**دانشگاه آزاد اسلامي**

**فرم طرح تحقيق**



**درخواست تصويب موضوع پایان‌نامه‌ی**

**كارشناسي ارشد و دكتراي حرفه‌ای**

**عنوان تحقيق:**

استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها به منظور بهینه‌سازی خواص تشعشعي نانوپوشش‌های فلزي

**رشته:**

مهندسی مکاترونیک

**مقطع:**

کارشناسی ارشد

**باسمه تعالي**

اين قسمت توسط حوزه معاونت

پژوهشي دانشگاه پر می‌شود.



شماره:

تاريخ:

پيوست:

**فرم طرح تحقيق**

كارشناسي ارشد دكتراي حرفه‌ای

**درخواست تصويب موضوع پایان‌نامه‌ی كارشناسي ارشد و دكتراي حرفه‌ای**

**عنوان تحقيق به فارسي:**

استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها به منظور بهینه‌سازی خواص تشعشعي نانوپوشش‌های فلزي

**عنوان تحقيق به انگليسي:**

Using ant colony algorithm for optimization radiative properties of nanoscale metal coatings

1. **اطلاعات مربوط به دانشجو**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نام:** **نام خانوادگی:** | **شماره دانشجویی:** | |
| **رشته تحصیلی:** مهندسی | **گرایش:** | |
| **مقطع:** كارشناسي ارشد  **دوره:** ناپیوسته | **دانشکده:** تحصیلات تکمیلی  **تاریخ و سال ورود:** | |
| **نشانی** **محل** **سکونت:** | **تلفن:** | |
| **تلفن همراه:** | |
| **کد** **ملی:** | | **کد** **پستی:** |
| **امضاء** **دانشجو:** | | |

1. **اطلاعات مربوط به استاد راهنما**

|  |  |
| --- | --- |
| **نام:** **نام خانوادگی:** | **تخصص اصلی:** |
| **تخصص جنبی:** | **آخرین مدرک تحصیلی دانشگاهی/ حوزوی:** دکترای تخصصی |
| **رتبه‌ی دانشگاهی:** استادیار | **سمت:** عضو هیئت‌علمی |
| **سنوات تدریس کارشناسی ارشد / دکترا:** سال | **نحوه‌ی همکاری: تمام** **وقت نیمه‌وقت مدعو** |
| **نشانی:** | **تلفن:** |

|  |
| --- |
| **تعداد پایان‌نامه‌های كارشناسي ارشد راهنمايي شده:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد: ساير دانشگاه‌ها:** |
| **عنوان پایان‌نامه‌های كارشناسي ارشد راهنمايي شده در يك سال گذشته:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد:**  **ساير دانشگاه‌ها:** |

|  |
| --- |
| **تعداد پایان‌نامه‌های كارشناسي در دست راهنمايي:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد: ساير دانشگاه‌ها:** |
| **عنوان پایان‌نامه‌های كارشناسي ارشد در دست راهنمايي:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد:**  **ساير دانشگاه‌ها:** |

|  |
| --- |
| **تعداد رساله‌های راهنمايي شده دكترا:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد: ساير دانشگاه‌ها:** |
| **عنوان رساله‌های راهنمايي شده دكترا در يك سال گذشته:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد:**  **ساير دانشگاه‌ها:** |

|  |
| --- |
| **تعداد رساله‌های دكترا در دست راهنمايي:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد: ساير دانشگاه‌ها:** |
| **عنوان رساله‌های دكترا در دست راهنمايي:**  **دانشگاه آزاد اسلامي یزد:**  **ساير دانشگاه‌ها:** |

1. **اطلاعات مربوط به استادان مشاور**

|  |
| --- |
| **نام: نام خانوادگي: تخصص اصلي:** |
| **رتبه دانشگاهي يا درجه تحصيلي: شغل: محل خدمت:** |
| **تعداد پایان‌نامه‌ها و رساله‌های راهنمايي شده كارشناسي ارشد/ دکترا:** |
| **تعداد پایان‌نامه‌ها و رساله‌های در دست راهنمايي كارشناسي ارشد/ دکترا:** |

|  |
| --- |
| **نام: نام خانوادگي: تخصص اصلي:** |
| **رتبه دانشگاهي يا درجه تحصيلي: شغل: محل خدمت:** |
| **تعداد پایان‌نامه‌ها و رساله‌های راهنمايي شده كارشناسي ارشد/ دکترا:** |
| **تعداد پایان‌نامه‌ها و رساله‌های در دست راهنمايي كارشناسي ارشد/ دکترا:** |

|  |
| --- |
| **نام: نام خانوادگي: تخصص اصلي:** |
| **رتبه دانشگاهي يا درجه تحصيلي: شغل: محل خدمت:** |
| **تعداد پایان‌نامه‌ها و رساله‌های راهنمايي شده كارشناسي ارشد/ دکترا:** |
| **تعداد پایان‌نامه‌ها و رساله‌های در دست راهنمايي كارشناسي ارشد/ دکترا:** |

1. **اطلاعات مربوط به پایان‌نامه**

|  |
| --- |
| **الف) عنوان پایان‌نامه: فارسي غیر فارسی**  **ب) نوع كار تحقيقاتي: بنيادي[[1]](#footnote-2) نظری[[2]](#footnote-3) كاربردي[[3]](#footnote-4) عملي[[4]](#footnote-5)**  **پ) تعداد واحدهاي پایان‌نامه:** ۶ واحد  **ت) پرسش اصلي تحقيق (مسئله تحقيق):**  چگونه می‌توان با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها، خواص تشعشعي نانوپوشش‌های فلزي را بهینه‌سازی کرد؟ |

1. **بيان مسئله** (تشريح ابعاد، حدود مسئله، معرفي دقيق مسئله، بيان جنبه‌های مجهول و مبهم و متغيرهاي مربوط به پرسش‌های تحقيق، منظور تحقيق)

