

نوع مقاله: پژوهشی

صفحات ۱۲۴ - ۱۰۹

چالش‌های اخلاقی کاربرد فناوری نانو تکنولوژی در کشف جرم

^۱ رضا سعودی

^۲ سید قاسم زمانی

^۳ ابومحمد عسگرخانی

چکیده

پیچیدگی‌های موجود در روابط اجتماعی در جهان امروز، نحوه ارتکاب جرایم را پیچیده کرده و کشف جرایم پیچیده نیازمند ابزارهای اخلاقی، پیچیده و فنی است و دیگر از طرق سنتی و دیرین نمی‌توان به همه نیازهای جامعه برای کشف جرم پاسخ داد. به همین روی فناوری نانو همانند دیگر زمینه‌های علمی، در علوم جنایی نیز وارد شده است و از شناسایی گرفته تا منحصراً سازی و ارزیابی اسناد و ادله جمع‌آوری شده در صحنه جرم کاربرد فراوان پیدا کرده است. فناوری نانو با توجه به قابلیت‌های فراوان آن در تشخیص و آشکارسازی سریع و دقیق آثار جرم، می‌تواند در راستای جلوگیری از وقوع جرم و شناسایی متخلفان موثر باشد. استفاده از این فناوری در تشخیص DNA و انگشت‌نگاری می‌تواند راه‌های جدید و علمی برای آشکارسازی و بهبود آثار پنهان حاوی DNA و انگشت ارائه نماید که در غیر این صورت کشف نشده باقی خواهند ماند. امروزه گستره فعالیت‌های پلیس جنایی با بهره‌گیری از پیشرفته‌ترین تجهیزات و امکانات فناوری زیستی و نانو، وسیعتر شده و امروزه استفاده از میکروسکوپ الکترونی، نانوحسگرها، حسگرهای زیستی و روش‌های گوناگون طیف بینی، در آزمایشگاه‌های جنایی معتبر پلیس رایج شده است و کشف حقیقی جرم بدون باقی‌ماندن کوچکترین ابهام و با پیشرفت فناوری نانو همراه گردیده است. همچنین، ملاحظات اخلاقی در بهره‌گیری از این فناوری مورد توجه پژوهشگران است.

واژگان کلیدی

چالش‌های اخلاقی، فناوری نانو، تکنولوژی، مالکیت فکری، کشف، جرم.

۱. دانشجوی دکتری حقوق بین الملل، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امارات متحده عربی، دبی.

Email: dr.rezasoudi@gmail.com

۲. دانشیار دانشکده حقوق و علوم سیاسی، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول).

Email: Drghzamani@gmail.com

Email: asgarkhani@yahoo.com

۳. استادیار دانشگاه تهران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۱۲/۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۶

طرح مسأله

فناوری نانو یا موج آینده، هنر و علم تغییر چیزها در سطح اتمی یا مولکولی است. ذرات نانو همه جا در طبیعت وجود دارند؛ آنها را می‌شود در آتش، دود، ویروس‌ها، پروتئین‌ها، فوران آتشفشانی، مواد معدنی، خاک رس، مه، شر و خون، پوست، شاخ، مو، منقار، بال حشرات، برگ سدر، پای مارمولک و غیره یافت. این نانوذرات طبیعی، به صورت طبیعی خطرناک نیستند و به راحتی از طریق سیستم دفاعی بدن انسان دفع می‌شوند. همچنین نانوذراتی نیز وجود دارند که محصول فرعی ساخته‌های بشری‌اند، مثل ذرات حاصل از دود پخت و پز، فاضلاب‌های صنعتی و غیره. با این حال این شرایط با تغییر آگاهانه نانوذرات طبیعی به نانو مواد مهندسی شده تغییر می‌کند. نانومواد طبیعی موضوع علم نانوی مدرن و فناوری نانو نیستند و بنابراین مطالعه علم نانو و فناوری نانو درباره نانوذرات طبیعی نیست. در عوض پژوهش‌های مدرن علم نانو و فناوری نانو به نانومواد مهندسی شده‌ای می‌پردازد که می‌توانند آگاهانه و با هدفی خاص در محیط آزمایشگاهی اصلاح شوند و خاصیت‌های متفاوتی پیدا کنند. بر همین اساس قرن ۲۱، قرن فناوری نانو نام یافته است و با شتابی فوق‌العاده، تمدن بشر را تغییر خواهد داد. علم کشف جرایم نیز با توجه به تجهیز مجرمین به فناوری روز باید خود را به فناوریهای نانو مجهز نماید.

در صحنه‌های انفجار عمدی و یا بمباران، مواد منفجره عمل کرده و این مواد در این حالت در مقادیر بسیار جزئی و میکروسکوپی هستند که نانو تکنولوژی با افزایش حد تشخیص و بالا بردن حساسیت می‌تواند در شناسایی این مقادیر، ولو در حد بسیار جزئی و ناچیز، برای کارشناسان علوم جنایی راهگشا باشد.

بدیهی است که افزایش جرم و جنایت، احساس امنیت را از جامعه می‌زداید؛ به طوری که این امر باعث وحشت و اضطراب عموم مردم خواهد شد. همین امر عاملی شد تا احساس نیاز به تقویت توان مقابله علمی با مجرمان در نیروی پلیس ایجاد شود و تشخیص هویت پلیس آگاهی با هدف جمع‌آوری پیشینه مجرمان از طریق حفظ و نگهداری آثار انگشت آنان، تعیین هویت، بررسی علمی صحنه جرم، جمع‌آوری صحیح دلایل و مدارک باقی مانده در صحنه جرم به خصوص آثار بیولوژیکی حاوی DNA و روش‌های آزمایشگاهی نوین با تجزیه و تحلیل آثار به دست آمده از صحنه جرم پایه‌گذاری شود.

قانونگذار نیز موضوع کشف علمی جرایم با دانش روز را جدی گرفته و ظاهراً خلأیی در این رابطه به نظر نمی‌رسد. کشف جرم و جمع‌آوری دلایل علیه فرد مشخص به عنوان متهم جرم از وظایف دادستان‌هاست. امروزه از طریق علم و با کمک میکروسکوپ، آزمایشات خونی، آثار انگشت و لکه‌ها و سیستم میکروبیولوژی انواع و اقسام روش‌های شیمیایی و آناتومی و علوم طبیعی و روش‌های روانشناسی می‌توان محل وقوع جرم را کاملاً و به صورت دقیق بررسی و

مجرم را شناسایی کرد.

