الإستفادة من تقنية الميكاترونكس لإستحداث صياغات جديدة للتصميمات ثلاثية الأبعاد المتحركة

Taking advantage of mechatronics technology to create new formulations for animated 3D designs

م.د/ هبه عبدالعال محمود عوض عبدالعال
المدرس بقسم النحت والتشكيل المعمارى والترميم بالمعهد العالى للفنون التطبيقية – التجمع الخامس
Dr. Heba Abdel-Aal Mahmoud Awad Abdel-Aal
Lecturer in the Department of Sculpture, Architectural Formation and Restoration
Higher Institute of Applied Arts - Fifth Settlemen
arts.heba2020@gmail.com

ملخص البحث:

الميكاترونكس هو أحد أهم فروع أنظمة التحكم الدقيق المتكامل و المستمر التى يجمع بين علوم هندسة الإلكترونيات و علوم هندسة الميكانيكية و علوم هندسة الكهربائية و علوم هندسة الحاسب الآلى مع أنظمة التحكم الدقيقة و المتطورة ، و الذى يتطور هذا التخصص بصورة كبيرة من يوم إلى يوم آخر بشكل مذهل و متميز ، و فى ظل التطورات الحالية و الاتجاهات الحديثة و التقدم الهائل لتكنولوجيا العصر الحديث و مع تطور الآلات الحالية و المتنوعة و التقنيات الحديثة الذى توصل إليه العلم و التى إيضاً اعطت لنا مهارات متقدمة و متطورة و التى كان لها الفضل الكبير للمصمم فى إستخدام الخامات متنوعة و جديدة على سبيل المثال رقائق من المعدن الفولاذى المقاوم للصدأ لعمل تصميمات و مجسمات متحركة المستوحاه من علوم هندسة الميكاترونكس ، و الذى ساهم في آفاق جديدة لممارسة الفنون البصرية و الفنون التشكيلية مساحة أكبر فى التطور الفكرى التصميمى ثلاثي الأبعاد المتحرك مما كان مستخدماً من قبل ، و من هنا قد نستغل تقنية هندسة الميكاترونكس بخامات متنوعة لآستحداث صياغات جديدة متحركة فى مجال للفنون البصرية و التشكيلية بشكل عام و فى التصميمات الثلاثية الأبعاد المتحركة بشكل خاص و تلعب هذه التقنية تطوراً هائل ودوراً كبير غير مسبوق من قبل فى التصميمات المتحركة ثلاثية الأبعاد.

فلذا البحث اتخذ مساراً هاماً نحو الأستفادة من استخدام تقنية تكنولوجيا آلالات و علوم هندسة الميكاترونكس كأحد أساليب الاستحداث في مجال الفنون البصرية و التطور فى تقنيات و صياغات التصميم ثلاثى الإبعاد المتحرك ، و قد يسهم ذلك الحرية للمصمم فى تطوير و إثراء الممارسات الفنية و الجوانب الإبداعية و الجمالية فى الفنون التشكيلية و الفنون البصرية.

الكلمات المفتاحية:

الميكاترونكس ، صياغة التصميم ، التصميمات المتحركة.

Abstract:

Mechatronics is one of the most important branches of integrated and continuous precision control systems that combines electronics engineering sciences, mechanical engineering sciences, electrical engineering sciences, and computer engineering sciences with precise and advanced control systems. Current developments and modern trends and the tremendous progress of modern technology and with the development of the current and various machines and modern technologies reached by science, which also gave us advanced and sophisticated skills, which had a great credit for the designer in using a variety of new materials, for example, sheets of stainless steel metal to make designs And animated figures inspired by the sciences of

mechatronics engineering,. Which contributed to new horizons for the practice of visual arts and plastic arts, a greater area in the intellectual development of three-dimensional mobile design than was used before, and from here we may exploit the technique of mechatronics engineering with various materials to develop new mobile formulations in the field of visual and plastic arts in general and In 3D animated designs in particular, this technology plays a huge development and a major role unprecedented in 3D animated designs.

Therefore, the research took an important path towards benefiting from the use of the technology of machinery technology and the sciences of mechatronics engineering as one of the methods of innovation in the field of visual arts and development in the techniques and formulations of three-dimensional mobile design, and this may contribute to the freedom of the designer in developing and enriching artistic practices and creative aspects and Aesthetics in plastic arts and visual arts.

Key Words:

Mechatronics , Design drafting , Motion designs.

