مجلة الفنون والعلوم التطبيقية
Journal of Applied Arts & Sciences
جامعة دمياط Damietta University
كلية الفنون التطبيقية

المصمم الصناعي والاستلهام من الطبيعة في ضوء تكنولوجيا النانو

Industrial Designer and Nature Inspiration In view of Nanotechnology

نرمين كامل الجداوي
أستاذ مساعد بقسم التصميم الصناعي
كلية الفنون التطبيقية-جامعة حلوان

احمد عبد العزيز البابلي
معيد بقسم التصميم الصناعي
كلية الفنون التطبيقية-جامعة دمياط

ملخص :
إن التطور الملحوظ في شتي مجالات العلوم والتكنولوجيا والتطبيق في ظل الألفية الثالثة ما مكن المصمم الصناعي من إدراك مفاهيم متقدمة للطبيعة ما لم يكن ممكن له استيعابها من قبل، قادرة لتقوده الي إبتكارات وفريدة من نوعها للتطبيق في مختلف المتطلبات الإنسانية، فإمكانية اتساع أفق الرؤية الي المقاييس المتناهية في الصغر نظرا لتقدم مجالات القدرة علي التكبير وظهور تكنولوجيا النانو كألية متقدمة للإجراءات التطبيقية ما أثري الإستلهام من الطبيعة لدي المصمم الصناعي بإكتشافات مذهلة تحقق ابداعاته، حيث وفرت الطبيعة في ضوء الماكرو قاعدة عريضة من الخصائص المميزة متعددة الوظائف مثل (خواص مقاومة امتصاص المياه، التنظيف الذاتي، الإلتصاق، العزم الحراري، التقزح اللوني، الصلابة، مقاومة الإحتكاك، السحب الهيدروديناميكي المنخفض) والتي تتسم بها التشكيلات البنيوية السطحية للموجودات فيها؛ التوصل لإمكانية محاكاة تلك التشكيلات البنيوية المسؤلة عن هذة الخواص من خلال تكنولوجيا النانو لم يكن في حدود البحث والتطوير فقط بل اتسع ذلك ليشمل العديد من التطبيقات التجارية والطبية والعسكرية والإستخدامات الحياتية اليومية، ولم يقتصر الإستلهام من الطبيعة في ضوء تكنولوجيا النانو علي ذلك فقط بل وشمل القدرة علي المحاكاة الشكلية للموجودات متناهية الصغر وإمكانية تطبيقها ومن ثم تخليق روبوتات متناهية الصغر تحاكيها لأستخدامها فى مختلف المجالات التطبيقية العسكرية، الطبية، الزراعية، العلمية الإستكشافية.

مقدمة
فى إطار بناء المعرفة المرتبطة بعلاقة المصمم الصناعى بالإستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيا النانو من خلال إمكانية السيطرة على العلم كهدف أساسى مرجو، وضعت إستراتيجية زمنية مكونة من مراحل متتابعة، كمنهجية علمية لتحديد إطار وأنشطة الدراسة البحثية لموضوع الرسالة، والتى من شأنها تكوين الشكل العام للمخرج المادى "الرسالة العلمية" من خلال الصياغة المحكمة للمعرفة القائمة عن الظاهرة (موضوع البحث) لتأكيد تحقيق الهدف المطلوب وهو"السيطرة على العلم".

إشكالية البحث
تدور إشكالية البحث حول بحث العلاقة بين المصمم الصناعي Industrial Designer والاستلهام من الطبيعة Nature Inspiration في ضوء تكنولوجيا النانو Nanotechnology التى تميز الألفية الثالثة. حيث تم فى ضوء مفاهيم الألفية الثانية تناول تلك العلاقة فى العديد من الأبحاث، وإذا ما حدث وتم تناول تلك الأشكالية بالبحث فى ضوء تكنولوجيا النانو لم يتعدى ذلك مجال إستلهام خصائص المواد الطبيعية فى شكل مواد ذكية.

هدف البحث
بناء المعرفة المرتبطة بالعلاقة بين المصمم الصناعي والأستلهام من الطبيعة في ضوء تكنولوجيا النانو Industrial Designer and Nature Inspiration in view of Nanotechnology.

فرض البحث
يفترض البحث ان بناء المعرفة عن استلهام الطبيعة في ضوء تكنولوجيا النانو يمكن تفتح افاق جديدة للمصمم

الصناعي لممارسة ابداعاته التصميمية في المجالات البالغة التعقيد والمتناهية الصغر.

منهجية البحث

المنهج الأستنباطى Deductive Approach:

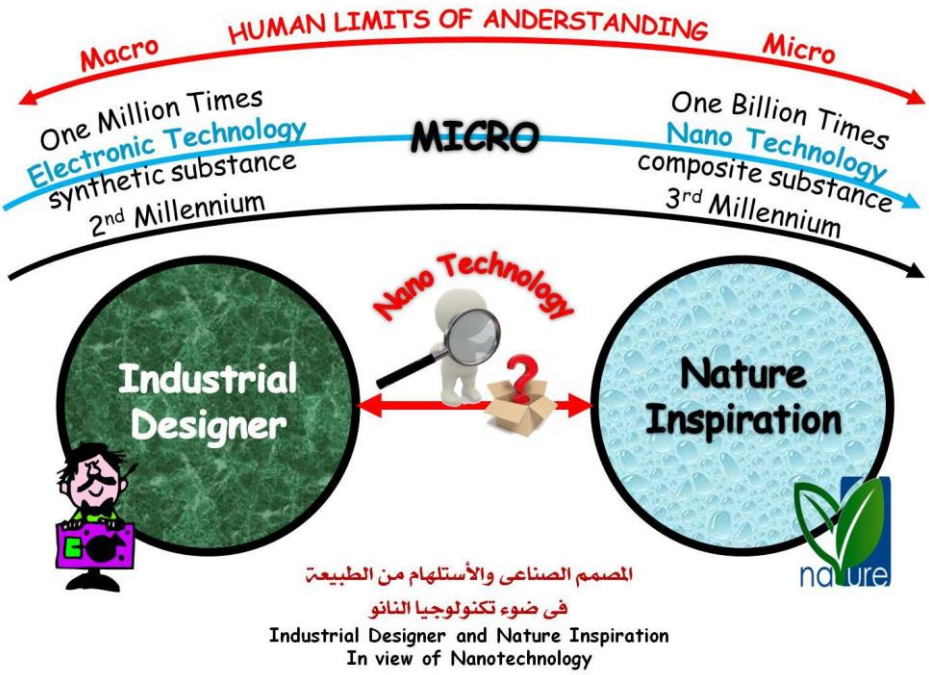
ومن خلاله نصوغ المعرفة العلمية القائمة عن (الظاهرة، أوالقضية، الأشكالية) المرتبطة بجوانب أنشطة بناء الاستلهام من الطبيعة في ضوء تكنولوجيا النانو؛ وذلك بشكل يسمح بالأستفادة منها والأعتماد عليها فى دعم مجال التصميم الصناعى.

الظاهرة موضوع البحث

تنحصر حدود فهم الانسان Human Limits of understandingفى مفهوميين أساسيين من خلالهما تتشكل أبعاد بناء الكون وهما "الماكرو Macro"، و"الميكرو Micro"؛ حيث أن الماكرو مصطلح يطلق علي الكبر من إبداعات الخالق فى الكون بينما الميكرو المقصود به إبداعات الخالق التى تتميز بالصغر.

