مقال
تقنى

جماليات نظم الفن التجريدي الهندسي من خلال الجمع بين الطينات على الأسطح الخزفية.

* أشرف كمال الدين مصطفى
* الأستاذ المساعد بقسم التعبير المجسم، تخصص الخزف، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان.
البريد الإليكتروني: ashrafartbyart@gmail.com

تاريخ المقال:
- **تاريخ تسليم البحث الكامل للمجلة: 03 أكتوبر 2024**
- **تاريخ القرار الأول لهيئة التحرير: 06 أكتوبر 2024**
- **تاريخ تسليم النسخة المنقحة: 07 نوفمبر 2024**
- **تاريخ موافقة هيئة التحرير على النشر: 10 نوفمبر 2024**

الملخص:

الخزف مجال فن وصناعة له طابع خاص يتأثر بقوانين الكيمياء والفيزياء، والتي لا تخلو من المعادلات الرياضيات في حساب نسب الانكماش أو نسب تراكيب الطينات من خامات طينية أخرى او غير طينية وتراكيب الطلاء الزجاجي بأنواعه، وبذلك فإن مجال الخزف يرتبط بعلوم الرياضيات والهندسة والفيزياء والكيمياء في جانب لا يرى مباشرة بوضوح ولكن ترى اثاره في الانكماش ودرجات الصلابة والحرارة، وجانب اخر مرئي ككتلة الشكل وزخارفه، وأنه من المعروف أن اكثر الفنون ارتباط بالنظم الرياضية والهندسية بوضوح هي الفنون التجريدية في الحداثة، وهكذا يتلخص سؤال البحث في (كيف يمكن توظيف خصائص خامات الطينات في الجمع بين أكثر من نوع ضمن النظم الرياضية والهندسية للفن التجريدي على الاسطح الخزفية)، ويهدف البحث الى إيجاد مداخل مختلفة في التعامل مع خواص الطينات من انكماش ونسب التراكيب الخامات من منظور فلسفي جمالي بالإضافة الى كونها أسس تشكيل فخاري وخزفي، وكان من نتائج البحث أن استخدام أكثر من نوع من خامات الطينات في الصياغات الهندسية على السطوح الخزفية يكشف المزيد من أهمية قياس معدلات الانكماش المختلفة، ويدخل حسابها في تحقيق القيم الجمالية في أساليب الفنون التجريدية، وتوصل البحث الى ان الاستخدام المشترك للخصائص اللونية لخامات الطينة الاحمر والأبيض وطينات البلاطات جاهزة الصنع حقق تناغم وتباين في ايقاعات اللون، ويتناسب هذا مع تحقيق المفاهيم والصياغات الجمالية في الفنون التجريدية كما توصل البحث الى ان استخدام النظم الرياضية والهندسية المختلفة يؤدي الى تنوع النتائج والعلاقات المعتمدة على خاصية نسب الانكماش المختلفة بين الطينات المختلفة

الكلمات المفتاحية: *الطينات والفخار، التجريد الهندسي، الجماليات والتقنيات الخزفية*

مقدمة

العلاقة بين قوانين الهندسة والرياضيات والفنون هي علاقة يظهر من خلالها كيف أن المبادئ المجردة لتلك القوانين يؤثر بشكل عميق على الجماليات، إن العلاقة بين الهندسة والرياضيات والفنون هي تفاعل قوي منذ العصور البدائية وحتى الان، ويمتد هذا التفاعل بين الممارسات التاريخية والمعاصرة، فغالباً ما يتميز الفن البدائي بأنماط وأشكال هندسية تخدم أغراضًا زخرفية ورمزية، والذي يمكن ربطه بالمعتقدات الروحية أو الهياكل المجتمعية، وفي الفن المصري القديم تم استخدام نظام الشبكية للحفاظ على الاتساق النسبي في الأعمال الفنية المختلفة، "طور المصريون نظامًا للقياسات يعتمد على جهاز طبيعي، أي الذراع البشرية .لقد استخدموا الأذرع، وهي تقليديًا الطول من الكوع المنحني إلى أطراف الأصابع؛ والراحتان، وهي عرض راحة اليد؛ والأصابع، وهي عرض أصابع الإنسان .لذا فإن أربعة أصابع تساوي راحة يد واحدة وسبع راحات تساوي ذراعًا واحدًا" (Joel F. Paulson, 2005 P:2)

وفى الحضارة اليونانية استخدم نهجاً رياضياً لإنشاء أشكال بشرية مثالية وتحددت نسب جسم الإنسان بطريقة تجسد الانسجام والتوازن "ترتبط الرياضيات والفن بعلاقة تاريخية طويلة، فقد استخدم الفنانون الرياضيات منذ القرن الخامس قبل الميلاد عندما كتب النحات اليوناني بوليكليتوس كتابه (القانون)، الذي حدد فيه النسب بناءً على النسبة 1:√2 للرجل العاري المثالي، ويستخدم بوليكليتوس السلامية البعيدة (عقلة الاصبع الاخيرة) للإصبع الصغير كوحدة أساسية لتحديد نسب جسم الإنسان" (Jollanda Shara, 2022, p:2).

ثم ظهرت الفنون الإسلامية التي اشتهرت باستخدام القوانين الرياضية والهندسية والتي استقى مبادئها من الفنون البيزنطية والساسانية وغيرهم وفيه ظهرت الأنماط الهندسية بقوة والشبكيات المعقدة مما يعكس انخراطًا عميقًا في المبادئ الرياضية دون استخدام الصور التصويرية، وفي عصر النهضة والباروك يمثل الرسم الشهير لليوناردو دافنشي المستند إلى كتابات فيتروفيوس، النسب البشرية المثالية، حيث وصف فيتروفيوس وهو مهندس معماري روماني قديم أبعاد جسم الإنسان من حيث الأشكال الهندسية والنسب الرياضية ليعكس عمل ليوناردو فهمًا معقدًا لهذه النسب حيث يربط بين التشريح البشري والمبادئ الهندسية، ثم بدأت فنون الحداثة التي ظهرت فيها بوضوح الأنماط الهندسية والرياضية مثل التكعيبية والبنائية والدي ستيل والتجريدية الهندسية وغيرهم

اما فن الخزف فيبقى مرتبط منذ القدم بمفاهيم وقوانين العلوم الطبيعية كالفيزياء والكيمياء والعلوم الشكلية والمنطقية كالرياضيات والهندسة سواء في جماليات الشكل او في عمليات التشكيل والحريق، فالخزف لم يكن ليكون الا بالحرارة والتفاعلات الكيميائية والفيزيائية حتى وان لم يكن فناني العصور القديمة قد أدركوا ما ندركه من تفاصيل القوانين وتفسيرها في عصرنا الحالي بسبب تطور العلوم والتكنولوجيا، إلا ان الخزف مجال فن وصناعة له طابع خاص يتأثر بقوانين الكيمياء والفيزياء التي لا تخلو من المعادلات الرياضيات وكذلك نسب التراكيب لخامات الطلاء او الطينات المركبة ودرجات اللون نتاج تلك التراكيب ودرجات الحرارة ومعدلات التسخين والتبريد، ومن هنا يمكن ان نلاحظ ان مجال الخزف يرتبط بعلوم الرياضيات والهندسة والفيزياء والكيمياء في جانب لا يرى مباشرة بوضوح ولكن ترى اثاره كالانكماش ودرجات الحرارة، وجانب اخر مرئي ككتلة الشكل وزخارفه، وكلاهما له اثر في الشكل الخزفي.

