

مروری بر روش های نانو فناوری نشان گذاری اجناس و اسناد در مقابله با جعل و قاچاق

محمدعلی یعقوبی مقدم^۱، محمدجواد دهقان عصمت آبادی^{۱*}، علی بشارتی مقدم^۲

^۱ دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

^۲ شرکت سپهرپلیمر سپاهان، اصفهان

جعل کالا و کالاهای تقلبی صدمات فراوانی بر پیکر اقتصاد ملی کشور وارد و فعالیت اقتصادی کشور را تحت الشعاع قرار داده و دچار اختلال می کند، لذا در این راستا متأسفانه مشکلاتی همانند کاهش تولید داخلی و افزایش بیکاری و کاهش سرمایه گذاری را به همراه داشته است. روش های موجود برای نشان گذاری اجناس و اسناد با تمام مزایایی که دارا می باشند، قابل کپی برداری در طی ۱۸ ماه می باشند. پرکاربردترین روشها شامل: هولوگرام، بارکدها، شناسایی با امواج رادیویی، تصدیق سطح لیزری هستند. از این رو برآن شدیم تا در این مقاله مروری به توضیح روش هایی جدیدی که در برخی کشورها برای نشان گذاری اجناس و اسناد مورد استفاده است بپردازیم. روش های جدید مورد استفاده شامل: روش هایی بر پایه فناوری نانو، روش هایی بر پایه دی ان ای می باشند.

واژه ها کلیدی: امنیت، تقلب، جعل، دی ان ای، نشان گذاری، نانو.

ایمیل نویسنده مسئول: dnaresearchcenter@gmail.com

۱- مقدمه

۱-۱- تقلب

تقلب، شامل تولید هر گونه محصولی است که ظاهراً یک محصول تولید شده به وسیله شرکت دیگر را تقلید می کند، به گونه ای که باعث گمراهی مصرف کننده می شود. در لغت هر دو کلمه دزدی آثار هنری و جعل کردن یک معنا را دارا می باشند و آن، تولید مجدد یک محصول از نسخه اصلی می باشند[۱].

۱-۱-۲ آثار و پیامدهای تقلب بر اقتصاد کشور

امروزه ساخت محصولات تقلبی یک کسب و کار پرسود با حجم بالا است که سلامت شهروندان را به مخاطره می اندازد و درآمد

حاصل از کسب و کار را از بین می برد و علاوه براین به محصولات تولید شده به وسیله برندهای معروف آسیب می زند و اعتماد عمومی را کاهش می دهد. تعداد داروهای تقلبی از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۷ در ایالات متحده آمریکا از تعداد ۶ نوع دارو به تعداد ۵۴ دارو افزایش پیدا کرده است[۲]. محصولات تقلبی در بازارهای جهانی از طریق کانال های غیرقانونی توزیع می شوند اما می توانند به زنجیره عرضه قانونی مواد نیز وارد شوند. در بسیاری از موارد تشخیص محصولات تقلبی از محصولات اصل بسیار دشوار است. در حال حاضر متقلبان قادر هستند اکثر فناوری های ضد تقلب را در مدت ۱۸ ماه کپی کنند[۳]. طی گزارش سال ۲۰۰۶ سازمان بهداشت جهانی بازار ۴۰ بیلیون دلاری را به خود اختصاص داده

باشند. با استفاده از روش های جدید، ما قادر به شناسایی سریعتر کالاهای تقلبی و همچنین قادر به افزایش امنیت اجناس و کالا های تولید داخل می شویم. امیدواریم با مطالعه این مقاله، تحقیقات بیشتری در زمینه های نانولیبلینگ و روشهایی بر پایه دی ان ای صورت بگیرد تا شاهد روش های نوین و کارآمدتر در مقابله با تقلب و جعل هویت، اسناد، مدارک و کالاها باشیم.

