

کشف جرم از منظر علوم زمین قانونی

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۷

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۸

دکتر امیر صفاری^۱

دکتر سید علی عبادی نژاد^۲

علی مظهری^۳

چکیده

استفاده از شواهد و اصول زمین‌شناسی یکی از روش‌های اصلی در بررسی‌های جرم‌شناسی و کشف حقیقت به شمار می‌آید. این علم بیش از ۱۰۰ سال است که در تحقیقات پلیسی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما اهمیت آن در ایران جدی گرفته نشده و تاکنون برنامه مدوئی برای آن در نظر گرفته نشده است، در این تحقیق با استفاده از روش اسنادی - توصیفی و از طریق مراجعه به آثار مکتوب اعم از مقاله‌های علمی و کتاب‌های مرتبط سعی شده است که اهمیت استفاده از این شواهد در کشف حقایق پرونده‌های جنایی بیان شود.

یافته‌ها نشان می‌دهد که برای کسب بهترین نتایج از این مطالعات باید افراد متخصص در این رشته‌ها در تیم‌های تحقیقاتی وجود داشته باشند و همکاری نزدیکی بین کارشناسان گوناگون به عمل آید. همچنین آموزش‌های لازم به مأموران در جهت آگاهی از اهمیت حفظ شواهد زمین‌شناسی و چگونه نمونه‌برداری صحیح از صحنه جنایت و محیط اطراف ضروری است.

پیشنهاد می‌شود که نیروی انتظامی با به کارگیری کارشناسان علوم زمین در بررسی‌های قانونی، نسبت به ارتقای کیفی تحقیقات قانونی در این ارگان و سازمان‌های مرتبط با آن اقدام کند؛ زیرا، همکاری متخصصان علوم گوناگون در این تحقیقات، در دراز مدت موجب پیشرفت محسوس علمی و ایجاد گرایش‌های میان رشته‌ای پویا و کاربردی در کشور خواهد شد.

واژه‌های کلیدی:

زمین‌شناسی / خاک شناس / علوم قانونی / نمونه‌برداری / جرم شناسی.

۱- استادیار دانشگاه امام حسین (ع)

۲- استادیار دانشگاه علوم انتظامی

۳- عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

مقدمه

علوم قانونی^۱ شامل به کارگیری طیف وسیعی از علوم گوناگون برای پاسخ به سؤالات مورد نظر در سیستم‌های قانونی می‌باشد. رایج‌ترین استفاده از این علوم مربوط به تهیه مدارک قابل استناد در دادگاه‌ها برای اثبات جرم یا توجیه بی‌گناهی مظنونین است، اما امروزه استفاده از این علم به شکل فراگیر درآمده است و برای کشف حقیقت در مسائل و جنبه‌های مختلف به کار گرفته می‌شود. با این توصیف، علوم قانونی بسیار گسترده بوده و شاخه‌های مختلفی (پزشکی قانونی، روان‌شناسی قانونی، زمین باستان‌شناسی، گیاه‌شناسی قانونی و ...) را می‌توان به عنوان زیرمجموعه‌هایی از آن دانست. بنابراین، علوم قانونی علاوه بر کاربرد عملی در مباحث مختلف حقوقی، به علت ارتباط تنگاتنگ با سایر دانش‌ها می‌تواند نقشی فعال در گسترش فعالیت‌های علمی داشته باشد.

زمین‌شناسی قانونی^۲ یکی از گرایش‌های اصلی علوم زمین قانونی به دلیل وسعت و تنوع بسیار زیاد آن، به زیر مجموعه‌های مختلف مانند (ژئوفیزیک، ژئوشیمی، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی زیست محیطی، سنجش از دور، گرایش‌های مختلف جغرافیا و ...) قابل تقسیم است. این امر موجب می‌شود افرادی که در تحقیقات زمین‌شناسی قانونی فعالیت می‌کنند با پیچیدگی‌هایی به مراتب بیشتر از تحقیقات رایج زمین‌شناسی مواجه شوند. در این مطالعه سعی شده است مطالب گوناگون از تحقیقات مختلف جمع‌آوری و اصول کلی این علوم در بررسی‌های جرم‌شناسی مطرح و روش‌های رایج نمونه‌برداری برای این تحقیقات معرفی شود.

با وجود توجه روزافزون به زمین‌شناسی قانونی در سطح جهانی، اهمیت این علم در ایران جدی گرفته نشده و تاکنون برنامه‌ای مدون برای آن در نظر گرفته نشده است. تنها نمونه قابل ذکر مقاله آسیابان‌ها (۱۳۸۶) است که به معرفی کلی