مشكلة البحث:

تتلخص مشكلة البحث فى السؤال التالى كيف يمكن للفنان التشكيلى الإستفادة من التكنولوجيا وعلوم هندسة الميكاترونكس لاستحداث صياغات جديدة لتصميمات المتحركة ثلاثية الابعاد.

أهدف البحث:

1- التأكيد على إستخدام التكنولوجيا والأنظمة الهندسية الحديثة والفكر المستخدم فى تقنية الميكاترونكس لإستحداث صياغات جديدة لتصميمات ثلاثية الأبعاد.

2- إيجاد حلول جديدة لصياغة التصميمات المتحركة ثلاثية الأبعاد المستوحاه من تقنية الميكاترونكس.

3- الإستفادة من برامج انظمة التحكم وهندسة الإلكترونات وهندسة الميكانيكا وهندسة الكهربائية المكون منه فكرة تقنية الميكاترونكس.

4- تقديم لغة جديدة جمالية وتعبيرية وتشكيلية جيدة إبداعية لصياغة لتصميم المتحرك ثلاثى الإبعاد مستوحاه من تقنية الميكاترونكس.

أهمية البحث:

1- تسليط الضوء على استخدام التكنولوجيا والاستفادة من تقنية الميكاترونكس فى ممارسة التصميمات ثلاثية الأبعاد المتحركة.

2- تدعيم النواحى الإبداعية لصياغة التصميمات ثلاثية الأبعاد المتحركة المستوحاه من تقنية الميكاترونكس.

3- تفعيل الدور العلمى والتكنولوجى وتقنيات هندسة الميكاترونكس والاستفادة منها فى التصميمات ثلاثية الأبعاد المتحركة.

فرضية البحث:

تلك الدراسة تعتمد على تناول وبحث مشكلتها على الفرضية التالية:

يمكن الاستفادة من تكنولوجيا وتقنيات هندسة الميكاترونكس فى صياغات جديدة لتصميمات ثلاثية الأبعاد المتحركة مما يسهم ذلك فى إثراء الممارسات الفنية والجوانب الأبداعية والجمالية فى الفنون البصرية والتشكيلية.

منهجية البحث:

يتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى على النحو المحاور التالية:-

1- **المحور الأول:** يتضمن الإطار النظرى للبحث على المقدمة، التعريفات، الأهمية، أهداف الدراسة، المشكلة الماثلة والمنهجية المتبعة فى الدراسة.

2- **المحور الثانى:** دراسة نظرية تحليلية من خلال التطرق إلى مختارات من أعمال النحات الإمريكى "أنتونى هاو Anthony Howe" المستوحاه من تقنية هندسة الميكاترونكس.

3- **المحور الثالث:** إتباع المنهج الوصفى التحليلى الذى يتمثل فى جمع المعلومات والصور لأمثلة من نماذج مختارة للنحات الإمريكى "أنتونى هاوAnthony Howe " المستوحاه من تقنية هندسة الميكاترونكس.

حدود البحث:

تقتصر حدود البحث على وصف وتحليل بعض مختارات من نماذج النحت المتحرك المستوحاه من تقنية هندسة الميكاترونكس للنحات الإمريكى "أنتونى هاوAnthony Howe ".

مقدمة

فى ظل التقدم الهائل لتكنولوجيا العصر الحديث وفي التطورات الحالية تعطي الآلات والتقنيات الحديثة مهارات متقدمة لاستغلال بعض الخامات الجديدة لممارسة الفن بمساحة وفيرة لكى نستفيد منها فى الفنون التشكيلية والفنون البصرية أكبر مما كان مستخدماً من قبل، فظهرت اتجاهات جديدة فى استخدام تلك التقنيات لإستحداث صياغات جديدة فى التصميمات ثلاثية الإبعاد المتحركة وللفنون البصرية والتشكيلية، وتلعب هذه التقنيات دوراً كبير هائل ومتطور فى استغلال تلك الخامات الجديدة والمتنوعة فى التصميمات المتحركة ثلاثية الأبعاد(١).

شكل (١) التخطيط لهندسة الميكاترونيكس

وتتجة إلينا التكنولوجيا بتقنيتها المتطورة إلى السعى على كل ما هو جديد وتلفت أنظارنا إلى تقنية الميكاترونكس وهو علم الهندسة الذى يربط بين الهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية وهندسة الحاسب وأنظمة التحكم. كما عرفها "تاكاشي ياماجوشي Takashi Yamaguchi" قائلاً (الميكاترونكس هو علم الأسلوب فى تصميم المنتجات التى تتصرف بسرعة وتؤدى أداء دقيقاً، هذه الخصائص يمكن تحقيقها ليس عن طريق الإدراك الميكانيكى وحده وإنما يستلزم إستخدام التحكم والحساسات والإلكترونات"(٢). كما هو موضح شكل (١).