۲- روش های مورد استفاده نشان گذاری

۱-۲- هولوگرام

ابتدا باید با مفهوم هولوگراف^۱ آشنا شویم. هولوگراف، یک تصویر سه بعدی است که توسط اشعه لیزر ایجاد می شود. واژه هولوگراف از دو واژه یونانی Holo به معنای کامل و Graph به معنای نگارش به وجود آمده است. تمام نگاری (هولوگرافی)، یک تکنیک انقلابی است که، عکسبرداری سه بعدی (یعنی کامل) از یک جسم و یا از یک صحنه را ممکن می سازد. این تکنیک در سال ۱۹۴۸ توسط گابور^۲ ابداع شد. در آن زمان به منظور بهتر کردن توان تفکیک میکروسکوپ الکترونی پیشنهاد شد و به عنوان یک پیشنهاد علمی درآمد. قابلیت واقعی این تکنیک پس از اختراع لیزر در سال ۱۹۶۰ نشان داده شد. اولین هولوگرام های سه بعدی نور داده شده با لیزر، در سال ۱۹۶۴ توسط لیث^۳ و اپکینز^۴ در میشیگان ساخته شد [۴-۶].

۲-۲- بارکد

واژه بارکد^۵ ازدو بخش تشکیل شده که، شامل بار (به معنی وکد (به معنی رمز) میباشد که در ترکیب بایکدیگر به معنای رمزهای میله میباشد. به زبان ساده می توان گفت، بارکد مجموعه ای از میله ها یا خطوط سیاه رنگی که، معمولاً بر روی

است. تخمین زده می شود که ۱۰ درصد کالاهای پزشکی و داروها در سراسر جهان تقلب هستند، تقریباً ۶۰ درصد از داروهای تقلبی در کشورهای کمتر توسعه مصرف می شوند. بزرگترین تولید کنندگان داروهای تقلبی در جنوب آسیا، نیجریه، روسیه، مکزیک برزیل و آمریکای لاتین می باشند [۲].



شکل ۱: مسیر ترانزیت کالاهای پزشکی جعلی و داروهای تقلبی از جنوب و جنوب شرق آسیا به دیگر نقاط جهان. با توجه به شکل ۱ کشور ما در یک مسیر اصلی ترانزیت کالاهای تقلبی پزشکی و داروهای تقلبی بوده که از آسیا به سمت اروپا می باشد بالطبع تحت تاثیر این پدیده قرار گرفته و بازر داخلی و مصرفی مردم مورد هجوم این کالا ها قرار گرفته.

باتوجه به مطالب گفته شده، اهمیت مبارزه با جعل هویت، اسناد و کالاها را میتوان مشاهده کرد که، یکی از راه های جلوگیری و پیگیری این کالاها نشان دار کردن کالاهای تولیدی اصلی بوده، هر چند امروزه اکثر متقلبان طی مدت ۱۸ ماه قادر به کپی کردن تکنولوژی های ضد تقلب می باشند، اما هنوز روش هایی وجود داشته که این متقلبان قادر به کپی برداری آنها نبوده اند. در این مقاله مروری، انواع روش های پرکاربرد لیبل کردن کالاها و اسناد به اختصار و همچنین روش های نوین تر و کارآمدتر بیان شده اند. همچنین روش هایی که به تازگی ابداع شده و در حال استفاده در برخی کشور ها هستند شرح داده خواهند شد. انواع روش های پر کاربرد شامل: هولوگرام، بارکدها، شناسایی با امواج رادیویی، تصدیق سطح لیزری می باشد. روش های نوین تر و کارآمدتر شامل: نانولیبلینگ (نانو بارکد، طیف سنجی رامان پیشرفته سطح و برچسب های نقطه کوانتومی، برچسب های نانوکامپوزیتی، برچسب های ضد جعل با نانوسیم نقره، برچسب های جدید با استفاده از ارایه های پلیمری در مقیاس نانو) و روش های بر پایه دی ان ای می

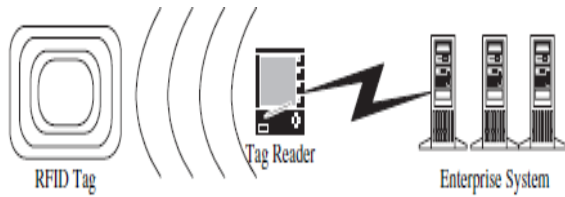
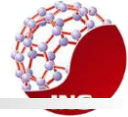
¹ holograph

