تطبيقات تقنية النانو

(تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمبانى)

إعداد

المهندس:عبدالله أحمد عبدالله حسب الله

رسالة مقدمة إلى

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير العلوم

فى الهندسة المعمارية

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة

الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٧

تطبيقات تقنية النانو

(تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمبانى)

إعداد

المهندس:عبدالله أحمد عبدالله حسب الله

رسالة مقدمة إلى

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير العلوم

فى الهندسة المعمارية

تحت إشراف

أ.د .محمد سامح كمال الدين سامح

أستاذ العمارة – قسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

أ.د .محمد محمود عويضة

أستاذ العمارة وتكنولوجيا البناء– قسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة– جامعة القاهرة

كليـــة الهندســـة - جامعـــة القاهـرة

الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٧

تطبيقات تقنية النانو

(تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة فى الواجهات الخارجية للمبانى)

إعداد

المهندس :عبدالله أحمد عبدالله حسب الله

رسالة مقدمة إلى

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير العلوم

فى الهندسة المعمارية

يعتمد من قبل الممتحنين :

الأستاذ الدكتور: محمد سامح كمال الدين سامح **المشرف الرئيسى**

أستاذ العمارة – كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور: محمد محمود عويضة **المشرف**

أستاذ العمارة وتكنولوجيا البناء – كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور: أحمد رضا عابدين **الممتحن الداخلى**

أستاذ العمارة والتحكم البيئى – كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور: شعبان طه إبراهيم طه **الممتحن الخارجى**

أستاذ العمارة بكلية الهندسة – شبرا بنها

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة

الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٧

- **المهنـــــــــدس :** عبدالله أحمد عبدالله حسب الله
- **تاريخ الميـــــلاد :** ١٩٩٠/١٠/٦
- **الجنسيـــــــــة :** مصـــــــــرى
- **البريد الإلكترونى :** abdallahhasaballah454@yahoo.com
- **تاريخ التسجـــيل :** ١ / ١٠/٢٠١٣
- **تاريخ المنـــــح :** / /
- **القســـــــــم :** الهندسة المعمارية
- **الدرجـــــــــة :** ماجستير العلوم
- **المشرفـــــــون :**

أ. د/ محمد سامح كمال الدين سامح — أ. د/ محمد محمود عويضة

- **<u>الممتحنـــــــون:</u>**

أ. د/ شعبان طه إبراهيم طه (الممتحن الخارجى)
أ. د/ أحمد رضا عابدين (الممتحن الداخلى)
أ. د/ محمد سامح كمال الدين سامح (المشرف الرئيسى)
أ. د/ محمد محمود عويضة (مشرف)

- **<u>عنـــــــوان الرســـــالة:</u>**

تطبيقات تقنية النانو

(تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمبانى)

- **<u>الكلمـــــات الدالـــــــة :</u>**

(تقنية النانو– مواد النانو – طلاءات النانو– الهندسة المعمارية – توفير الطاقة)

- **<u>ملخـــــص الرســـــالة :</u>**

تتناول هذه الرسالة تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة فى الواجهات الخارجية للمبانى وتأثير كل من هذه المواد على التشكيل المعمارى والمظهر الجمالى للمبانى ، وتحتوى الدراسة النظرية على الباب الأول ويتناول خلفية عن تقنية النانو، وفى الباب الثانى دراسة لتقنيات النانو وأهم تطبيقاتها على الواجهات الخارجية للمبانى، ثم يعرض الباب الثالث أسس ومحددات تطبيق تقنية مواد النانو، ويتناول الباب الرابع دراسة تحليلية لمبانى ذات تطبيقات تقنية النانو ونتج عن تلك الدراسة تقليل التكلفة والصيانة وإطالة العمر الافتراضى للمبانى، ثم تختتم الرسالة بالنتائج والتوصيات.

(بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

" فَتَعَٰلَى ٱللَّهُ ٱلْمَلِكُ ٱلْحَقُّ ۗ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَى إِلَيْكَ وَحْيُهُ

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْماً"

صدَقَ الله العَظِيم

سورة طه آيه

(١١٤)

شكـــــر وتقـــــــدير

أتقدم بجزيل الشكر والتقدير والعرفان بالجميل إلى أستاذى اللذين سعدت بالتتلمذ على أيديهم

الأستاذ الدكتور / محمد سامح كمال الدين سامح

الأستاذ الدكتور / محمد محمود عويضة

أستاذى العمارة بكلية الهندسة جامعة القاهرة ، لمجهودهم الكبير ومساعدتهم الصادقة وتوجيهاتهم المستمرة لى حتى أعاننى الله على إنهاء ذلك البحث ، متمنياً لسيادتهم كل التوفيق والنجاح دائماً ولهم منى جزيل الشكر والتقدير.

كما أتقدم بالشكر والتقدير إلى كل من **أ.د/ أحمد رضا عابدين .. أ.د/ شعبان طه إبراهيم** عرفانا لكل ما قدماه لى من جهد علمى وتوجيهات سديدة وإرشادات هادفه لإخراج هذا البحث بالصورة المطلوبة ... فلهم مني كل التقدير والإحترام.

وأتقدم بالشكر إلى كل من ساعدني

وقدم لي يد العون وزودني بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث

إهـــــــداء

الشكر أولاً وأخيراً إلى الله عز وجل الذى وفقنى وهدانى إلى طلب العلم
ثم إلى كل من علمنى حرفاً لكى أضىء به حياتى

أبي وأمي

إلى من وقف بجانبي وتحمل معي الكثير وعلمني كيف يكون تحقيق الهدف
أختى : إهداء أحمد

إلى من أعطوا للحياة حياة وبعثوا في قلبي الآمال أصدقائى
مصطفى وحسام ومحمد

إلى كل من ساعدني ووقف بجانبي ؛ أهدي هذا الجهد المتواضع
راجياً من المولى عز وجل أن يكون علماً ينتفع به

قائمة المحتويات :

المحتوى **الصفحة**

قائمة الإختصارات ..... ص
مقدمة ..... ب
أهمية البحث ..... ج
إشكالية البحث ..... ج
التساؤلات البحثية ..... د
أهداف البحث ..... د
فرضية البحث ..... د
المنهجية المتبعة ..... د

الباب الأول : خلفية عن تقنية النانو:

المقدمة ٢
١-١ النانو ٢
١-١-١ المقصود بالنانو ٣
١-١-٢ مقياس النانومتر ٣
١-١-٣ علم النانو وتقنية النانو ٥
١-١-٣-١علم النانو ٥
١-١-٣-٢ تقنية النانو ٦
١-٢ تقنية النانو فى الحقول العلمية المختلفة ٦
١-٢-١ مبادئ ومميزات تقنية النانو ٧
١-٢-٢ طرق الوصول إلى حجم النانو ٧
١-٢-٢-١ تقنية الهبوط من أعلى لأسفل ٨
١-٢-٢-٢ تقنية الصعود من أسفل لأعلى ٨
١-٣ تقنية النانو(النشأة والتطور) ٩
١-٣-١ تطور أجيال التكنولوجيا ٩
١-٣-٢ تصنيف أجيال تقنية النانو ١١
١-٣-٢-١ تقنية النانو المؤثر ١١
١-٣-٢-٢ تقنية النانو الفعالة ١١
١-٣-٢-٣ أنظمة النانو ١١
١-٣-٢-٤ أنظمة النانو الجزيئية ١١
١-٣-٣ استخدامات تقنية النانو القديمة ١٢
١-٣-٤ التطور التاريخى لعلم وتقنية النانو ١٣

١-٤ مواد النانو ١٦
١-٤-١ أهمية مواد النانو ١٧
١-٤-٢ أشكال مواد النانو ١٩
١-٤-٢-١المواد المركبة ٢٠
١-٤-٢-١- أ البوليمرات المقوي بألياف الزجاج..... ٢١
١-٤-٢-١-ب البوليمر المقوى بألياف الكربون ٢٢
١-٤-٢-١-جـ البوليمرالمقوي بألياف البورون ٢٤
١-٤-٢-١- د أنابيب النانو كربون..... ٢٥
١- ٥ تصنيف أبعاد مواد النانو واستخداماتها فى العمارة ٢٦
١-٥-١ مواد النانو أحادية الأبعاد ٢٧
١-٥-٢ مواد النانو ثنائية الأبعاد..... ٢٧
١-٥-٣ مواد النانو ثلاثية الأبعاد ٢٩
١-٦ مواد النانو والعمارة..... ٢٩
١-٦-١مجال التشييد والبناء ٣١
١-٧ خلاصة الباب الأول ٣٣