سؤال البحث:

من المعلوم أن مجال فن الخزف يرتبط في جوهر خصائصه وتقنيات تشكيله ببعض الأسس الرياضية في حساب انكماش الطينات المتنوعة ونسب تراكيب خاماته ومعدلات سرعة الحريق ودرجات الحرارة المختلفة، ومن المعلوم أيضا أن العلاقات الرياضية والهندسية لعبت دورا كبيرا في كل الفنون حتى تحولت في فنون الحداثة من قوانين غير مرئية بشكل مباشر الى صياغات تشكيلية تحمل مضمون فلسفي ظاهر وباطن، وحيث أن الطينات في حد ذاتها خامة من خامات الطبيعة متغيرة الخواص تبعا لتركيبها وزمن ومكان وجودها فمن هنا يأتي سؤال البحث

كيف يمكن الجمع بين الطينات المتعددة ضمن نظم الفن التجريدي الهندسي على الاسطح الخزفية

فرض البحث:

- يمكن الجمع بين الطينات المتعددة على أسطح البلاطات الفخارية جاهزة الصنع بحساب متغيرات انكماش كل نوع لتحقيق جماليات النظم البنائية للفن التجريدي الهندسي

اهداف البحث:

- يهدف البحث الى إيجاد مداخل مختلفة في التعامل مع خواص الطينات اللونية والانكماش من منظور فلسفي جمالي بالإضافة الى كونها أسس تشكيل فخاري وخزفي
- تشكيل اعمال المعرض الخزفي التشكيلي من خلال العلاقة بين تطبيق بحوث خواص الخامات والتقنيات في مجال الفخار والخزف وبين مفاهيم الاتجاهات الفنية المختلفة

أهمية البحث:

- إعادة النظر الى مفاهيم الخامات والتقنيات في مجال الخزف بشكل تجريبي من خلال اساليب واتجاهات فنون الحداثة او ما بعد الحداثة او الفن المعاصر
- الاهتمام بالبحوث العلمية في اعداد معارض فنون الخزف والفخار والفنون التشكيلية عامة
- إيجاد مداخل للعلاقة بين التربية الفنية والبحث العلمي ومعارض الفنون في مجال الخزف

حدود البحث:

- تتحدد من الخواص الفيزيقية للطينات خاصية الانكماش من خلال حسابات معدلاتها في تحقيق النظم الهندسية للتجريدية في تكامل الخطوط والمساحات مع اختلاف نسب انكماش أنواع الطينات
- من الخواص البصرية لخامات الطينات الحمراء وطينة البولكلى البيضاء مع بلاطات فخارية سابقة الصنع يتحدد اللون والملمس الفخاري لإضفاء القيم الفلسفية لخامة الطين والفخار الى مفاهيم ما وراء الطبيعة وجوهر الشكل في فلسفة التجريدية الهندسية

منهجية البحث:

الإطار النظري: يتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي في دراسة

- النظم الرياضية والهندسية التي استخدمت في تحقيق جماليات الاتجاهات التجريدية الهندسية
- ضبط حسابات الانكماش للطينات الحمراء (المسماة في مصر بالطين الأسوانى) والبولكلى الذي يندرج تحت مسمى الطينات البيضاء لاستكمال العلاقات الممتدة بين مساحتين متجاورتين

الإطار العملي: اتباع المنهج التطبيقي في إيجاد علاقات هندسية بين الطينات الحمراء والبولكلى على سطح بلاط الفخار جاهز الصنع لتحقيق مفاهيم التجريدية في العمل الخزفي المسطح.

النظم الرياضية والهندسية الخفية في العمل الفني

إن القيم الجمالية والفلسفية وراء استخدام المبادئ الرياضية والهندسية في الفن متشابكة بشكل عميق مع مفاهيم الجمال والانسجام والنظام وطبيعة الإدراك، وتعكس هذه القيم كل من الطرق التي يمكن أن تؤثر بها النظم الرياضية والهندسية على التعبير الفني، غالبًا ما تخلق المبادئ الرياضية والهندسية شعورًا بالانسجام والتوازن في الفن ، كما تؤثر الأسس الرياضية والهندسية بشكل غير مباشر (خفي) في إحداث التوازن البصري حيث يمكن أن يكون للعناصر في العمل الفني أوزان بصرية متفاوتة، فتساعد العلاقات الرياضية والهندسية بين هذه العناصر في خلق شعور بالتوازن، ويمكن تحقيق ذلك من خلال التناظر (حيث تنعكس العناصر) أو عدم التناظر (حيث يتم موازنة العناصر من خلال وضعها أو حجمها أو لونها)، كما أن تلك العلاقات يمكن من خلالها صياغة تباين في الحجوم او المساحات بشكل متناغم، ومن الجماليات المرتبطة بقوة بالقوانين الرياضية الغير مباشرة هو التكرار الى يؤدى الى الإحساس بالإيقاع بأنواعه وكذلك الحركة من خلال الاتجاهات في مساحة العمل الفني.

كما يشير التوازن في الفنون البصرية إلى توزيع الوزن البصري داخل التركيبة، ويمكن تحليل ذلك رياضياً وهندسياً عندما يتم توزيع العناصر بالتساوي حول محور مركزي، رياضياً يمكن وصف ذلك باستخدام التناظر الهندسي، اما التوازن غير المتماثل فهو يتضمن توزيعًا غير متساوٍ للعناصر التي لا تزال تحقق إحساس بالتوازن، وهندسيًا يمكن تحليل ذلك باستخدام مبادئ مثل مركز الثقل أو حسابات مركز الثقل، حيث يتم موازنة الوزن البصري لعناصر مختلفة حول نقطة مركزية، حتى لو لم تكن العناصر نفسها متماثلة، وتعد الحركة من القيم الجمالية المؤثرة في العمل الفني وهي تشير إلى الطريقة التي تنتقل بها عين المشاهد عبر العمل الفني، ويمكن تحليل ذلك هندسياً من خلال ما يستخدمه الفنانون من خطوط وأشكال توجه عين المشاهد على طول مسار محدد، اما التكرار فهو استخدام العناصر أكثر من مرة من خلال الإيقاع وهو تتبع المسافة بين العناصر المتكررة في تسلسل هندسي يؤثر على تدفق العناصر لإضفاء قيمة جمالية ومضمون تعبيري، والتكرار والايقاع يعملان مع الاتزان والقيم الجمالية الاخرى على احداث التناغم ويعني الترتيب الممتع للعناصر التي تعمل بشكل جيد معاً، وهكذا تمثل النظم الرياضية والهندسية نظام خفي لا يرى مباشرة في العمل الفني ولكنها تنظم تكوين العمل الفني ومفرداته للتحقيق جماليات مختلفة من خلال مفاهيم وفلسفات مختلفة للحضارات والاتجاهات الفنية، وهناك عدد من النظم الرياضية والهندسية التي اثرت في الفن منذ بدايات فنون الحضارات والى يومنا هذا ومنها:

النسبة الذهبية (Golden Ratio):

هي علاقة رياضية اشتهرت بتسميات أخرى كثيرة مثل المتوسط الذهبي أو القسم الذهبي وغيرها العديد من التسميات والتي تدل جميعها على معنى واحد وهو نسبة بين رقمين تساوي تقريباً 1.618، "في اليونان القديمة ارتبطت النسبة الذهبية بفكرة الجمال المثالي واستخدمها المهندسون المعماريون اليونانيون المشهورون، مثل فيدياس، في تصميم المعابد والمنحوتات، وفى خلال عصر النهضة اكتسبت النسبة الذهبية اهتمامًا متجددًا بين الفنانين والعلماء".(Golden Ratio in Art: Harmony & Beauty)

وهذه النسبة مرتبطة بقوة بسلسلة أو متتالية فيبوناتشي، وهي سلسلة من الأرقام بحيث أن كل رقم جديد هو نتاج مجموع الرقمين السابقين له، أرقام فيبوناتشي هي 0 ، 1 ، 1 ، 2 ، 3 ، 5 ، 8 ، 13 ، 21 ، وهكذا حيث اذا قمت بحساب نسبة كل رقم والرقم الذي يسبقه ترى أن النتيجة تقترب تدريجياً من الرقم 1.618.

متوالية فيبوناتشي (Fibonacci Sequence):

هي سلسلة من الأرقام حيث يكون كل رقم هو مجموع الرقمين السابقين (1، 1، 2، 3، 5، 8، 13، 21، ...)، يرتبط هذا التسلسل ارتباطًا وثيقًا بالنسبة الذهبية، فيستخدم الفنانون أرقام فيبوناتشي لإنشاء تكوينات العمل الفني حيث تنمو العناصر أو تتناقص في الحجم بطريقة تحاكي الأنماط الطبيعية، وعلى سبيل المثال ما نراه غالباً من تتبع الأشكال الحلزونية الموجودة في الأصداف والزهور للأرقام التي توصل اليها فيبوناتشي، " لقد قام الفنانون عبر التاريخ، عن علم أو بغير علم، بدمج تسلسل فيبوناتشي في أعمالهم .وتُظهِر اللوحات والمنحوتات وحتى المؤلفات الموسيقية عناصر من هذا التسلسل، مما يثري العملية الإبداعية بسيمفونية رياضية خفية .ويتردد صدى ترتيب النسب المرتبطة بفيبوناتشي في الفن مع الميول الرياضية الفطرية للإدراك البشري، مما يأسر الجماهير على مستوى اللاوعي." (Fibonacci's Hidden Code)

الإسقاط المتساوي القياس (Isometric Projection):

هو طريقة لتمثيل الأشياء ثلاثية الأبعاد بصريًا في بعدين، في هذا النظام تكون المحاور الثلاثة للفضاء مائلة بشكل متساوٍ إلى مستوى الإسقاط، ويستخدم الفنانون والمصممون الإسقاط المتساوي القياس في الرسم الفني لخلق وهم العمق مع الحفاظ على نسب ثابتة، وتسمح هذه التقنية بتمثيل الأشياء دون تشويه حتى عند عرضها من زاوية،" البروفيسور ويليام فاريش من جامعة كامبريدج أول من وضع قواعد الرسم المتساوي القياس عندما نشر بحثه (حول المنظور المتساوي القياس) في عام 1822، ولهذا السبب غالباً ما يستشهد به باعتباره مبتكر الرسم المتساوي القياس، ومع ذلك كانت رسومات المنظور شائعة قبل ذلك بوقت طويل، وعادة ما توجد هذه التقنية في الفن الصيني القديم، ومن الأمثلة الشهيرة على ذلك الرسم على طول النهر خلال مهرجان تشينغ مينغ"(What is Isometric Drawing).

شبكيات المنظور (Perspective Grids):

تستخدم لخلق وهم العمق والمساحة على سطح مستو، وتتضمن رسم خطوط تتقارب عند نقطة واحدة أو أكثر من نقاط التلاشي على خط الأفق، ويستخدمها الفنانون لتصوير المشاهد بدقة مع العمق، مثل المباني أو المناظر الطبيعية، وتساعد الشبكة في ضمان تقارب الخطوط المتوازية بشكل صحيح، مما يعطي إحساسًا واقعيًا بالمساحة ثلاثية الأبعاد، ولهذا الأسلوب الهندسي تاريخ طويل في حضارات ما قبل الميلاد وحتى اليوم، " على الرغم من وجود أدلة محدودة، يُعتقد أن محاولات تطوير نظام المنظور بدأت حوالي القرن الخامس قبل الميلاد في اليونان القديمة، كجزء من الاهتمام بالوهم المرتبط بالمناظر المسرحية "(www.essentialvermeer.com).

مخططات فورونوي (Voronoi Diagrams):

يقسم مخطط فورونوي المستوى إلى مناطق بناءً على المسافات إلى مجموعة محددة من النقاط. تحتوي كل منطقة على جميع النقاط الأقرب إلى نقطة معينة من أي نقطة أخرى، ويستخدم الفنانون مخططات فورونوي لإنشاء أنماط ونسيج عضوي معقد يشبه الظواهر الطبيعية مثل الهياكل الخلوية أو التكوينات البلورية، " تم النظر في مخططات فورونوي منذ وقت مبكر من عام 1644 من قبل الفيلسوف رينيه ديكارت وتم تسميتها على اسم عالم الرياضيات الروسي جورج فورونوي، الذي قام بتعريف ودراسة الحالة العامة ذات (N-Dimensional) في عام 1908". (What is a Voronoi diagram)، ويشير مصطلح N-Dimensional إلى عدد المتغيرات المستقلة أو المحاور في الفضاء الرياضي .ويستخدم لوصف عدد الأبعاد في نظام أو مشكلة معينة، ويختلف عن الأنظمة ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد فغالبًا ما يستخدم في الرياضيات والعلوم لوصف الأنظمة المعقدة التي لا يمكن تمثيلها في أبعاد أقل .كما تُستخدم أيضًا في مجالات مثل الفيزياء وعلوم الكمبيوتر لصنع نماذج وحل المشكلات التي تنطوي على متغيرات متعددة ويصعب تصوره بالكامل، حيث لا يستطيع الدماغ البشري معالجة سوى ثلاثة أبعاد مكانية، ومع ذلك، فقد طور علماء الرياضيات والعلماء أساليب مثل الإسقاطات والمحاكاة لتمثيل هذه الأنظمة وفهمها، " يحدد مخطط فورونوي عملية التنظيم الذاتي للبنية البيولوجية والتي تظهر على جناح اليعسوب أو قوقعة السلحفاة أو قرص العسل أو قوقعة قنفذ البحر"(Elshakhs Ahmed Abdelaziz, 2020, P: 2)

قاعدة الأثلاث (The Rule of Thirds):