|  |
| --- |
| بسیاری از اجزای نوری و نیمه‌هادی‌ها توسط لایه‌های نازک پوشش داده می‌شوند [علومی، ۱۳۸۹]. این پوشش‌ها کاربردهای فراوانی در صنعت دارند. جهت دست‌یابی به خواص تشعشعی مناسب این پوشش‌ها، باید ترکیبی مناسب از تعداد لایه‌های پوشش، جنس پوشش‌ها و همچنین ضخامت آن‌ها را انتخاب نمود. صنایع مختلف جهت استفاده بهینه از این خواص جدید، نیاز مبرم و جدی به اطلاع از آن دارند.  در تحقیق پیش­رو خواص تشعشعی طیفی، جهتی و وابسته به دما از قبیل ضریب بازتاب ρ، ضریب عبور τ و ضریب گسیل ε برای نانوپوشش‌های فلزی شامل طلا، نقره، مس و آلومینیوم مورد بحث و بررسی قرار می­گیرد. عوامل موثر بر خواص تشعشعی به دقت تجزیه و تحلیل شده، اهمیت و محدوده اهمیت هر کدام نیز مشخص خواهد­ شد؛ به بیان دیگر مشاهده خواهد شد که تغییر در جنس، تعداد و ضخامت لایه­ها باعث تغییراتی در ضرایب بازتاب ρ، عبور τ و گسیل ε می‌شود.  این تحقیق با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها به دنبال جواب بهینه برای این ضرایب می‌باشد؛ بدین صورت که این الگوریتم با انتخاب مناسب‌ترین ترکیب از جنس، تعداد و ضخامت لایه، بهترین خواص تشعشعی را نتیجه خواهد داد. در ادامه خواص تشعشعی هر ساختار و نحوه­ی تأثیر پارامترهای موثر بر آن‌ها در طول موج­های مختلف نیز بررسی خواهد شد.  زیر لایه اصلی از سیلیکون آلاییده کم انتخاب می‌شود که ضخامت آن ثابت می‌باشد. زاویه تابش نرمال، اشعه ورودی غير پولاریزه و دمای محیط C°۲۵ در نظر گرفته شده است. مجهول‌های مسئله، خواص تشعشعی شامل ضرایب بازتاب ρ، عبور τ و گسیل ε می‌باشند. جنس، تعداد و ضخامت لایه­ها متغیرهای مسئله و جنس لایه‌ها برای نانوپوشش فلزی طلا، نقره، مس و آلومینیوم می‌باشد. |

1. **سوابق مربوط** (بيان مختصر سابقه تحقيقات انجام‌شده درباره موضوع و نتايج به دست آمده در داخل و خارج از كشور نظریه‌های علمي موجود درباره موضوع تحقيق)