² Dennis gabor

³ Emmett leith

⁴ Juris upatnieks

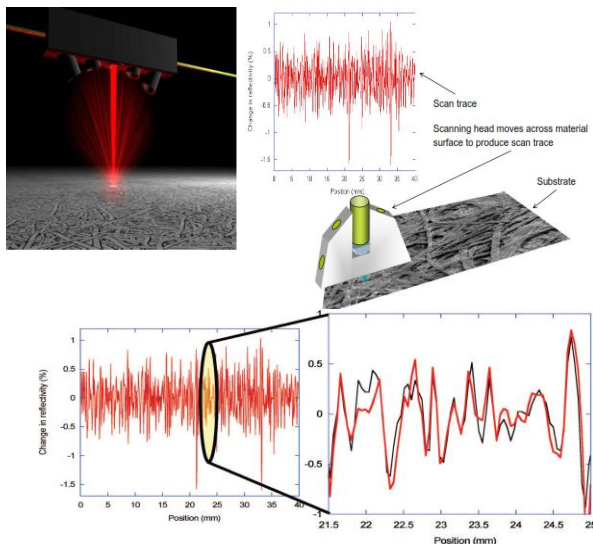
⁵ barcod



شکل ۲- نحوه شناسایی تگ ها. در این سیستم ابتدا تگ به وسیله امواجی که از رادار دریافت میکند شناسایی شده و در نهایت با ارسال امواج دریافتی از تگ به سیستم کامپیوتری شناسایی و اطلاعات مربوط به تگ نشان داده میشود [۱۱].

۴- تصدیق سطح لیزی

تصدیق سطح لیزی، همانطور که از نامش پیداس براساس تصدیق نقاط تصادفی بر سطح یک جسم توسط لیزر انجام میشود که، این سیستم دکتر راسل کوبرن^{۱۰} ابداع شد [۱۴]. این سیستم، از ویژگی تصادفی بودن سطح مواد استفاده شده و با توجه به منحصر به فرد بودن این ویژگی، از آن به عنوان اثر انگشت محصول برای تصدیق و ردیابی استفاده می شود [۱۵].



شکل ۳- نحوه عملکرد سیستم تصدیق سطح لیزی که، در این سیستم سطح جسم توسط دستگاه اسکن و اثر میکروسکوپی مخصوص ثبت میشود. در مراحل بعدی برای تشخیص کالا اثر سطح جسم مجدد اسکن و با اسکن موجود در بانک اطلاعاتی مقایسه میشود [۱۴].

زمینه ای سفید چاپ می شود و به وسیله آن از کالای خریداری شده شناسایی لازم به عمل می آید و قیمت آن مشخص می شود و اگر به دنبال تعریف دقیقتری هستید، باید گفت: بارکد عبارت است از انتقال داده ها از طریق امواج نور. در سال ۱۹۳۲ نورمن وودلند^۱ و برنارد سیلور^۲، با ایده ایجاد بارکد برای دسته بندی و طبقه بندی کالا ها شروع به فعالیت کردن. آن دو در ۲۰ اکتبر ۱۹۴۹ اختراعشان را با عنوان دستگاه طبقه بندی و روش ها^۳ در سازمان اختراعات آمریکا به شماره ۲۶۱۲۹۹۴us به ثبت رسانید. این اختراع در ۷ اکتبر ۱۹۵۲ منتشر شد [۷-۱۰].

۳-۲ شناسایی با امواج رادیویی^۴ (RFID)

شناسایی با امواج رادیویی به اختصار RFID می باشد که، از اولین مقالاتی که به بررسی این سیستم می پردازد توسط هری استاکمن^۵ با عنوان ارتباط با معنی بازتاب در سال ۱۹۴۸ به چاپ رسید [۱۱]. قدرت این سیستم امروزی RFID پایه و اساس ان در جنگ جهانی دوم توسط دکتر رابرت واتسون^۶ بنا نهاده شد که، سیستم اولیه به نام سیستم شناسایی دوست و دشمن یا به اختصار IFF^۷ را ابداع کرد است [۱۱، ۱۲]. این سیستم در واقع پایه و بنای سیستم های شناسایی با امواج رادیویی امروزی است که، اولین بار در ۷ ژانویه ۱۹۷۳ توسط ماریو کاردولو^۸، برجسب RFID فعال با حافظه قابل تجدید ابداع شد. در همان سال، چارلز والتون^۹ اختراعی تحت عنوان شناسایی کننده قابل حمل رادیویی را در تاریخ ۱۷ می ۱۹۸۳ به ثبت رسانید [۱۳].