وهي مبدأ أساسي في التكوين البصري وتتضمن تقسيم الصورة إلى تسعة أجزاء متساوية بواسطة خطين أفقيين وخطين رأسيين متساويين المسافة مما يؤدي إلى إنشاء شبكية، "في عام 1797، أعلن جون توماس سميث أن قاعدة الأثلاث تمثل نسبة

أكثر تناغمًا يجب اتباعها في لوحات المناظر الطبيعية الريفية من أي نسبة أخرى، ومنذ ذلك الحين، يُشار إلى قاعدة الأثلاث باعتبارها مبدأً مهماً يحكم التركيب المكاني للصور الجمالية، وعلى الرغم من إعطاء أوصاف مختلفة لقاعدة الأثلاث، فإن معظمها إن لم يكن كلها تشير إلى أنه لإنشاء صورة فوتوغرافية أو لوحة ذات جودة جمالية عالية، يجب وضع الكائن الرئيسي أو نقطة التركيز على طول أحد الخطين الأفقيين الوهميين أو الخطين الرأسيين الوهميين اللذين يقسّمان الصورة إلى تسعة أجزاء متساوية (الخطوط الثلاثة)." (Amirshahi Seyed Ali, and others, 2013, P: 164)، وتؤدي هذه النظريات الى تحقيق التوازن البصري وتوجيه عين المشاهد بطريقة تبدو ممتعة بشكل طبيعي، فاستخدام النسب مثل تلك المستمدة من النسبة الذهبية يجسد التناسق نظرًا لانتشارها في الطبيعة والفن على مدار التاريخ

مجموعة ماندلبروت (Mandelbrot Set):

هي مجموعة من الأرقام المركبة التي تنتج نمط كسوري عند رسمها، وهي مشهورة ببنيتها المعقدة والمتشابهة ذاتياً، وتستخدم مجموعة ماندلبروت والكسور الأخرى لإنشاء أنماط معقدة بصرياً ومفصلة بلا حدود، ويستخدم الفنانون والمصممون هذه الأنماط لإضفاء نوع من التعقيد والتنوع اللانهائي، وظهر ما يسمى بفن الكسيرات (Fractals) وهو أشكال هندسية تختلف عن الاشكال الهندسية الاخرى بسبب الطريقة، هندسة الفراكتال (Geometry Fractal) تعتبر مصطلح من المصطلحات الجديدة في الأدبيات العربية لتعليم الرياضيات، ولذلك لا يوجد نظيره باللغة العربية، "وهذا الفعل يرتبط بوصف الخصائص الطبيعية للأشياء ، فهي تبدو (مفتتة) غير مستوية، في اشكال مركبة ومعقدة مثل التغيرات المتعرجة جدا لساحل جزيرة ومقارنة ذلك مع المنحنى الإقليدي المنبسط ، حيث تقدم صورا فنية تتميز بالجمال والتجريدية، وما يميز مجموعة ماندلبروت هو البنية المعقدة التي تقدمها رغم بساطة تعريفها" (أبا حسين، هند صالح فهد، 2020، ص:133)

الصياغات الهندسية والنظم الرياضية الصريحة في الفن

لقد تحول الفن عبر تاريخ الإنسانية منذ عصور ما قبل التاريخ والتي لم تتخلوا من الاشكال الهندسية البسيطة الرمزية والزخرفية والتعبيرية، الى نقل الطبيعة التي صاحبها استخدام الأنظمة الهندسية والرياضية بشكل غير مباشر (خفي) في تنظيم العلاقة بين أجزاء العمل الفني او بشكل مباشر في الفنون التي صنفها البعض بالفنون الزخرفية، في تطور يعكس تغييرات أوسع في كيفية فهمنا وتمثيلنا للعالم، فمنذ حلول أواخر القرن التاسع عشر بدأ فنانون مثل الانطباعيين في تحدي التمثيلات التقليدية مع التركيز بشكل أكبر على الضوء واللون والإدراك الفردي بدلاً من الواقعية الصارمة، وعلى سبيل المثال فقد بدأ بول سيزان نهجه الخاص في التصوير والبنية، وكان لتأكيد سيزان على الأشكال الهندسية وابتعاده عن المنظور التقليدي تأثير كبير على تطور التكعيبية، فاستلهم فنانون مثل بابلو بيكاسو وجورج براك منهج سيزان في تقسيم الأشياء إلى أشكال أبسط واستكشاف وجهات نظر متعددة في وقت واحد، وأخذت التكعيبية التي تلت عمل سيزان هذه الأفكار إلى أبعد من ذلك، وركزت صراحة على التجريد الهندسي وتفكيك الأشكال، وهكذا بدأت النظم الهندسية والرياضية في الخروج من الخفاء الى الظهور الواضح في العمل الفني وأصبحت تحمل قيم فلسفية وجمالية من خلال صفاتها المجردة، بغض النظر عن المحتوى التمثيلي، مع التركيز على الفكر العقلاني، فالأنماط الهندسية والرياضية تمثل تحركاً نحو الموضوعية والعقلانية، مما يعكس تحولًا فلسفيًا من التفسير الذاتي إلى التركيز على المنطق والعقل وتمثيل الجوانب الأساسية للواقع، " وكأن اساس كل ذلك هو قدرة العقل الإنساني والعلوم الحديثة على استبدال العلامات والرموز المجردة بالوقائع الحسية، وحلت التصورات (Concepts) محل الكائنات او موجودات العالم الخارجي، وإذا كانت البناءات الرياضية مجرد رموز، فإن معناها يتلخص في العلاقات (Relations) لا في الجواهر (Substances) الموجودة، فالاعداد والدرجات (Degrees) تقوم بوظيفة معينة هي انها تعني صفات للاشياء الموجودة في العالم."(مطر اميرة حلمي، 1998، ص: 220)

كان القرن العشرين عصر للتقدم الكبير في الرياضيات والعلوم، والذي أثر على الفن بشكل كبير، ووجد تطوير مفاهيم مثل الهندسة الاقليدية وغير الإقليدية والتقدم في النظريات الرياضية مجال للانتشار في الفن، ولم يتطور الفن من الناحية الشكلية فقط بل اتخذ مناحي أخرى في فلسفته ورؤيته لمفهوم الفن وأهدافه التي اتجهت نحو علم الوجود والميتافيزيقا " عندما نقول ان الفن يكشف عن الوجود يترتب على النظرية المجردة للفن دائماً، وبالحركة ذاتها، ان تحدد موقعها داخل الوجود الذي