وتزيد حدود الفهم لدي الانسان دائما مع الوقت في إتجاه الماكرو (الكبر) من ناحية، واتجاه الميكرو (الصغر) من ناحية أخرى. فاستيعاب الانسان لمفهومى الماكرو والميكرو دفعه دائما الي البحث في الطبيعة عن كل ما يؤكد لديه المعني، ويضيف الى فهمه للكون المخلوق لله. ولما كان الكون هو كتاب الله المفتوح أمام الأنسان أخذ يستلهم من الطبيعة الحلول لمشكلاته الحياتية عبر العصور، سواء علي مستوي الكبر أوالصغر في إبداعات الكون حسب احتياجاته.[٢]

ففى ظل هذا التقدم العلمى والتكنولوجى الذى تشهده الألفية الثالثة مقارنة بالألفية الثانية؛ ومن أبرزه تطور العلوم والنظريات القائمة على إستيعاب الطبيعة، إنبثاق تكنولوجيا النانو وما تشمل من إجراءات تقنية تطبيقية متقدمة، أدى ذلك الى إتساع حدود إدراك المصمم الصناعى للإستلهام من الطبيعة فى ضوء زيادة القدرة على التكبير "Macro" Magnification لتصل الى الرغبة فى محاكاة موجوداتها متناهية الصغر بنفس المقاييس فى ضوء التصغير "Micro" Minimization من خلال تقنيات النانو تكنولوجى لما تم إكتشاف ما تحمله من إمكانات شكلية عامة ووظيفية مبدعة وتشكيلات بنيوية سطحية ذات خصائص فريدة من نوعها متعددة الوظائف، ويعرض الشكل التالى ملخص للتطور العلمى والتكنولوجى من الألفية الثانية الى الثالثة فيما يخص إطار الإستلهام من الطبيعة وأثر ذلك على دور المصمم الصناعى كإشكالية للبحث.



شكل (١): ملخص للتطور من الألفية الثانية الى الثالثة فى ضوء المستويات الثلاثة

فعلى مستوى مفهوم الصغر (الميكرو) حدث تحول كبير من الالفية الثانية 2nd Millennium الي الالفية الثالثة 3rd Millennium وذلك علي ثلاثة مستويات

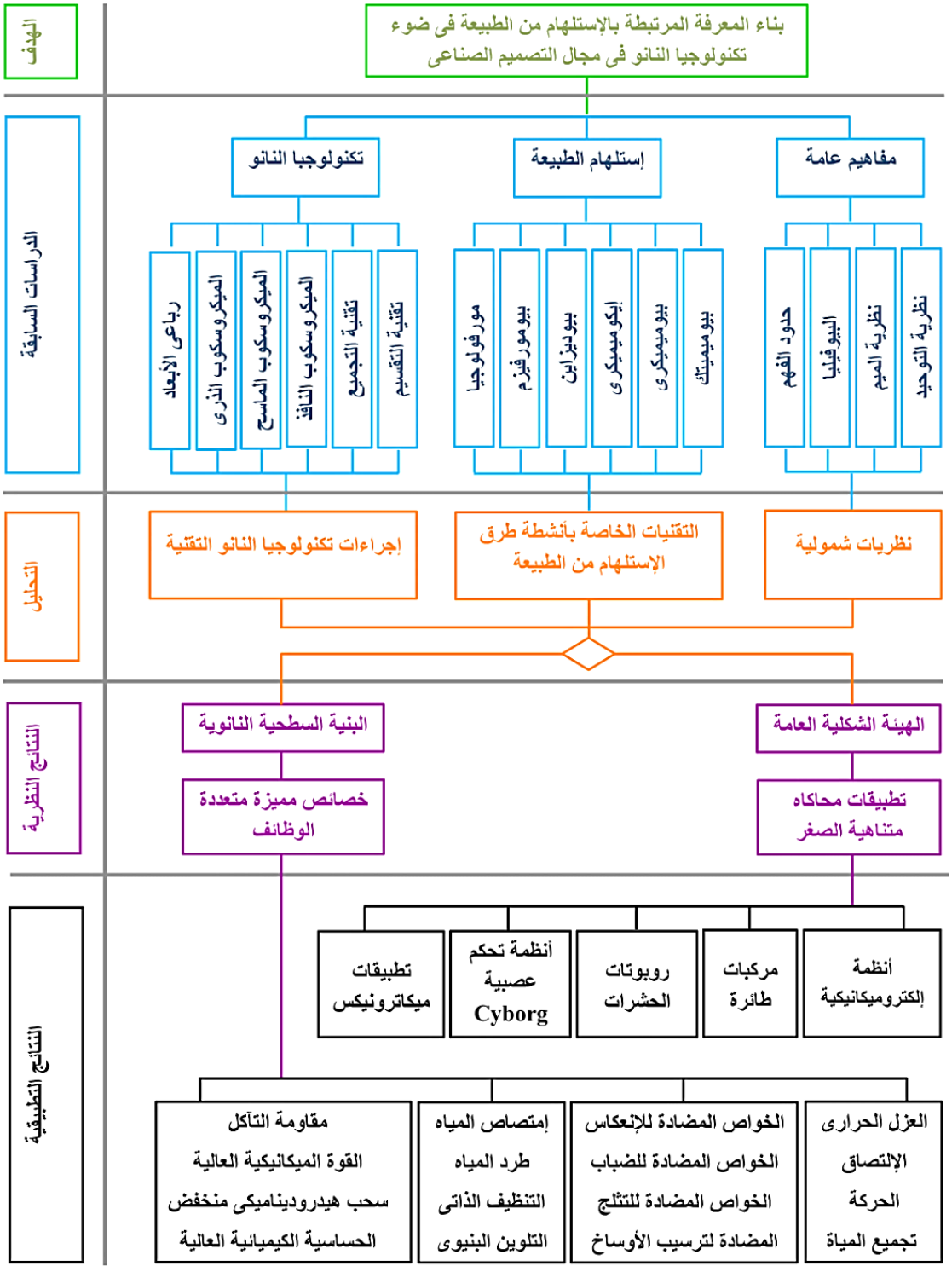
- المستوي الاول: التطور في القدرة على التكبير.
- المستوي الثاني: التطور في التكنولوجيا.
- المستوي الثالث: التطور في المواد.

فعلي مستوي التكبير: تم التحول الى التكبير لبليون مرة من خلال التطوير المستمر فى أجهزة التكبير Microscopes وصولا الى الميكروسكوب النووى Microscopes Nuclearفى نهايات القرن العشرين. وفى القرن الواحد والعشرين وصل التكبير الى بليون (مليار) مرة.

وعلي مستوي التكنولوجيا: تم التحول من التكنولوجيا الالكترونية Electronic technology الي التكنولوجيا النووية Nuclear technology فى نهايات القرن العشرين. وفى القرن الواحد والعشرين تم التحول الى تكنولوجيا النانو Nanotechnology.

وعلي مستوي المواد: تم التحول من المواد المخلقة (الاصطناعية) Synthetic substances التى سادت فى الألفية الثانية الى المواد المركبة Composite substances بعد ظهور تكنولوجيا النانو في الألفية الثالثة.[٣]

ويمثل المخطط التالى إستراتيجة البحث التى فى ضوءها تمت صياغة المعرفة العلمية القائمة على بناء الاستلهام من الطبيعة في ضوء تكنولوجيا النانو؛ وذلك بشكل يسمح بالأستفادة منها والأعتماد عليها فى دعم مجال التصميم الصناعى



شكل(٢): إستراتيجية البحث

تعرض الإستراتيجية السابقة مراحل إنجاز البحث كالآتى:

المرحلة الأولي: مرحلة الاستقصاء

ويتم في هذه المرحلة جمع المعلومات عن:

- المفاهيم الأساسية والنظريات العامة المرتبطة بالاستلهام من الطبيعة، وتتضمن الآتى: نظرية التوحيد Unification Theory، نظرية الميم Meme Theory، بيوفيليا Biophilia، حدود الفهم Human Understanding Limits والتى من خلالها تتشكل الرؤية الشمولية حول المفهوم العام "الإستلهام من الطبيعة Nature

Inspiration" فـى ضـوء تكنولوجيـا النـانو المتقدمة.