1-Forensics

2-Forensic geology

کشف جرم از منظر علوم زمین قانونی ۱۳۱

زمین‌شناسی قانونی می‌پردازد (آسیابان‌ها، ۱۳۸۶: ۴۳-۳۸). وی در مقاله خود برخی از جنبه‌های کاربردی زمین‌شناسی در کشف جرایم را به اختصار معرفی کرده است. شاید شناخته شده‌ترین یا در واقع تنها مبحث شناخته شده علوم قانونی در ایران «پزشکی قانونی»^۱ و زیرمجموعه‌های آن باشد که سابقه قابل توجه و سازمان مشخص دارد و کارهای علمی زیادی نیز تاکنون در این زمینه صورت گرفته است (برای مثال، ناجی، ۱۳۷۶؛ موسوی، ۱۳۷۸؛ ضرابی، ۱۳۸۰؛ اسلامی، ۱۳۸۴)، اما در مورد علوم زمین به جرأت می‌توان گفت اعتقاد چندانی به لزوم استفاده از این علم در مباحث قانونی حتی در بالاترین سطح تشکیلاتی، دیده نمی‌شود. در این جا سعی شده است با ارائه برخی از کاربردهای علمی بخشی از علوم زمین (زمین‌شناسی کلاسیک و خاک‌شناسی) در بررسی‌های جرم‌شناسی، اهمیت این علم برای فعالیت‌های قانونی و حقوقی بالاخص توانایی بالقوه آن در نیروهای انتظامی یادآوری شود. توجه به این امر می‌تواند موجب برقراری ارتباط نزدیک بین زمین‌شناسان و کارشناسان سایر علوم شود و نقشی ارزنده در توسعه علوم مختلف ایفا کند. از دیدگاه کاربردی نیز علوم زمین قانونی می‌تواند کمک شایان توجهی به کشف حقیقت در کلیه مسائل حقوقی، نظامی و امنیتی (قتل، آشوبگری، حمل و نقل مواد مخدر، تروریسم، استخراج‌های غیرقانونی، قاچاق کالا، تخریب محیط زیست و ...) داشته باشد. باید این نکته را به خاطر داشت که با توسعه روش‌های جرم‌شناسی به ویژه استفاده از DNA و آثار بیولوژیک در جرم‌شناسی، آگاهی مجرمان نیز به همان نسبت افزایش یافته است و بسیاری از آنها سعی می‌کنند این آثار را به جا نگذارند یا حتی در مواردی با به جا گذاشتن آثار جعلی، تلاش می‌کنند تا تحقیقات را به انحراف بکشانند. بنابراین، به کارگیری روش‌های مکمل و تحقیقات اضافی در بررسی‌های جنایی غیرقابل اجتناب خواهد بود. نمونه‌برداری خاک و مواد زمینی و مطالعه نتایج حاصل از آن، یکی از بهترین منابع برای دستیابی به این اطلاعات تکمیلی خواهد

بود و مأموران مسئول برای جمع‌آوری نمونه در صحنه‌های جرم نیز باید آموزش‌های لازم را برای آشنایی با اهمیت این نمونه‌ها، نحوه نمونه‌برداری و لزوم حفظ و نگهداری از شواهد ببینند.

۳- مطالعات قبلی

ارزش بالقوه زمین‌شناسی و خاک‌شناسی در بررسی‌های جنایی به وسیله افرادی تشخیص داده شد که برخی از آن‌ها زمین‌شناس نبودند. از آن زمان به بعد این رشته سیر تکاملی خود را طی کرد به طوری که امروزه به شکل پیشرفته و با شاخه‌های مختلف توسعه یافته است.

اولین کسی که به ارزش مطالعه میکروسکوپی کانی‌ها در نمونه‌های غبار و مواد روی کفش‌ها در کتاب خود یعنی راهنمایی برای بازرسی تجربی اشاره کرد، یک بازرس جنایی به نام هانس گراس^۱ (۱۸۴۷-۱۹۱۵) بود. این کتاب به زبان آلمانی اولین بار در ۱۸۹۳ چاپ شد و نسخه تصحیح شده آن به زبان انگلیسی در سال ۱۹۶۲ منتشر شد (پای^۲، ۲۰۰۷: ۳). در همین زمان، نویسنده انگلیسی، آرتور دوئل^۳، کاراگاه افسانه‌ای شرلوک هولمز^۴ را به وجود آورد که در آن به ارزش شواهد اشاره کرد. در اوائل قرن ۲۰، گئورگ پاپ^۵، دانشمند آلمانی، ترکیب چرک، کثافات و لکه‌های روی لباس، کفش و تکه‌های ناخن انگشتان را مطالعه کرد و از این اطلاعات در تحقیقات مربوط به چند قتل استفاده کرد (مورای و تدر^۶، ۱۹۷۵: ۲۰-۱۱).