الباب الثانى : تقنيات النانو وأهم تطبيقاتها على الواجهات الخارجية للمبانى

المقدمة..... ٣٥
٢-١ عمارة النانو..... ٣٦
٢-١-١مواد البناء والتشييد في عصر تقنية النانو ٣٧
٢-٢ تطبيقات تقنية النانو في العمارة ٣٨
٢-٢-١ المواد الآنشائية..... ٣٨
٢-٢-١-١ نانو تكنولوجى الخرسانة الاسمنتية ٣٩
٢-٢-١-٢ توصيف الخرسانة الاسمنتية في النانو..... ٤٠
٢-٢-١-٣ مواد تقنية النانو المستخدمة فى الخرسانة الاسمنتية ٤٢
٢-٢-١-٣- أ النانو سيليكا ٤٢
٢-٢-١-٣- ب استخدامات أنابيب النانو كربون ٤٥
٢-٢-١-٣- جـ ثانى أكسيد التيتانيوم ٥٠
٢-٢-٢ الخرسانة الشفافة..... ٥٦
٢-٢-٣ حديد النانو..... ٥٩
٢-٢-٤ الخشب المعالج بتقنية النانو..... ٦١
٢-٢-٥ استخدامات تقنية النانو على مواد الألومنيوم..... ٦٦

٢-٢-٥-١ ألواح الألومنيوم المركب ٦٦
٢-٣ استخدامات تقنية النانو على المواد غير الآنشائية ٦٧
٢-٣-١ استخدامات تقنية النانو على الزجاج ٦٧
٢-٣-١-١ الزجاج ذاتى التنظيف ٧٠
٢-٣-١-٢ الزجاج العاكس ٧٠
٢-٣-١-٣ زجاج التحكم الشمسى ٧١
٢-٣-١-٤ الزجاج الذكى (الزجاج متغير اللون كهربياً) ٧٢
٢-٤ طلاءات النانو ٧٤
٢-٤-١ استخدامات تقنية التنظيف الذاتى- تأثير زهرة اللوتس ٧٥
٢-٤-٢ استخدامات تقنية التنظيف الذاتى ذات التحفيز الضوئى ٧٩
٢-٤-٣ تقنية سهولة التنظيف ٨٥
٢-٤-٤ الطلاء المضاد للانعكاس ٨٧
٢-٤-٥ طلاء المضاد الضباب ٨٨
٢-٥ استخدام مواد النانو فى العزل ٩٣
٢-٥-١العزل الحرارى(ألواح العزل الفراغية) ٩٣
٢-٥-٢ العزل الحرارى(الهلام الهوائى) ٩٥
٢-٥-٣ الأغشية الرقيقة ٩٦
٢-٦ خلاصة الباب الثانى ٩٨

الباب الثالث : أسس ومحددات تطبيق مواد تقنية النانو

المقدمة ١٠٣
٣-١ أهداف عمارة النانو ١٠٤
٣-٢ أهداف عمارة النانو ١٠٤
٣-٣ أسس ومعايير تقييم مواد النانو المستخدمة فى الواجهات الخارجية ١٠٤
٣-٣-١ المعايير الاقتصادية (التكلفة) ١٠٧
٣-٣-١-١ توفير الطاقة ١٠٩
٣-٣-١-٢ الصيانة (تقليل الصيانة) ١١٢
٣-٣-٢ المعايير الجمالية (الشكل) ١١٣
٣-٣-٣ المعايير الوظيفية ١١٤
٣-٣-٤ العمر الافتراضى ١١٥
٣-٣-٥ مقاومة الحريق ١١٦
٣-٤ محددات تطبيق تقنية النانو ١١٧
٣-٥ طريقة التقييم باستخدام معايير تقنية النانو ١١٧
٣-٦ خلاصة الباب الثالث ١١٨