تكشف عنه على هذا الشكل: فهو معاً وحي انطولوجي*[*] وموضوع الانطولوجيا" (شيفر جان ماري، 1996، ص: 94)، ومن هنا فقد قام فنانون مثل بيت موندريان وحركة دي ستيل بدمج الأشكال والشبكات الهندسية في أعمالهم، مما يعكس الرغبة في إيجاد لغة عالمية من خلال التجريد، واستخدم موندريان على وجه الخصوص، خطوطًا رأسية وأفقية لإنشاء تركيبات كانت تُرى على أنها انعكاس للنظام الأساسي والانسجام في الكون. كما أكدت حركات مثل البنائية والسوبرماتية على استخدام الأشكال الهندسية والمبادئ الرياضية، مما يشير إلى أنه يمكن بناء الفن على نفس المبادئ التي تحكم العالم المادي، وقد تأثر الفنانون بالهندسة الريمانية وهي فرع من فروع الهندسة التفاضلية التي طورها علماء رياضيات مثل برنهارد ريمان، وأثر هذا الفرع من الهندسة على الفنانين المعاصرين من خلال تحدي المفاهيم التقليدية للمساحات المنحنية والمنظور، كما اثرت نظريات النسبية التي تحدت النظريات في المفاهيم التقليدية للزمان والمكان، مما ألهم الفنانين لاستكشاف أشكال جديدة من التمثيل، كما في لوحة "عارية تنزل سلماً (1912) لمارسيل دوشامب والتي قدمت إحساس بالحركة الديناميكية والشكل المجزأ المتأثر بالأفكار العلمية المعاصرة، ثم أدى صعود التكنولوجيا والوسائط الرقمية في القرنين العشرين والحادي والعشرين إلى تعزيز استكشاف الأنظمة الهندسية والرياضية في الفن، حيث بدأ الفنانون في استخدام الخوارزميات والكسور والتقنيات الحسابية لإنشاء أعمال فنية معقدة وديناميكية كما في الفنون التي تأثرت بمجموعة ماندلبروت وفن الكسيرات، كما نجد في فن الخداع البصري اعمال خزفية تميزت بالصياغات الهندسية القائمة على النظم الرياضية وتحمل قيم جمالية وفلسفية " نتيجة هذا الاتجاه في الفن التجريدي، في فن التصوير البصري، يتم تجريد العمل التصويري من الخصائص الأخرى إلى وهم ثلاثي الأبعاد فقط، وللحصول على هذا التأثير، يجب الترتيب الإيقاعي للأنماط الهندسية وعمل النماذج على الأنماط الهندسية، ومن الممكن جعل معظم هذه التأثيرات أكثر إبداعًا وجمالية باستخدام الخامات الخزفية، وعلى الرغم من الصعوبات الفنية للخزف، إلا أنه يقدم مزايا لا حصر لها فيما يتعلق بالأعمال التي تم إنشاؤها وقيمها الفنية" (Pinar Baklan Onal, 2021, P: 256)

العلاقة بين الخامة والفنون الهندسية

يرى الباحث ان هناك توافق بين مفهوم الأسس الرياضية في الخصائص الفيزيائية لخامات الطين الخزفي ومفهوم العقلانية في الفنون التجريدية حيث يتضمن كلا المجالين نهجًا منظمًا للفهم والإبداع، ففي صناعة الخزف تدعم المبادئ الرياضية العديد من الخصائص الفيزيائية، مثل اللزوجة الناتجة عن الخصائص المختلفة لأنواع الطينات ونسب تكوين الماء او خلطه معها وكذلك نسب التمدد والانكماش، وتساعد هذه المبادئ في التنبؤ بكيفية تصرف الطين في ظل الظروف المختلفة، إن التفاعل بين الأسس الرياضية للمواد الخزفية والعقلانية في الفنون التجريدية يسلط الضوء على التقارب بين منطق العلم والفن، فكل تخصص يثري الآخر، مما يؤدي إلى رؤى أكثر عمقًا وممارسات تجريبية مبتكرة، ويمكن لتبني هذا التوافق أن يعمق كل من الممارسات الفنية والفهم المادي.

الأسس الرياضية في خصائص الطينات الخزفية

الانكماش:

عندما يتم حرق الطين، فإنه يخضع للتمدد والانكماش الحراري، وهناك العديد من الأبحاث التي أجريت على خاصية الانكماش ونجد أن المعادلات الرياضية هي ما تستطيع أن تصف طبيعة هذه التغييرات التي تحدث اثناء الجفاف واثناء الحريق وفى درجات الحرارة المختلفة ومع أنواع الطينات الطبيعية المختلفة او الطينات المركبة، وقد أدت تجربة المعرض البحثي الحالي الى اجراء بحث اخر بعنوان أثر الانكماش على قياسات الخزف في تنمية المهارات التقنية لطلاب التربية الفنية وكان من نتائجه

نسبة انكماش الطين الأحمر(الأسوانى) 6% في مرحلة الجفاف، 2.66% بعد الحريق الأول عند 900ºم، 2.73% بعد حريق الطلاء الزجاجي عند درجة حرارة 1100ºم بنسبة إجمالية 11%

نسبة انكماش طين البولكلى 7% في مرحلة الجفاف، 1.08% بعد الحريق الأول عند 900ºم، 2.17% بعد حريق الطلاء الزجاجي عند درجة حرارة 1100ºم بنسبة إجمالية 10%

ويتضح من ذلك ان هناك معادلات رياضية تحدث من خلال طبيعة خصائص الخامة وتؤثر في النتائج في حال كان الحصول على الطينة من نفس المصدر وفى نفس الفترة الزمنية

* علم الوجود أو علم تجريد الوجود (Ontology) هو علم يهتم بالأشياء غير المادية، وهو أحد الأفرع الأكثر أصالة وأهمية في الميتافيزيقيا والبحث في كشف طبيعة الوجود غير المادي في القضايا الميتافيزيقية المترتبة على التصورات أو المفاهيم والقوانين العلمية

تركيب المواد:

تعتمد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للطين على محتواه المعدني، من خلال فهم وتحليل هذه الخصائص يمكن للخزافين خلط الطين والمواد المضافة لتحقيق التأثيرات المرغوبة، مثل اللون أو القوة أو تغيير نسبة الانكماش، وهناك العديد من الخلطات الطينة التي تعتمد على إضافة خامات طينية أخرى او خامات غير طينية لتحسين الخواص كالصلابة وتحمل درجات الحرارة الأعلى وتعديل نسب الانكماش، وان كل تركيبة من تراكيب تلك الطينات تعتمد على نسب الخامات بعضها الى بعض للوصول الى نتائج تؤثر في الشكل او طبيعة الخامة او كلاهما.

سلامة البنية:

هناك علاقة أخرى ترتبط بقوة ومتانة الاشكال الخزفية بناء على الحجوم وهي سمك الجدار وعلاقته أيضا بطبيعة الخامة وقدرتها على تحمل الكسر، فالطينات منخفضة الحريق تحتاج الى سمك جدا اكبر من الطينات متوسطة الحريق او مرتفعة الحريق في حالة كان الشكل نفس الحجم، وبالتالي هناك علاقة عكسية بين سمك جدار الاشكال الخزفية وبين تحملها لدرجات الحرارة، ويدخل من ضمن تلك العلاقة متغيرات الخواص الناتجة عن متغيرات الخامات المركبة، وربما لا توجد دراسات كافية في مجال فن الخزف عن هذه المتغيرات ولكنها تحدث بشكل حدسي ومن خلال الخبرات المتراكمة، ولكنها تدخل في مجال الصناعة بشكل قياسي.