تعريف الميكاترونكس:

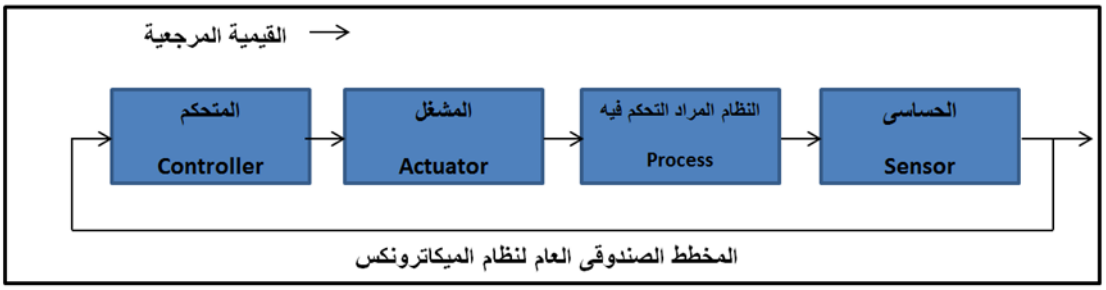
يستعمل مصطلح الميكاترونك للدلالة على حقل هندسى واسع ومتشعب جداً، وهو هندسة التى تجمع بين الهندسة الميكانيكية، والهندسة الكهربائية، وهندسة الحاسوب وهندسة الإلكترونيات(٣).

تاريخ الميكاترونكس:

مصطلح الميكاترونيكس ظهر أول مرة عام١٩٦٠ في اليابان حيث بدأ استخدامه في إحدى شركات التحكم هناك، ثم بدأ هذا المصطلح في الإنتشار بقارة أوروبا، وكان هذا اللفظ يطلق على جهاز كمبيوتر للتحكم بمحرك كهربائي في السبعينيات بدأ هذا المصطح ينتشر بسبب إنتشار تكنولوجيا المؤازرة أو التحكم Servo Technology.

في الثمانيات ومع وجود تكنولوجيا المعلومات Information Technology وبدء ظهور المعالجات الصغيرة Microprocessors والمتحكمات الصغيرة Microcontroller وإستخدامها في الأعمال الميكانيكية، أصبح عندها المصطلح يأخذ شكلاً موسعاً.

في التسعينيات ومع ظهور الإتصالات، إنضمت الإتصالات أيضاً إلى الميكاترونكس، لزيادة الأداء وزيادة التقدم حيث أنها زادت من الفعالية اللاسلكية للتحكم بالروبوت ولازلنا نشهد حتى يومنا هذا ما تقدمه ميكاترونكس لنا يومياً[٣].



المخطط الصندوقى العام لنظام الميكاترونكس

المكونات الأساسية لأنظمة الميكاترونكس:

أي نظام ميكاترونكس يتكون عادة من ثلاث مكونات أساسية وعدد من المكونات الإضافية (المكملة) والتي تزيد من سوية أدائه و وثوقيته.

1- الحساسات Sensors:

وهي عناصر عادة تكون دارات أو أجهزة إلكترونية تقوم بتحويل الإشارات الفيزيائية إلى إشارات كهربائية رقمية أو تماثلية (الإشارة الفيزيائية ممكن ان تكون حرارة، ضغط، قوة، سرعة، وتسارع مغناطيسية ... الخ).

2- المتحكم Controller:

وهو العقل المفكر لنظام الميكاترونكس أو أي نظام آخر وعادة يكون متحكماً صغرياً أو حاسوباً أو plc، حيث أنه يقوم بمعالجة البيانات القادمة له من الحساس وعلى أساس هذه البيانات يرسل إشارات إلى الخرج المتصل بالمشغلات.

3- المشغلات actuators:

وهي عبارة عن عناصر تنفيذية تقوم بتحويل الإشارة الكهربائية القادمة من المتحكم إلى اشارة ميكانيكية والشغلات عادة تكون محركات كهربائية أو صامات هيدروليكية[١] كما موضح فى الشكل (٤).