|  |
| --- |
| کنترل خواص تشعشعی از قبیل خواص طیفی و جهتی دارای اهمیت قابل‌توجهی است [Wang, et all, 2013]. وانگ و همکاران خواص طیفی و جهتی از قبیل ضریب گسیل حرارتی یک کریستال فوتونیک[[5]](#footnote-6) را که توسط مش مونوکربن سیلیسیم پوشیده شده بود، بررسی کردند. نتایج عددی بر پایه الگوریتم RCWA در نظر گرفته شد و نشان داد که می‌توان ضریب گسیل را در یک نوار فرکانس وسیع و در طیف گسترده‌ای از زاویه تا حد زیادی افزایش داد. این قابلیت گسیل امیدوار کننده بود و به تحریک پولاریتون‌های فوتون سطح[[6]](#footnote-7)، حالت PC، پولاریتون‌های مغناطیسی[[7]](#footnote-8) و رزونانس فابری پروت امواج پراش رتبه بالا و همچنین به عنوان اتصال بین حالت‌های مختلف رزونانس انجامید. نتایج نشان داد که با تنظیم صحیح پارامترهای ابعادی ساختارها می‌توان نوار گسترده‌ای از ضریب گسیل را اداره کرد.  در بررسی‌های انجام‌شده [Oloomi, 2012]، اثر تعداد لایه‌های نازک با ترکیبات مختلف از مواد پوشش، در نظر گرفته شد. بر طبق این بررسی‌ها، خواص تشعشعی، تابع پیچیده‌ای از طول موج می‌باشند؛ افزایش تعداد پوشش‌های فیلم نازک نیز در خواص تشعشعی مؤثر است. علومی و همکاران در مطالعه‌ی خود [Oloomi, et all, 2010a]، از روش ماتریس انتقال برای محاسبه خواص تشعشعی سیلیکون استفاده کردند و یافتند که در طول موج مادون‌قرمز، کاهش ضریب بازتاب، در غلظت‌های بالاتر و افزایش ضریب عبور با افزایش غلظت رخ می‌دهد. آن‌ها در مطالعه­ای دیگر [Oloomi, et all, 2010b]، تأثیرات ضخامت فیلم نازک را بر خواص تشعشعی ساختارهای چند لایه‌ای نانومقیاس مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که پوشش دی اکسید سیلیکون و نیترید سیلیکون به عنوان ضد بازتابنده عمل می‌کنند و این پوشش‌ها ضریب بازتاب را کاهش می‌دهند؛ در مقابل پوشش لایه نازک طلا، ضریب بازتاب را افزایش می‌دهد.  لی و همکاران [Lee, et all, 2005] خواص تشعشعی ساختارهای چند لایه‌ای شامل سیلیکون و پوشش دی اکسید سیلیکون و طلا را مورد بررسی قراردادند. در این تحقیق، تأثیر زبری سطح و پوشش بر خواص تشعشعی دو جهتی و جهتی-نیمکره ای بررسی شد و به جای تولید یک سطح زبر تصادفی از یک تابع چگالی، بر اساس توزیع شیب سطحی و همچنین برای ردیابی اشعه در سطوح بالا، پایین و داخل لایه نازک، از اپتیک هندسی استفاده شد. مطالعه آن‌ها بر پردازش نیمه‌هادی‌ها تأثیر داشت و همچنین کمک کرد تا درک بهتری از خواص تشعشعی لایه نیمه شفاف با سطوح زبر به دست آید.  یانگ و همکاران [Yang, et all, 2002] به بررسی سیگنال کریستالی نانوسیم‌های اکسید روی و خواص نوری منحصربه‌فرد آن‌ها پرداختند. تأثیرات خواص تشعشعی و فیزیکی محیط متخلخل از جمله ضرایب عبور، گسیل و ضخامت اپتیکی بر راندمان حرارتی سیستم توسط گنجعلیخان و اتفاق [۱۳۷۳] مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. پارامترهای فیزیکی و تشعشعی لایه‌ی متخلخل به گونه‌ای انتخاب شدند که بخش اعظم انرژی تشعشعی تولیدشده، در جهت بالادست جریان تابیده شد. در این مطالعه نتایج نشان داد که میزان تغییرات درجه حرارت گاز خروجی از لایه با تغییرات عمق اپتیکی محیط متخلخل نسبت معکوس دارد؛ لذا افزایش ضخامت اپتیکی لایه‌ی متخلخل، افزایش راندمان بازیافت حرارتی را به دنبال خواهد داشت.  مدرس [۱۳۷۳] از پوشش نیکل و رنگ سیاه بر روی زیر لایه مسی استفاده و تأثیر این پوشش‌ها را بر خواص تشعشعی سطح بررسی کرد. پوشش‌های رنگ سیاه مات و براق با دو روش اجرای قلم مو و اسپری ایجاد شد. در این تحقیق سطوح منتخب از یک زیر‌لایه و یک پوشش مناسب روی آن ایجاد شد که ترکیبی از خواص فلزی و مواد غیرفلزی را داشت؛ نتایج وی نشان داد سطوحی که از طریق رنگ اسپری ایجادشده‌اند، نسبت به سطوحی که از طریق رنگ قلم مو ایجادشده‌اند، عملکرد بهتری دارند.  ریژیکو و همکاران [Ryzhikov, et all, 2000] خواص یک نوع جدید از سنتیلاتور نیمه‌هادی را بر اساس کریستال‌های آلاییده هم ظرفیت روی-سلنید معرفی کردند. زمان واکنش در این مطالعه ۱ تا ۵۰ میکروثانیه در نظر گرفته شد، سطح پس تاب پس از ۵میلی‌ثانیه بیش از ۰٫۰۱ تا ۰٫۰۵ درصد افزایش یافت. راندمان تبدیل نیز ۳ تا ۶ درصد بالاتر رفت و پایداری تشعشع برای کریستال تالیم ۱۰۰۰ برابر بیشتر شد. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین سنتیلاتور برای سی‌تی‌اسکن مورد استفاده در آشکارسازهای «فوتودیود سنتیلاتور»، این نوع از سنتیلاتور می‌باشد.  مرتضی علی و همکاران [۱۳۸۹] ﻣﺲ را ﺑﺎ ﺧﻠﻮﺹ ۹۹٫۹۷% ﺩﺭ ضخامت‌های ﻣﺘﻔﺎﻭﺕ ﺑﺮ زیر لایه‌ی ﺷﻴﺸﻪ، ﺑﻪ ﺭﻭﺵ ﺗﺒﺨﻴﺮ ﺩﺭ خلأ ﺭﺷﺪ ﺩﺍﺩند. ﻃﻴﻒ ﺿﺮﻳﺐ ﺑﺎﺯﺗﺎﺏ نمونه‌ها ﺩﺭ ﻓﺮﻭﺩ تقریباً ﻋﻤﻮﺩ ﺩﺭ بازه‌ی ﻃﻮﻝ ﻣﻮﺝ ۲۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر ﺑﺎ ﺩﺳﺘﮕﺎﻩ طیف‌سنجی Carry500 ﺑﻪ ﺩﺳﺖ آمد ﻭ ﺑﺎ ﺍﺳﺘﻔﺎﺩﻩ ﺍﺯ ﺁﻥ، ﺑﺨﺶ ﺣﻘﻴﻘﻲ ﻭ ﻣﻮﻫﻮﻣﻲ ﺿـﺮﻳﺐ ﺷﻜـﺴﺖ ﻭ ﺿﺮﺍﻳﺐ ﺩﻱ ﺍﻟﻜﺘﺮﻳﻚ، ﺑﺎ ﺭﻭﺵ ﻛﺮﺍﻳﻤﺮﺯ ﻛﺮﻭﻧﻴﮓ[[8]](#footnote-9) ﺑﻪ ﺩﺳﺖ آمد ﻭ ﺑﺎ نمونه‌ی ﺣﺠﻤﻲ ﻣﻘﺎﻳﺴﻪ شد. ﻧﺘﺎﻳﺞ ﻧﺸﺎﻥ داد که ﺑـﻪ ﺍﺯﺍﻱ E>2eV، ﺑـﺎ ﺍﻓـﺰﺍﻳﺶ ﺿﺨﺎﻣﺖ، ﺑﺨﺶ ﻣﻮﻫﻮﻣﻲ ﺿﺮﻳﺐ ﺷﻜﺴﺖ ﺍﻓﺰﺍﻳﺶ ﻭ ﺑﺨﺶ ﺣﻘﻴﻘﻲ آن ﻛﺎﻫﺶ می‌یابد.  ضریب شکست نور یکی از ثوابت مهم در طراحی لایه‌های نازک اپتیکی است و بسته به ضخامت، دانسیته لایه، شبکه کریستالی و عیوب داخلی تغییر می‌کند. در پژوهشی [مظفری نیا، ۱۳۸۸] تأثیر ضخامت و تخلخل لایه‌های نازک سیلیکا بر روی ضریب شکست و میزان عبور از لایه‌های اعمالی مورد ارزیابی قرار گرفت. سیلیکا به کمک روش Sol-Gel بر روی نمونه‌هایی از جنس شیشه سودا- لیم لایه نشانی شد و به منظور بررسی‌های ساختاری، تصاویر میکروسکوپی SEM، آنالیز EDAX و آنالیز XRD از سطح لایه‌های پوشش‌داده‌شده، تهیه گردید. همچنین به کمک اسپکتروفتومتری نوری طیف پرتوهای عبور و جذب از سطح لایه‌های نازک اعمالی تهیه و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج حاصل نشان داد که ضخامت و تخلخل لایه، عبور و جذب امواج تابیده‌شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد و هر چه از ضخامت لایه کاسته شود، مقدار ضریب شکست کاهش و قابلیت عبور افزایش می‌یابد.  لایه‌های نازک کاربردهای زیادی در صنایع الکترونیک و صنایع اپتیک دارند. یکی دیگر از کاربردهای لایه‌ی نازک، سلول خورشیدی است که می‌توان با پوشش لایه‌ی نازک، ضریب جذب یک سلول خورشیدی را افزایش داد [علومی، ۱۳۸۹]. حاجی میرزا و همکاران [Hajimirza, et all, 2012] یک روش بهینه جامع و کارآمد را با استفاده از تأثیرات تشعشع در نزدیکی میدان برای طراحی سطح به منظور افزایش بازده جذب پانل‌های خورشیدی پیشنهاد کردند. در این مطالعه روش‌های بهینه‌سازی جهانی و محلی مانند BFGS-QN[[9]](#footnote-10) و شبیه‌سازی بازپخت[[10]](#footnote-11) برای حل مشکل تشعشع در نزدیکی میدان معکوس به کار گرفته شد. پانل‌های خورشیدی سیلیکونی بی‌شکل نازک[[11]](#footnote-12) با نانوسیم نقره در نظر گرفته شد و طراحی پانل‌های خورشیدی نقره‌ای به منظور حداکثر جذب فوتون بهینه‌سازی شد. این روش بهینه‌سازی کاهش هزینه تولیدکننده را در بر داشت. پارامترهای هندسی در تحلیل بهینه‌سازی که در کارهای قبلی مورد بحث قرار نگرفته بود، افزایش ضریب جذب را نتیجه داد. هر دو روش BFGS-QN و SA طرحی با ضریب جذب افزایش‌یافته را ارائه کردند.  