اخیراً فناوری جدید تجزیه و تحلیل نمونه در مقیاس نانو نیز در حوزه ژنتیک، پزشکی، شیمی تجزیه در شاخه‌های مختلف علوم جنایی کاربرد فراوانی پیدا کرده است. ورود نانوتکنولوژی به علوم جنایی از دو مسیر می‌باشد. کاربرد نانوتکنولوژی می‌تواند به صورت تشخیص و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها در ابعاد و مقیاس نانو باشد که با روش‌های مرسوم و روتین تجزیه و تحلیل اسناد و شواهد کمی در مقادیر بسیار کم امکانپذیر نمی‌باشد. علاوه بر این مواد نانو، با داشتن خواص ویژه و منحصر به فرد خود، می‌توانند به جمع‌آوری و تشخیص اسناد و شواهدی که قبلاً قابل شناسایی و تجزیه و تحلیل نبودند کمک شایانی کنند.

بررسی کاربرد فناوری نانو تکنولوژی در کشف جرم جنبه نوآوری تحقیق را آشکار می‌سازد و مهمترین هدف این پژوهش در بررسی این موضوع دادن بینش جهت انتخاب روشهای ارتقاء فنی تجهیزات مراجع علمی کشف جرم همچون اداره تشخیص هویت و انگشت‌نگاری، مطابق فناوری روز در عرصه نانو می‌باشد.

لازم به ذکر است با توجه به رفتارهای غیر قابل پیش بینی ساختارهای نانو نسبت به اشکال اولیه و عدم دانش فعلی نسبت به عملکرد این ساختارها در محیط‌های بیولوژیک و رسمیت بالقوه آنها، به نظر می‌رسد ضوابط اخلاقی بر نحوه ساخت و اثرات آن در محیط زیست پیرامونش، نیاز به تدوین راهکارهایی دارد تا از وقوع فجایعی که می‌تواند از کشف مواد خاص عناصر سنگین و ارتباط آن یا ایجاد سرطان، خطرناک تر باشد جلوگیری به عمل آید.

۱- مفاهیم

استفاده از مواد نانو برای بهبود محصولات گوناگون پیشینه‌ای دراز دارد. تاریخ حاکی از آن است که دست کم در قرن ۴ میلادی، مردم تکنیک استفاده از نانوذرات را در حوزه‌های گوناگون می‌دانسته‌اند. کاریکاتوربست‌ها و نویسندگان داستان‌های علمی تخیلی عصر مدرن نیز به معرفی برخی مفاهیم و ایده‌ها در این حوزه کمک کرده‌اند. با این حال تاریخ مدرن نانوتکنولوژی با سخنرانی تاریخ ساز نابغه و برنده جایزه نوبل، "ریچارد فاینمن" در جلسه انجمن فیزیک آمریکا، در موسسه فناوری کالیفرنیا در ۲۹ دسامبر ۱۹۵۹، با عنوان «آن پایین‌ها یه عالمه جا هست» آغاز شد. در این سخنرانی، فاینمن از امکان جابجا کردن اتم‌های اشیاء سخن گفت. نانوتکنولوژی نخستین بار به وسیله "نوریو تانی گوچی" پروفیسور ژاپنی، در سال ۱۹۷۴ البته در حوزه ماشین‌کاری مافوق نرم ابداع شد. "کی اریک" در کسلر از افراد برجسته‌ای است که این مفهوم را به عموم شناساند.^۱

1- Wasson, Andrew, *protecting the next small thing: nanotechnology and the reverse doctrine of equivalents*, DUKEL. & TECH.REV, 2004, p 62.

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود که ذیلاً قابل بررسی است.

۱-۱- تعریف نانو

نانو، یک واحد اندازه‌گیری است مشابه متر، کیلومتر، سانتیمتر، میلی‌متر، فوت، اینچ، بایت، کیلوبایت، گیگابایت، ترابایت، ... واژه نانو همچون بسیاری پیشوندهای اندازه‌گیری دیگر از واژه یونانی نانوس^۱ به معنی کوتوله/مرد بسیار کوتاه قامت، گرفته شده است و معادل یک بیلیونیم است. نانومتر یعنی یک بیلیونیم متر یا یک میلیونیم میلی‌متر. کلمه نانو اکنون ارزش تجاری فراوانی یافته و جامعه تجاری از این واژه اغلب در معنای چیز بسیار کوچک و چیزی که در مقیاس کم کار می‌کند یاد می‌کند. یکی از نکات مهمی که در اینجا باید اشاره شود این است که در مقیاس نانو ذرات در مقایسه با حالتی که در جسم مجتمع هستند رفتار متفاوتی دارند و همین امر مانع از این شده است که مسئولین بتوانند به تصمیم جمعی برای کنترل و نظارت بر مواد نانو برسند.^۲

۱-۲- تعریف فناوری نانو

فناوری نانو، علم دستکاری ماده در محدوده ۱۰۰-۱ نانومتر است. این فناوری قابلیت‌ها و مزایای زیادی را برای بهتر زیستن و پیشرفت‌های سریع پزشکی و اقتصادی فراهم کرده است. از این فناوری برای ساخت نانو لوله‌های کربنی، انتقال دارو، درمان، تشخیص بیماریها و اندازه‌گیری مواد استفاده می‌شود.^۳ علوم و فناوری مقیاس نانو، زیست‌شناسی و ژنتیک ملکولی و علوم رایانه و فناوری اطلاعات مولفه‌های انقلاب علمی - صنعتی سوم را تشکیل می‌دهند.^۴

در تعریفی بیان شده است که نانو تکنولوژی، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی و استفاده از خواص است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. از همین تعریف ساده بر می‌آید که نانو تکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست. برای نانو تکنولوژی کاربردهایی را در حوزه‌های مختلفی از غذا، دارو، تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی محیط زیست، مواد، هوا فضا و امنیت ملی بر شمرده‌اند. کاربردهای وسیع این عرصه

1- Nannos.