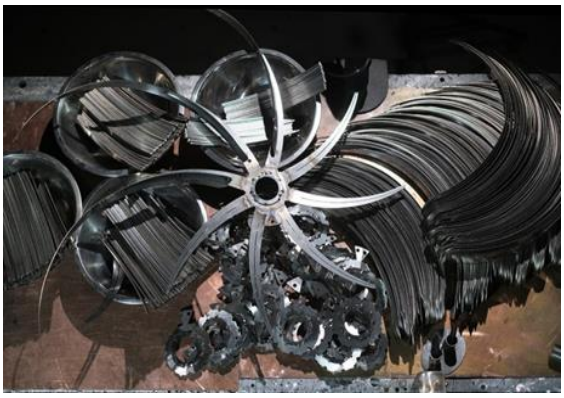
إن الميكاترونكس هي المستقبل بعينه، وهي كما قال دافور هاروفات متخصص فني في معمل فورد للبحوث "إن ميكاترونكس هي خليط من التكنولوجيا والأساليب، فبهما نساعد في الحصول على منتج أفضل."

كما قال جون إلتر نائب رئيس البرنامج التخطيطي لشركة (زيروكسXerox), نحن نحتاج مصممين قادرين على فهم نظرية التحكم بالشكل الكافي حتى ينفذ تصميم أفضل"، فميكاترونكس هي نتيجة التقدم السريع الآن، ويمكن ملاحظة ميكاترونكس في العديد من الصناعات مثل صناعة المتحكمات في الغسالات، في الأقراص الصلبة، في أجهزة الكمبيوترات المحمولة، في صناعة الأقراص المضغوطة CD-Rom في أجهزة التحكم المركبة على الصمامات، في أنظمة ال PLC في لوحات التحكم عموماً، ولا ننسى أهم أهداف الميكاترونيكس وهي (الروبوتات Robotics)[٥] كما هو موضح فى شكل (٣).

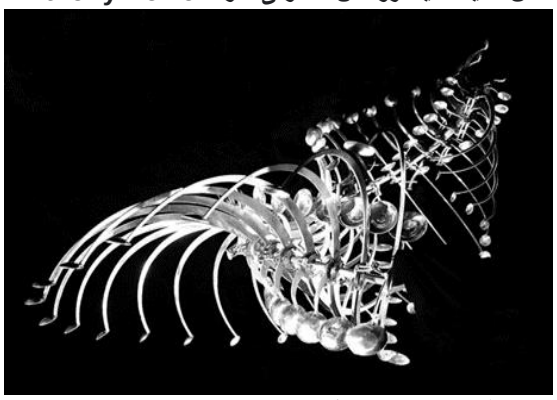
شكل (٣) كريو أو روبوت الحلم لسوني من تصميم شركة سونى

يقدم علم هندسة الميكاترونكس حولاً للعديد من المشاكل التى تطرأ على تطبيقات النظم الحيوية ومن هذا المنطق فلا بد من الإستفادة من مزايا علم هندسة الميكاترونكس فى تطبيقات النظم التشكيلية والبصرية الفنية لاستحداث صياغات متنوعة فى الفنون التشكيلية والبصرية وبالتالى لابد من تحديث طرق جديدة فى صياغة التصميمات ثلاثية الإبعاد المتحركة[٢]. ونسلط الضوء على بعض مختارات من أعمال الفنان "أنتونى هاو Anthony Howe" هو فنان نحات أمريكى ولد عام (١٩٥٤) م فى سولت ليك فى الولايات المتحدة.

"أنتونى هاو Anthony Howe " نحات يتبع الفكر الحركى الذى يصنعه فى منحوتاته والتى تتحرك بواسطة الرياح التى تشبه الدومات المتلاحقة مستعيناً بفكر تقنية الميكاترونكس. والتى تيتح لنا أفكار جديدة لصياغات التصميمات الثلاثية الإبعاد المتحركة. مستخدم خامات معدنية ويشكل منها مكونات معدنية باستخدام قاطع البلازما، ويكمل عمله باستخدام هذه التقنيات للأشغال المعدنية التقليدية[٦] كما فى شكل (٤،٥،٦،٧).