خواص تشعشعی نانوساختارها برای انواع برنامه‌های کاربردی از برداشت انرژی گرفته تا سنجش بیومولکولی، ساخت و پردازش مواد و مدیریت حرارتی در فضا و میکرو الکترونیک به کار گرفته می‌شوند. مواد جدید نانوساختارها به طور مداوم، همراه با پیشرفت در فناوری نانو، توسعه یافته است. اندازه‌ی خواص تشعشعی از قبیل ضریب جذب، گسیل، بازتاب و عبور، در درک مکانیسم‌های زیربنایی و همچنین آزمودن ساختارهای طراحی خاص مهم هستند [Zhang, et all, 2013]. تحقیقی که توسط ژانگ و همکاران انجام گرفت، مروری کلی از پیشرفت‌های اخیر در توسعه نانوساختارهای مهم، برنامه‌های کاربردی بالقوه آن‌ها و نتایج تجربی خواص تشعشعی منحصر به فردشان را فراهم کرد. آن‌ها نشان دادند چهار گروه زیر نمایانگر این موضوع است که مواد نانوساختار با تمرکز بر تکنیک‌ها و نتایج تجربی آماده‌شده‌اند. اولین گروه، شبکه یا لایه نازک ساختارهای هیبریدی هستند که می‌توانند در پولاريتون مغناطیسی، برای منابع گسیل حرارتی همدوس و ترموفتوولتائیک کارآمد باشند. گروه دوم آرایه‌های نانوی نقره[[12]](#footnote-13) می‌باشد که به طور مورب در یک ردیف قرارگرفته‌اند و خواص نوری و تشعشعی ناهمسانگردی دارد. گروه سوم آرایه‌های نانولوله‌های کربنی می‌باشد که به صورت عمودی قرار دارند و دارای ضریب جذب یا ضریب گسیل تقریباً سازگاری برای برنامه‌های رادیومتری می‌باشند. گروه چهارم نانوسیم سیلیکونی یا نانومخروط‌ها[[13]](#footnote-14) هستند که دارای ضریب جذب بالایی می‌باشند و کاربرد آن‌ها در سلول‌های خورشیدی است.  در مطالعه‌ای [Gonomea, et all, 2013]، به طراحی یک پوشش رنگدانه‌ای با ظاهر تاریک پرداخته شد. در این مطالعه، خواص تشعشعی پوشش سیاه رنگ رنگدانه‌ای با ذرات اکسید مس[[14]](#footnote-15) شرح داده شد و خواص تشعشعی طیفی پوشش رنگدانه‌ای اکسید مس[[15]](#footnote-16) محاسبه شد. خواص تشعشعی ذرات اکسید مس مورد بررسی قرار گرفت و ضریب تشعشعی عبور در پوشش رنگدانه‌ای با استفاده از مدل گسیل اشعه[[16]](#footnote-17) مدل‌سازی شد؛ این پوشش با ذرات بهینه ساخته شد. ضریب بازتاب با روش طیف‌سنجی، روش کره‌ی یکپارچه‌ی مرئی[[17]](#footnote-18) و روش نواحی نزدیک مادون‌قرمز[[18]](#footnote-19) اندازه‌گیری شد. با استفاده از ذرات اکسید مس، قادر به طراحی یک پوشش سیاه رنگ با ضریب بازتاب بالا در ناحیه NIR شدند. لایه‌ی پوشش نیز نقش مهمی در کنترل ضریب بازتاب ایفا کرد. ضریب بازتاب NIR پوشیده بر روی زیر لایه‌ی سفید استاندارد با ضخامت پوشش مناسب و کسر حجمی[[19]](#footnote-20)، از ضریب بازتاب NIR پوشیده بر روی زیر لایه‌ی سیاه استاندارد، بسیار بیشتر بود. از مقایسه بین نتایج تجربی و محاسبه‌شده، می‌توان نتیجه گرفت که کنترل دقیق تر اندازه ذرات، دستیابی به عملکرد بهتر را آسوده‌تر می‌کند. استفاده از ذرات مناسب با اندازه و ضخامت مطلوب بر روی یک زیر لایه‌ی مناسب، پوشش سرد و سیاه رنگی را در برابر تابش خورشیدی ایجاد می‌کند.  تنگستن به دلیل پایداری شیمیایی و حرارتی بالای خود، یک ماده مهم برای برداشت انرژی می‌باشد [Watjena, et all, 2013]؛ مشکلات موجود در به دست آوردن لایه‌های نازک تک کریستال منجر به تغییرات زیادی در خواص نوری می‌شود. واتجنا و همکاران در تحقیق خود بر خواص نوری و تشعشعی لایه‌ی نازک تنگستن در طول موجی از ۱ تا ۲۰ میکرومتر تمرکز کردند. در این کار، چهار لایه‌ی نازک با ضخامت اسمی ۷۰ نانومتر بر روی لایه‌های سیلیکونی با استفاده از کاتدپرانی مگنترون DC پوشانده شد و تأثیرات قبل و بعد از پوشش دهی مورد بررسی قرار گرفت. چندین ابزار تحلیلی از جمله پراش پرتو ایکس[[20]](#footnote-21)، پشت پراکنی رادرفورد[[21]](#footnote-22)، طیف‌سنجی فوتوالکترونی اشعه ایکس[[22]](#footnote-23) و اسکن میکروسکوپ الکترونی[[23]](#footnote-24) برای مشخص کردن فاز کریستالی و میکروسکوپی مورد استفاده قرار گرفت. ضریب عبور و بازتاب کامپوزیت‌های لایه نازک در دمای اتاق با استفاده از یک طیف‌سنج مادون‌قرمز تبدیل فوریه[[24]](#footnote-25) اندازه‌گیری شد. تابع دی الکتریک هر نمونه، با ترکیب مناسب خواص تشعشعی اندازه‌گیری‌شده، با استفاده از مدل پراکندگی درود-لورنتس[[25]](#footnote-26) به دست آمد. نتایج نشان داد که تفاوت در خواص تشعشعی بین نمونه‌ها مربوط به فاز بلوری و چگالی می‌باشد.  چلاشاو و همکاران [Chelashaw, et all, 2013] پوشش‌های ترکیب‌شده‌ای را از مخلوط نانوذرات اکسید سيليسيوم[[26]](#footnote-27) و تیتانیا با روش sol-gel آماده کردند. خواص تشعشعی پوشش‌ها با اسکن میکروسکوپ الکترونی[[27]](#footnote-28)، طیف‌سنجی FT-IR و تصویربرداری حرارتی مادون‌قرمز مشخص شدند. ضریب گسیل حرارتی مادون‌قرمز پوشش‌ها با طیف‌سنج IR-1 اندازه‌گیری شد. پوشش‌ها بر روی زیر لایه‌ی آلومینیومی سندبلاست‌شده[[28]](#footnote-29) به کار گرفته شدند. نتایج نشان داد که نانوذرات مخلوط به خوبی می‌توانند پوشش‌هایی با خواص گسیل حرارتی خوب ارائه کنند. ضریب عبور بالایی بین ۰٫۹۱۵ تا ۰٫۹۴۱ به دست آمد و پوشش، خنک‌سازی‌ای بین ۷٫۳ تا ۱۴ درصد از خود نشان داد. این پوشش را می‌توان به راحتی با روش sol-gel آماده کرد. این پوشش که با استفاده از بهینه‌سازی خواص تشعشعی آماده شد، دارای پتانسیل بالایی در برنامه‌های کاربردی خنک‌سازی می‌باشد.  پوشش‌های پلی یورتان[[29]](#footnote-30) بر پایه‌ی اکریلیک[[30]](#footnote-31) با ذرات نانوسیلیکا توسط ژوآ و همکاران [Zhoua, et all, 2002] آماده شدند. ترکیبات در سطوح و وجوه مشترک با زیر لایه‌ها، توسط طیف‌سنج فوتوالکترونی اشعه ایکس[[31]](#footnote-32) مورد بررسی قرار گرفت. خواص مکانیکی و نوری پوشش با استفاده آونگ سختی سنج، روش Nano-Indenter XP، دستگاه تست Instron، تحلیل مکانیکی دینامیکی[[32]](#footnote-33)، ريزنگار انتقال الکترون[[33]](#footnote-34) و طیف-نور سنج UV-Vis مورد مطالعه قرار گرفتند. پوشش بخور داده‌شده با سیلیکا و میکرو سیلیکا نیز برای مقایسه با پوشش‌های حاوی نانوسیلیکا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عنصر سیلیکا نه تنها در سطوح پوشش، بلکه در بین پوشش‌های نانوسیلیکا یا میکرو سیلیکا نیز وجود دارد و اتم‌های سیلیکن قصد اقامت در داخل پوشش دارند. ماکرو سختی[[34]](#footnote-35)، میکرو سختی[[35]](#footnote-36)، مقاومت به سایش و مقاومت به خراش با افزایش نانوسیلیکا، بهبود یافت. استحکام کششی و مدول یانگ نیز با افزایش نانوسیلیکا، افزایش یافت. ضریب جذب UV در طول موج ۲۹۰ تا ۴۰۰ با افزایش نانو دی اکسید سیلیکون، افزایش یافت. در مقابل، برای پوشش‌های پلی یورتان بخور داده‌شده با سیلیکا یا میکرو سیلیکا، فقط سختی و مقاومت به سایش افزایش یافت.  