در فرانسه، ادموند لوکارد^۷ (۱۸۷۷-۱۹۶۶)، یکی از دانشجویان پزشکی

1-Grows

2-Pye

3-Devil

4-Holms

5-Pop

6-Murray & Tedrow

7-Loucard

قانونی با الهام از کار گراس و دوایل برای اولین بار به این مباحث توجه نشان داد. وی آزمایشگاه روش ال پلیس را در ۱۹۱۰ تأسیس کرد و بعدها بنیان‌گذار و مدیر مؤسسه جرم‌شناسی در دانشگاه لیون شد. کار او به گسترش «اصل تبادل لوکارد» انجامید که به عنوان مبنایی در گسترش زمین‌شناسی قانونی به حساب می‌آید. این اصل بدین شکل شهرت یافت که «هر برخوردی یک اثر باقی خواهد گذاشت» (والس^۱، ۱۹۷۴: ۱۳-۱۴)، یا به این شکل که «در هر تماس بین دو جسم برخورد کننده، همیشه تبادل مواد به وقوع می‌پیوندد» (پلنیک^۲، ۱۹۷۹: ۱۳۴۹). در ایالات متحده، شیمی دانان و جرم‌شناسانی همچون ادوارد اسکار هنریش^۳ ارزش بالقوه خاک و غبار را به عنوان شواهد در سال‌های ۱۹۲۰ تشخیص دادند. تا اواسط دهه ۱۹۳۰، محققان شواهدی در آزمایشگاه‌های پلیس فدرال آمریکا آنالیز خاک و کانی را مرتب انجام می‌دادند (مورای و تدریو، ۱۹۹۲؛ مورای، ۲۰۰۴). استفاده از شواهد موجود در خاک، کثافت و نمونه‌های غبار از نظر شهرت و کارایی در طی دهه‌های ۱۹۵۰، ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۷۰ به دست والتر مک کرونه^۴ و همکارانش افزایش یافت. (مک کرونه، ۱۹۸۲: ۲۱). وی بانی گسترش و به کارگیری روش‌های میکروسکوپی و میکروشیمیایی برای مطالعه طیف وسیعی از انواع ذرات در بررسی‌های جنایی بود (مورهد^۵، ۲۰۰۴). این کار به انتشار اطلس ذرت مک‌کرونه انجامید که در چند جلسه ارائه شد و بارها در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ تصحیح و تجدید چاپ شد (مک کرونه، ۱۹۸۰: ۴۱۰). این راهبردها در ادامه به دست شاگردان و همکاران حرفه‌ای مک کرونه توسعه یافتند (هاپن^۶، ۲۰۰۴: ۱۱۷).

در بریتانیا، دانشمندان بین سال‌های ۱۹۵۰ و اواخر دهه ۷۰ در آزمایشگاه

1-Walls

2-Palenik

3-Edward Oscar Heinrich

4-Mc Crone

5-Moorehead

6-Hopen

متروپلیتن و نیواسکاتلند یارد از روش‌های گوناگون شامل آزمایش میکروسکوپی، تعیین PH، توصیف رنگ، غربال، آنالیز کانی‌های سنگین و مقایسه مرئی با استفاده از ستون‌های گرادیان چگالی استفاده می‌کردند (رولند^۱ و همکاران، ۱۹۹۲).

در دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۹۰، وقفه‌ای در این نوع تحقیقات به وجود آمد. در این مدت آثار محدودی منتشر شد و میزان مطالعات کاهش یافت و به تبع آن استفاده از این نوع شواهد کمتر مورد توجه واقع شد.

از اواسط دهه ۱۹۹۰، توجه به انواع شواهد علوم زمین قانونی احیا شد. این توجه بدان دلیل بود که تجزیه DNA همیشه جوابی مناسب در مسائل جنایی ندارد، به ویژه این که آگاهی جنایتکاران در حال افزایش است و اغلب آنها احتیاط لازم را انجام می‌دهند تا شواهد خون، اثر انگشت در صحنه جرم باقی نگذارند یا حتی چنین شواهدی را به عمد ایجاد کنند تا موجب گمراهی تحقیق شوند. در گذشته بیشتر مدارک قانونی برای دادگاه ارائه می‌شد منحصر به دانشمندانی بود که در سرویس‌های پلیسی یا آزمایشگاه‌های دولتی آموزش می‌دیدند و مشغول به کار بودند. از دهه ۱۹۸۰ به بعد، افزایش کاربرد علوم قانونی موجب شد که دانشمندان جذب شرکت‌ها، آزمایشگاه‌های خصوصی، دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی شوند این امر سبب گسترش دامنه علوم قانونی با سایر علوم و تربیت کارشناسان مجرب‌تر شده است.

با وجود توجه طولانی مدت به علوم زمین قانونی، اولین کتاب تخصصی در این زمینه در ۱۹۷۵ منتشر شد (مورای و تدریو، ۱۹۷۵؛ تجدید چاپ با اصلاحات در ۱۹۹۲). این کتاب دارای یک مقدمه با ارزش شامل کاربردهای تاریخی اطلاعات و روش‌های علوم زمین قانونی است. مرور روش‌های مفید آنالیز خاک و مواد گیاهی از سوی مارومو وسو گیتا^۲ (۲۰۰۱) ارائه شده است. همچنین

1-Reuland

2-Sugita

مقالات متعددی در مجلات مشهور و صفحات وب وجود دارد که استفاده از شواهد زمین و خاک را در موارد خاص نشان می‌دهد.

به نظر می‌رسد هنوز هم بسیاری از دانشمندان علوم زمین قانونی، بازرسان جنایی و حقوق‌دانان از پیشرفت‌های نوین علوم زمین در ۳۰ سال اخیر، ظهور روش‌های «شواهد محیطی» جدید و مفید بودن این پیشرفت‌ها در تحقیقات و مدارک قانونی آگاهی ندارند. از نظر مفهوم تخصصی، تشخیص «خاک» تنها بر اساس مقایسه‌های نسبتاً ساده رنگ، اندازه رنگ و انواع ذرات تعیین شده با میکروسکوپ نوری صورت نمی‌گیرد. اکنون روش‌های فراوان آنالیزی با نتایج معتبر وجود دارد که تفسیر صحیح داده‌های حاصل از آنها، کمک مؤثری به فعالیت‌های جرم‌شناسی می‌کند. پیشرفت‌های اخیر در تجهیزات و روش‌ها، امکان دستیابی به انواع مختلف داده‌ها حتی از نمونه‌های بسیار کوچک را میسر می‌سازد (پای و کرافت، ۲۰۰۴: ۲۵۹).