الباب الرابع:دراسة تحليلة لمبانى ذات تطبيقات مواد تقنية النانو

المقدمة ١٢٠
٤-١أسس اختيار الحالات الدراسية ١٢٠
٤-٢ أسباب اختيار الحالات الدراسية ١٢١
٤-٣ نقاط التحليل للمشاريع المختارة ١٢١
٤-٤ المشاريع المطبقة لمواد تقنية النانو ١٢٣
٤-٤-١ مبنى راية ڤيو بالقرية الذكية ١٢٣
٤-٤-٢ واجهة مبنى لذوى الاحتياجات الخاصة والمسنين ١٢٤
٤-٤-٣ مبنى بوابة وافيرلى ١٢٥
٤-٤-٤ مبنى متعدد الاستخدامات ١٢٦
٤-٤-٥الاستخدامات والأفكار النظرية اتقنية النانو فى العمارة ١٢٧
٤-٤-٥-١برج تيستا الكربونى ١٢٧
٤-٤-٦ مبنى كنيسة اليوبيل ١٣٠
٤-٤-٦-١ الوصف المعمارى لمبنى كنيسة اليوبيل ١٣١
٤-٤-٦-٢ الفكرة التصميمية لمبنى كنيسة اليوبيل ١٣٢
٤-٤-٦-٣ دراسة التوجيهات المختلفة للمبنى ١٣٣
٤-٤-٦-٤ دراسة الغلاف الخارجى لمبنى كنيسة اليوبيل ١٣٤
٤-٤-٦-٥ النظام الآنشائى لمبنى كنيسة اليوبيل ١٣٥
٤-٤-٦-٦ المواد المستخدمة فى الغلاف الخارجى لمبنى كنيسة اليوبيل ١٣٦
٤-٤-٧ مركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم ١٤٠
٤-٤-٧-١ الوصف المعمارى لمركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم ١٣٩
٤-٤-٧-١-أ برنامج المشروع ١٣٩
٤-٤-٧-٢ دراسة الغلاف الخارجى لمركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم ١٤٠
٤-٤-٧-٣ دراسة التوجيهات لمركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم ١٤٠
٤-٢-٢-٥ المواد المستخدمة فى الغلاف الخارجى لمركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم. ١٤٢
٤-٤-٨ مقر دويتشه بوست ١٤٥
٤-٤-٨-١ الوصف المعمارى لمقر دويتشه بوست ١٤٦
٤-٤-٨-١-أ موقع الحالة الدراسية ١٤٦
٤-٢-٣-٢ المواد المستخدمة فى الغلاف الخارجى لمقر دويتشه بوست ١٥١
٤-٤-٩ مبنى النحت- جامعة ييل ١٥٤
٤-٤-٩-١ مكونات مبنى النحت- جامعة ييل ١٥٥

٤-٤-٩-٢ دراسة الغلاف الخارجى لمبنى النحت- جامعة ييل ١٥٥
٤-٤-٩-٣ توفير الطاقة فى مبنى النحت- جامعة ييل ١٥٧
٤-٤-٩-٤ المواد المستخدمة فى مبنى النحت- جامعة ييل ١٥٨
٤-٥ تحليل تأثيرات مواد تقنية النانو على الواجهات الخارجية للمبانى ١٦٠
٤-٦ خلاصة الباب الرابع ١٦١

النتائج-التوصيات-المراجع

٥-١ نتائج الدراسة ١٦٣
٥-٢ التـوصيـــات ١٦٧
٥-٣ قائمة المراجع ١٦٩

قائمة الأشكال:

الباب الأول : خلفية عن تقنية النانو:

شكل (١-١) هيكل البحث ..... ز
شكل (١-٢) مقياس النانو من المتر إلى النانومتر ٤
شكل (١-٣) مقياس النانومتر بالنسبة لعناصر أخرى ٥
شكل (١-٤) الطرق المختلفة لإعداد جسيمات النانو ٩
شكل (١-٥) حداد دمشقي في أوائل القرن العشرين ١٣
شكل (١-٦) مواد النانو المستخدمة في أوائل القرن العشرين ١٣
شكل (١-٧) كأس الملك الرومانى لايكورجوس ١٤
شكل (١-٨) كتابة اسم الشركة التكنولوجية (IBM) بتحريك الذارات الفردية ١٦
شكل (١-٩) أنابيب النانو كربون المستخدمة فى أجهزة النانو ١٦
شكل (١-١٠) تغير لون الذهب حسب حجم حبيباتة ١٩
شكل (١-١١) تدرج انبعاث نقاط الكم من البنفسجى إلى الأحمر العميق المنتج بـ(كجم) ٢٠
شكل (١-١٢) العلاقة بين الحجم وعدد الذرات على السطح عند مستوى النانو متر ٢٠
شكل (١-١٣) مواد مركبة مستخدمة فى إنشاء وتشطيبات المبانى ٢٢
شكل (١-١٤) البوليمرالمقوى بألياف الزجاج واستخداماتة ٢٣
شكل (١-١٥) مركز حيدر علييف الثقافي في باكو ٢٣
شكل (١-١٦) البوليمر المقوى بألياف الكربون ٢٤
شكل (١-١٧) استخدامات البوليمر المقوى بإلياف الكربون فى المبانى ٢٥
شكل (١-١٨) البوليمر المقوى بألياف البورون ٢٥
شكل (١-١٩) أنابيب النانو الكربون ٢٦
شكل (١-٢٠) (أ) أفلام النانو سيراميك للعزل الحراري للزجاج (ب) مادة الإيروجيل ٣٠

الباب الثانى : تقنيات النانو وأهم تطبيقاتها على الواجهات الخارجية للمبانى

شكل (٢-١) تقنية النانو فى المبانى ٣٧
شكل (٢-٢) تصنيف المواد الآنشائية ٣٩
شكل (٢-٣) عينات من مواد ذات خصائص جديدة منتجة من رماد الفحم. ٤٠
شكل (٢-٤) المجالات البحثية لمواد النانو ٤٠
شكل (٢-٥) لقطات ميكروسكوبية لخرسانة واسمنت النانو ٤١

شكل (٢-٦) تصنيف المواد المضافة لخرسانة النانو ٤٢
شكل (٢-٧) النانوسيليكا ٤٣
شكل (٢-٨) حجم الجسيمات والمساحة السطحية النوعية المتعلقة بالمواد الخرسانية ٤٤
شكل (٢-٩) لقطات ميكروسكوبية لشروخ وتصدعات خرسانة النانو ٤٤
شكل (٢-١٠) أنابيب النانو كربون المضافة إلى الخرسانة ٤٥
شكل (٢-١١) الشروخ الميكروسكوبية فى مركب الاسمنت وأنابيب النانو كربون..... ٤٦
شكل (٢-١٢) شيميزو ميجا مدينة الهرم ٤٧
شكل (٢-١٣) شكل تخيلي للمدينة الهرمية ومكوناتها ٤٨
شكل (٢-١٤) مناظير تخيلية لتفاصيل مدينة الهرم ٤٨
شكل (٢-١٥) المعالجة الذاتية للخرسانة ٤٩
شكل (٢-١٦) الرسم البياني لأكاسيد النيتروجين ٥٠
شكل (٢-١٧) مبنى إكسبو ميلانو ٢٠١٥– جناح إيطاليا..... ٥٢
شكل (٢-١٨) تفاصيل مستشفى (Torre De Especialidades) ٥٣
شكل (٢-١٩) التنظيف الذاتي لأسطح الخرسانة التي تحتوي على الاسمنت (TioCem)..... ٥٤
شكل (٢-٢٠) الخرسانة الشفافة ٥٦
شكل (٢-٢١) ألواح الخرسانة الشفافة..... ٥٦
شكل (٢-٢٢) الخرسانة الشفافة من الداخل ٥٧
شكل (٢-٢٣) المعرض العالمى بشنغهاى بالصين ،الجناح الإيطالى..... ٥٨
شكل (٢-٢٤) حديد "MMFX2" ٥٩
شكل (٢-٢٥) حديد"Grade 60"..... ٦٠
شكل (٢-٢٦) سطح الخشب المعالج بطلاء النانو ٦١
شكل (٢-٢٧) الدرج الفاصل بين الشاشة الخشبية والجدار الزجاجى ٦٣
شكل (٢-٢٨) متحف آسبن للفن..... ٦٤
شكل (٢-٢٩) قطاع للوح ألومنيوم مركب ٦٦
شكل (٢-٣٠) رسم تفصيلي لنموزج سطح زجاجي شفاف جهز بتقنية تغير اللون ٦٨
شكل (٢-٣١) تشكيل قطره المياه علي أسطح جاذبة وطاردة للماء ٦٩
شكل (٢-٣٢) قطرات الماء المكثفة علي الزجاج ٦٩
شكل (٢-٣٣) الزجاج ذاتي التنظيف (تأثير زهرة اللوتس)..... ٧٠
شكل (٢-٣٤) ألواح الزجاج العاكس ٧١
شكل (٢-٣٥) زجاج التحكم الشمسي متعدد الطبقات ٧٢
شكل (٢-٣٦) الزجاج الذكي المنتج بتقنية النانو الشفافة ٧٣