- التقنيـات الخاصـة بأنشـطة طـرق الإسـتلهام مـن الطبيعـة وجوانـب انجازهـا، والتـى تشـمل دراسـة المفـاهيم والعلـوم القائمـة علـى إدراك الطبيعـة والأستفادة منها وهى بيوميميتك Biomimetics، بيـــــــــــــــوميميكرى Biomimcry، إيكـــوميميكرىEcomimicry، بيومـــورفيزم Biomorphism، علـــــم المورفولوجيـــــا Morphology، بيـــوديزاين Bio Design، ومحاولـة تكـوين الصـورة الكاملـة حـول أوجـه الترابط، ونقاط الإشتراك، وجوانب الإستفادة من ذلك لتحقيق هدف البحث كخطوة مبكرة وممهدة لما يليها فى مرحلة التحليل.
- تكنولوجيا النـانو، المفاهيم والجوانب والتطبيقات التى تضم إلمام دراسة إجراءاتها التقنية من أدوات تطبيق؛ تشمل الميكروسكوبات المتطورة بأنواعها إبتـداءا مـن الميكروسـكوب الإلكترونـى النافـذ Transmission Electron Microscopy (TEM) والإلكترونـــــى الماســـــح (SEM) وميكروســكوب القــوة الذريــة (AFM) حتــى الميكروســكوب ربــاعى الأبعــاد 4G Microscopy، تقنيات تصنيع نانوية تضم تقنية الهبـوط مـن أعلـي الـي أسـفل "Top down Technique" (التقسيم)، تقنية الصعود من أسفل الـي أعلـي "Bottom up Technique" (التجميـع)، والتـى سـاهمت كـأهم التكنولوجيـات المسـتحدثة فـى الألفيـة الثالثـة فـى توسـيع أفـاق الإدراك الأنسانى فى الإستفادة من محاكاة الطبيعة

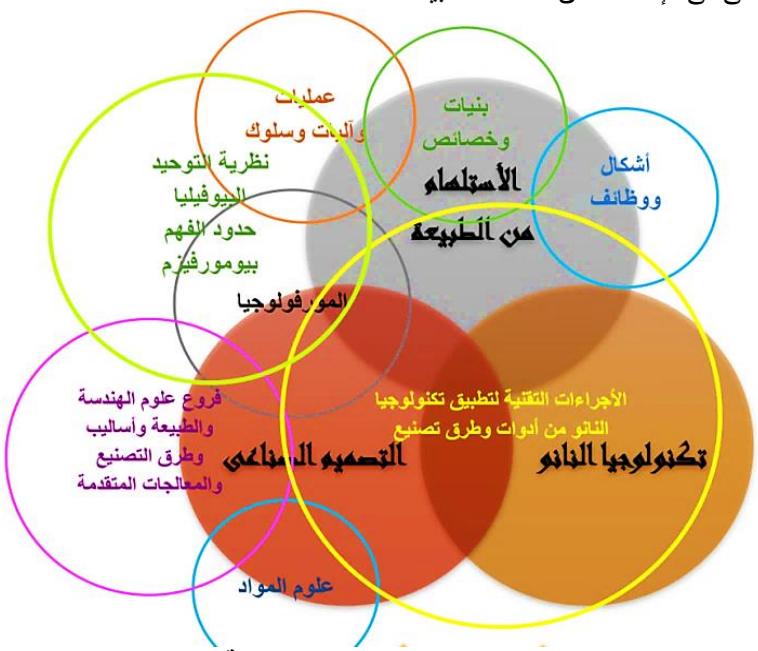
لما كـان مبهم لـه من قبل من خـلال زيـادة القدرة علـى التكبيـر Macro" Magnification" فـى ضـوء أدوات التطبيـق، وإمكانيـة تحقيـق تلـك الإستفادة من خلال ترجمتها لمخرجات مادية فى صـورة تطبيقـات متعـددة للمتطلبـات البشـرية فـى ضـوء التصـغير Micro" Minimization" مـن خـلال تقنيـات التصـنيع الخاصـة بهـا والتـى يطلـق عليها "تقنيات التصنيع النانوى".[١]

- جوانـب التصـميم الصـناعى التـى يمكـن أن تسـتفيد فيهـا مـن جوانـب بنـاء الاسـتلهام مـن الطبيعـة فـي ضوء تكنولوجيا النانو.

المرحلة الثانية: مرحلة التحليل

وتـم فـي هـذه المرحلـة تحليـل البيانـات التـي تـم جمعهـا فـي المرحلة السابقة لتحديد كيفية دمج بناء الاستلهام من الطبيعة فـى أنشطة مجـال التصـميم الصـناعى فـي ضـوء تكنولوجيـا النانو عن طريق الخطوات التالية:

١. إسـتقراء المـادة العلميـة المنظمـة المُلِمّـة بجوانـب الأستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيـا النـانو من مفاهيم عامة وعلوم ونظريـات داعمـة لأدراك أسســه ســواء علــى مســتوى الميكــرو Micro أوالمـاكرو Macro من أجل إصـطفاء مـا يسـاهم فى تحقيق بناء المعرفة.
٢. دمج المفاهيم والمعلومـات المشـتركة فـى المغـزى العلمى لإستخلاص المعرفة المرجوة كما موضـح فـى المخطـط السـابق كمثـال فـى الجـزء الخـاص بـدمج مفـاهيم الإسـتلهام مـن الطبيعـة الـى تقنيـات خاصة بأنشطة طرق المحاكاه وجوانب انجازهـا، وأيضا كما يعبر الشكل التالى:



شكل(٣): مخطط يعبر عن دمج المفاهيم العلمية كإجراء تحليلى

٣. تحديد الجوانب الأساسية للإستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيا النانو
٤. تصنيف المعرفة العلمية لما يلائم عرضها لإدراكها

المرحلة الثالثة: مرحلة الاستنباط

تم التوصل من خلال دمج البيانات وربط المعلومات فى المراحل السابقة الى:

أولا: نتائج نظرية:

- بناء معرفة علمية عن الإستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيا النانو، وشملت المعرفة عن العديد من الخصائص المميزة متعددة الوظائف مثل "طرد المياه، التنظيف الذاتى، تجميع المياه، التلوين البنيوى، الأحتكاك المنخفض، العزل الحرارى، وغيرها العديد من الخصائص الهامة التى تحملها البنيات النانوية السطحية بالإضافة الى الهيئة الشكلية العامة بالغة الدقة لموجودات الطبيعة المتعددة.

ثانيا: نتائج تطبيقية

فى ضوء المعرفة العلمية المكونة من خلال الدراسة البحثية لموضوع الإستلهام من الطبيعة فى ضوء النانو تكنولوجى والمشّكلة فى صورة تطبيقات روبوتية متناهية الصغر، خامات تحمل خواص الطبيعة الفريدة من نوعها يمكن إستخدامها فى شتى المتطلبات الإنسانية العسكرية، المدنية الزراعية والصناعية والطبية والعلمية والحياتية اليومية يمكن دعم جوانب مجال التصميم الصناعى القائم بذاته على تلبية هذة المتطلبات وتمثلت فى جانبين أساسيين:

- تطبيقات للمحاكاة الشكلية لموجودات الطبيعة متناهية الصغر من خلال التطور في مجال القدرة علي التصغير Minimization الميكرو Micro وشملت المعرفة عن تطبيقات الأنظمة الإلكتروميكانيكية متناهية الصغر(NEMS)، المركبات الطائرة متناهية الصغر (NAV)، روبوتات الحشرات، أنظمة التحكم العصبية والمستخدمة فى تطبيقات Cyborg drones، وغيرها من التطبيقات، التى تستخدم فى مجالات الأستطلاع والمراقبة والكشف والأنقاذ، المجال الطبى، المدنى، العلمى
- تطبيقات محاكاه للخصائص البنيوية السطحية لموجودات الطبيعة من خلال التطور في مجال القدرة علي التكبير Magnification ماكرو Macro فى صور خامات متنوعة تمتاز بالخواص الفريدة من نوعها متعددة الوظائف بهدف إثراء المنتجات والصناعات المختلفة لما يلائم جميع المتطلبات الإنسانية كهدف محورى قائم عليه مجال التصميم الصناعى .