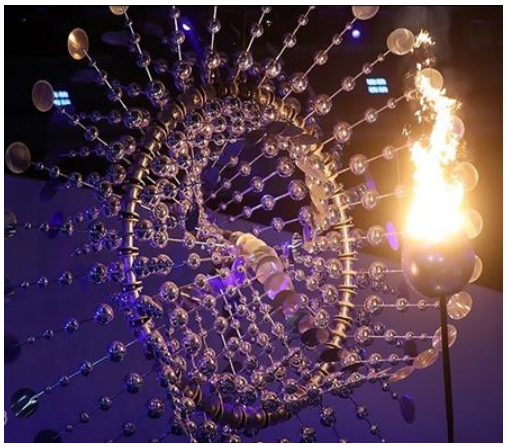


شكل (٥،٤) تقطيع المعادن باستخدام قاطع البلازما للعمل الفنى المستوحاه من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو ."Anthony Howe



شكل (٧،٦) تجميع القطع المعدنية لعمل منحوتات متحركة مستوحاه من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو ."Anthony Howe

صمم الفنان "هاو Howe" منحوتات حركية مصاحبة لدورة الألعاب الأولمبية في (ريو دى جانيرو - البرازيل) الصيفية لعام (٢٠١٦) م، وعبارة عن مجموعة من القطع المعدنية المجمعة والمركبة من خلال صواميل معدنية تتحرك مع بعضها لتعطى لنا وتتأثر بتأثير الرياح لتعطى لنا الحركة أشكال متنوعة ومختلفة مستوحاه من تقنية هندسة الميكاترونكس ويتوسط التصميم شعلة مضيئة لتعطى لنا تأثيرات مضيئة مختلفة ومتنوعة على القطع المعدنية أثناء حركة المعدن ونستفيد من ذلك صياغات جديد لتصميمات ثلاثية الإبعاد المتحركة المستوحى من هندسة الميكاترونكس كما فى شكل (٨،٩). التمثال الذي يتكون من حلقة من قضبان دوارة ، قطرها ٤٠ قدمًا (١٢,٢ مترًا) ، مع ألواح وكريات عاكسة ، كان يهدف إلى تعزيز مظهر اللهب الأصغر ، وتوفير تأثير مستوحى من "الطاقة النابضة وانعكاس ضوء الشمس. تم تصميم التمثال في الاستوديو الخاص به في جزيرة Orcas ، مع البناء النهائي الذي حدث في مونتريال قبل شحنه إلى ريو[٧].



شكل (٨) تفصيل عن قرب التصميم المصاحب لدورة الألعاب الأولمبية فى (ريو) عام ٢٠١٦ "أنتونى هاو"Anthony Howe متوسط التصميم الشعلة اولمبية.

شكل (٩) التصميم المصاحب لدورة الألعاب الأولمبية فى (ريو) عام ٢٠١٦ "أنتونى هاو"Anthony Howe متوسط التصميم الشعلة اولمبية من عن بعد.

إلتحق "Howe" بين عامى (١٩٦٩م و ١٩٧٣م)، بمدرسة (تافت Taft) وبعد ذلك إلتحق بجامعة (كورنيل ومدرسة Skowhegan) للنحت وللرسم. وقام ببناء منزل على قمة جبل نائية في (نيو هامبشاير) عام ١٩٧٩م. وهناك قام برسم مناظر طبيعية جميلة لمدة خمس سنوات رائعة، وعرض أعماله في معرض (جاليري أون ذا جرين) في (ليكسينغتون، ماساتشوستس)[٥]. يمكن العثور على لوحاته في مجموعات Teradyne وجامعة هارفارد ومجموعة William Small وغيرها من المجموعات العامة والخاصة[٨].

انتقل الفنان "Howe" إلى مدينة نيويورك في عام ١٩٨٥م وكانت نقطة تحول أعماله الفنية من الرسم إلى النحت الحركي. وبعد أربع سنوات من هذا التحول الفنى تم تعليق عمله الأول من كابلات المصاعد القديمة الممتدة بين المباني. انضم "Howe" إلى معرض (كيم فوستر) في نيويورك في عام ١٩٩٣، وانتقل بعدها بالعام التالي إلى جزيرة (أوركاس في واشنطن)، وبنى مرة أخرى منزلاً هناك وافتتح معرضه الخاص به[٨].