۴- مواد و روش‌ها

این تحقیق از نظر ماهیت و هدف کاربردی بوده و در انجام آن از روش‌های اسنادی - توصیفی استفاده شد؛ به این ترتیب که ابتدا با توجه به هدف تحقیق، منابع مرتبط در قالب کتاب‌ها، مقالات، طرح‌های تحقیقی و سایت‌های اینترنتی شناسایی شد و سپس، فهرست مطالب آنها مورد بررسی قرار گرفت و از مطالب مورد نیاز فیش‌برداری شد و در نهایت به فراخور ساختار تحقیق و بخش‌های مختلف آن، مورد استفاده قرار گرفت.

۵- بحث

۵-۱۲- برخی از انواع مواد زمین‌شناسی و خاکی مورد استفاده در علوم زمین

قانونی

برای مواد زمین‌شناسی موجود، هفت گروه پایه‌ای را می‌توان رده‌بندی کرد، هر

چند مرزبندی بین این گروه‌ها کاملاً قطعی و قابل جداسازی نیست. این هفت گروه عبارت‌اند از: ۱) سنگ‌ها؛ ۲) رسوب‌ها؛ ۳) خاک‌ها؛ ۴) غبارها؛ ۵) کانی‌ها؛ ۶) فسیل‌ها و ۷) ذرات معلق^۱ (پای، ۲۰۰۴: ۱۳-۵۷). علاوه بر این، گروه هشتمی نیز می‌توان در نظر گرفت که شامل مواد حاصل از فعالیت‌های بشر است و می‌تواند خصوصیتی شبیه به سنگ‌ها یا رسوبات طبیعی را در محیط نشان دهد. رسوب، خاک و غبار مخلوطی از ذرات منفرد هستند که ممکن است حاوی مواد آلی یا معدنی نیز باشند. ذرات معدنی بدون دخالت فرآیندهای بیولوژیکی ساخته شده‌اند. آنها معمولاً شامل خرده‌سنگ‌ها، دانه‌های بلورین و منفرد کانی‌ها (مثل کوارتز)، یا بخش‌هایی از مواد بی‌شکل (غیر بلورین) مثل شیشه‌های آتشفشانی هستند که اغلب به صورت طبیعی ساخته می‌شوند، هر چند برخی بخش‌های بتونی یا آجری ساخت انسان نیز ممکن است در آنها دیده شود. ذرات آلی به طور مستقیم حاصل فرآیندهای زیستی هستند. برخی انواع از مواد آلی بلورین هستند (مثل قطعات پوسته‌های برخی موجودات که ترکیب کلسیتی یا آراگونیتی دارند) و برخی غیر بلورین هستند یا نیمه بلورین هستند (مثل فیولیت‌های آپال و دیاتوم‌ها). مجموعه مواد را هم به صورت جمعی (آنالیز کلی^۲) و هم به صورت منفرد با استفاده از روش‌های گوناگون می‌توان آزمایش کرد. با توجه به مقدار مواد موجود برای تجزیه و تحلیل در بیشتر مطالعات زمین‌شناسی قانونی، ترکیبی از روش‌های آزمایشگاهی برای آنالیز کلی و جداگانه استفاده می‌شود. ذرات رسوبی موجود در خاک‌ها و غبارها ممکن است ساده یا پیچیده باشند. از سوی دیگر، ذرات پیچیده شامل انواع کانی‌ها هستند و ممکن است چند نوع مختلف از ذرات با یکدیگر به وسیله سیمان به هم متصل شده باشند. در چنین مواردی معمولاً شکل ذرات، بافت‌های سطحی و ساختارهای داخلی نامعمول ظاهر می‌شوند.

1-Particulates

2-Bulk analysis

نمونه‌های زمین‌شناسی و ذرات جداگانه‌ای که از جنبه علوم زمین قانونی مورد توجه هستند، از نظر اندازه بسیار متنوع می‌باشند. برای مثال، چند سنگ بزرگ، هر یک به وزن چند کیلوگرم، ممکن است برای پایین فرستادن جسم در دریا یا دریاچه به کار روند. از سوی دیگر، نیز لکه‌های گل یا خاک موجود در لباس یا مواد مشابه ممکن است تنها در اندازه ذرات رس-سیلت باشند. در موارد خفگی یا غرق شدگی نیز ذرات نمونه‌گیری شده از شش‌ها یا سایر دستگاه‌های درونی بدن قربانی ممکن است بسیار ریز باشند (چند ده میکرون تا کوچک‌تر از میکرون). اندازه ذرات مورد بررسی و مقدار مواد موجود نوع روش آنالیز لازم را تعیین می‌کند. در مورد سنگ‌ها و رسوب‌های درشت دانه، با آزمایش نمونه دستی و لنت‌های ساده می‌توان اطلاعات خوبی به دست آورد. در مقابل، رسوبات، خاک‌ها و غبارهای ریز دانه نیاز به میکروسکوپ نوری یا الکترونی دارند. توزیع اندازه ذرات نمونه‌های نسبتاً بزرگ را می‌توان با غربال خشک یا تر تعیین کرد، اما نمونه‌های کوچک باید با روش‌های تخصصی تر مثل گرانولومتری لیزری^۱ یا آنالیز شمارشگر کالتر^۲، آنالیز شوند. آنالیز شیمیایی نمونه‌های نسبتاً بزرگ اغلب با استفاده از روشی مثل فلوتورسانس اشعه X (XRF) انجام می‌گیرد، در حالی که نمونه‌های کوچک نیاز به آنالیز در شکل جامد به وسیله میکروآنالیز اشعه X (EDXRA) یا استفاده از یک روش محلول حساس به نام طیف سنج پلاسمای القایی (ICP) دارند. به طور معمول برای ذرات ریزتر روش‌های آنالیزی کمتری موجود است. از آنجا که معمولاً نیاز است نمونه‌های شواهدی تا حد ممکن حفظ شوند، روش‌های غیر تخریبی یا روش‌هایی که حداقل خسارت را به نمونه وارد آورند، ترجیح داده می‌شوند.