المرحلة الرابعة: عرض النتائج

وتم في هذه المرحلة عرض نتائج البحث النظرية والتطبيقية من خلال أساليب التفكير البصرى Visual Thinking ومن أهمها وأحدثها إستخداما الأستعارات البصرية Visual Metaphors

فيتضمن محتوى الرسالة من المادة العلمية ما يحقق بناء المعرفة المرتبطة بالإستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيا النانو ودورها في دعم جوانب مجال التصميم الصناعى.من خلال ماتم سرده داخل الرسالة العلمية فى ضوء تنظيم محتوى الرسالة فى الفصل الأول، والثانى؛ حيث تم تحديد الجوانب الأساسية للإستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيا النانو الى:

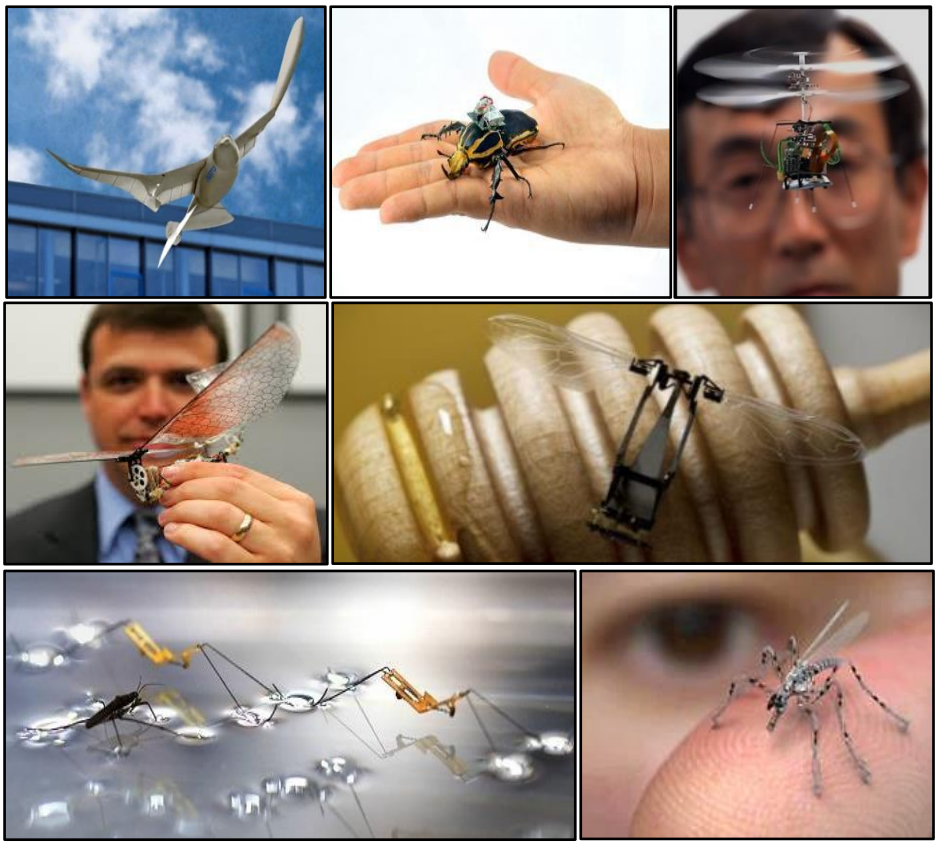
- إستلهام الطبيعة للحلول من خلال التطور في مجال القدرة علي التصغير Minimization الميكرو Micro من خلال المحاكاة الشكلية لموجودات الطبيعة متناهية الصغر.
- إستلهام الطبيعة من خلال التطور في مجال القدرة علي التكبير Magnification أوالكبر ماكرو Macro من خلال المحاكاه للخصائص البنيوية السطحية لموجودات الطبيعة.(٤)

إستلهام الطبيعة للحلول من خلال التطور في مجال القدرة علي التصغير Minimization الميكرو Micro من خلال المحاكاة الشكلية لموجودات الطبيعة متناهية الصغر.

أتسع أتجاه الأنسان لمحاكاة الطبيعة نحو الرغبة فى إمكانية المحاكاه الشكلية لموجوداتها متناهية الصغر وتطويرها وتطبيق أبداعاته منها فى ظل وجود تكنولوجيا النانو Figural Biomimcry of microorganisms in view of Nanotech.، لما يحقق رؤيته من الأستفادة من محاكاتها فى العديد من المتطلبات الهامة له، وهذا ما دعاه الى تطوير مفاهيم جديدة فى العلوم الهندسية، البيولوجية، التكنولوجية وحتى علوم الروبوتات، لتحقيق القدرة على استيعابها وإدراكها، ومن ثم تخليق روبوتات متناهية الصغر تحاكيها لأستخدامها فى مختلف المجالات التطبيقية.

حيث أن أحدث الأتجاهات العالمية الآن تتسارع بقوة نحو إستلهام النظم Systems والبناءات Structures والميكانيزمات Mechanisms الطبيعية لأبتكار إبداعات بشرية Artifacts لتؤدى وظائف معينة لم يكن من الممكن إبداعها إلا مع تطور تكنولوجيا النانو المتناهية الصغر. ومن أمثلة الأبداعات التى يتم تطويرها للأغراض العسكرية والطبية والزراعية والأستخدامات الحياتية اليومية الآتى:

المَركبات الطائرة متناهية الصغر Micro Air Vehicles (Micro Drones)، والروبوتات متناهية الصغر Microbots، وروبوتات البق متناهية الصغر Tiny Robot Bugs، والروبوتات المحاكية للحشرات Insect-inspired Robots، والنظم الأليكتروميكانيكية متناهية الصغرMicro-electro Mechanical Systems، Cyborg drones، والرقائق المدمجة متناهية الصغرMicro Chips وغيرها العديد من الأبداعات الخاصة بتطبيقات Micro-Nano Mechatronics المستلهمة من الطبيعة.(٥)



شكل(٤): أمثلة لتطبيقات الروبوتات المستلهمة من محاكاة الطبيعة متناهية الصغر

ذلك الى جانب إستلهام الطبيعة من خلال التطور في مجال القدرة علي التكبير Magnification أوالكبر ماكرو Macro من خلال المحاكاه للخصائص البنيوية السطحية لموجودات الطبيعة، حيث قدمت البحوث المتنوعة في مجالات الطبيعة المتعددة قاعدة عريضة من البيانات والمعلومات التي تصف أسطح الموجودات البيولوجية، ولم تقتصر علي تلك المعلومات فقط بل ووفرت استراتيجيات التصميم والتطبيق المتطورة من أجل محاكاتها والإستفادة من مميزاتها، حيث تضفي تلك الأسطح العديد من الخصائص المميزة متعددة الوظائف علي الكائنات الحية والنباتات كالقدرة علي طرد المياه، التنظيف الذاتي، الإستشعار عن بعد، القوة الميكانيكية الهائلة، القدرة علي الإلتصاق علي الأسطح المختلفة الجافة منها والمبللة، عدم الذوبان، قوة الشد العالية، الصلابة، المرونة، الإمتصاص، الإنسيابية، مقاومة الإحتكاك، إنخفاض معدلات السحب، التقزح اللوني "التلوين البنيوى"، والهيدروديناميكية المنخفضة، مما يجعلها محطا لأنظار العلماء والباحثيين في مختلف المجالات العلمية والصناعية والتطبيقية ومصدرا للدراسة والتطوير من أجل المحاكاة والإستلهام لمختلف جميع الإحتياجات الحياتية والعلمية.[٦]