¹ Norman joseph woodland

² Bernard silver

³ classifying apparatus & method

⁴ Radio Frequency Identification

⁵ Harry stockman

⁶ Robert Watson

⁷ Identification friend or foe

⁸ Mario Cardullo

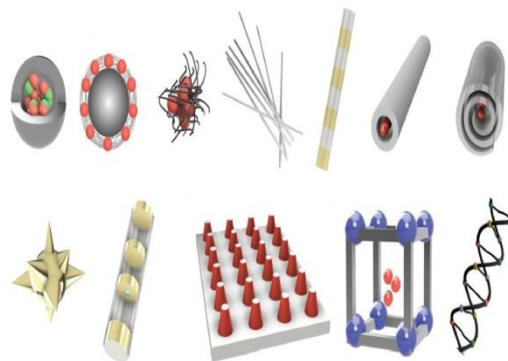
⁹ Charles walton

¹⁰ Russel cowburn

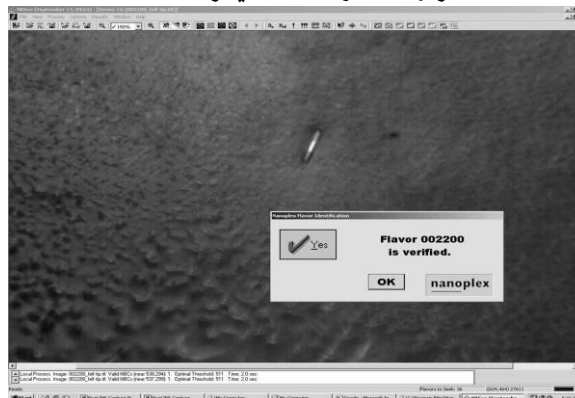
۳- روش های نوین نشان گذاری:

۳-۱- نانوبارکدها:

نانوبارکدها به صورت های مختلف و با نانو ذرات متفاوتی ایجاد میشوند. نانوبارکدها را در طی مرحله ای نیمه اتوماتیک که، با ابکاری قالب های نانو سایز مخصوص به وسیله فلزاتی مثل طلا، نقره، نیکل و پلاتین همراه است تولید کرد [۱۷-۱۹]. مزایایی این روش در مقایسه با بارکدهای قدیمی پیچیدگی در تشخیص وجود آن ها، نشانه گذاری مخفی و کپی کردن از آن هاست. این روش می تواند در مورد اسکناس، آثار هنری، جواهرات و سنگ های قیمتی به کار رود [۲۰، ۲۱]. روش های مختلفی برای تولید نانو بارکدها موجود می باشد که عبارتند از: نانو بید، نانو تیوب، نانو سیم و زیست بارکدها که به عنوان نانو بارکد شناخته میشوند [۲۰، ۲۲].



شکل ۴- نمایی شماتیک از نانوبارکدهای مختلف که به وسیله نانو ذرات متفاوت ساخته میشوند [۲۰].



شکل ۵- نرم افزار NBSEE و شناسایی یک نانوبارکد تنها با عکس و تطابق آن با کتابخانه داخلی نرم افزار [۲۱].

۳-۲- طیف سنجی رامان پیشرفته سطح و برجسب های نقطه

کوانتومی:

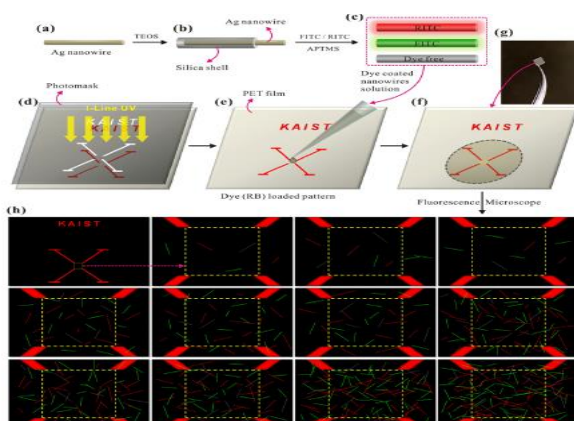
طیف سنجی رامان یک پدیده پراکندگی نور که در آن یک پرتو فوتونی با طول موج مشخص (یک لیزر) توسط مولکول پراکنده شده است [۲۳، ۲۴]. طیف سنجی رامان پیشرفته در سال ۱۹۷۴ توسط فلیشمن و همکارانش کشف شد که، فلیشمن طیف سنجی رامان شدید حاصل از جذب پیریدین ها به خورده های نقره مشاهده کرد [۲۵]. نقاط کوانتومی در واقع برخی نانوذرات نیمه رسانا هستند که، بسته به اندازه ذره و ترکیب نانوذره دارای تشعشع فلورسانس متفاوتی هستند. این برجسب ها می توانند بر روی شیشه، پلاستیک، کاغذ و دیگر اقلام نصب شوند. در طی تحقیقاتی که در سال ۲۰۱۴ توسط یان کویی و همکارانش صورت گرفته، توانسته اند براساس طیف سنجی رامان پیشرفته سطح لیبیل های براساس نانوسیم نقره تولید کنند [۲۶].