۲-۵ راهنمایی عمومی در مورد نمونه‌گیری

در مورد مسائلی هم چون بررسی خاک، ارزیابی محیطی و کاوش‌های

1-Laser granulometry

2-Coulter Counter

ژئوشیمیایی، منابع رسمی فراوانی منتشر شده است (برای مثال، می توان این موارد را ذکر کرد: سازمان استانداردهای بین‌المللی، ۱۹۹۳-۲۰۰۲؛ وبستر و الیور^۱، ۲۰۰۱؛ سازمان محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۲)، اما مطالب انتشار یافته در ارتباط با زمین شناسی و بررسی های علوم زمین قانونی خاک به نسبت، کم است (موآری و تدر، ۱۹۹۲؛ موآری، ۲۰۰۴).

در بیشتر بررسی های محیطی و مطالعات نقشه برداری ژئوشیمیایی، هدف اصلی جمع آوری نمونه هایی است که معرف باشند. نمونه ها ممکن است به شکل آرایه های مکانی جمع آوری شوند تا نقشه های خواص خاک، جداول فراوانی آماری و سری های زمانی برای نمایش تغییرات ویژگی های خاک و رسوب در طی زمان حاصل آید (گیلبرت و پابلیشر، ۲۰۰۵: ۲۷-۳۳). در حقیقت، «معرف بودن» به زمینه کار تحقیقاتی بستگی دارد، یعنی با توجه به موضوع مورد بررسی و طبیعت ماده مورد مطالعه باید مشخص شود.

در بررسی های محیطی عمومی، تأکید روی نیاز به مجموعه نمونه های صحیح است که بتواند اطلاعات کافی در مورد طبیعت محیط را ارائه دهد. برای پرهیز از انحراف های منظم در نمونه گیری، نمونه گیری تصادفی^۲ بهترین روش است. البته برای مقاصدی مثل تعیین تغییرات مکانی در توپوگرافی، زمین شناسی و کاربرد زمین، نمونه برداری منظم لازم است. در نمونه برداری قانونی به ویژه موارد جنایی، نمونه گیری هدفمند بهترین شیوه است.

برای تعیین میزان شباهت یا تطابق بین یک نمونه مورد مطالعه و صحنه جرم، نمونه ها معمولاً به روش هدفمند گردآوری می شوند. برای مثال از هر رد پا یا مکان هایی که زمین به هم ریخته و احتمال حضور خلافکاران در آن جا بوده است باید نمونه گیری شود. برای مقایسه، نمونه های دیگر نیز باید برداشته شود و انتخاب نقاط تصادفی در صحنه جرم و منطقه پیرامون آن لازم است. اگر نتایج

1-Webster and Oliver

2-Random sampling

مقایسه‌های اولیه نشان داد که شباهت زیادی بین نمونه مورد بررسی و نمونه‌های کنترلی از صحنه وجود دارد، مسئله بعد تعیین این مطلب است که نمونه‌های صحنه جرم از نواحی اطراف یا اماکنی که مظنون در آنها رفت و آمد کرده، قابل تمایز است یا نه. برای پاسخ به این پرسش، ترکیبی از نمونه‌گیری تکمیلی تصادفی و هدفمند نیاز است. برای مثال از مکان‌هایی که مظنون برای اثبات بی‌گناهی عنوان می‌کند نیز، برای تکمیل شواهد، باید نمونه‌گیری صورت گیرد.

نمونه‌گیری تصادفی صحیح، نیاز به دانش مقدماتی ندارد و با به دست آوردن مختصات جغرافیایی به آسانی قابل انجام است. البته در کار قانونی در جایی که به آزمایش فرضیه خاص نیاز باشد، مثل تعیین صحت مکان‌هایی که متهم برای اثبات بی‌گناهی ذکر کرده و خارج کردن آن مکان‌ها از منابع در نظر گرفته برای خاک مورد مطالعه، تلفیقی از نمونه‌گیری هدفمند و تصادفی - طبقه‌ای^۱ معمولاً بهترین نتیجه را با توجه به زمان و هزینه در نظر گرفته شده به بار می‌آورد (مک کینلی و رافل، ۲۰۰۷: ۸۵). نمونه‌گیری هدفمند و تصادفی طبقه‌ای نیاز به ارزیابی اولیه از داده‌های محیطی مربوط به زمین شناسی و الگوی خاک‌ها در منطقه مورد نظر و دانستن مسیرهای رفت و آمد مظنون و همراهان او دارد. چون امکان دارد اعضای خانواده مظنون نیز با اتومبیل وی رانندگی کرده باشند. بنابراین در نمونه‌گیری خاک باید از شم پلیسی نیز بهره جست و احتمالات مختلف را در نظر گرفت.