ويرجع إمتلاك الموجودات الطبيعية لتلك الأسطح التي تمتاز بهذا الكم من الخصائص والوظائف الي قدرتها علي التطور والتكيف لتلائم الظروف المختلفة للبيئة المحيطة والمشابهة لتلك الظروف المحيطة التي تفرض علي الإنسان العديد من المتطلبات الضرورية، فتتسم تلك الأسطح بوجود تنظيمات هرميةHierarchical Organization من مركبات ومواد بيولوجية في صورة تشكيلات بنيوية، وما إن تم الإستفادة منها إلا لتحقيق تلك الخصائص المميزة لأداء الوظائف الهامة.[٧]

ففي ضوء البحث سيتم إستعراض أبرز الخصائص والوظائف المختلفة من الأسطح البيولوجية ذات التشكيلات البنيوية النانوية من خلال دراسة الحالة للنباتات والحيوانات والتي تعرض أثر النسيج السطحي النانوي Nano texture surface والذي يلعب دور هام في وظيفة الأسطح البيولوجية، كما نتعرض لأهمية خشونة التركيبات الهرمية متعددة الأطوال في البنيات السطحية للموجودات الطبيعية ودورها في إبراز الخصائص الوظيفية علي الأسطح البيولوجية، والتي تكون مصدرا رئيسيا لإلهام المختصين من العلماء وسعيهم نحو تصميم وتطبيق مواد اصطناعية تحمل نفس الخواص. ومن أمثلة ذلك:

أوراق نبات زهرة اللوتس "Nelumbo nucifera" Lotus والمعروف عنها بأنها أوراق تمتاز بالخاصية الكارهة للمياه أوالمضادة للماء Hydrophobicity مما يجعلها مسؤلة أيضا عن خاصية التنظيف الذاتي Self-

cleaning حيث يرجع ذلك الى التشكيلات البنيوية السطحية والخشونة فى التنظيمات الهرمية Hierarchical roughness المكونة لهذه التشكيلات، فهي عبارة عن مطبات Micro bumps متراكبة مع البنية السطحية النانوية Nano structures، بالأضافة الي وجود غطاء شمعي طارد للمياه Hydrophobic wax coating، ويمثل الشكل التالى جزء من التشكيلات البنيوية السطحية لأوراقها.

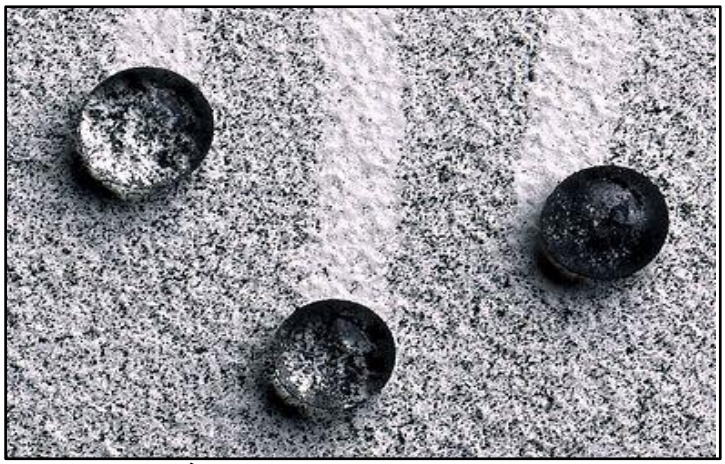
شكل(٥): مقطع تصويرى SEM لجزء من تشكيلات البنية السطحية لأوراق اللوتس

سجلت بعض الدراسات أن أوراق النبات وأسطح بعض الحشرات هي السطوح الطبيعية الوحيدة التي تحمل كلا من خصائص فائقة الكره Superhydrophobic والتنظيف الذاتي self-cleaning؛ وعلى الرغم من ملاحظة الأسطح الطبيعية ذات الخصائص الغير قابلة للبلل Hydrophobic properties منذ عام ١٩٣٦، إلا أنه تم تطبيقها والإستفادة منها في عام ١٩٩٧ عن طريق "Barthlott" الذي قدم الدراسات فيما تخص أوراق نبات اللوتس "تأثير اللوتس" عند ملامستها لقطرة الماء، ومنذ ذلك الحين تلقت الأسطح الطبيعية التي تتمتع بسلوك كاره ومقاوم للمياه Superhydrophobic مثل أوراق القلقاس Taro leaves، وأوراق القنا الهندية canna leaves، وأوراق الأرز rice leaves إهتماما كبيرا من كلا من العلماء والصناع [8]، فهى ليست سوى بعض الأمثلة عن غيرها من النباتات الأخري التي تم تحديدها لإمتلاك خصائص سطح مماثلة لتلك التي تتمتع بها أوراق زهرة اللوتس.[٩]

تم إنتاج العديد من التطبيقات المختلفة لخاصية Superhydrophobicity من مواد خام Raw materials من طبقات دقيقة Films، أغطية Coatings، مواد الرش Sprays، منسوجات Fabrics، مواد سائلة Liquids، بطانات Liners، وغيرها حيث تم إستخدامها في العديد من المنتجات الصناعية والتجارية المتنوعة.[١٠] مثل الطلاءات التي تحمل خاصية التنظيف الذاتي، بلاطات الأسقف العازلة والمقاومة للمياه بالإضافة الي الأقمشة والمنسوجات المضادة للمياه، زجاج السيارات- الشبابيك العازل للمياه، الطلاءات المعدلة خصيصا للسفن لتمنع إلتصاق القشريات البحرية بهيكلها الخارجي، مواد خاصة بدهانات وتغطية السيارات، والأجهزة المتنوعة، ويمكن أيضا أن تستخدم تللك الأسطح في الحفاظ على الطاقة وتحويلها، حيث التطورات الحديثة في السطوح فائقة الكره للمياة Superhydrophobic جعلت مثل هذه التطبيقات ممكنة.[11]

فبالنسبة لتطبيقات الطلائات المصنعة التي تحمل خاصية التنظيف الذاتي Self-cleaning والعزل التام للمياه والموائع بصفة عامة Superhydrophobic Paints تم بيع طلاء خاص بالدهانات الخارجية "Sto,AG" تحت العلامة التجارية (Lotusan) والذي يتكون من جزيئات ذات حجم يمكن من خلاله تعزيز توفير البنية السطحية.[١٢]، حيث تمكنت الشركة الألمانية للطلاءات "Sto corporation company" من تطوير وسيلة فعالة من حيث التكلفة الي حد ما "مماثلة في التكلفة للدهانات التقليدية" في تخليق هذا الطلاء الفائق لكره المياه والمصاحب لمعظم تطبيقات الدهانات الخارجية والذي تم إستيحاؤه من الطبيعة من أوراق زهرة اللوتس والتي تتمتع بهذة الخاصية المميزة.

وهذا ما دعي الي استخدام شركة "Sto company" الي إسم نبات زهرة اللوتس لإطلاقه علي إسم منتج الطلاء "Sto Coat LotusanTM"؛ فتحافظ الأسطح المغطاه بهذا الطلاء دائما علي نظافتها من خلال آلية التنظيف الذاتي والتي تسببها خاصية Superhydrophobicity نتيجة التشكيل البنيوي السطحي لجزيئات الطلاء وهو موضح في الشكل التالى حيث قطرات المياه المتساقطة علي الأسطح المغطاه بهذا الطلاء تظل تتدحرج فوق تلك الأسطح تجمع كل جزيئات الأتربة والملوثات علي السطح.