الإطار الفكري لخصائص خامات الخزف والمفاهيم الرياضية للفنون التجريدية

يتعامل الفنانون التجريديون مع أعمالهم من خلال التركيز على المنطق والبنية، فيستخدمون المبادئ الرياضية لخلق التوازن والانسجام في تكوينات اعمالهم، فيمكن استخدام النسبة الذهبية أو تسلسل فيبوناتشي لتحديد النسب من اجل تحقيق قيم جمالية تتوافق مع فلسفته، وقد أكد فنانون مثل بيت موندريان وكازيمير ماليفيتش على الخطوط الواضحة والأشكال الأساسية، مما يعكس رؤية عقلانية ومنظمة للعالم، وغالباً ما يهدف الفن التجريدي العقلاني إلى وضوح الفكر ونقل المعنى من خلال الشكل بدلاً من الاعتماد على الصور التمثيلية، ويرون أن هذا النهج في الفن يمكن خلقه من خلال العمليات الفكرية وليس الوسائل العاطفية أو العفوية البحتة، ويشترك كلا المجالين فن الخزف والمفاهيم التجريدية في أساس فلسفي يقدر العقل والمنطق واستكشاف الحقائق الأساسية سواء حول الخصائص المادية أو طبيعة الجمال والإدراك.

إذا كان مفهوم التجريدية بشكل عام مفهوم يدعو العقل للتأمل فيما وراء الشكل من جوهر فإن الطينات الخزفية تحمل مفاهيم روحية مرتبطة منذ العصور البدائية والى الان بكونه فن الطين والنار وهي مفاهيم متجذرة بعمق في معتقدات وممارسات العديد من الثقافات، فالطينات المشتقة من الأرض تمثل ارتباط وثيق بين الانسان والارض، بينما ترمز النار إلى التحول والتجديد، تعكس عملية تحويل الطين إلى فخار من خلال الحرق موضوعات التغيير وإعادة الميلاد والطبيعة الدورية للحياة، وفي العديد من التقاليد، يُنظر إلى تحويل الطين إلى فخار على أنه عملية كيميائية موازية للتحولات الروحية. غالبًا ما ينظر الفنانون إلى فعل الخلق كاستعارة للنمو الشخصي والتطور الروحي، اما النار فغالباً ما يُنظر إليها على أنها قوة تطهير، باختصار، تعكس المفاهيم الروحية المحيطة بالخزف والفخار تفاعلًا عميقًا بين الإبداع والثقافة والروحانية، ليتجاوز فن الطين والنار الوظيفة المجردة ليصبح فن للتعبير عن واستكشاف الجوانب العميقة للتجربة الإنسانية والاتصال الإلهي.

تطبيقات البحث:

تتلخص تجربة البحث في معرض أقيم بقاعة نقابة الفنانين التشكيليين بدار الاوبرا في 5 مايو 2018 بعنوان (خوارزمية الطين والنار) قائم على تجربة بحثية وهي امكانية توظيف الأسس الرياضية لخصائص وتقنيات حريق الاسطح الفخارية ضمن مفاهيم النظم الرياضية والهندسية للتجريدية الهندسية.

الخامات:

استخدم الباحث خامات الطين الاحمر وطين البولكلي لتشكيل الشرائح على بلاطات خزفية جاهزة الصنع مع حساب معدلات الانكماش المتغيرة للطينات المستخدمة للوصول الى ضبط حدود مساحات الاشكال، كما استخدم الطلاء الزجاجي الشفاف والابيض (فرت) وصبغات بدرجات من الأزرق والاخضر والرمادي.

الحريق:

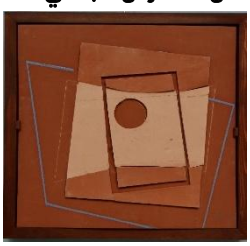
استخدم الباحث الافران الكهربائية في الحريق، وتم الحريق على مرحلتين، حريق البسكويت وتم للأجزاء المشكلة من شرائح الطين الأحمر والبولكلى وحدها برفع درجة حرارة الفرن في 6 ساعات الى درجة حرارة 500º م (تعليل) ثم حرق سريع الى 850º م، ثم استخدام الطلاء الزجاجي كمادة لاصقة للشرائح على البلاطات الخزفية وطلاء بعض المناطق بالطلاء الشفاف او الأبيض او

الملون بحسب التصميم وتسوية الطلاء الزجاجي في درجة حرارة 950º مع تعليل "متوسط بسرعة 40º م في الساعة"(skutt.com)، مرة أخرى نظرا لكون البلاطات الخزفية سابقة الصنع مركبة من خلطات غير معروفة وتحتاج الى مخطط رفع درجات الحرارة بشكل يتناسب مع تركيبة طينة البلاطات.

مقاسات الاعمال:

تم تنفيذ الاعمال على بلاطات خزفية جاهزة الصنع في مقاسين (40 × 40 سم)، (50 × 25 سم)

اعمال المعرض البحثي:



العمل رقم (1)
مراعاة نسب الانكماش بين الطين الأحمر وطين البولكلي مع تكامل أجزاء الشكل الهندسي المعتمد على معادلات رياضية

العمل رقم (2)
تطبيق الطلاء الزجاجي بالعزل باوراق الشجر وتكامل العلاقات الخطية بين الطينات المعتمد على حسابات الانكماش

العمل رقم (3)
توظيف ملامس البلاطة جاهزة الصنع مع شرائح الطينات الحمراء والبولكلى ومساحات وخطوط الطلاء الزجاجى على زوايا مائلة بدرجة 45º تتوازى مع قطر مربع الارضية

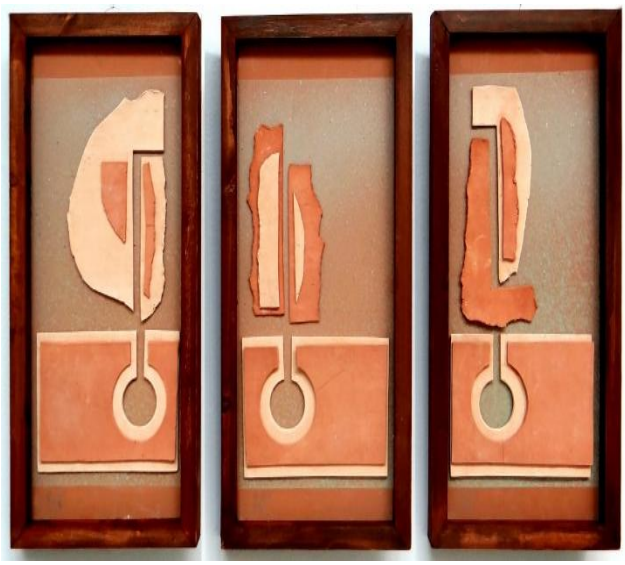
العمل رقم (4)
تبادل المساحات التجريدية الهندسية والعضوية مع مراعاة نسب الانكماش في تداخل المربع بطينة البولكلي مع المساحة العضوية بالطينة الحمراء

العمل رقم (5)
استخدام التناظر كأحد النظم الهندسية مع استمرار العلاقات الخطية من شرائح الطين البولكلي الى شرائح الطين الأحمر مع الحفاظ على سمك الخطوط من خلال مراعاة نسب الانكماش