الگوريتم بهینه‌سازی كُلوني مورچه‌ها[[36]](#footnote-37) و يا به اختصار الگوريتم مورچه‌ها[[37]](#footnote-38) [مطيع قادر و همکاران، ۱۳۸۹]، از رفتار مورچه‌های طبيعي كه در مجموعه‌های بزرگ در كنار هم زندگي می‌کنند، الهام گرفته شده است. این الگوریتم بر اساس رفتار مورچه‌ها برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر از لانه تا مواد غذایی به دست آمده است [امینی و همکاران، ۱۳۸۲]. طــبــق مـطـالـعـات انجام‌شده [Dorigo, and Stutzle, 2004] یکی از شگفت‌انگیزترین الگوهای رفتاری به نمایش گذاشته‌شده توسط مورچه‌ها، توانایی پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر می‌باشد. درمطالعات زیادی [Xu, et all, 2010; Dorigo, and Stutzle, 2001; Baterina, and Oppus, 2010] بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها یک روش بهینه‌سازی فرا ابتکاری[[38]](#footnote-39) مبتنی بر جمعیت معرفی شده است که از رفتار جستجوگرانه مورچه‌ها، برای پیدا کردن راه‌حل‌های تقریبی برای مسائل بهینه‌سازی دشوار، تقلید می‌کند. این روش می‌تواند برای پیدا کردن راه حل مناسب برای مسائل بهینه‌سازی ترکیبی مورد استفاده قرار گیرد؛ بدین صورت که مسئله را از طریق یک گراف[[39]](#footnote-40) به پیدا کردن مسیرهای خوب تبدیل می‌کند. مطالعات نشان می‌دهد [یوسفی و صدیق پور، ۱۳۹۰]، بهینه‌سازی جمعیت مورچه‌ها در حل تعداد زیادی از مسایل بهینه‌سازی ترکیبی، کاملاً موفق عمل کرده است.  پردازش تصویر دیجـیـتـال موضـوعی است که از دیدگاه‌های مـختـلف مـورد مـطـالـعه قرار گرفته است. در مقاله‌ای [Contreras, et all, 2013] به مقایسه الگوریتم‌های مختلف کلونی مورچه‌ها بر روی مجموعه‌ای از تصاویر، برای تشخیص لبه‌ها پرداخته شد.  امنیت اطلاعات در شبکه‌های رایانه‌ای یکی از مهم‌ترین حوزه‌های تحقیقات می‌باشد. الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه یک الگوریتم یادگیری تکاملی است که می‌تواند به حل مشکلات پیچیده کمک کند. استفاده از ایده‌های بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها در تشخیص آسیب‌پذیری شـبکـه و افزایش امنیت می‌تواند عـمـلـکـرد مدیریت امـنـیت شـبـکه را بهبود بخشد. در مقاله‌ای [Chhikara, and Patel, 2013] برای پیدا کردن آسیب‌پذیری در شبکه و اطمینان از امنیت آن، الگوریتم ACO پیاده‌سازی شد.  تخصیص وظیفه یک مسئله کلیدی در سیستم‌های چند عامل است. بر اساس محاسبات روش تخصیص وظیفه موازی سنتی و بهینه‌سازی کلونی مورچه، یک روش تخصیص وظیفه‌ی جدید به نام مجموعه مسیر بهینه‌سازی کلونی مورچه[[40]](#footnote-41) توسط وانگ و همکاران [Wang, et all, 2013] برای رسیدن به بهینه‌سازی‌های جهانی[[41]](#footnote-42) و کاهش زمان پردازش پیشنهاد شد. در این مطالعه مشکلات موجود در ACO تجزیه و تحلیل شد؛ روش CPACO با تغییر تابع ابتکاری، استراتژی به‌روزرسانی[[42]](#footnote-43) در مدل چرخه مورچه[[43]](#footnote-44) و ایجاد یک مسیر فضای ذخیره‌سازی فرومون[[44]](#footnote-45) سه بعدی بر مشکلات غلبه کرد. نتایج به دست آمده نشان داد که روش CPACO تنها ۱۰٫۳% از زمان صرف شده توسط الگوریتم جستجوی جهانی[[45]](#footnote-46) را مصرف می‌کند و عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم ابتکاری بهینه رو به جلو[[46]](#footnote-47) به نمایش گذاشته است.  از آنجا که تقسیم‌بندی تصاویر رزونانس مغناطیسی یکی از مهم‌ترین مراحل اولیه در پردازش تصویر مغز است، موفقیت در این مرحله تأثیر زیادی بر کیفیت نتایج مراحل بعدی دارد. طاهردنگکو و همکاران [Taherdangkoo, et all, 2013] روشی برای تقسیم‌بندی تصاویر رزونانس مغناطیسی مغز ارائه کردند. در این مطالعه عملکرد الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های تکاملی مشابه به صورت پیکسل به پیکسل[[47]](#footnote-48) مقایسه شد. این الگوریتم در سراسر مجموعه‌های متفاوت از تصاویر رزونانس مغناطیسی تست شد و نشان داد که سرعت و دقت بالایی دارد. لازم به ذکر است که در مراحل اولیه، الگوریتم‌های محاسباتی فشرده به تعداد زیادی از محاسبات نیاز دارند، در صورتی که در این روش تعداد تقسیم‌بندی‌ها، دقیقاً در منطقه هدف متمرکزشده، کاهش می‌یابد.  تخصیص منابع قدرت یک گره در شبکه‌های حسگر بی‌سیم باید عملکرد تشخیص کل شبکه را تعمیم دهد که این امر به دلیل احتمال تشخیص کل سیستم پیچیده است. لیو و همکاران [Liu, et all, 2013] سیستم کلونی مورچه مداوم[[48]](#footnote-49) را به منظور بهینه‌سازی تخصیص قدرت هر گره بین سنجش و ارتباطات اتخاذ کردند. نتایج نشان داد که این روش می‌تواند برای تعداد زیادی از سنسورها، قدرت یکسانی برای هر گره تخصیص دهد و برای دستیابی به بهترین عملکرد تشخیص به کار گرفته شود.  دنگ و همکاران [Deng, et all, 2013] الگوریتم بهبودیافته بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها[[49]](#footnote-50) را برای حل مشکل برنامه‌ریزی مسیر[[50]](#footnote-51) ربات پیشنهاد کردند. قانون گره‌های r-best برای تنظیم توزیع فرومون ارائه شد و مکانیزم مناسبی به منظور تعادل بیشتر آرایش فرومون طراحی شد. علاوه بر این، برای کوتاه کردن زمان هدررفته در ساخت اولین راه حل کامل و دریافت یک راه حل بهتر، از قانون هدایت موقعیتی و یک مرحله قانون بهینه‌سازی در بهینه‌سازی محلی[[51]](#footnote-52) استفاده شد. با ایجاد یک مدل شبکه‌ای از منطقه جهت‌یابی ربات، الگوریتم PM-ACO در حل برنامه‌ریزی مسیر ربات به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که یک راه حل بهینه برای مشکل برنامه‌ریزی مسیر را می‌توان به طور موثر به دست آورد و این الگوریتم عملی است.  هوآنگ [Huang, 2013] در مقاله‌ی خود بهینه‌سازی کنترلر حرکت یک سیستم هوشمند را روی یک تراشه قابل برنامه‌ریزی[[52]](#footnote-53) برای روبات‌های متحرکی با سه چرخ راننده مستقل همان اندازه که در فاصله ۱۲۰ درجه از یکدیگر قرار گرفته‌اند با استفاده از کلونی مورچه‌ها ارائه کرد. هر دو پارامتر ACO از قبیل تیونر خودکار[[53]](#footnote-54) و کنترل حرکت جنبشی به نحو احسن در یک تراشه با مجموعه گیت قابل برنامه‌ریزی[[54]](#footnote-55) به منظور ساخت یک ربات متحرک تجربی ادغام شدند. پارامترهای بهینه کنترلر حرکت با به حداقل رساندن شاخص عملکرد با استفاده از روش محاسبات ACO مبتنی بر SoPC پیشنهادی به دست آمد. نتایج نشان داد که کنترلر بهینه‌شده با روش ACO از کنترلرهای غیر بهینه و کنترلرهای بهینه‌شده با الگوریتم‌های ژنتیک[[55]](#footnote-56) متداول بهتر هستند. |