شكل(٦): طلاء Sto Coat LotusanTM ذاتى التنظيف

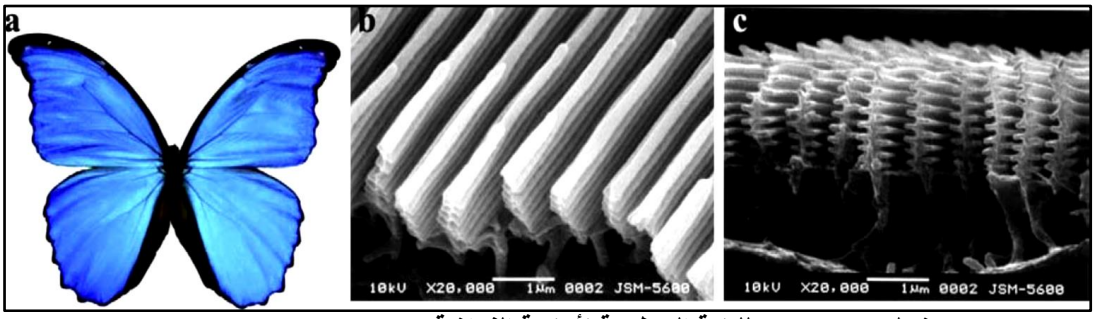
وعلي صعيد آخر من التطبيقات تم تطوير مركب أكسيد التيتانيوم لإنتاج مواد مضادة للمياه لإستخدامها في الأغراض المختلفة، وكما قامت شركة "Ferro Co." (فيرو) بإبتكار تغطيات التنظيف الذاتي Self-cleaning coatings للعديد من التطبيقات الصناعية المختلفة كالأواني والمصنوعات الزجاجية والمركبات والمجسات الضوئية والخلايا الشمسية، وغيرها من التطبيقات الأخري؛ مع العلم بأنها تغطيات شفافة مركبة من أصباغ وظيفية Functional pigments وجسيمات نانوية ومواد لاصقة مكونة للتشكيل البنيوي المماثل لما في الطبيعة.

كما قدمت شركة "Evonik Degussa" (إيفونك ديغوسا) وشركة "INC." طلاءات مضادة للمياه وذات خاصية التنظيف الذاتي القابلة للإزالة، حيث يمكن إزالتها في وقت لاحق بعد إستخدامها إذا لزم الأمر.[١٣] أما بالنسبة للأقمشة المضادة للمياه فتستخدم المعالجات بالبلازما Plasma treatments لتغيير تشكيل البنية السطحية للأقمشة لما يحاكي الطبيعة لإمكانية الحصول علي الخاصية الطبيعية المرجوة،[١٤] كما تتوفر تغطيات متنوعة ذات بنية نانوية يمكن إستخدامها مع المنسوجات لجعلها مضادة للمياه وغالبا ما تكون هذه التغطيات في صورة مواد قابلة للرش Sprays.[١٥]

ومن الأمثلة الأخرى الشائعة "التأثيرات اللونية المركبة"؛ فلايمكن لأحد أن يستطيع تجنب الإهتمام للألوان الرائعة والمذهلة التي تنتج في الطبيعة من خلال مجموعة واسعة من المخلوقات، والتي جذبت الإهتمامات البحثية لبعض عمالقة البحث العلمي مثل Hook (هوك)، Newton (نيوتن)،Lord Rayleigh (لورد رايلي) منذ القرن السابع عشر وحتي الآن.

فيتم إنشاء الألوان في الطبيعة من خلال طرق التصبغ أوالتقزح اللوني Iridescence عن طريق الألوان المركبة البنيوية أومن خلال كلتا الطريقتين معا.[١٦] فاللون المركب البنيوي Structural color ينتج من تفاعل الضوء مع بنيات عالية الدقة ومتطورة والذي يحتوي علي العديد من الخصائص التي لايمكن الوصول إليها من خلال عمليات الصباغة، ومن الأمثلة النموذجية لهذة الخاصية "أجنحة الفراشات" Butterfly Wings وريش الطاووس peacock feathers.

تتميز أجنحة الفراشات بإحتوائها علي تشكيلات بنيوية نانوية تتراوح بين مقاييس النانومتر والميكرومتر حتي المليمتر[١٧] والتي تغطيها خواص مميزة من تنظيف ذاتي، مضادة للمياه، قدرات استشعار كيميائية، ووظائف إنبعاث متألقة للوظائف المتعددة، ويوضح الشكل التالى مقاطع تصويرية لأجنحة الفراشة "Morpho butterfly" مع توضيح للتشكيلات البنيوية السطحية لها من خلال SEM images.

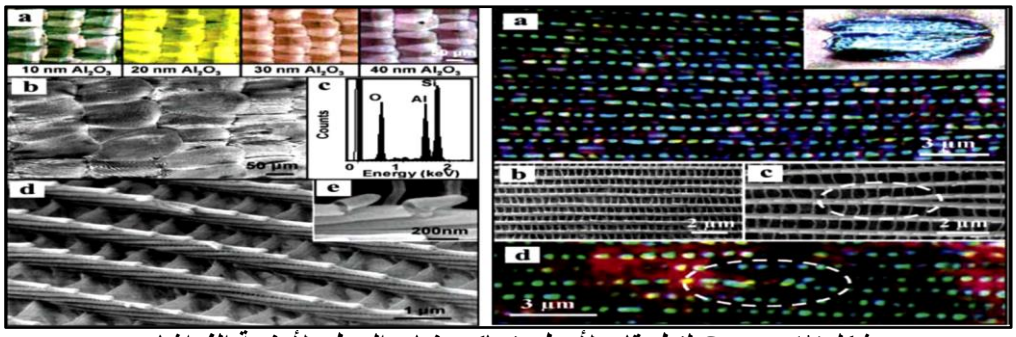


شكل(٧): SEM للبنية السطحية لأجنحة الفراشة (Morpho butterfly)

من خلال مقاطع SEM يتضح أن هناك نوعين من البنيات وهما البنيات الأرضية- السفلية Ground scales والمسئولة عن Structural color والبنيات السطحية Cover scales والمسؤلة عن خصائص كره ومقاومة المياه Superhydrophobicity، التنظيف الذاتي Self-cleaning والمشابهة للبنيات التي تحملها أوراق اللوتس.[١٨]، وقد لوحظ وجود إلتصاق موجه Direction adhesion علي أجنحة الفراشة (Morpho) الفائق الكره للمياه وذلك نظرا للترتيب المائل في إتجاه واحد مع الحراشيف المجهرية المتداخلة Over lapping micro-squamous والمغطاه بأشرطة الصفائح المتراصة النانوية Nano-stripes lamella-stacking [١٩]، حيث يمكن لقطرة المياه أن تتدحرج في إتحاه الميل ولكن إذا إتجهت في الإتجاه المعاكس تظل معلقة.

كشفت الدراسات والتجارب أن أجنحة الفراشة (Morpho) والمكون من تشكيلات بنيوية ضوئية متعددة المقاييس تبدي إستجابة بصرية مختلفة عند التعرض للأبخرة المختلفة من (ماء، ميثانول، إيثانول،.....)، وهذا ما يعطيها سمة لونية وضوئية تنفرد بها عن سائر المخلوقات الطبيعية ما يؤهلها لأن تكون نموذج مثالي للمحاكاة في التطبيقات الوظيفية المتعددة في المجالات البصرية المختلفة وتطبيقات أجهزة الإستشعار النانوية Nano-engineered photonic sensors.[٢٠]

إن الإستفادة من أجنحة الفراشات كقوالب وما تحمله من بنيات هرمية ضوئية معقدة متناهية في الصغر يمكن نسخها بواسطة طلاء الألومنيا من خلال عملية ترسيب لطبقة ذرية تحت درجة حرارة منخفضة.[٢١]، وعلاوة علي ذلك فإن النسخ المماثلة للطبيعة ذات البنية ثلاثية الأبعاد تمتلك الخصائص الضوئية الموروثة من جناح الفراشة، والخصائص الأخري المتمثلة في خاصية طرد المياه Superhydrophobicity وخاصية التنظيف الذاتي self-cleaning ، كما هو موضح بالشكل