۳-۳- برجسب های نانوکامپوزیتی:

نانوکامپوزیت ها مواد چندفازی مایعی هستند که، یکی از فازهای آن میتوانند یک، دو یا سه بعد با اندازه ای کمتر از ۱۰۰ نانومتر داشته باشد، یا در ساختار خود دارای فاصله های نانومقیاس در بین فازها باشد که، ماده نانوکامپوزیت را می سازند [۲۷]. نانوکامپوزیت ها را میتوان از مواد طبیعی نیز تولید کرد که دوستدار محیط زیست بوده و الودگی زیستی ایجاد نکنند و بی خطر باشند که، به عنوان مثال ژاو و همکاران^۱ در سال ۲۰۱۴ موفق به تولید یک نانوکاغذ شفاف و درخشان شده اند که، از نانو ذرات طبیعی موجود در نانوفیبرلات سلولزی پوست سیر بدست می آید [۲۸]. همچنین اخیراً برجسب های نانوکامپوزیتی توسط دکتر پیترودا و همکارانش^۲ تولید شده که،

^۱ Zhao, Jingpeng

^۲ Sam Pitroda



۳-۵- برچسب های جدید با استفاده از ارایه های پلیمری در مقیاس نانو:

۳-۶- نشان گذاری با استفاده از دی ان ای

براساس نانوکامپوزیت ها است. این پرچسب ه
انگشت منحصر- به فرد است که، می تول
محصولات، کارت شناسایی و اسناد برای ارا
شناسایی و اعتبار سنجی ایمن و قابل اعتماد
۳۰].

مشکل از الگوها و چیدمان تصادفی نانوسیم‌های نقره می باشد. این اثرانگشت نانومقیاس، از نانوسیم‌های ۲۰ تا ۳۰ نانومتری نقره ساخته شده‌اند که به‌صورت تصادفی، روی سطح فیلم پلاستیکی پخش شده‌اند. طول این نانوسیم‌ها می‌تواند بین ۱۰ تا ۵۰ میکرون باشد که، به‌عنوان برچسب کالا می‌توان از آنها استفاده کرد. این برچسب‌ها را می‌توان روی کالاهای الکترونیکی، داروها، اسکناس‌ها و کارت‌های اعتباری چسباند. نسخه‌برداری از این برچسب‌ها تقریباً غیرممکن است، زیرا این الگوهای بسیار کوچک را نمی‌توان دستکاری کرد. هزینه کپی‌برداری از این الگوها به قدری زیاد خواهد شد که، احتمالاً از قیمت خود کالا نیز فراتر خواهد رفت. محققان این پروژه تخمین می‌زنند که، هزینه تولید این برچسب کمتر از یک دلار برای هر الگو باشد. برای ساخت این برچسب‌ها، محققان نانوسیم‌های منفرد را درون محلول غوطه‌ور کرده و سپس روی آن را با سیلیکا پوشش دادند. سپس آنها را با استفاده از یک رنگ فلورسانس ویژه تقویت کرده و در نهایت به‌صورت تصادفی آنها را روی یک فیلم از جنس پلی‌اتیلن‌تترا فنالات^۱ (PET) قرار دادند. وجود رنگ‌های فلورسانس موجب می‌شود، تا این الگوها که با چشم غیرمسلح کاملاً نامرئی هستند، قابل مشاهده توسط میکروسکوپ یا تجهیزات ویژه‌ای شوند [۳۱].