2- Sylvester, Douglas, *not again, public perception, regulation and nanotechnology*, REG. & Governance, 2009, p 18.

۳- حیدری، علی احسان، «ملاحظات اخلاقی در به کارگیری فناوری نانو»، اخلاق در علوم و فناوری، سال دوم، شماره ۳، ۱۳۸۶، ص ۲۳.

۴- رفیعی تبار، هاشم، «یجاد و گسترش علوم و فناوری نانو در ایران»، مجله پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی، شماره ۲۵، ۱۳۸۱، ص ۱۸۷.

به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته‌ای و فرابخش مطرح کرده است.^۱

عمده موارد کاربرد علم نانو شامل موارد ذیل می باشند:

- ۱- کنترل بهداشت و بیماریها
- ۲- مبارزه با عوامل بیماری زا در مقاطع مدت‌دار زمانی
- ۳- تولید واکسن‌های دامی با استفاده از نانومولکولها مورد توجه زیادی می‌باشد.
- ۴- تعیین و شناسایی بسیار جزئی آلودگی‌های شیمیایی، ویروسی یا باکتریایی
- ۵- تولید دندریمر
- ۶- تولید پلیمرهای سنتزی^۲

اکنون تعاریف زیادی از فناوری نانو در دست است. دو تعریف عمده این واژه از این قرار است:

الف) تعریف تک محور که به وسیله سازمان‌های مختلفی همچون کمیسیون اروپا ارایه می‌شود و دلالت‌هایی در زمینه سیاست‌گذاری در این حوزه دارد؛

ب) تعریف فهرست محور که به وسیله اداره ثبت اختراعات اتحادیه اروپا تهیه شده و شامل فهرستی از کاربردهای نانوتکنولوژی است؛ مواردی چون نانوبیوتکنولوژی، نانوالکترونیک، نانومواد و غیره، و برای شرکت‌های فعال در این حوزه مفید است.

تحلیل دقیق تمامی تعاریف تک محور موجود حاکی از آن است که عمده این تعاریف از تعریفی ناشی می‌شود که ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در ایالات متحده^۳ ارایه داده است. با این حال، NNI در اطلاق نانوتکنولوژی به چیزها، محدودیت‌هایی قائل است و این واژه را تنها در صورتی به کار می‌برد که تمامی ویژگی‌های زیر وجود داشته باشد:

- توسعه فناوری تحقیقات در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه ای ۱ تا ۱۰۰ نانومتر

- خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه کوچک یا حد میانه آنها، خواص و عملکرد نوینی دارند؛

- توانایی کنترل یا دستکاری در مقیاس اتمی^۴

۱- عباسی، ایمان، «فناوری نانو چیست؟»، کتاب ماه علوم و فنون، شماره ۸۷ و ۸۸، ۱۳۸۴، تیر و مرداد، ص ۹۲.
۲- مرادی، محمدحسین، دیگران، «جایگاه فناوری نانو در توسعه صنعت کشاورزی»، فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۱۵، ۱۳۸۶، ص ۳۹-۳۶.

3- NNI.

۴- نقدی، یزدان و دیگران، «ثرات گسترش فناوری نانو تکنولوژی بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب»، مدلسازی اقتصادی، سال هفتم، شماره ۲۱، ۱۳۹۲، ص ۸۶.

تمامی این ویژگی‌ها، یعنی داشتن مقیاس نانو، ساخت و کاربرد ساختارها و ابزار و توانایی کنترل، نانوتکنولوژی عصر حاضر را از نانوتکنولوژی طبیعی، تصادفی یا زیست محیطی متمایز می‌کند.

۱-۳- تعریف نانوذره

نانوذره را رشته معجزه آسا یا جادویی می‌دانند. این ذرات بر سه نوعند: نانوذرات مهندسی شده (به آنها نانوذرات صنعتی یا تولیدشده یا غیرارگانیک هم می‌گویند مثل نانوذرات طلا یا نقره)، نانوذرات تصادفی (مثل ذراتی که در بخارهای حاصل از جوشکاری، آسپزی یا آگروز ماشین وجود دارد)، و دیگری نانوذرات حاصل از جریان‌ات طبیعی (مه نمک حاصل از اقیانوس، یا آتش سوزی در جنگل‌ها). از سه بعد یک ماده یعنی طول، عرض و ارتفاع، موادی که یکی از ابعاد آنها در مقیاس نانومتر باشد، نانولایه نامیده می‌شوند؛ موادی که دو بعد این چینی داشته باشند نانو رشته و موادی که هر سه بعد آنها در این مقیاس باشد نانوذره نام دارند.

۱-۴- نانو مواد

نانو مواد، موادی هستند که دست کم یکی از ابعاد آنها در مقیاس نانومتر باشد و حداقل نیمی از ذرات آنها نانو ذره باشند یعنی اندازه آنها بین ۱۰۰-۱ نانومتر باشد. به عبارت ساده، نانو ماده، به موادی اطلاق می‌شود که با استفاده از نانوذرات ساخته شده‌اند. کمیسیون اروپا^۱ در گزارشی درباره ملاحظاتی در تعریف نانو ماده با اهداف نظارتی، کلیه تعاریف ارائه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی نظیر OECD، اتحادیه اروپا، هیات علمی رسیدگی به مخاطرات تازه ظهور در عرصه سلامت، سازمان نظارت بر محصولات آرایشی اتحادیه اروپا و غیره را در نظر گرفته است؛ همچنین تعاریفی که در تدوین قوانین شهرداری در کشورهای مختلف نظیر استرالیا، کانادا، دانمارک، بریتانیا و ایالات متحده آمریکا وجود دارد لحاظ شده‌اند. EC نانو ماده را موادی تعریف می‌کند که ابعاد ساختارهای داخلی و یا خارجی آنها در محدوده نانومتر قرار می‌گیرد؛ در این محدوده اغلب ۱۰۰ نانومتر، حد و اندازه‌ای است که مقیاس نانو را از مقیاس‌های میکرو و ماکرو جدا می‌کند. هر چند تلاش اتحادیه اروپا مورد استقبال واقع شده، این تعریف مورد انتقادهایی هم قرار گرفته است. شورای صنایع شیمیایی اروپا^۲ که مرکز آن در بروکسل واقع است، به این نتیجه رسیده که این تعریف، تعریف گسترده‌ای است و نمی‌توان از آن به شکل معناداری در تدوین قوانین استفاده کرد چرا که محدودیت‌های غیرضروری برای شرکت‌ها ایجاد می‌کند، هزینه‌های اضافی بر آنان تحمیل می‌کند، باعث کاهش استفاده موثر از منابع و موادی می‌شود که عمرشان به چندین دهه می‌رسد؛ مثلاً طبق این تعریف رنگدانه‌های معدنی مورد