1. **فرضیه‌ها** (هر فرضيه به صورت يك جمله خبري نوشته شود.)

|  |
| --- |
| با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها می‌توان ضریب عبور بهینه را برای نانوپوشش‌های فلزی بدست آورد.  با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها می‌توان ضریب گسیل بهینه را برای نانوپوشش‌های فلزی بدست آورد.  با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها می‌توان ضریب بازتاب بهینه را برای نانوپوشش‌های فلزی بدست آورد.  با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها، ساختار مناسب نانوپوشش فلزی را برای ضریب عبور بهینه می‌توان یافت.  با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها، ساختار مناسب نانوپوشش فلزی را برای ضریب گسیل بهینه می‌توان یافت.  با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها، ساختار مناسب نانوپوشش فلزی را برای ضریب بازتاب بهینه می‌توان یافت. |

1. **اهداف تحقيق** (شامل: ۱. اهداف علمي، ۲. كاربردي و ۳. ضرورت‌های خاص انجام تحقيق)

|  |
| --- |
| یافتن جواب بهینه برای ضرایب بازتاب ρ، عبور τ و گسیل ε با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها. |
| کاربرد اصلی این تحقیق بر طبق برنامه­ریزی استراتژیک یا نقشه راه بردی بین‌المللی صنایع نیمه‌هادی، کاهش ابعاد به چند ده نانومتر می­باشد. همچنین استفاده فراوان از خواص تشعشعی ساختارهای چند لایه­ای نانو مقیاس با پوشش­های مختلف در زمینه‌های صنعتی، نظامی و علمی از دیگر کاربردهای این تحقیق می‌باشد. |
| از ضرورت­های خاص این تحقیق نیز باید به کاربردهای زیادی که ساختارهای چند لایه­ای بسیار نازک در صنایع میکروالکترونیک، تبدیل انرژی، نانو فناوری و سیستم­های فضایی دارند نام برد؛ از جمله­ی این کاربردها می‌توان به کنترل حرارت در فرایند­های حرارتی سریع، طراحی رادیاتورهای انتخاب­گر بر اساس طول موج برای سیستم­های ترموفنوولتاییک و تولید سیستم‌های حرارتی نانو مقیاس اشاره کرد. |

1. **در صورت داشتن هدف كاربردي بيان نام بهره‌وران** (اعم از مؤسسات آموزشي و اجرايي و غيره):

|  |
| --- |
|  |

1. **جنبه نوآوري و جديد بودن تحقيق در چيست؟** (اين قسمت توسط استاد راهنما تكميل شود.)

|  |
| --- |
| بررسی تأثیر نانوپوشش‌های فلزی بر روی خواص تشعشعی و بهینه‌سازی خواص تشعشعی این نانوپوشش‌ها توسط الگوریتم کلونی مورچه‌ها  **امضاء** |

1. **روش كار**

|  |
| --- |
| **الف. نوع روش تحقيق:**  از روش ماتریس انتقال جهت محاسبه خواص تشعشعی ساختارهای چند لایه­ای و از بیان­های تجربی برای ثابت­های نوری سیلیکون آلاییده ­کم استفاده شده است. با پیاده‌سازی الگوریتم کلونی مورچه‌ها در نرم‌افزار MATLAB و استفاده از ورودی‌های داده‌شده به این الگوریتم، خواص تشعشعی نانو پوشش‌های فلزی بهینه می­گردد. |
| **ب. روش گردآوري اطلاعات** (ميداني، کتابخانه‌ای و غيره)**:**  از مطالعات تجربی به منظور استخراج خواص نوری سيليكون آلاییده کم و همچنین خواص نوری فلزاتی همچون طلا، نقره، مس و آلومینیوم استفاده شده است. |
| **پ. ابزار گردآوري اطلاعات** (پرسشنامه، مشاهده، آزمون، فيش، جدول، نمونه‌برداری، تجهيزات آزمايشگاهي و بانک‌های اطلاعاتي و شبکه‌های رایانه‌ای و ماهواره‌ای و غيره)**:**  در اين تحقيق كار آماري انجام نخواهد شد. |
| **ت. روش تجزيه و تحليل اطلاعات:**  از روش ماتریس انتقال جهت محاسبه خواص تشعشعی ساختارهای چند لایه­ای و از بیان­های تجربی برای ثابت­های نوری سیلیکون آلاییده ­کم استفاده شده است و سپس به کمک الگوریتم کلونی مورچه‌ها مقادیر بهینه برای آن‌ها به دست خواهد آمد. |