در بسیاری از پرونده‌های جنایی ممکن است بین ارتکاب جرم و دستگیری متهم وقفه زمانی قابل توجهی به وجود آید. از آنجا که برخی خصوصیات خاک به ویژه ترکیبات مواد آلی مثل بذرها و میکروب‌ها، با گذشت زمان تغییر می‌کنند، نمونه‌گیری خاک باید تا حد امکان به سرعت بعد از ارتکاب جرم انجام بگیرد. مسلم است که نمونه‌گیری هدفمند از جایگاه‌های مرتبط مثل مکان‌های شاهد تا قبل از دستگیری مظنونین انجام نمی‌گیرد. هر گاه بین نمونه‌گیری کنترلی و آنالیز

1- Stratified random sampling

نمونه‌های مورد بررسی وقفه زمانی به وجود آید، آثار بالقوه این امر بر نتایج حاصل را باید در نظر گرفت.

در مورد صحنه جنایت یا جایگاه پیدا شدن جسد، نمونه‌گیری خاک کنترلی باید بعد از انتقال جسد و قبل از به هم ریختگی جایگاه تکمیل شود. این به هم ریختگی ممکن است حاصل بریدن گیاهان، جست‌وجوی اثر انگشت و حفاری به وسیله نیروهای پلیس باشد. برای کسب بهترین اطلاعات و مناسب‌ترین نحوه نمونه‌گیری، بهتر است از آزمایش کننده خاک بخواهند تا خود در جایگاه حاضر شود و نمونه‌گیری را انجام دهد. البته اگر این امر مقدور نبود، مأموران آموزش دیده باید نمونه‌ها را به شیوه استاندارد جمع‌آوری کنند و عکس‌برداری از هر محل نمونه‌برداری کافی به عمل آید و تمام شواهد مستند باشند.

۶- مدل‌های نمونه‌برداری برای نمونه‌های کنترلی در صحنه جنایت

صحنه‌های جنایت از نظر ماهیت بسیار گوناگون‌اند. به همین دلیل، راهبرد استراتژی نمونه‌برداری باید با هر مورد منطبق باشد. برخی از رایج‌ترین مکان‌هایی که ممکن است جایگاه رهاسازی جسد باشد عبارت‌اند از: جنگل‌ها، زمین‌های کشاورزی و علف‌زارها، زمین‌های بایر، مسیرهای خلوت حومه شهرها، سواحل، خرابه‌ها، کوچه‌ها، جایگاه‌های زباله و مناطق شهری، طبیعت. باید در نظر داشت که تعداد و مکان نمونه‌های کنترلی جمع‌آوری شده، بر اساس ماهیت محیط صحنه جنایت تغییر می‌کند. در برخی مواقع، نمونه‌برداری هدفمند مناسب است، اما در سایر موارد، ترکیبی از نمونه‌گیری هدفمند و تصادفی مورد نیاز است.

اگر علائم رد پا در خاک یا سطح مشخص باشد، نمونه‌ها باید به طور مستقیم بعد از عکس‌برداری از این نواحی، گرفته شوند، یا می‌توان بعد از تهیه قالب گچی از علائم، نمونه‌گیری کرد (بال^۱ و همکاران، ۲۰۰۶: ۶-۱۲). برای آثار لاستیک وسایل نقلیه نیز اصول مشابه به کار گرفته می‌شود. اگر تنها مناطق خاکی

کوچکی در اطراف صحنه جنایت وجود داشته باشد، مثل باغچه زیرپنجره‌ای که از آن به زور وارد منزل شده‌اند، نمونه‌ها باید از این مناطق در نقاطی تهیه شوند که جنایتکار احتمالاً از آن عبور کرده است.

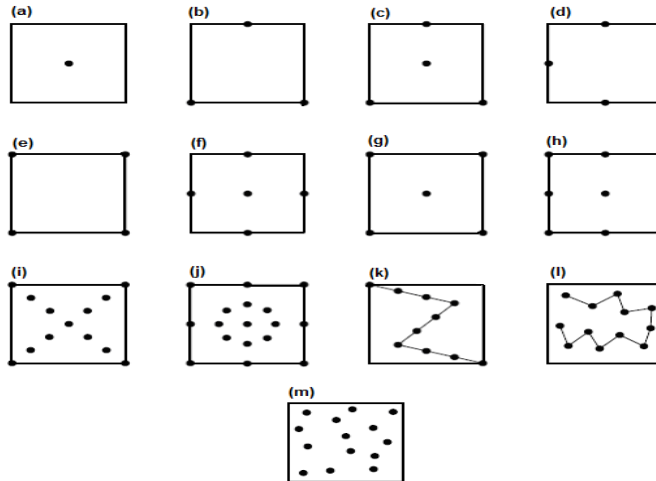
تعداد نمونه‌های لازم بستگی به اندازه، تعداد و ناهمگنی مناطق پوشیده از خاک در اطراف صحنه جنایت دارد. تعداد نمونه‌های گرفته شده حتی در صحنه جرم بسیار کوچک، هرگز نباید از سه مورد کمتر باشد. صحنه‌های بزرگ‌تر یا از تنوع بیشتری برخوردارند یا نیاز به تعداد نمونه بیشتر دارند. در صحنه‌های بزرگ و پیچیده، گاهی بیش از پنجاه نمونه باید برداشت شود (مک کلینلی و رافل، ۲۰۰۷).