العمل رقم (6)
تأرجح زوايا ميل شكل المستطيل بالتبادل بين خطوط الطلاء الزجاجي الأبيض فوق الشرائح ومساحات الطلاء الزجاجي الرمادي والازرق تحت الشرائح وخطوط التفريغ الناتجة من تقطيع الشرائح

العمل رقم (7)
تكرار الخطوط المنحنية في ايقاعات متغيرة بين خطوط الطلاء الزجاجي الرمادي وخطوط قطع الشرائح وتراكبها يحقق نظام هندسي مباشر وغير مباشر

العمل رقم (8)
تبادل العلاقة بين الخطوط الرأسية والافقية والمائلة من الطلاء الزجاجي الأبيض والخطوط الممتدة والمتداخلة بين شرائح الطينات قائم على نظام هندسي متداخل مع حساب معدل الانكماش

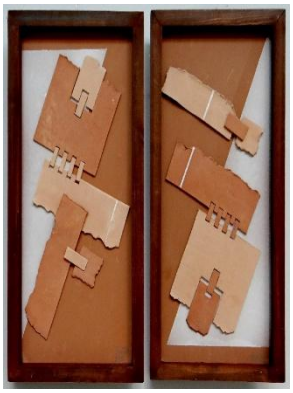


العمل رقم (9)

عمل مكون من ثلاثة أجزاء، يقسم كل جزء الى مساحات بنسبة الثلث والثلثين كأحد النظم الهندسية التي تستخدم في تحقيق جماليات الشكل عن طريق امتداد شرائح الطينات من خلالهم، وتتبادل فيه العلاقات بين الشكل والارضية والعلاقات الخطية بين شرائح الطين الأحمر وطين البولكلي، ومساحات الطلاء الزجاجي الرمادي في علاقات افقية ورأسية لتحقيق تكوين يعتمد على النظام الهندسي متداخل مع نسب انكماش الطينات

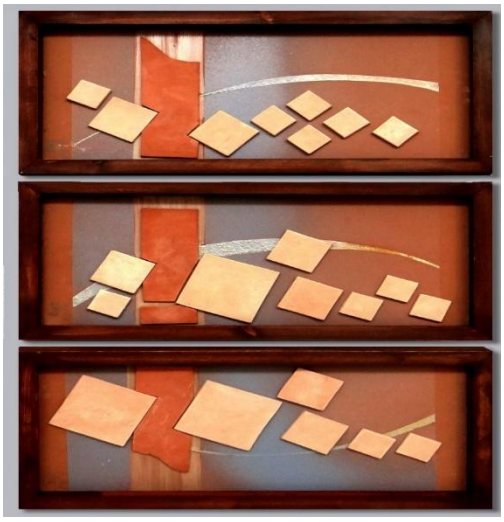
العمل رقم (10)

عمل مكون من جزأين يقوم على فكرة المحاور المائلة في الاتجاهات المعكوسة في كل جزء لإحداث تناظر معكوس بين الاجزاء، ويتحقق من خلال خطوط شرائح الطينات الحمراء المتداخلة مع شرائح طين البولكلى ومراعات نسب الانكماش في التداخل، ومساحات وخطوط الطلاء الزجاجي الابيض



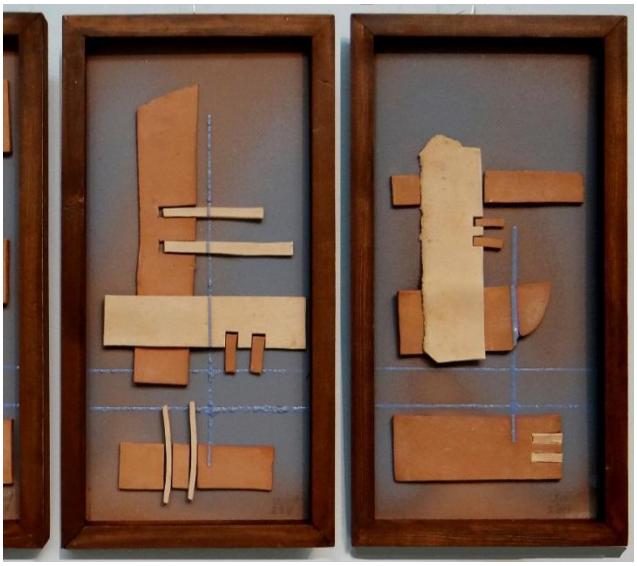
العمل رقم (11)

عمل مكون من جزأين يقوم على فكرة المحاور المائلة في اتجاهات متوازية مع الجزء الاخر لامتداد العلاقات الخطية، ويتحقق من خلال خطوط شرائح الطينات الحمراء المتداخلة مع شرائح طين البولكلى ومراعات نسب الانكماش في التداخل، ومساحات وخطوط الطلاء الزجاجي الابيض



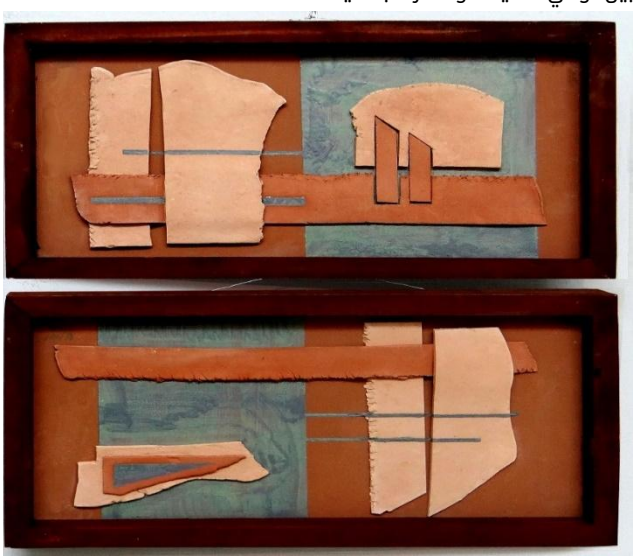
العمل رقم (12)

عمل مكون من ثلاثة أجزاء في تكوين رأسي لمستطيلات في وضع افقي، مع خط رأسي لامتداد شرائح الطينة الحمراء يرابط بين الأجزاء الثلاثة والمحاور الافقية لحركة تكرار مربعات طينة البولكلي في كل جزء، بالإضافة الى علاقات خطية منحنية لخطوط من الطلاء الزجاجي الأبيض تعمل على تنظيم حركة العين في اتجاهات بيضاوية تعمل على الربط بين المحاور



العمل رقم (13)

عمل مكون من ثلاث أجزاء في تكوين أفقي لمستطيلات في وضع رأسي تعمل خطوط الطلاء الزجاجي الأزرق على الربط بينهم من خلال تواصل امتدادها في الأجزاء الثلاثة وتصنع علاقة بين المحور الراسي والافقي تؤكد عليها اتجاهات شرائح الطين الأحمر وطين البولكلي المتداخل بنظام التعشيق أحيانا والذي تم بحساب فروق الانكماش بين نوعي الطينة، والمتراكب احيانا