1. **جدول زمان‌بندی مراحل انجام دادن تحقيق از زمان تصويب تا دفاع نهايي**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **تاريخ تصويب** | **از تاريخ** | **تا تاريخ** |
| **مطالعات کتابخانه‌ای** | تصویب پروپوزال | دو ماه |
| **جمع‌آوری اطلاعات** | تصویب پروپوزال | دو ماه |
| **تجزيه و تحليل داده‌ها** | تصویب پروپوزال | چهار ماه |
| **نتیجه‌گیری و نگارش پایان‌نامه** | تصویب پروپوزال | شش ماه |
| **تاريخ دفاع نهايي** |  |  |
| **طول مدت اجراي تحقيق:** ۶ ماه | | |

1. **فهرست منابع و مآخذ (فارسي و غیر فارسی) مورد استفاده در پایان‌نامه:**

علومی، س.ا.ع. ۱۳۸۹. "مطالعه پارامتری خواص تشعشعی ساختارهای چندلایه ای بسیار نازک". *رساله‌ی دکتری*، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان.

گنجعلیخان نسب، ع. و ج. اتفاق. ۱۳۷۳. "تأثیرات خواص فیزیکی و تشعشعی محیط متخلخل بر راندمان بازیافت انرژی حرارتی". *دومین کنفرانس سالانه انجمن مهندسان مکانیک ایران*، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۲ تا ۱۵ اردیبهشت، صفحه: ۶۳-۵۶.

مدرس، ع.ا. ۱۳۷۳. "بررسی و مقایسه سطوح منتخب در جذب انرژی خورشیدی". *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان.

مرتضی علی، ع.، ر. مداح، م. حیدری. ۱۳۸۹. "بررسی خواص اپتیکی لایه‌های نازک مس بر زیر لایه شیشه با روش کرایمرز کرونیگ". *مجله‌ی پژوهش فیزیک ایران*، جلد ۱۰، شماره‌ی ۳، صفحه: ۲۰۷-۲۰۳.

مظفری نیا، ر. ۱۳۸۸. "ارزیابی ضریب شکست نور در لایه‌های نازک سیلیکا". *مجله علوم و مهندسی سطح*، جلد ۷، صفحه: ۴۸-۴۱.

مطيع قادر، ح.، ش. لطفي و م.م. سيد اسفهلان. ۱۳۸۹. "مروري بر برخي از روش‌های بهینه‌سازی هوشمند". *انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر*، ۲۱۵ صفحه.

امینی، ا.، س.ص. راست خدیو و م. تشنه لب. ۱۳۸۲. "بهینه‌سازی الگوریتم سیستم مورچگان به وسیله الگوریتم ژنتیک". *پنجمین کنفرانس سراسری سیستم‌های هوشمند*، ۲۲ تا ۲۴ مهر، مشهد، ایران.

یوسفی خوشبخت، م. و م. صدیق پور. ۱۳۹۰. "الگوریتم نمونه اصلاحی مورچگان برای حل مسئله چندین فروشنده دوره‌گرد". *مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن*، سال هشتم، شماره ۳ (پیاپی ۳۰)، صفحه: ۹۶-۸۳.

Wang, W., C. Fu, and W. Tan. 2013. “Thermal radiative properties of a photonic crystal structure sandwiched by SiC gratings”. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, In Press, Corrected Proof, Available online at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.01.022>

Oloomi, S.A.A. 2012. “Appropriate coating for optimum of radiative properties of nanoscale multilayer structures”. *World Applied Sciences Journal*, Volume 16, Issues 8, Pages 1131-1136.

Oloomi, S.A.A., A. Saboonchi, and A. Sedaghat. 2010a. “Effects of donors and acceptors on radiative properties of nanoscale multilayer structures at infrared wavelengths”. *Recent Researches in Mechanics*, Transportation and Culture, Pages 82-89.

Oloomi, S.A.A., A. Saboonchi, and A. Sedaghat. 2010b. “Effects of thin film thickness on emittance, reflectance and transmittance of nano scale multilayers”. *International Journal of the Physical Sciences*, Volume 5, Issues 5, Pages 465-469, Available online at <http://www.academicjournals.org/IJPS>

Lee H.J., B.J. Lee, and Z.M. Zhang. 2005. “Modeling the radiative properties of semitransparent wafers with rough surfaces and thin-film coatings”. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, Volume 93, Issues 1-3, Pages 185-194.

Yang, P., H. Yan, S. Mao, R. Russo, J. Johnson, R. Saykally, N. Morris, J. Pham, R. He, and H. Choi. 2002. “Controlled growth of ZnO nanowires and their optical properties”. *Camille and Henry Dreyfus Foundation*, 3M Corporation, the National Science Foundation, and the University of California, Berkeley.

Ryzhikov, V.D., N.G. Starzhinskiy, L.P. Gal'chinetskii, L.L. Nagomaya, P.A. Gashiu, V.P. Makhniy, G. Tamulaitis, W. Klamra, D.N. Kozin, and E.A. Danshin. 2000. “Properties of semiconductor scintillators ZnSe(Te,O) and integrated scintielectronic radiation detectors based thereon”. *Nuclear Science Symposium Conference Record*, 15-20 Oct, Lyon, Volume 1, Pages 170-173.

Hajimirza, Sh., G. E. Hitti, A. Heltzel, and j. Howell. 2012. “Specification of micro-nanoscale radiative patterns using inverse analysis for increasing solar panel efficiency”. *Journal of Heat Transfer*, Volume 134, Issue 10, Pages 134-142.

Zhang, Z.M., H. Ye. 2013 .”Measurements of radiative properties of engineered micro/nanostructures”. *Annual Review of Heat Transfer*, Issue 16, pages 345-396.

Gonomea, H., M. Baneshib, J. Okajimac, A. Komiyac, and Sh. Maruyamac. 2013. “Controlling the radiative properties of cool black-color coatings pigmented with CuO submicron particles”. [*Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*](http://www.sciencedirect.com/science/journal/00224073), In Press, Corrected Proof, Available online at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.02.027>

Watjena, J.I., T.J. Brighta, Z.M. Zhanga, C. Muratoreb, and A.A. Voevodinb. 2013. “Spectral radiative properties of tungsten thin films in the infrared”. [*International Journal of Heat and Mass Transfer*](http://www.sciencedirect.com/science/journal/00179310), Volume 61, Pages 106-113.