¹ Polyethylene terephthalate

است. تکنولوژی kolour optic توسط گروهی از دانشمندان در دانشگاه سایمون فرازر ابداع شد تا، جایگزینی برای هولوگرام ها باشد. این تکنولوژی، اولین نانوتکنولوژی مورد استفاده در صنعت لیبلینگ می باشد [۳۸].



شکل ۸- نمونه ای از لیبل تولید شده با فناوری o ptickolour
[۳۸].

۳-۴ شرکت nanoplex

شرکت نانوپلکس در سال ۲۰۰۲ در دره سلیکون سانفرانسیسکو امریکا تاسیس شده است. زمینه فعالیت این شرکت تولید محصولات برپایه ی نانوذرات برای مولکول های تشخیصی فوق العاده حساس و زمینه های دیگر است. از تولیدات این شرکت میتوان به نانوبارکد اشاره کرد که، در طی فرایندی نیمه اتوماتیک همراه با نانوذرات متفاوتی از جمله نقره، پلاتین تولید میشوند [۳۹].

۴-۴ شرکت bilcaretech

این شرکت موفق به تولید برچسب نشان گذاری نانوکامپوزیتی تحت عنوان nonclonableID شده است. که در توضیحات سایت این شرکت فرایند عملکردی این سیستم گزارش شده که، ابتدا برچسب توسط دستگاه خوانش گر خوانده شده و اطلاعات برچسب به بانک مرکزی اطلاعات فرستاده شده و

ان ای توسط پوششی در برابر نور فرابنفش و دیگر عوامل ناپایدارکننده دی ان ای محافظت میشود. مزیت این سیستم در غیر قابل جعل بودن آن است چراکه، برای جعل این سیستم باید توالی دی ان ای در دسترس باشد، میزان دی ان ای در زمان نشان گذاری به اندازه ای ناچیز می باشد که، نمیتوان آن را با روش هایی مثله ^۱ pcr تکثیر داد و همین مزیت مانع جعل این نشان گذاری میشود [۳۳، ۳۴].

۴-۴ روش های جدید و در حال استفاده در برخی کشور ها

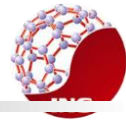
۴-۱- شرکت های applied dna science و selecta dna

دی ان ای یا همان ماده وراثتی در انسان و تقریباً در تمامی موجودات است. دی ان ای ویژگی های بسیار منحصر به فردی دارد که سبب شده در چند ده اخیر مورد توجه قرارگیرد [۳۵]. نشان گذاری با استفاده از دی ان ای توسط شرکت های امریکایی و بریتانیایی ابداع و مورد استفاده قرار گرفته است، از جمله شرکت های فعال در این زمینه میتوان به شرکت Selecta Dna و Applied Dna science اشاره کرد [۳۶، ۳۷]. شرکت selecta Dna در سال ۱۹۷۱ تاسیس شد و این شرکت با پلیس و سازمان های اجرای قانون هم، در انگلستان و هم بین المللی با ارائه محصولات امنیتی، خدمات و مشاوره، برای پیشگیری جرم در مقیاس های بزرگ و فعالیت های مالکیت همکاری می کند [۳۶].

۴-۲- موارد استفاده نانولیبلینگ

شرکت NANOTECH، در سال ۲۰۰۹ تاسیس و فعال در زمینه استفاده از فناوری نانو در لیبلینگ می باشد که، لیبل هایی مثل COLOR SHIFT, KOLOUROPTIK, ^۲M, DYNAMIC PORTRAIT, LIVE LOGO، را تولید میکند. این شرکت توسط فناوری نانو لیبل های نسل آینده را تولید کرده که، در صنعت مورد استفاده قرار گرفته

^۱ Polymerase chain reaction



۵-نتیجه گیری:

باتوجه به مطالب ذکر شده، همانطورکه مشاهده میشود تمامی روش های ابداعی معایب و مزایایی خاص خود را داشته که، دراین بین بازهم با وجود تمامی روش هایی ابداعی، جعل کنندگان کالا و کلاه برداران دست ازکارخود نکشیده وهمچنان درحال کپی کردن برچسب ها و تگ های شرکت های معتبر، اسناد تجاری، کالا های با کیفیت و برند و هویت هستند. بوجود آمدن تکنولوژی های جدید ازقبیل نانوتکنولوژی منجر به امیدواری مبارزه با جعل کالا، هویت های تقلبی، اسناد تقلبی و همچنین موجب ایجاد امیدی دوباره به صنایع شده است تا جلوی زیان های خود را بگیرند. از مزایای این حوزه می توان به موارد زیر اشاره کرد: جلب اعتماد مجدد مشتری به کالا و جبران خسارات ناشی از جعل محصولات. اما به دلیل معایب مختلف بر سر راه این حوزه مانند هزینه های سنگین و همچنین عدم توجه کافی به این موضوع، روند انجام تحقیقات به کندی جلو میرود. تحقیقات بیشتر در زمینه ی نانولیبلینگ، میتواند کمک شایانی به مبارزه با این مشکلات داشته باشد از جمله آنها، روش های برچسب های ضد جعل نانوسیم نقره می توان نام برد که، با توجه به هزینه پایین و همچنین سختی در جعل این برچسب ها، می تواند امیدی دوباره به صنایع تولیدی بدهد.

درنهایت سیستم تایید میکند که، این محصول اصل یا تقلبی است. این شرکت مدعی است درتولید این برچسب ها از مواد بخصوصی استفاده شده که، غیر قابل کپی و حتی توسط خود شرکت قابل تکثیر یا رونوشت برداری نیست [۳۰].

۵-۴- شرکت secure marking

این شرکت از استارت اپ های است که، درهمکاری با چاپ امنیتی و تکنولوژی های ضد جعل می باشد. این شرکت ابداع کننده ی سیستم یکپارچه، مدیریت زنجیره تامین بسته محافظت شده با استفاده از نانوتکنولوژی و اینترنت اشیا و بلاک چین است. محققین شرکت مطالعات گسترده ای در رابطه بااین سیستم انجام داده اند که منجر به چاپ مقالاتی دررابطه با سیستم های چاپ و خوانش، کد های پاسخ سریع چند لایه شده است [۴۰-۴۲].

۶-۴- شرکت LOCHEED و NANOBRICK و MARTIN

بر طبق گزارشات شرکت nanobrick موفق به تولید برچسب هایی بر پایه نانو فناوری شده که، به دو صورت آنلاین و آفلاین به فروش میرسد. این برچسب ها نتیجه ۸ سال تحقیقات این شرکت بوده. این برچسب ها با قرار گرفتن در مقابل یک آهن ربا، الگو و رنگ آن تغییر کرده و میتوان اصل و تقلبی بودن کالا را تشخیص دهند، این برچسب حتی با یک آهن ربا ساده که، حتی در موبایل موجود هست واکنش داده و تغییر میکند [۴۳]. شرکت locheed martin نیز موفق به تولید برچسب هایی نانو تیوب شده که، با توجه به هدایت الکتریکی بالا، برچسب می تواند الگوهای رسانایی خاصی ایجاد کند. الگوها برای چشم غیر مسلح قابل مشاهده نیستند و ظاهر محصول را تغییر نمی دهند [۴۴-۴۶].