1- European Commission. (EC)

2- Cefic European Chemical Industry Council. (CEFIC)

استفاده در رنگ ها و سایر محصولات می شود که هر روزه تولید می شوند جز دسته نانومواد قرار می گیرند.

هر چند قاعدتاً پیش بینی می شود که تعریف نانو مواد لازمه هر نوع عملیات نظارتی است، این تعریف باز هم نمی تواند همه مشکلات را برطرف کند. "اندروماینارد" یکی از کارشناسان برجسته که معتقد بود باید تعریفی از نانو به دست داده شود بعدها متوجه شد برای این فناوری ممکن است یک اندازه مناسب برای همه مناسب نباشد، بنابراین بهتر است مواد نانو را به صورت موردی تعریف کرد. کمیسیون اروپا نیز از لحاظ جنبه ایمنی نانومواد مهندسی شده، روش موردی را ترجیح می دهد.^۱

۲- کاربرد نانو تکنولوژی در کشف آثار انگشت صحنه جرم

محققان، روش های جدیدی را برای تشخیص اثر انگشت بر پایه نانو ذرات و به خصوص نانو ذرات عامل دار شده ارایه داده اند. یکی از این کارها، ارایه پودرهایی است که در مقایسه با پودرهای کلاسیک بسیار پیشرفته اند. استفاده از نانو ذرات فلزی برای تشخیص اثر انگشت در انواع سطوح از سال ۲۰۰۸ مورد توجه محققان علوم جنایی قرار گرفته است. در این میان بیشترین توجه به نانو ذرات فلزی طلا و نقره معطوف گشته است. اخیراً فناوری چند فلزی بر اساس نانو ذرات طلا و بهبود دهنده های فیزیکی براساس نانو ذرات نقره بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. که در ذیل به تشریح آن خواهیم پرداخت.

۲-۱- استفاده از نانوذرات اکسید تیتانیوم برای ظهور آثار انگشت

پژوهشگران استرالیایی موفق به کشف روش جدیدی برای ظهور آثار انگشت پنهان روی سطوح بدون حفره، مانند پلاستیک، فلز و سطوح شیشه ای رنگی و... شده اند. معمولاً برای ظاهر کردن آثار انگشت پنهان روی سطوح بدون حفره از پودرهای معمولی استفاده می شود. این پودرها به باقی مانده چربی یا آبی اثر انگشت چسبیده، یک اثر پایدار و مرئی را برای عکاسی تشکیل می دهد. ترکیب کشف شده شامل نانوذرات اکسید تیتانیوم است که به دلیل داشتن خواص بصری، الکتریکی و فوتوکاتالیزوری، به طور گسترده ای مطالعه شده است.^۲

ممکن است بتوان از این نانوذرات به صورت یک خمیر نقاشی، اسپری محلول یا حتی به صورت شناور در یک شناساگر ویژه استفاده کرد، حتی شاید بتوان با استفاده از آن اثر انگشت روی سطوح چسبناک و خارجی نوارهای الکتریکی تیره رنگ و نوارهای لوله ای را نیز آشکار ساخت. به هر حال از خواص مهم این ماده، جذب سطحی ترکیب ها و عمل کردن آن به عنوان

1- Ju-Nam, Yon, *manufactured nanoparticles in related to pleural effusion*, respiratory journal, 2009, p 61.

۲- گذری بر فناوری نانو در علوم مختلف، ۱۳۸۷، ماهنامه فناوری نانو، شماره ۱۳۴، آذر، ص ۷۸.

یک درخشان کننده نوری است که می‌تواند برای کارشناسان قانونی بسیار جالب توجه باشد. در این پژوهش دانشمندان استرالیایی از مزدوج شدن نانوذرات اکسید تیتانیم با رنگ دانه‌های بسیار پایدار مثل پرلین و پرلین دی آمین استفاده کرده‌اند. محدوده جذبی این رنگ دانه‌ها در گستره طول موج‌های قرمز تا بنفش و حتی سیاه قرار می‌گیرد. این پژوهشگران پیش‌بینی کرده‌اند که ترکیب کردن ذرات اکسید تیتانیم با یک رنگ دانه فلورسنت قوی حاوی استخلاف‌های چربی دوست، کارآیی اکسید تیتانیم را در آشکار کردن آثار انگشت پنهان افزایش می‌دهد. در پایان این بررسی، پژوهشگران با استفاده از اولئیل آمین و ۱۰، ۹، ۴، ۳- پرلین تترابروکسیلیک دی انیدرید، موفق به تهیه مشتق جدید پرلین دی ایمید شدند و پس از پوشش دادن نانو ذرات اکسید تیتانیم با این رنگ دانه جدید، متوجه شدند که این ترکیب چندسازه در محدوده ۷۰۰-۶۵۰ نانومتر، فلورسانس قوی‌ای را نشان داده، در طول موج ۵۰۵ نانومتر (سبز - آبی) برانگیخته می‌شود. با وجود این ویژگی‌ها اما نمی‌توان از آن برای ظهور آثار انگشت روی سطوح چوبی استفاده کرد. بر این اساس دانشمندان در حال بررسی دیگر نانوذرات اکسید فلزی قابل استفاده برای سطوح چوبی و سطوح دیگر هستند.