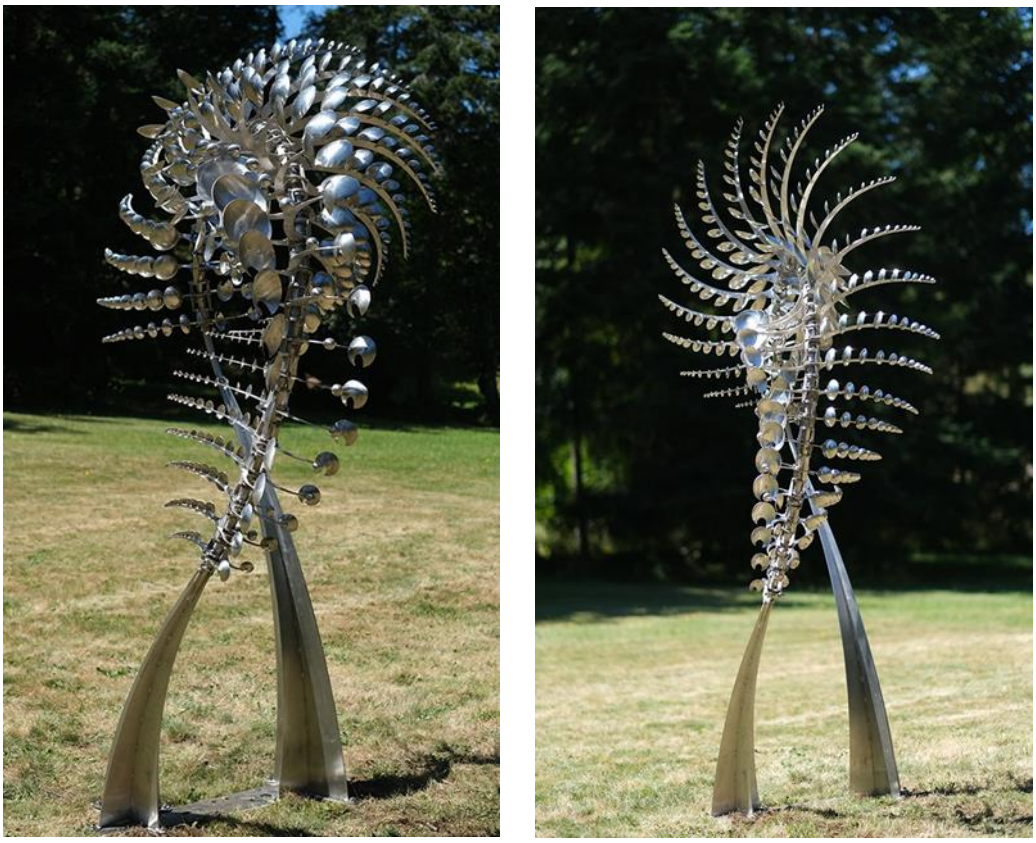
قام الفنان "Howe" فى ٢٨ مايو ٢٠١٤م بعمل فنى رائع أسمه (الحبار العملاق مع النظام الشمسي). وهو عبارة عن مجموعة من المعادن التى تم تقطيعها بالبلازما وصمم هذا المجسم المتحرك (الطاحونة هوائية متحركة) مع اتجاه الرياح وضوء الشمس بأرتفاع ١٧ متراً فى الفناء مع الهواء الطلق مستوحاه من تقنية الميكاترونكس. كما فى الشكل (١٠ – أ،ب،جـ) الذى يوضح حركة المجسم فى الهواء من خلال تركيبات متلاحقة مع بعضها من خامات معدنية فولاذية مقاومة للصدأ. قام الفنان "Howe" باستخدام تجهيزات الفولاذ المقاوم للصدأ بشكل أساسي والتي يتم تحريكها إما بأشكال منحنية الشكل أو أقراص آمل أن تفترض القطع أناقة خطية احتياطية عندما تكون الظروف لا تزال قائمة، وتتحول إلى رسوم متحركة صاخبة عندما تلتقط الرياح. تتآمر الأشكال المتعددة المحاور المتوازنة بدقة، سواء كانت متناظرة أو غير متناظرة، لخلق انسجام ثلاثي الأبعاد مُرضٍ بصريا[٨].

شكل (١٠ أ) الحبار العملاق مع النظام الشمسي (الطاحونة الهوائية) العمل الفنى مستوحى من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو Anthony Howe".

شكل (١٠ ب) الحبار العملاق مع النظام الشمسي (الطاحونة الهوائية) العمل الفنى مستوحى من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو Anthony Howe".