25. K. Kneipp, M. Moskovits, and H. Kneipp, **103**, (2006).
26. Y. Cui, R.S. Hegde, I.Y. Phang, H.K. Lee, and X.Y. Ling, *Nanoscale*, **6**, 282-8, (2014).
27. M.R. Shirdar, N. Farajpour, R. Shahbazian-Yassar, and T. Shokuhfar, *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, **13**, 1-13, (2019).
28. J. Zhao, Z. Wei, X. Feng, M. Miao, L. Sun, S. Cao, L. Shi, and J. Fang, *ACS Appl Mater Interfaces*, **6**, 14945-51, (2014).
29. https://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=39292.
30. http://www.bilcare.com/businesses/bilcare_technologies2.htm.
31. J. Kim, J.M. Yun, J. Jung, H. Song, J.B. Kim, and H. Ihee, *Nanotechnology*, **25**, 155303, (2014).
32. K.G. Lee, B.G. Choi, B.I. Kim, T. Shyu, M.S. Oh, S.G. Im, S.J. Chang, T.J. Lee, N.A. Kotov, and S.J. Lee, *Adv Mater*, **26**, 6119-24, (2014).
33. J.A. Hayward and J. Meraglia, *International Symposium on Microelectronics*, **2011**, 107-112, (2011).
34. James A. Hayward, *TAPPI PLACE Annual Meeting*, (2007).
35. <https://ghr.nlm.nih.gov/primer/basics/dna>.
36. <https://www.selectadna.co.uk/about-us>.
37. <http://www.wadnas.com>.
38. <https://www.nanosecurity.ca/products/kolouropftk/>.
39. <https://www.crunchbase.com/organization/nanoplex-technologies#section-overview>.
40. A. Baride, J.M. Meruga, C. Douma, D. Langerman, G. Crawford, J.J. Kellar, W.M. Cross, and P.S. May, *RSC Advances*, **5**, 101338-101346, (2015).
41. J.M. Meruga, C. Fountain, J. Kellar, G. Crawford, A. Baride, P.S. May, W. Cross, and R. Hoover, *International Journal of Computers and Applications*, **37**, 17-27, (2015).
42. <https://www.crunchbase.com/organization/securemarking#section-overview>.
43. http://www.nanobrick.co.kr/en/product_en/security/m-tag.
44. <https://statnano.com/news/62396>.
45. M.S. Beck, H.S. Ladriz, and J.W. Ward, (2015).
46. <https://www.lockheedmartin.com/en-us/index.html>.
1. I. Phau and M.J.J.o.c.m. Teah, *Journal of consumer marketing*, **26**, 15 27, (2009).
2. S. Modi and S.J.C.P. Wadhwa, *csc*, (2009).
3. D. Bansal, S. Malla, K. Gudala, and P. Tiwari, *Sci Pharm*, **81**, 1-13, (2013).
4. H.I. Bjelkhagen and E. Miris, *Applied Optics*, **47**, A123, (2008).
5. S.F. Johnston, *Leonardo*, **41**, 223-229, (2008).
6. <https://www.americanscientist.org/article/whatever-became-of-holography>.
7. A. Sharma and D. Thomas, *Journal of Information Systems Applied Research*, **7**, 25, (2014).
8. A.A. Smith-Ditizio and A.D. Smith, 5273-5284, (2018).
9. <https://www.barcoding.com/resources/barcoding-basics/the-history-of-barcodes/>.
10. K. Erten and B.O. Turan, *Sahibi/owner*, **1**, 114-125, (2017).
11. C.M.J.C. Roberts and security, *Computers & Security*, **25**, 18-26, (2006).
12. M. Cardullo, *RFID JOURNAL*, 1-3, (2003).
13. M.J.R.J. Cardullo, *RFID JOURNAL*, **2**, 13-15, (2005).
14. R.J.C.P. Cowburn, *Contemporary Physics*, **49**, 331-342, (2008).
15. J.D. Buchanan, R.P. Cowburn, A.-V. Jausovec, D. Petit, P. Seem, G. Xiong, D. Atkinson, K. Fenton, D.A. Allwood, and M.T.J.N. Bryan, *nature*, **436**, 475, (2005).
16. R.J.S.P.T.f.F.M.C.G. Cowburn, 281-303, (2008).
17. S.R. Nicewarmer-Pena, R.G. Freeman, B.D. Reiss, L. He, D.J. Pena, I.D. Walton, R. Cromer, C.D. Keating, and M.J. Natan, *Science*, **294**, 137-41, (2001).
18. I.D. Walton, S.M. Norton, A. Balasingham, L. He, D.F. Oviso, D. Gupta, P.A. Raju, M.J. Natan, and R.G.J.A.C. Freeman, *Analytical chemistry*, **74**, 2240-2247, (2002).
19. B.D. Reiss, R.G. Freeman, I.D. Walton, S.M. Norton, P.C. Smith, W.G. Stonas, C.D. Keating, and M.J.J.o.E.C. Natan, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **522**, 95-103, (2002).
20. S. Shikha, T. Salafi, J. Cheng, and Y. Zhang, *Chem Soc Rev*, **46**, 7054-7093, (2017).
21. S.G. Penn, S.M. Norton, I.D. Walton, R.G. Freeman, and G. Davis, *Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques V*, **5310**, 337-341, (2004).
22. <http://msut.technologypublisher.com/technology/23679>.
23. K. Kneipp, H. Kneipp, I. Itzkan, R.R. Dasari, and M.S. Feld, *Journal of Physics: Condensed Matter*, **14**, R597, (2002).
24. P.L. Stiles, J.A. Dieringer, N.C. Shah, and R.P. Van Duyne, *Annu Rev Anal Chem (Palo Alto Calif)*, **1**, 601-26, (2008).

۵. منابع