العمل رقم (14)

عمل مكون من جزأين في تكوين رأسي لمستطيلين في وضع افقي في تناظر تبادلي بين اشكال الشرائح الطينية الحمراء والبيضاء ومساحات من الطلاء الزجاجي الأزرق المائل للاخضرار بين تراكب وتعشيق وخطوط من الطلاء الزجاجي على الأرضية وتمتد فوق الشرائح لإظهار العلاقات الهندسية من خلال تنوع خامات الطينة والطلاء الزجاجي معا

العمل رقم (15)

عمل تتبادل فيه شرائح الطينة الحمراء والبيضاء العلاقة بين عضوية الخط الخارجي بتلقائية وبين هندسية الشكل الدائري ويتشابك من خلال التحكم في فروق نسب الانكماش بين الطينات في علاقة تعشيق متبادلة

العمل رقم (16)

توزيع لمساحات شرائح من الطينات الحمراء والبيضاء في تداخل بين الخط المستقيم الذي يتصف بالهندسية وبين الخط العضوي الحر المتوافق مع مفهوم الطينات كخامة عضوية وبين حسابات فروق نسب الانكماش في التعشيق والذي يتم بمعادلات رياضية

النتائج والتوصيات

أولا النتائج:

1. استخدام أكثر من نوع من خامات الطينات في الصياغات الهندسية على السطوح الخزفية يكشف المزيد من أهمية قياس معدلات الانكماش المختلفة، ويدخل حسابها في تحقيق القيم الجمالية في هذا الاتجاه من الفنون، فاكتمال استواء الخط المستقيم واتساق الخطوط الخارجية للمساحات الهندسية او العضوية لم يتم الا من خلال التحكم في نسب انكماش الطينات.
2. تم تنفيذ 25 عمل على بلاطات خزفية جاهزة الصنع وتم مراعاة مخططات الحريق من تعليل متوسط بسرعة 40º/م في الساعة في حريق المرحلة الثانية والتي تم فيها لصق الشرائح المشكلة من الطين الأحمر وطين البولكلى عن طريق الطلاء الزجاجي، ومع ذلك فقد تعرضت 6 اعمال الى الكسر في الفرن نتاج ان البلاطات غير معروف خامات تركيبها ونسبها وبالتالي غير معروف مخطط رفع درجات حرارتها وهذه النتيجة كانت مدخل لعمل بحث تم نشره بعنوان "أثر تخطيط عمليات الحريق وضبط عوامل الحرارة في تجريب التقنيات الخزفية".
3. الخصائص اللونية لخامات الطينة الاحمر والأبيض وطينات البلاطات جاهزة الصنع حققت تناغم في ايقاعات اللون بين درجة لون الطين الأحمر ودرجة لون طين البلاطات، وحقق كلاهما نوع من التباين مع درجة لون طين البولكلي القريب من اللون الأبيض، وهكذا أمكن توظيف خصائص الخامة في تحقيق المفاهيم والصياغات الجمالية في الفنون التجريدية
4. ربطت اعمال تجربة المعرض البحثي بين خصائص خامة الطينة الفيزيقية والكيميائية والمفاهيم الرياضية والهندسية للفنون التجريدية وبين المفاهيم المرتبطة ثقافيا وتاريخيا وذهنيا بخامة الطينة كأحد عناصر الطينة وتحولاتها من حالة الطين الى حالة الفخار وبين الرؤية الفلسفية للفنون التجريدية عما وراء الطبيعة وجوهر الشكل
5. استخدام النظم الرياضية والهندسية المختلفة يؤدي الى تنوع النتائج والعلاقات المعتمدة على خاصية نسب الانكماش المختلفة بين الطينات المختلفة

التوصيات:

1. يوصي الباحث بمزيد من الدراسات والبحوث والتطبيقات في مجال توظيف خصائص خامات الخزف والفخار وأساليب التشكيل المختلفة وعلاقتها بتحقيق القيم الجمالية من خلال النظم الرياضية الحديثة مثل مخططات فورونوي ومجموعة ماندلبروت وهندسة الفراكتال.
2. يوصي الباحث بمزيد من الدراسات والبحوث البينية والتطبيقية في مجال توظيف خصائص الطينات الفيزيقية والكيميائية مع فروع العلوم الأخرى لإثراء مجال البحث العلمي في التربية الفنية والفنون التشكيلية.
3. يوصي الباحث بعمل بروتوكولات تعاون مشترك مع مصانع الخزف بأنواعها لإثراء بحوث التربية الفنية ولاكتساب الخبرات والمعرفة وفتح مجالات بحوث وانشطة فنية في مجال دراسة التقنيات والخامات الخزفية في كل من مجال الصناعات الخزفية والاستفادة منها في مجال التربية الفنية ومعارض الفنون التشكيلية

المراجع

كتب:

1. شيفر جان ماري، الفن في العصر الحديث – الاسطيطيقا وفلسفة الفن من القرن الثامن عشر وحتى يمنا هذا، ترجمة د.فاطمة الجيوشي، مطابع وزارة الثقافة، دمشق، سوريا، 1996
2. مطر اميرة حلمي، فلسفة الجمال (أعلامها ومذاهبها)، دار قباء للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 1998.

بحوث:

3. أبا حسين، هند صالح فهد، تقنية الفراكتل وتوظيفها في انتاج أعمال تصويرية رقمية تجريدية، مجلة الفنون والعلوم الإنسانية، العدد السادس، جامعة المنيا كلية الفنون الجميلة، 2020

Research papers

4. Amirshahi Seyed Ali, and others, Evaluating the Rule of Thirds in Photographs and Paintings, Computer Vision Group, Department of Computer Science, Friedrich Schiller University, Jena, Germany 2013.
5. Joel F. PAULSON, Surveying in Ancient Egypt, International Federation of Surveyors, University of California, Berkeley, USA, 2005

6. Jollanda Shara, Mathematics And Art, Conference Paper, 8th International Week Dedicated to Maths, Thessaloniki, Greece, January 2022.
7. Elshakhs Ahmed Abdelaziz, The impact of using Voronoi diagrams on the contemporary interior Design, **Journal of Architecture Arts and Humanistic Science,** Volume 5, Issue 19 - Serial Number 19, Egypt, 2020
8. Pinar Baklan Onal, Op-art and personal practices in contemporary ceramic art, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Turkey, 2012>

مواقع الانترنت:

9. Golden Ratio in Art: Harmony & Beauty | 1st Art Gallery (1st-art-gallery.com)
10. Fibonacci's Hidden Code: Uncovering the Mathematics Behind Classical Art | The Fusioneer
11. What is Isometric Drawing - Bricsys Blog
12. http://www.essentialvermeer.com/technique/perspective/history.html#:~:text=The%20birth%20of%20a%20true,1319)%20and%20Giotto%20(%20c.
13. What is a Voronoi diagram? | School of Mathematics | University of Bristol
14. https://skutt.com/best-practices-for-loading-and-firing-your-skutt-kiln/#:~:text=Fast%20mode%20can%20occasionally%20be,limited%20to%20Slow%20or%20Medium.