2010, Available from URL: http//classes.yale.edu/fractals.
- MeKee, R. (1997). Students Making Connections through Interactions With Fractal Geometry Activities, MED, Memorial University of Now foundation (Canada), AAC MM17623, D.A.
- Newton, R. (2008): Conference introduces the Geometry of Nature, Math Science Innovation Center.MSINNOVATION.INFO.
- Paul, J. (2003): Fractals, MEMS, and FSS Electromagnetic Devices, Miniaturization and Multiple Resonances, phD, University of California Los Angeles, Dis.Abs.Int. 65(AA13121200), 919.
- Vacc, N. (1992). Fractal geometry in Elementary School Mathematics, journal of mathematical behavior, 11(3) 279- 289.