دکتر Menzel، از نانو کریستال‌های نیمه هادی کادمیم - سولفید پوشش‌دار شده با دیوکتیل سولفوسوکسینات برای افزایش وضوح اثر انگشت استفاده کرد و هدف آن از استفاده از نانوذرات، افزایش وضوح اثر انگشت مرئی شده با سیانواکریلات بود.^۲

Worley و همکارانش در آزمایشگاه لس آلامس یک روش جدید با استفاده از میکرو فلورسانس اشعه ایکس برای تشخیص تصویر اثر انگشت توسعه دادند. در روش‌های رایج، که در آن از مواد شیمیایی برای تشخیص اثر انگشت استفاده می‌شود، اثر انگشت از واکنش بین واکنشگرهای شیمیایی و آمینواسیدها و اسیدهای چرب اثر انگشت مرئی می‌شود، حال آنکه در روش میکرو فلورسانس اشعه ایکس، اجزای معدنی اثر انگشت تشخیص داده می‌شود و از مزایای عمده آن، ماهیت غیر تخریبی بودن روش و پایداری بالای اجزای معدنی برشمرده می‌شود. در طول تجزیه و تحلیل، اثر انگشت دست نخورده باقی می‌ماند و می‌تواند برای تجزیه و تحلیل‌ها و آزمایش‌های بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. بیشتر اجزای معدنی تشکیل دهنده اثر انگشت، یون‌های کلرید و پتاسیم می‌باشد. سایر اجزای معدنی اثر انگشت که توسط روش میکرو

۱- همان، ص ۷۸.

۲- مرادی، نسرین سادات و معروفی، یونس، ۱۳۹۳، کاربرد نانوتکنولوژی در کشف علمی جرم، مجله کارآگاه، دوره دوم، سال هفتم، شماره ۲۸، پاییز، ص ۹۱.

فلورسانس اشعه ایکس تشخیص داده می شود سیلیکون، کلسیم و آلومینیم می باشد.^۱ نانو ذرات اکسیدی به دلیل ویژگی های نوری شان، یعنی رنگ و فلورسانس، برای شناسایی اثر انگشت مناسب هستند؛ زیرا هم به صورت پودرهای سفید موجود می باشند مانند: تیتانیم دی اکسید و روی اکسید و یا ذرات سیاه هستند مانند اکسید آهن. چنین معرف هایی به عنوان پودرهای متداول در شناسایی به کار می روند. همچنین برای شناسایی اثر انگشت ها روی سوبستراهای غیر متخلخل، روی سطح چسبنده نوارها یا به عنوان پودرهای متداول در سطوح خیس از معرف های ذرات کوچک استفاده می شود. به جای استفاده از برس، نمونه ها در سوسپانسیونی از ذرات غوطه ور می شوند. در این فرآیند اثر انگشت ها می توانند با به دام افتادن ذرات اکسید فلزی در ماتریکس چربی ترشحات انگشت شناسایی شوند.^۲

۲-۲- استفاده از نانوذرات طلا برای ظهور آثار انگشت

آشکارسازی مطمئن و سریع اثر انگشت را باید قدر دان دو توسعه در فناوری نانو بود. در این روش آشکارسازی اثر انگشت، ابتدا سطح علامتگذاری شده با محلول سوسپانسیون نانو ذرات طلا که توسط یونهای سیترات پایدار شده باشد، پوشش داده می شود که تحت محیط اسیدی، ذرات طلا به مولکول های بار مثبت اثر انگشت می چسبند، سپس خطوط اثر انگشت با محلول یونهای نقره تحت واکنش شیمیایی، احیاء شده و سپس اثرات تیره فلز نقره در محل خطوط برجسته اثر انگشت پدیدار می شود. ولی محلول طلا بسیار ناپایدار است و تکرار روش از یک آزمایش به آزمایش دیگر مشکل است.^۳ نانو ذرات طلا که زنجیره های آلیفاتیکی به آنها گرفت شده است می توانند توانایی پودر برای برهم کنش با ترشحات انگشت سبابه را افزایش دهد.^۴

"لین" و همکارانش دریافته اند که نانو ذرات طلا می تواند به طور اساسی بازده واکنش PCR^۵ را افزایش دهد. زمانی که نانو ذرات طلا در ابعاد ۰/۷ تا ۱۳ نانومتر به واکنشگر PCR اضافه می شود، زمان واکنش کاهش می یابد. در حالیکه تعداد چرخه های سرد شدن - گرم شدن افزایش می یابد. نتایج نشان می دهد که حساسیت این روش در مقایسه با PCR معمولی ۵-۱۰ برابر و نسبت به PCR حقیقی ده هزار برابر افزایش می یابد. علت این افزایش حساسیت به

۱- همان، ۹۱.

۲- خانجانی، سمیه و نبوی فرد، سمانه، ۱۳۹۳، کاربرد نانو ذرات در تشخیص دقیق اثر انگشت، مجله کارآگاه، دوره دوم، سال هفتم، شماره ۲۸، پاییز، ص ۸۴.

۳- آگند، فریما و نادری، نادر، ۱۳۸۸، آشکارسازی اثر انگشت مبتنی بر فناوری نانو، مجله کارآگاه، دوره دوم، سال دوم، شماره ۶، بهار، ص ۱۰۹.

۴- خانجانی، سمیه و نبوی فرد، سمانه، پیشین، ص ۸۱.

انتقال گرمایی بسیار بالای نانو ذرات نسبت داده‌اند.^۱

۲-۳- جایگزینی انگشت نگاری نانو به جای نمونه خون

سالهاست که بانک اطلاعاتی اثر انگشت، به عنوان یک سیستم پذیرفته شده توسط دادگاهها و مؤثر در جهت پیشبرد فرآیند تحقیقات جنایی در خدمت محققان این رشته قرار دارد. اما امروزه با پیشرفت گسترده‌ای که در زمینه رایانه صورت گرفته امکان ایجاد بانک‌های اطلاعاتی قابل جستجو در زمینه‌های دیگری مانند DNA و... فراهم گشته است. در جرم‌هایی که هیچ مظنونی وجود نداشته باشد، بانک اطلاعاتی DNA در تعیین هویت آثار بیولوژیکی باقی مانده در صحنه جرم بسیار مهم است.