شكل(٨): SEM لتطبيقات لأسطح تحاكى بنيات السطح لأجنحة الفراشات

في الآونة الأخيرة تم استخدام تقنية Layer by layer sol gel والتي تعتمد علي الترسيب في تخليق تشكيل بنيوي من معدن التيتانيوم ثلاثي الأبعاد يضاهي ويحاكي التشكيل البنيوي لسطح جناح الفراشة (Morpho)، وقد تم الحصول علي النسخ المعدنية المماثلة لبنية جناح الفراشة من خلال ٤٠ دورة من تعرض القوالب للتيتانيوم المخلوط بقصدير الكوكسيد والماء mixed titanium-tin alkoxide sol &water متبوعا بعملية تحميص.[٢٢]

إن البنيات الضوئية في الطبيعة تمثل مصدرا للإلهام بالتطبيقات التكنولوجية في المستقبل[١٧]، فعلي سبيل المثال عملية التلاعب بالضوء في أجنحة فراشات (Papilio nireus) والتي تشبه بشكل لافت للنظر لما هو موجود في الصمامات الثنائية شديدة الإنبعاث الضوئي والتي تساعد العلماء في تحسين أداء الأجهزة من صنع الإنسان.[٢٣]

إستلهاما لمفهوم اللون البنائي structural color والنابع من التشكيلات البنيوية النانوية السطحية من أجنحة الفراشات. مؤخرا تم تطوير تقنية "طباعة عالية الدقة ومتعددة الألوان" تستخدم في تحقيق الوصول الي خاصية التلوين البنائي structural coloration في غضون ثواني بإستخدام مادة واحدة مع كريستالات ضوئية مرنة حيث أن اللون الناتج قابل للضبط مغناطيسيا magnetically tunable وقابل للتثبيت [٢٤]، وتعتبر التقنية المسيطرة علي طباعة الألوان النباتية من أهم التطبيقات المستخدمة للحماية من التزوير في تكنولوجيا الطباعة.

ويقدم الجدول التالى بعض المصادر الطبيعية وخصائصها المميزة متعددة الوظائف من خلال تشكيلاتها البنيوية السطحية.

جدول رقم ١: بعض المصادر الطبيعية وخصائصها المميزة متعددة الوظائف من خلال تشكيلاتها البنيوية السطحية

Biological materials	Functions
Butterfly wing	Superhydrophobicity, directional adhesion, structural color, self-cleaning, chemical sensing capability, fluorescence emission functions
Brittlestar	Mechanical and optical functions
Cicada wing	Anti-reflection, superhydrophobicity
Fish scale	Drag reduction, superoleophilicity in air, superoleophobicity in water
Gecko foot	Reversible adhesive, superhydrophobicity, self-cleaning
Lotus leaf	Superhydrophobicity, low adhesion, self-cleaning
Mosquito compound eye	Superhydrophobicity, anti-reflection, anti-fogging
Nacre	Mechanical property, structural color
Peacock feather	Structural color, superhydrophobicity
Polar bear fur	Optical property, thermal insulation
Rice leaf	Superhydrophobicity, anisotropic wettability
Rose petal	Superhydrophobicity, structural color, high adhesion
Shark skin	Drag reduction, anti-biofouling
Spicule	Mechanical and fibre-optical properties
Spider capture silk	Water collection ability, mechanical property, elasticity, stickiness
Spider dragline silk	Mechanical property, supercontraction, torsional shape memory
Water strider leg	Durable and robust superhydrophobicity

نتائج البحث

من خلال البناء المعرفى للإستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيا النانو ودوره فى دعم جوانب التصميم الصناعى تم التوصل الى النتائج التالية:

- تطور مفهوم الأستلهام من الطبيعة لدى العلماء والمتخصصين فى ضوء تكنولوجيا النانو ليشمل محاكاة تلك التشكيلات البنيوية التي تحملها أسطح الكائنات الحية بشكل دقيق نظرا لأنها تمثل قاعدة عريضة من الإمكانات الوظيفية والتى كان من شأنها إستحداث تطبيقات إبداعية ساهمت فى تطور المفهوم الصناعى والبيئى، وإثراء القاعدة البحثية بكم هائل من البحوث المتقدمة فى مجال المحاكاه البيولوجية لتشكيلات البنية السطحية لموجودات الطبيعة.
- أضافت المعرفة الدقيقة حول الإستلهام من الطبيعة فى ضوء تكنولوجيا النانو من خلال زيادة القدرة على التكبير وإمكانية التطبيق لمحاكاة التشكيلات البنيوية السطحية لموجودات الطبيعة إستحداث خامات من دهانات، طبقات رقيقة Films، مواد للرش Sprays، راتنجات، منسوجات Textiles تحمل نفس الخواص المميزة لتلك الموجودات كالقدرة علي طرد المياه، التنظيف الذاتي، الإستشعار، القوة الميكانيكية

الهائلة، القدرة علي الإلتصاق علي الأسطح المختلفة الجافة منها والمبللة، عدم الذوبان، قوة الشد العالية، الصلابة، المرونة، الإمتصاص، الإنسيابية، مقاومة الإحتكاك، إنخفاض معدلات السحب، التلوين البنيوى، والهيدروديناميكية المنخفضة، والتى بدورها ساهمت فى إثراء تصميم المنتجات الصناعية ورفع كفائتها بما يكسبها خواص بصرية فائقة، قوة ميكانيكية هائلة، قدرة سطحية عالية لمقاومة الأحتكاك، البلل، الإتساخ، التآكل، الخ.

- أتسع الأتجاه الإنسانى نحو الرغبة فى إمكانية المحاكاه الشكلية لموجودات الطبيعة متناهية الصغر وتطويرها وتطبيق أبداعاته منها فى ظل وجود تكنولوجيا النانو، لما يحقق رؤيته من الأستفادة من محاكاتها فى العديد من المتطلبات الهامة له، وهذا ما دعاه الى تطوير مفاهيم جديدة فى العلوم الهندسية، البيولوجية، التكنولوجية وحتى علوم الروبوتات لتحقيق القدرة على استيعابها وإدراكها، لتشمل الأبداعات التى تم تطويرها "المَركبات الطائرة متناهية الصغرMAV، والروبوتات متناهية الصغر Microbots، وروبوتات البق متناهية الصغر Tiny Robot Bugs، والروبوتات المحاكية للحشرات Insect-inspired Robots، والنظم الأليكتروميكانيكية متناهية الصغر-Nano electro Mechanical Systems، والرقائق المدمجة متناهية الصغرMicro Chips وغيرها العديد من الإبداعات التى يمكن إستخدامها فى شتى المتطلبات الإنسانية العسكرية، المدنية الزراعية والصناعية والطبية والعلمية الإستكشافية والحياتية اليومية والتى يمكن من خلالها دعم جوانب مجال التصميم الصناعى القائم بذاته على تلبية هذة المتطلبات.
- إمكانية إستفادة المصمم الصناعى فى تصميم المنتجات المختلفة لشتى المجالات من القاعدة العريضة من الخامات الأصطناعية التى تضاهى خواص مصادر الطبيعة المتعددة، بالأضافة الى النظم النانوية الحجم المستلهمة من الطبيعة فى التصميم التفاعلى والذكاء الأصطناعى كمجالات مرتبطة بتصميم المنتجات الذكية.