در یک منطقه مورد بررسی که فاقد ویژگی‌های خاص است، مثل زمینی که گمان می‌رود مظنون بر آن راه یافته یا مکانی که در آن درگیری مسلحانه صورت گرفته، نمونه‌گیری از کل منطقه می‌تواند با استفاده از راهبردهای منظم (شبکه‌ای) یا تصادفی صورت گیرد (شکل‌های ۱ و ۲). اگر هدف، تهیه نقشه‌های پیش‌بینی‌کننده بر اساس روش‌های زمین‌آماري مثل کریگینگ^۱ باشد (وبستر و الیور، ۲۰۰۱)، استراتژی منظم شبکه‌ای با تعداد نقاط نمونه‌گیری زیاد مناسب‌تر است. البته چنین عملی ممکن است هزینه بسیاری به بار آورد و برای بسیاری از اهداف کافی است تا نمونه‌های کم‌تری از فواصل منظم یا مکان‌های انتخاب شده به صورت تصادفی گرفته شوند. شکل (۱) تعدادی از مدل‌های نمونه‌گیری را نشان می‌دهد. مشخص است که هر چه تعداد نمونه‌ها بیشتر و توزیع آنها پراکنده‌تر باشد، تصویر بهتری از تغییرات منطقه مورد نظر به دست می‌آید.

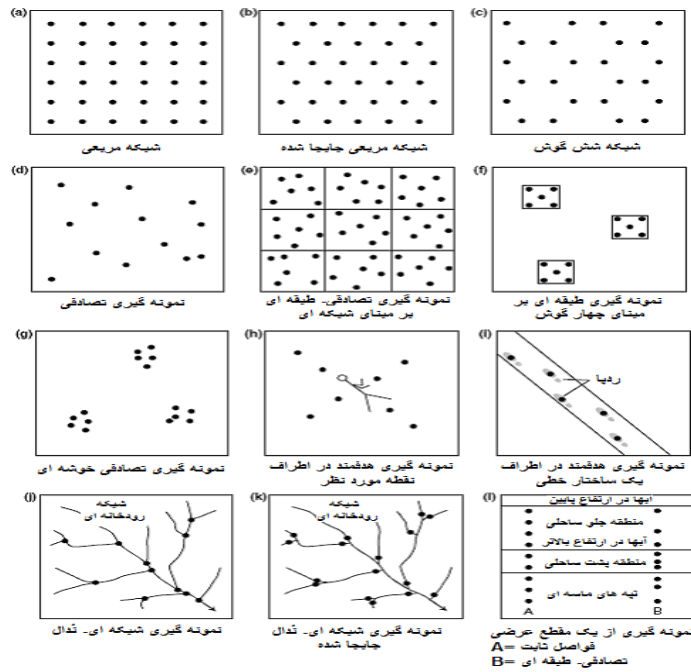
اگر ویژگی‌های خطی مثل مسیر عبور یا جاده در صحنه جنایت یا نزدیک به آن وجود داشته باشد، نمونه‌ها باید در بازه‌های مشخص و در طول این ویژگی جمع‌آوری شوند. اگر رد پا یا آثار لاستیک مشخص است، از آنها باید

نمونه‌گیری مستقیم صورت بگیرد (شکل ۲f). دست اندازه‌های گلی، قطعات گلی بزرگ ریخته شده از وسایل کشاورزی یا سایر موقعیت‌های بالقوه برای انتقال خاک باید به شکل هدفمند و به شیوه‌ای مشابه نمونه‌گیری شوند.

شکل ۱- برخی مدل‌های نمونه‌گیری برای مناطق جداگانه. این مناطق ممکن است باغچه، مزرعه یا زمین بازی باشند. برای انتخاب استراتژی مناسب باید چگونگی توزیع شواهد در هنگام وقوع جنایت یا حادثه مورد مطالعه مدنظر قرار گیرد.



شکل ۲- مدل‌های دیگر نمونه‌برداری. در شکل (۱) منظور از ساحل، کناره‌های رودخانه است و آبها سطح تراز آب در دو رودخانه موازی را نشان می‌دهد که در دو ارتفاع مختلف (در یک منطقه مفروض) واقع شده‌اند. شکل‌های **a-f** از پای (۲۰۰۷) و شکل‌های **g-1** از مک کینلی و رافل (۲۰۰۷) اقتباس شده است.

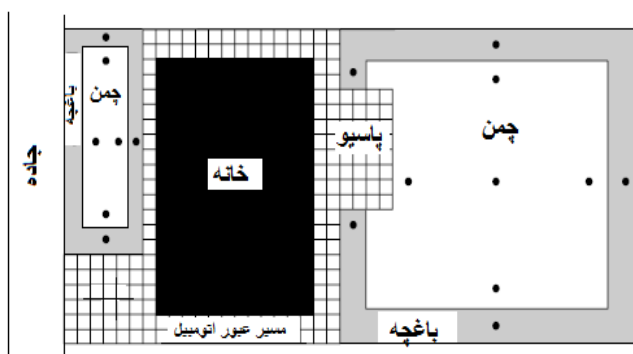


اگر رد پا یا نشانه‌های دیگر در اطراف جسم مورد نظر (مثلاً جسد) در مرکز صحنه مشخص نشد و منطقه همگن به نظر رسید، نمونه‌گیری را می‌توان در یک روش منظم، مانند یک الگوی شعاعی ضربدری در تمام جهات (شکل ۲h)، انجام داد. شکل ۲i مثالی را از یک ساحل و سیستم تپه شنی با سه محیط مجزا برای نمونه‌گیری، نشان می‌دهد. این نمونه‌گیری‌ها هم در بازه‌های منظم و هم در نقاط