Chelashaw, A. K., H. Wang, C. Wang, and L. LI. 2013. “Morphology and radiative properties of sol–gel nanocomposite coatings in electronics cooling applications”. *Journal of Modern Physics Letters B*, Volume 27, Issue 10, 9 Pages.

Zhoua, Sh., L. Wu, J. Sun, and W. Shen. 2002. “The change of the properties of acrylic-based polyurethane via addition of nano-silica”. *Progress in Organic Coatings*, Volume 45, Issue 1, Pages 33-42.

Dorigo, M., and T. Stutzle. 2004. “Ant Colony Optimization”. *A Bradford Book, The MIT Press*, Cambridge, Massachusetts, London, England.

Xu, B., J. Zhu, and Q. Chen. 2010. “Ant Colony Optimization”. *New Advances in Machine Learning*, Yagang Zhang (Ed.), ISBN: 978-953-307-034-6, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/new-advances-in-machine-learning/ant-colony-optimization>

Dorigo, M., and T. Stutzle. 2001. “An experimental study of the simple ant colony optimization algorithm”. *Proceedings of WSES International*, Conference on Evolutionary Computation (EC’01), N. Mastorakis (Ed.), WSES-Press International, Pages 253-258.

Baterina, A.V., and C. Oppus. 2010. “Image edge detection using ant colony optimization”. *WSEAS Transactions on Signal Processing*, Issue 2, Volume 6, Pages 58-67.

Contreras, R., M.A. Pinninghoff, and J. Ortega. 2013. "Using ant colony optimization for edge detection in gray scale images. In *Natural and Artificial Models in Computation and Biology*, Springer Berlin Heidelberg, Pages 323-331.

Chhikara, P., and A.K. Patel, 2013. “Enhancing network security using ant colony optimization”. *International Journal of Innovative Research and Development*, Volume 2, Issues 4, Pages 647-655.

Wang, L., Zh. Wang, S. Hu, and L. Liu. 2013. "Ant colony optimization for task allocation in multi-agent systems". *Communications, China*, Volume 10, Issues 3, Pages 125-132.

Taherdangkoo, M., M.H. Bagheri, M. Yazdi, and K.P. Andriole. 2013. "An effective method for segmentation of mr brain images using the ant colony optimization algorithm". *Journal of digital imaging*, Pages 1-8.

Liu, X.Y., D. Wang, and J. Pan. 2013. "An ant colony optimization approach to power allocation in wireless sensor networks". *Applied Mechanics and* Materials, Volumes 263-266, Pages 954-958.

Deng, X., L. Zhang, and L. Luo. 2013. "An improved ant colony optimization applied in robot path planning problem". *Journal of* Computers, Volume 8, no. 3, Pages 585-593.

Huang, H.C. 2013. "Intelligent motion control for omnidirectional mobile robots using ant colony optimization". *Applied Artificial Intelligence: An International Journal*, Volume 27, Issue 3, Pages 151-169.

1. 1. تحقيق بنيادي پژوهشي است كه به كشف ماهيت اشيا، پدیده‌ها و روابط بين متغيرها، اصول، قوانين و ساخت يا آزمايش تئوری‌ها و نظریه‌ها می‌پردازد و به توسعه مرزهاي دانش رشته علمي كمك می‌نماید.

   [↑](#footnote-ref-2)
2. 1. تحقيق نظري نوعي پژوهش بنيادي است و از روش‌های استدلال و تحليل عقلاني استفاده می‌کند و بر پايه مطالعات کتابخانه‌ای انجام می‌شود.

   [↑](#footnote-ref-3)
3. 1. تحقيق كاربردي پژوهشي است كه با استفاده از نتايج تحقيقات بنيادي به منظور بهبود و به كمال رساندن رفتارها، روش‌ها، ابزارها، وسايل، توليدات، ساختارها و الگوهاي مورد استفاده جوامع انساني انجام می‌شود.

   [↑](#footnote-ref-4)
4. 1. تحقيق عملي پژوهشي است كه با استفاده از نتايج تحقيقات بنيادي و با هدف رفع مسائل و مشكلات جوامع انساني انجام می‌شود.

   [↑](#footnote-ref-5)
5. PC [↑](#footnote-ref-6)
6. SPhPs [↑](#footnote-ref-7)
7. MPs [↑](#footnote-ref-8)
8. KK [↑](#footnote-ref-9)
9. Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno quasi-Newton [↑](#footnote-ref-10)
10. SA [↑](#footnote-ref-11)
11. a-Si [↑](#footnote-ref-12)
12. Ag [↑](#footnote-ref-13)
13. Nanocones [↑](#footnote-ref-14)
14. CuO [↑](#footnote-ref-15)
15. CuO-Pigmented [↑](#footnote-ref-16)
16. REM2 [↑](#footnote-ref-17)
17. VIS [↑](#footnote-ref-18)
18. NIR [↑](#footnote-ref-19)
19. Volume Fraction [↑](#footnote-ref-20)
20. X-Ray Photoelectron [↑](#footnote-ref-21)
21. Rutherford Backscattering [↑](#footnote-ref-22)
22. X-Ray Photoelectron Spectroscopy [↑](#footnote-ref-23)
23. Scanning Electron Microscopy [↑](#footnote-ref-24)
24. Fourier-Transform [↑](#footnote-ref-25)
25. Drude–Lorentz [↑](#footnote-ref-26)
26. Silica [↑](#footnote-ref-27)
27. SEM [↑](#footnote-ref-28)
28. Sand Blast [↑](#footnote-ref-29)
29. Polyurethane [↑](#footnote-ref-30)
30. Acrylic-based [↑](#footnote-ref-31)
31. XPS [↑](#footnote-ref-32)
32. DMA [↑](#footnote-ref-33)
33. TEM [↑](#footnote-ref-34)
34. Macro-Hardness [↑](#footnote-ref-35)
35. Micro-Hardness [↑](#footnote-ref-36)
36. Ant Colony Optimization (ACO) [↑](#footnote-ref-37)
37. Ant Algorithm [↑](#footnote-ref-38)
38. Metaheuristic [↑](#footnote-ref-39)
39. Graph [↑](#footnote-ref-40)
40. CPACO [↑](#footnote-ref-41)
41. Global [↑](#footnote-ref-42)
42. Update Strategy [↑](#footnote-ref-43)
43. Ant-Cycle Model [↑](#footnote-ref-44)
44. Pheromone [↑](#footnote-ref-45)
45. Global Search Algorithm [↑](#footnote-ref-46)
46. Forward Optimal Heuristic Algorithm [↑](#footnote-ref-47)
47. Pixel-by-Pixel [↑](#footnote-ref-48)
48. CACS [↑](#footnote-ref-49)
49. PM-ACO [↑](#footnote-ref-50)
50. Path Planning Problem [↑](#footnote-ref-51)
51. Local [↑](#footnote-ref-52)
52. SoPC [↑](#footnote-ref-53)
53. AutoTuner [↑](#footnote-ref-54)
54. FPGA [↑](#footnote-ref-55)
55. GA [↑](#footnote-ref-56)