تا به امروز انگشت نگاری برای دستگیری مجرم یا شناسایی شخص به کار گرفته می‌شد. دانشمندان بریتانیایی که با "دیوید راسل" کار می‌کنند می‌خواهند استفاده از انگشت نگاری را برای کشف مواد مخدر، دوپینگ و تشخیص بیماری ممکن سازند. همچنین تیمی از دانشگاه انگلیا شرقی در نورویچ و کالج کینگز در لندن انگشت نگاری هوشمند، شناسایی همزمان سوخت و ساز مواد مخدر از افراد به وسیله پادتن نانو ذرات فعال شده را در مجله *gewondte chemie-An* گزارش کرده‌اند که آنها اکنون قادر هستند با استفاده از آنتی بادی‌های مشخص، اثر انگشت افراد سیگاری را از غیر سیگاری تشخیص دهند.^۲ یک اثر انگشت برای تحقیق کننده مورد استفاده‌ای نخواهد داشت مگر اینکه بتوان آنرا با یک نمونه در پایگاه داده‌ای تطبیق داد و یا مستقیماً با اثر انگشت یک مظنون مورد مقایسه قرار داد. راسل و تیم او انتظار دارند که به زودی بتوانند اطلاعات وضعیت زندگی شخص انگشت نگاری شده را به دست آورند که موجب کاهش مظنونان خواهد شد. در این حالت استفاده از اثر انگشت برای پیدا کردن مواد مخدر، داروها و یا خوراکی که مصرف شده ممکن می‌شود و همچنین بعضی از بیماری‌ها را می‌توان تشخیص داد. محققان می‌خواهند تمام اسرار را از اثرهای بسیار کوچک تعرق که اثر انگشت بر روی سطح باقی می‌گذارد به دست بیاورند. تیم تحقیق سادگی و امکان پذیری این روش را با تمیز دادن اثر انگشت سیگاری‌ها از غیر سیگاری‌ها نمایش دادند. برای جلوگیری از نتایج غیر واقعی از امکان تماس مستقیم محصولات دخانی، آنها سیستم را به گونه‌ای طراحی کردند که بتوان ماده کوتینین را که بر اثر استفاده از مواد نیکوتین در بدن به وجود می‌آید، تشخیص داد. با به

۱- مرادی، نسرین سادات و معروفی، یونس، پیشین، ۹۱.

2- Richard Leggett, Emma E. Lee-Smith, Sue M. Jickells, Dr., David A. Russell, Prof.; *Intelligent Fingerprinting: Simultaneous Identification of Drug Metabolites and Individuals by Using Antibody-Functionalized Nanoparticles*; *Angewandte Chemie International Edition*; Volume 46 Issue 22, Pages 41 00 - 41 03.

کارگیری فناوری نانو محققان اثر انگشت را که پادتن کوتینین به آنها چسبیده بود با محلول حاوی نانو ذرات طلا خیس کردند و این ذرات به کوتینین متصل شدند؛ سپس یک پادتن دیگر که با رنگ فلورسنت همراه بود و به پادتن کوتینین متصل شده بود را به اثر انگشت اضافه کردند، از آنجایی که تعداد زیادی پادتن کوتینین به نانو ذرات کروی چسبیده اند در بزرگنمایی تأثیر بسزایی دارد. در حقیقت شیارهای اثر انگشت سیگاری‌ها نورانی شده در صورتی که اثر انگشت غیر سیگاری‌ها نورانی نمی‌شوند. مانند روش‌های معمول با برداشتن اثرات انگشت که به صورت کاملی آشکار شده‌اند می‌توان آنها را برای مقایسه با اثرات شناخته شده به کار گرفت، وقتی که بزرگنمایی صورت می‌گیرد حتی سوراخ‌های بسیار ریز عرق کرده همراه با شیارهای بزرگ انگشتان قابل مشاهده می‌شوند که می‌توان به طور واضح آنرا به شخص منتصب کرد.

۳- کاربرد نانو تکنولوژی در کشف DNA

بیشتر کلیدهایی که منجر به کشف جرم می‌شود به صورت مدارک بیولوژیکی در صحنه‌های جرم وجود دارد. کارکنان جمع‌آوری کننده این نوع آثار باید این آگاهی را داشته باشند که چه نوع مدرک زیستی در یک نوع خاص از صحنه جرم بیشتر یافت می‌شود و یا چگونه این نوع مدارک را جمع‌آوری، حفظ و پردازش کنند تا کشف علمی جرم و شناسایی هویت مجرم امکان پذیر گردد. هدف اصلی بررسی مدارک زیستی، ارائه اطلاعات سودمند برای محققان جنایی در حل پرونده‌ها می‌باشد. یکی از موارد مهم استفاده از مدارک بیولوژیکی در کشف علمی جرایم تعیین رابطه بین یک شخص (مظنون، قربانی یا حتی یک شاهد) با صحنه جرم می‌باشد. رابطه یک مظنون با یک قربانی متداول‌ترین و مهمترین نوع رابطه‌ای است که استفاده از مدارک بیولوژیکی می‌تواند به اثبات آن کمک کند.^۱

در پزشکی قانونی نیز، شناسایی متهم از روی آثار جزئی باقیمانده در صحنه مانند خون، مو، بافت و... امری مهم و ضروری به شمار می‌رود. با توجه به منحصر به فرد بودن الگوی DNA هر شخص، می‌توان با استخراج DNA از آثار زیستی باقیمانده در صحنه و مقایسه آن با DNA افراد مظنون، به این مهم نایل آمد. یکی از روش‌های مورد استفاده در این کار، تهیه تعداد نامحدودی کپی از هر بخش DNA است که هم‌اینک در آزمایشگاه‌های جنایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به «واکنش‌های زنجیری پلیمرز» یا PCR معروف است. واکنش‌های زنجیری پلیمرز را گاهی «فتو کپی مولکولی» نیز می‌نامند.

فناوری نانو استفاده از مواد نانوحفره و دستگاه‌هایی که نسبت جرم به بار را تعیین می‌کنند، پیشنهاد می‌کند. هنگام عبور یک رشته DNA از حفره ماده نانوحفره هر نوکلئوتید آن شناسایی

می‌شود. استفاده از این روش، فناوری تعیین الگوی DNA را متحول خواهد کرد.