شكل (٢-٣٧) فندق الشرق المستخدم لزجاج التنظيف الذاتى ٧٤
شكل (٢-٣٨) تصنيف طلاءات النانو ٧٥
شكل (٢-٣٩) فكرة عمل زهرة اللوتس ٧٦
شكل (٢-٤٠) الفرق بين الأسطح الملساء العادية وأسطح نبات زهرة اللوتس ٧٧
شكل (٢-٤١) متحف آرا باسيس ٧٨
شكل (٢-٤٢) مبني تجاري ٧٩
شكل (٢-٤٣) عملية التحفيز الضوئي والأشة الفوق بنفسيجية ٨٠
شكل (٢-٤٤) أ- دور الكلوروفيل فى عملية التحفيز الضوئى، ب-دور ثانى أكسيد التيتانيوم فى التحفيز الضوئى . ٨١
شكل (٢-٤٥) تأثر التحفيز الضوئى على الأسطح ٨٢
شكل (٢-٤٦) يوضح عمل الأسطح الفائقة الجذب للمياه ٨٢
شكل (٢-٤٧) مسكن خاص سينرى نيوتاون ٨٣
شكل (٢-٤٨) فندق حياة ريجنسى – كنيسية تشابل ٨٤
شكل (٢-٤٩) الأسطح سهلة التنظيف ٨٥
شكل (٢-٥٠) مركز أبحاث العلم والأعمال ٨٦
شكل (٢-٥١) خلايا شمسية مضادة للانعكاس وأخرى قابلة للانعكاس ٨٧
شكل (٢-٥٢) تأثير الطلاء المضاد للانعكاس على الزجاج والعدسات ٨٨
شكل (٢-٥٣) لوح من الزجاج بدهان نانو مضاد للضباب ٨٩
شكل (٢-٥٤) طلاء لوح والكتابة عليه ولوح آخر عادي ٩٠
شكل (٢-٥٥) الزجاج المقاوم للحريق بطلاء النانو ٩١
شكل (٢-٥٦) ألواح العزل الفراغية على الجدران ٩٤
شكل (٢-٥٧) مركزسكنى تجارى متعدد الاستخدمات ٩٥
شكل (٢-٥٨) مادة الهلامات الهوائية(الإريوجيل) ٩٦
شكل (٢-٥٩) أغشية النانو الرقيقة العازلة في الزجاج ٩٧
شكل (٢-٦٠) تصنيف مواد النانو المستخدمة فى الواجهات الخارجية للمبانى ٩٩
شكل (٢-٦١) المواد المستخدمة في مجال العمارة التي تم تحسينها بتقنية النانو ١٠١

الباب الثالث : أسس ومحددات تطبيق مواد تقنية النانو

شكل (٣-١) نقاط تقييم مبانى النانو ١٠٥
شكل (٣-٢) أسس ومحددات تطبيق تقنية النانو على الشكل الخارجى ١٠٦
شكل (٣-٣) أسعار مواد تقنيات النانو لكل كيلو جرام ١٠٨