توصيات البحث

خلّص البحث على مجموعة من التوصيات الهامة وهى:

- العمل على تناول هذا الأتجاه من الأبحاث حول علاقة الإستلهام من الطبيعة فى ضوء التكنولوجيات والعلوم المتطورةعلى نطاق دراسة تحقيقها للإستدامة.
- من الضروري تحقيق التعاون بين التخصصات المتعددة من مجالات العلوم، الهندسة، والبحث والتطويرلمجال التصميم الصناعى لمواصلة إكتشاف وإستثمار المواد البيولوجية من خلال الإدراك لقوانين تصميم البنيات السطحية المكونة من التنظيمات الهرمية ودورها في تحديد الخواص المميزة والوظائف المتعددة وإمكانية تكييف ذلك لتطبيقات عملية.
- معظم العمل الحالي مازال يركز علي كيفية محاكاة البنية السطحية متعددة الوظائف المستوحاه من الموجودات الطبيعية فقط، ولكن في المستقبل القريب سوف تكون الإتجاهات نحو توسيع نطاق الوظائف المستلهمة من الطبيعة من خلال التعديل في الجزيئات الوظيفية، ليس فقط بل وأيضا إفتعال وتخليق مواد جديدة تحاكي إثنان أوثلاثة من البنيات السطحية للموجودات الطبيعية مندمجين معا للحصول علي خواص جديدة مثيرة للإهتمام. فعلي سبيل المثال الإستفادة من البنيات السطحية للأصداف وما تحمله من خواص وإمكانية دمجهم معا في مواد تحمل الخواص المجمعة. وهذا ما سيكون الدافع نحو التوجه لتصنيع مواد تحمل خواص عبقرية لوظائف جديدة من خلال البحوث المتطورة والتي ستصبح محور للمنافسة الدولية في المستقبل القريب.
- علي الرغم من إكتشاف العديد من المواد البيولوجية متعددة الوظائف وإمكانية محاكاتها إلا أن الكثير من هذة المواد ذات الخصائص المميزة لم يتم العمل على إستلهام خصائصها وتطبيقاتها بعد، فعلي سبيل المثال المتحجرات الحية Living fossils والتي أظهرت العديد من الخواص الميكانيكية المثيرة للإهتمام، فقد أفادت البحوث التي أجريت مؤخرا أن لها وظائف ميكانيكية واقية، ومثال آخر حول البنيات متعددة الطبقات للأسماك المدرعة القديمة ancient fish armor وما تعطي من مؤشرات لتحسين المواد الجزيئية الحيوية engineered biomimetic structural materials

المراجع باللغة العربية

١- تكنولوجيا النانو وتأثيرها فى مجال التصميم الصناعى، رسالة ماجستير فى الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، قسم التصميم الصناعى، للباحث/ أحمد فتحى متولى محمود، مصمم صناعى حر، ٢٠١٠.

المراجع باللغة الإنجليزية

2- Sanford, "The Nature and Limits of Human Understanding", *T & T Clark LTD*, ISBN: 05670-8947-9, Pp. 259, *2003*.

3- R. Slaughter, "Futures for the Third Millennium: Enabling the Forward View", *Prospect Media, Sydney*, ISBN-10: 1863161481, Pp.381, *1999*.

4- E. Boanini, M. Gazzano, A. Bigi, "Time Course of Zoledronate Interaction with Hydroxyapatite Nanocrystals", *Journal of Physical Chemistry C, Nanomaterials and Interfaces*, vol.116, Pp.15812 – 15818, *2012*.

5- Bhushan, "Nanotribology and Nanomechanics: an introduction", 2nd edtition, *Springer*, ISBN 978-3-540-77608-6, Pp. 1507-1531, *2008*.

6- B.Cohen, "Biomimetics: Nature-Based Innovation", *CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton*, Pp. 1-788, *2011*.

7- F. Xia and L. Jiang, "Bio-Inspired, Smart, Multiscale Interfacial Materials", *Advanced Materials*, vol. 20, pp. 2842-2858, 2008.

8- W. Barthlott, C. Neinhuis, "Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces". *Planta*, vol.202, Pp.1–8. 1997.

9- S. Nishimoto, B. Bhushan, "Bioinspired self-cleaning surfaces with Superhydrophobicity and superhydrophilicity". *RSC Adv*., vol.3, Pp. 671–690. *2013*.

10- P. Roach, N. Shirtcliffe, M. Newton, "Progress in Superhydrophobic Surface Development", *Soft Matter*, vol. 4(2), Pp.224-240, *2008*.

11- M. Nosonovsky, B. Bhushan, "Hierarchical roughness makes superhydrophobic surfaces stable", *Microelectronic Engineering*, vol.6, Pp.382–386, *2007*.

12- Bhushan, Y. Jung, "Wetting, adhesion and friction of superhydrophobic and hydrophilic leaves and fabricated micro/nanopatterned surfaces", *J. Phys.Condens Matter*, vol.20, Pp. 953-1088, *2008*.

13- B. Bhushan, "Biomimetics inspired surfaces for drag reduction and oleophobicity/philicity", *Beilstein J. Nanotechnol.*, vol.2, Pp.66–84, *2011*.

14- B. Bhushan, "Bioinspired structured surfaces", *Langmuir*, vol.28, Pp.1698–1714, *2012*.

15- S. Nishimoto, B. Bhushan, "Bioinspired self-cleaning surfaces with superhydrophobicity, superoleophobicity, and superhydrophilicity", *RSC Adv.*, vol.3, Pp.671–690, *2013*.

16- P. Vukusic, J. Sambles, "Photonic structures in Biology", *Nature 424*, vol.12, Pp.852-855, *2003*.

17- A. Parker, "Natural photonics for industrial inspiration", *Phil.Trans. R. Soc. A*., vol. 367, Pp. 1759-1782, *2009*.

18- O. Sato, S. Kubo, Z. Gu, "Structural color films with Lotus effect , superhydrophilicity and tunable stop-bands", *Acc. Chem. Res*., vol.42, Pp.1-10, *2009*.

19- Y. Zheng, X. Gao, L. Jiang, "Directional adhesion of superhydrophobic butterfly wings", *Soft Matter*, vol. **3**, Pp.178–182, *2007*.

20- R. Potyrailo, H. Ghiradella, A. Vertiatchikh, K. Dovidenko, J. Cournoyer, E. Olson, " *Morpho* Butterfly wing scales demonstrate highly selective vapour response", *Nature Photonics*, vol.1, Pp.123-128, *2007*.

21- J. Huang, X.Wang, Z. Wang, "Controlled replication of butterfly wings for achieving

22- M.R. Weatherspoon, Y. Cai, M. Crne, M. Srinivasarao, K.H. Sandhage, "3D Rutile titania-based structures with *Morpho* butterfly wing scale morphologies", *Angew. Chem. Int. Ed*, vol.47, Pp.7921-7923, *2008.*

23- P. Vukusic, I. Hooper, "Directionally Controlled Fluorescence Emission in Butterflies", *Science*, vol. 310, Pp. 1151, *2005*.

24- H. Kim, J. Ge, J. Kim, S. Choi, H. Lee, H. Lee, W. Park, Y. Yin, S. Kwon, "Structural colour printing using a magnetically tunable and lithographically fixable photonic crystal", *Nat. Photon.*, vol.3, Pp. 534-540, *2009*.

tunable photonic properties", *Nano Lett*., vol. 6, Pp. 2325-2331, *2006*.

Abstract:

The remarkable evolution in various fields of science and technology in the third millennium enabled the industrial designer to realize advanced concepts of nature, which lead him to apply unique innovations in various humanitarian requirements. The possibility of widening the horizon of visibility to infinitesimal scales due to the progress of magnification ability and the emergence of advanced nanotechnology as a mechanism for applied procedures enriched nature inspiration with amazing discoveries. Nature in view of the micro scale has provided broad base of multi-functional properties through their morphological surface structure such as (hydrophobicity, adhesion, self-cleaning, low friction, structural coloration, low hydrodynamic drag, toughness).Biomimcry of these morphological structures through Nanotechnology not only has led to Many commercial, medical, and military applications, but also included figural Biomimcry of microorganisms to create nanorobots which called " Insect-inspired Robots" for various fields of applications.