۴- کاربرد نانوتکنولوژی در کشف جرم جعل

هم اکنون برای تشخیص اصالت اسکناس، گذرنامه، اسناد بانکی و... از ترکیبات فلورسانس استفاده می‌شود. مقاومت کم این ترکیبات در برابر گرما و مواد شیمیایی، امکان استفاده از آن را جعل اسناد مذکور فراهم ساخته است. بنابراین تهیه موادی که از پایداری بالایی برخوردار باشند و امکان تهیه آنها به وسیله جاعلان وجود نداشته باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است. پژوهش‌های کنونی روی نانو محلول‌هایی صورت می‌گیرد که شامل نقاط کوانتومی بوده، به صورت محلول با جوهر مخلوط می‌شود و از آنجا که به رغم ترکیبات کنونی کوچک هستند، می‌توان از آن در چاپگرهای معمولی استفاده کرد. ذرات چاپ شده را پس از تبخیر حلال نمی‌توان با چشم غیرمسلح مشاهده نمود و تنها زیر نوری با طول موج معین، تصویرهایی با رنگ‌های مشخص ایجاد می‌کنند که متناسب با طول موج می‌توانند ظاهر یا ناپدید شده و یا به رنگ‌های مختلفی درآیند که باعث سهولت تشخیص آنها بین رنگ‌های آلی می‌گردد. استفاده از این ترکیبات هزینه بالایی را در بر نداشته، امکان جعل را هم بسیار کاهش می‌دهد. همچنین از این نانوذرات می‌توان در بارکدهای غیرقابل مشاهده ظاهری استفاده کرد؛ مثلاً می‌توان تاریخچه کامل ساخت و مالکیت خودرو را به وسیله این نانوذرات بر روی خودرو ثبت کرد به طوری که به غیر از شرایط نوری معین قابل تشخیص نباشد.^۱

همچنین گروه "خامنی - ویتال" در سوئیس برای نخستین بار از میکروسکوپ نیروی اتمی برای تعیین پیوستگی نیرو و ضربه قلم خودکار استفاده کردند. میکروسکوپ نیروی اتمی می‌تواند مورفولوژی سطوح را به صورت سه بعدی مطالعه و بررسی کند که این قابلیت برای تعیین توالی و پیوستگی نیروی اعمالی به قلم و خودکار برای نوشتن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. آنها پیشنهاد کردند که تصویر به دست آمده از میکروسکوپ نیروی اتمی همان کیفیت و وضوح تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی را دارد با این تفاوت که میکروسکوپ نیروی اتمی در شرایط معمولی کار می‌کند و مانند میکروسکوپ الکترونی روبشی نیاز به شرایط خلأ را ندارد.^۲

۵- کاربرد نانوتکنولوژی در تعیین زمان جنایت قتل

هدف کالبدگشایی در پزشکی قانونی تعیین علت و چگونگی مرگ برای گزارش به مقامات دادگستری است بدین علت لازم است نتیجه کالبدشکافی واضح و کامل و گویا باشد و پزشکی که این عمل را انجام می‌دهد فقط باید حقیقت آنچه را که می‌بیند و درک می‌کند گزارش نماید.

۱- گذری بر فناوری نانو در علوم مختلف، پیشین، ص ۷۸.

۲- مرادی، نسرین سادات و معروفی، یونس، پیشین، ۹۳.

نه اینکه علتی به حدس برای مرگ پیدا نماید چه در غالب اوقات ممکن است نتیجه کالبدشکافی منفی بوده یا علایم و آثار عادی و بی ارزشی روی جسد پیدا شود. در این صورت لازم است جریان کالبدشکافی را عیناً گزارش داده و آزمایش های لازم از نظر سم شناسی و غیره را برای روشن شدن علت مرگ توصیه نماید.^۱

برای تشخیص وقوع قتل آزمایش های متفاوتی وجود دارد، که در طول زمان متغیر بوده است. تغییراتی که در زمان مرگ یا چند دقیقه بعد از مرگ رخ می دهند اهمیت کاربردی فراوانی دارند، چرا که برای مشخص کردن اینکه مرگ رخ داده یا خیر و رد کردن مرگ ظاهری مورد استفاده قرار می گیرند. هیپوستاز یا کبودی نعشی چگونگی استقرار و انتشار هیپوستاز، به جاذبه زمین و حالت قرار گرفتن جسد بعد از مرگ بستگی دارد.

"کای" و "چن" برای نخستین بار کاربرد میکروسکوپ نیروی اتمی برای حیاتی ترین مسأله علوم جنایی، یعنی تخمین زمان قتل گزارش کردند. تغییرات مورفولوژی سلول های خون برای تخمین زمان مرگ می تواند مفید و کارآمد باشد. تغییر فرم سلول ها و سطح غشا اریتروکیت ها با گذشت زمان مشاهده شده است. چروکیدگی، جمع شدن و ترک سلولها در نیمی از روز بعد از مرگ اتفاق می افتد. بادکردگی و ورم روی اریتروکیت ها در ۲/۵ روز بعد از مرگ آشکار می شود. شمار برآمدگی و ورم سلول ها می تواند برای تخمین زمان مرگ استفاده شود. "چن" و "کای" با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی و دنبال کردن تغییرات مورفولوژی و شکل سلول، توانستند روشی برای تعیین زمان مرگ ارائه دهند.^۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

۱- رشادتی، جعفر، ۱۳۸۷، اهمیت کالبدشکافی در دادرسی های قضایی، مجله علمی پزشکی قانونی، دوره ۱۴،

شماره ۵۱، پاییز، ص ۱۸۶.

۲- مرادی، نسرين سادات و معروفی، یونس، پیشین، ۹۳.

نتیجه گیری

دانشمندان علوم جنایی با پیشرفت و توسعه نانوتکنولوژی اقدام به تجزیه و تحلیل ادله و اسناد مختلف در ابعاد نانو کردند. فناوری نانو قابلیت آشکارسازی وجود هر نوع ماده‌ای را که پادتن آن وجود داشته باشد، دارد و به طور کلی می‌توان امیدوار بود فناوری نانو در حال غلبه بر جرایم است. کشورهای پیشگام در عرصه نانوتکنولوژی توانستند ثابت کنند که از نانو تنها در زمینه تحقیقاتی نمی‌توان استفاده کرد، بلکه کاملاً به شکل کاربردی و عملیاتی می‌تواند یاری‌رسان دانشمندان علوم جنایی در تشخیص، شناسایی و کشف جرم نیز باشد.