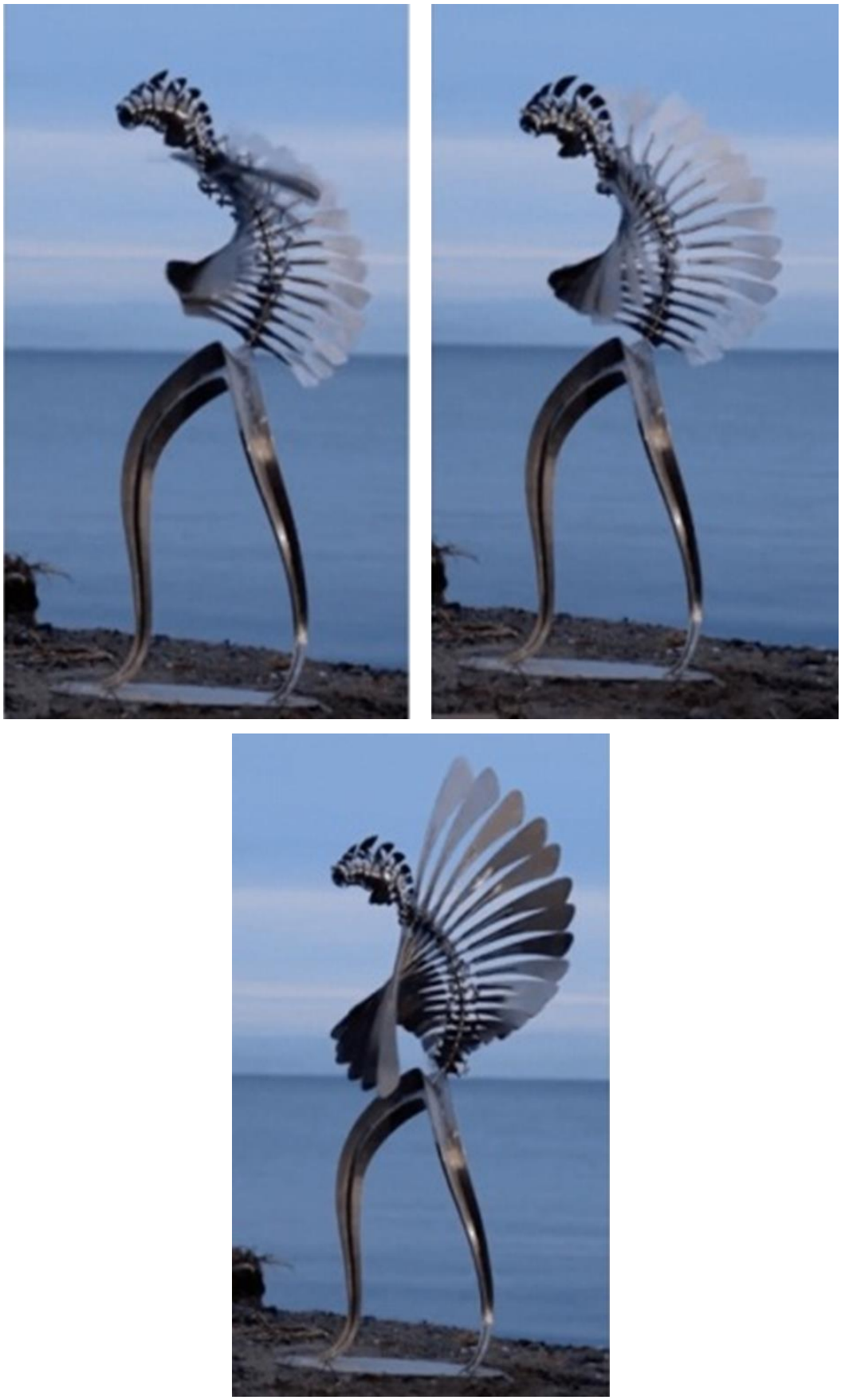
شكل (١٠ جـ) الحبار العملاق مع النظام الشمسي (الطاحونة الهوائية) العمل الفنى مستوحى من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو Anthony Howe"(9).

مختارات من أعمال النحات "أنتونى هاو Anthony Howe "



شكل (١١) عمل فنى بعنوان (نحت الرياح الحركى) من الفولاذ الصلب الذى لايصدأ العمل الفنى مستوحى من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو Anthony Howe"(10).

شكل (١٢) أعمال فنية بعنوان (منحوتات ثلاثية الأبعاد تعمل بطاقة الرياح) من البرونز العمل الفنى مستوحى من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو .Anthony Howe"(11)



شكل (١٣) عمل فنى بعنوان (رقصات منحوتة الرياح الحركية الفاتنة على الشاطئ) العمل الفنى مستوحى من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو Anthony Howe"(13).