البته باید توجه نمود در صورتی که مجرمان، تبهکاران و گروه‌های تروریستی زودتر به فناوری نانو مسلح شوند، تمام فرصت‌های بالقوه این فناوری می‌تواند به تهدیدی جدی حتی برای امنیت ملی کشورها بدل شود که مقابله با آن کاری دشوار خواهد بود. همین فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از این فناوری باعث به وجود آمدن رقابتی جدی بین نیروهای امنیتی کشورهای مختلف جهت کسب پیشتازی در این فناوری شده است به نحوی که در مدت زمان کوتاه رشد این فناوری، چندین همایش و همایش علمی با موضوع نقش فناوری نانو در جلوگیری از وقوع جرم در کشورهای مختلف برگزار شده است.

این مقاله نشان داد که بررسی نانوذرات فلزی طلا و نقره و فناوری‌های تک فلزی و چند فلزی بر اساس نانوذرات طلا و بهبود دهنده‌های فیزیکی بر اساس نانوذرات نقره در ظهور اثر انگشت بسیار موثر بوده و نانوذرات اکسیدی به دلیل ویژگی‌های نوری‌شان، یعنی رنگ و فلورسانس برای شناسایی اثر انگشت مناسب هستند.

همچنین به لحاظ ارتباط فناوری DNA با کشف علمی جرایم از طریق نانوذرات، اثرات مفید و مثبت روش‌های مولکولی و مارکرهای ژنتیکی در گره‌گشایی از پرونده‌های جنایی به گونه‌ای بوده است که امروزه رویکرد مقامات قضایی را به این فن افزایش داده است به طوری که تعداد نمونه‌های بیولوژیکی ارسالی به آزمایشگاه بیولوژی جنایی از هر ساله در حال افزایش است. با توجه به افزایش روزافزون بهره‌وری از علم نانو در جنبه‌های گوناگون زندگی انسان که تاثیر مستقیمی بر اخلاق دارد و اثرات ذرات نانو در اکوسیستم‌های طبیعی، توصیه جدی می‌گردد که قبل از کاربردی نمودن هر آنچه که کاربردی می‌شود خصوصاً در موارد خاص و سنگین مانند رادیو اکتیویته در سطح جامعه و جهانی، کمیته‌ای متشکل از کارشناسان حقوق، محیط زیست، حوزه نانو، پژوهشگران اخلاق زیستی و ... تشکیل گردد که بر پروسه تولید، توزیع و مصرف محصولات منتج از فن‌آوری نانو، مستقیماً نظارت داشته باشند. همچنین بررسی ابعاد مختلف موضوع از منظر اخلاق زیستی نیز یکی از ضرورت‌های اساسی است که باید با مذاقه بیشتری بررسی گردد.

فهرست منابع

(الف)

منابع فارسی

۱. آگند، فریما و نادری، نادر، (۱۳۸۸). «آشکارسازی اثر انگشت مبتنی بر فناوری نانو»، مجله کارآگاه، دوره دوم، سال دوم، شماره ۶، بهیا.
۲. حیدری، علی احسان، (۱۳۸۶). «ملاحظات اخلاقی در به کارگیری فناوری نانو»، اخلاق در علوم و فناوری، سال دوم، شماره ۳.
۳. خانجانی، سمیه و نبوی فرد، سمانه، (۱۳۹۳). «کاربرد نانو ذرات در تشخیص دقیق اثر انگشت»، مجله کارآگاه، دوره دوم، سال هفتم، شماره ۲۸، پاییز.
۴. رشادتی، جعفر، (۱۳۸۷). «اهمیت کالبدشکافی در دادرسی‌های قضایی»، مجله علمی پزشکی قانونی، دوره ۱۴، شماره ۵۱، پاییز.
۵. رفیعی تبار، هاشم، (۱۳۸۱). «ایجاد و گسترش علوم و فناوری نانو در ایران»، مجله پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی، شماره ۲۵.
۶. عباسی، ایمان، (۱۳۸۴). «فناوری نانو چیست؟»، کتاب ماه علوم و فنون، شماره ۸۷ و ۸۸، تیر و مرداد.
۷. گذری بر فناوری نانو در علوم مختلف، (۱۳۸۷). ماهنامه فناوری نانو، شماره ۱۳۴، آذر.
۸. مرادی، نسرین سادات و معروفی، یونس، (۱۳۹۳). «کاربرد نانوتکنولوژی در کشف علمی جرم»، مجله کارآگاه، دوره دوم، سال هفتم، شماره ۲۸، پاییز.
۹. مرادی، محمدحسین، دیگران، (۱۳۸۶). «جایگاه فناوری نانو در توسعه صنعت کشاورزی»، فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۱۵.
۱۰. نقدی، یزدان و دیگران، (۱۳۹۲). «اثرات گسترش فناوری نانو تکنولوژی بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب»، مدل‌سازی اقتصادی، سال هفتم، شماره ۲۱.

(ب) منابع انگلیسی

11. Ju-Nam, Yon, (2009). *manufactured nanoparticles in related to pleural effusion*, respiratory journal.
12. Kostoff, Ronald N., (2008). *quality vs. quality of publications in nanotechnology field from the peoples republic of China*, journal of Chinese science bulletin.
13. Richard Leggett, Emma E. Lee-Smith, Sue M. Jickells, Dr., David

- A. Russell, Prof.; Intelligent Fingerprinting: *Simultaneous Identification of Drug Metabollites and Individuals by Using Antibody-Functionalized Nanoparticles*; Angewwandte Chemie International Edition; Volume 46 Issue 22 ,
14. Sylvester, Douglas, (2009). *not again, public perception, regulation and nanotechnology*, REG. & Governance.
15. Wasson, Andrew, (2004). *protecting the next small thing: nanotechnology and the reverse doctrine of equiAlents*, DUKEL. & TECH.REV