شكل (١٤) منحوتة حركية من الفولاذ الصلب المقاوم للصدأ تدور فى الرياح الخفيفة.
(٣,م عمق1 X ٦,م عرضX2 ابعاده ٢٢٤ بوصة ارتفاع ١٠٤ بوصة بعرض ٥٢ بوصة بعمق (٥,٧م ارتفاع
العمل الفنى مستوحى من تقنية الميكاترونكس "أنتونى هاو .(14)"Anthony Howe

النتائج والتوصيات:

أولاً النتائج:

من خلال إجراء البحث والتى أهتمت بالكشف عن مدى الإستفادة من التقدم العلمى والتطور التكنولوجى المتطور وتسليط الضوء على هندسة الميكاترونكس والاستفادة منها فى صياغة التصميمات ثلاثية الأبعاد المتحركة حيث توصل البحث إلى مجموعة من النتائج التالية:

1- أن تقنية هندسة الميكاترونكس تتميز بتنوع القدرات والإمكانيات التشكيلية التى يمكننا الاستفادة منها والإسهام لاستحداث صيغات جديدة فى الفن التشكيلى.

2- أن توظيف التكنولوجيا لتوصل إلى إستخدام وإظهار خصائص الخامات المختلفة والتى تجعلها تتسع لتنفيذ الكثير من الأفكار الفنية التشكيلية بقدر عالى من الجودة ودقة المحاكاة واستخدام برامج التحكم فى أنظمة التكنولوجيا تعطى لنا صياغات جديدة للتصميمات ثلاثية الإبعاد مستوحاه من تقنية الميكاترونكس.

3- أن تناول مشكلات وقضايا العلاقة الترابطية بين التكنولوجيا والعلوم الهندسية من خلال تقنية الميكاترونكس والفنون فى البحث تساعد فى فتح آفاق جديدة من الرؤى الإبداعية والفنون التشكيلية البصرية واستحداث تصميمات ثلاثية الإبعاد متحركة.

ثانياً التوصيات:

1- الأهتمام بالدراسات والبحوث فى مجالات الفنون البصرية والتشكيلية المتنوعة نحو دراسة التطورات التكنولوجية العلمية والمعاصرة لإيجاد حلول وصياغات جديدة للتصميمات ثلاثية الأبعاد.

2- البحث فى مجالات علوم هندسة الميكاترونكس وكيفية الإستفادة منها فى مسار التنمية المستدامة للفنون البصرية وتحقيق أهدافها فى المجتمع.

3- تفعيل دور الفنون التطبيقية ومجالاتها المختلفة فى الكشف عن كل ما هو جديد فى الميادين التكنولوجية والعلمية وإيجاد آفاق جديدة للإستحداث صياغات جديدة للتصميمات ثلاثية الإبعاد وأيضاً فى تنمية وإثراء مجالات الفنون التطبيقية.

المراجع:

1- أحمد عبدالمتعال، الإلكترونات الرقمية وتطبيقاتها العلمية (موسوعة الالكترونات الصناعية العملية جـ٢)، دار النشر للجماعات، ٢٠٠١.

'ahmad eabdalmutaeali, al'iilikturunat alraqamiat watatbiqatuha aleilmia (muasueat alalkitrunat alsinaeiat aleamaliat ju2), dar alnashr liljamaeati, 2001.

2- مشعل المرزوقى، الميكاترونكس بوجه نظر إمارتى، القاهرة، مداد للنشر والتوزيع،٢٠١٧.

masheal almarzuqaa, almikatiruniks biwajh nazar 'iimartaa, alqahirati, midad lilnashr waltuwziei,2017.

3- Gmiterko, A.:Mechatronika. Košice, Emilena tiskáren 2004.

4- VDI 2206: Entwicklungmethodik für mechatronische Systéme. Beuth Verlag GmBH, Berlin, Juni 2004

5- Lückel, J.,Koch, T., Schmitz, J.: Mechatronik als integrative Basic für innovative Produkte. VDI-Tagung: Mechatronik – Mechanisch/Elektrische Antriebstechnik. 29./30.März 2000, Wiesloch, Düsseldorf: VDI Verlag, 2000

6- https://www.howeart.net

7- https://www.thisiscolossal.com/2020/12/anthony-howe-kinetic-sculpture

8- https://mymodernmet.com/anthony-howe-kinetic-wind-sculpture-zavion

9https://www.artistrunwebsite.com/inspiration/1265/Hypnotic+Structures%3A+Sculpture+by+Anthony+Howe

10- https://andrew-laird-9dpw.squarespace.com

11- https://mymodernmet.com/anthony-howe-kinetic-sculptures-wind

12- https://www.thisiscolossal.com/2013/06/hypnotic-wind-powered-kinetic-sculptures-by-anthony-howe

13- https://www.sidefx.com/gallery/anthony-howe

14-https://www.insidehook.com/article/art/mesmerizing-kinetic-sculptures-designed-with-3d-software