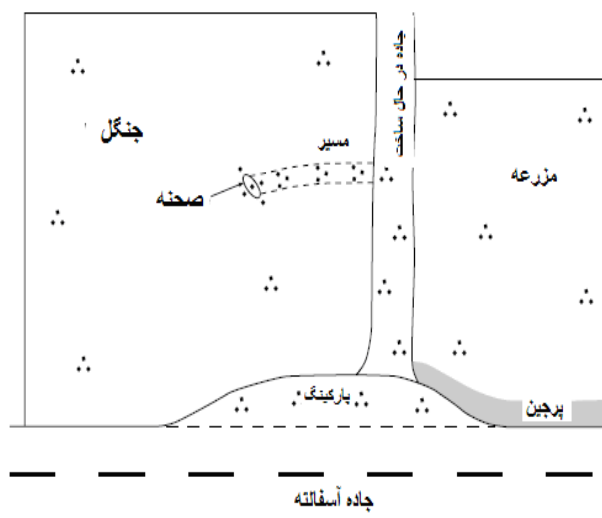
تصادفی انتخاب شده در طول یک یا چند مقطع، قابل انجام است. اگر صحنه مورد نظر یک خانه یا باغچه در حومه شهر باشد، استراتژی باز هم می‌تواند به طور کامل هدفمند، ترکیبی از هدفمند و منظم یا هدفمند و تصادفی باشد. نمونه برداری هدفمند باید نزدیک به ویژگی‌های مورد توجه و خاص از قبیل جایگاه حفاری جدید یا مناطقی با ویژگی‌های نامعمول انجام بگیرد. در نبود چنین ویژگی‌هایی، نمونه‌گیری منظم از حاشیه‌های باغچه و چمنزار در یک الگوی متقاطع اصلاح شده برای تشخیص الگوی خاک در باغچه کافی خواهد بود (شکل ۳).

در صحنه‌های بزرگ‌تر و به ویژه آنهایی که سطح زمین تنوع محلی وسیع را نشان می‌دهند (مثل مسیرهای نیمه ساخت یا مالرو و سطوح پارکینگ)، تعیین کمی تغییرات محلی با نمونه‌گیری در گروه‌های با آرایش سه وجهی مهم است (شکل ۴). مکان برخی از گروه‌ها ممکن است محل توزیع چاله‌ها، اثرات لاستیک یا مناطقی با خصوصیات ظاهری متفاوت را نشان دهد.

شکل ۳- مدل پیشنهادی برای نمونه برداری از باغچه یک خانه ویلایی کوچک. در این شکل با توجه به حجم و ویژگی زمین‌های خاکی، نمونه‌گیری منظم توصیه شده است.



شکل ۴- یک مدل نمونه برداری برای یک صحنه جنایت در محیط روستایی به تصویر کشیده شده است. با توجه به تنوع وسیعی که در زمین‌های خاکی و ویژگی‌های آنها مشاهده می‌شود نمونه‌گیری هدفمند به گونه‌ای طراحی شده است که در محل‌هایی با پتانسیل بالاتر از نظر شواهد، فاصله نمونه برداری‌ها کاهش یابد.



در کاوش‌های ژئوشیمیایی و مطالعات آلودگی زیست محیطی، گاهی نمونه‌های مجزا ترکیب می‌شوند تا یک نمونه ترکیبی برای آنالیز حاصل آید. این روش یک مقدار متوسط برای کل منطقه ارائه می‌دهد و در مقایسه با آنالیز مجزای هر نمونه، هزینه آنالیز بسیار کاهش می‌یابد. البته برای بیشتر فعالیت‌های قانونی، این روش مناسب نیست، زیرا هیچ اطلاعاتی در مورد تغییرات در مقیاس محلی نمی‌دهد و در اکثر موارد، نمونه ترکیبی برای مقایسه با نمونه‌های مورد بررسی مناسب نیست. حتی در جایی که نمونه خاک مخلوطی از چند مکان باشد، مثل نمونه به دست آمده از چکمه‌های راه رفته در اطراف یک مزرعه، بهترین استراتژی این است که نمونه‌های کنترلی به طور مجزا آنالیز و مقادیر میانگین، محدوده‌ها، انحراف معیارها یا ضرایب تغییرات برای هر نسبتی که مورد نظر است،

۵-۴ نمونه‌گیری در یک منطقه وسیع

زمانی که اطلاعات و داده‌های مناسب وجود نداشته باشد، برای ارزیابی میزان شباهت ظاهری بین یک نمونه مورد مطالعه و صحنه جنایت، اولین گام، مرور اطلاعات مربوط به زمین شناسی عمومی و انواع خاک‌ها در منطقه است. مناطقی با خواص خاک‌شناسی مشابه را می‌توان به عنوان نواحی اولیه برای نمونه‌برداری بیشتر و آنالیز مقایسه‌ای انتخاب کرد. چند منطقه دیگر با مواد زمین شناسی یا انواع خاک متفاوت را نیز باید برای نمونه‌برداری برگزید تا تفاوت خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت با منطقه صحنه جنایت آزمایش شود. البته، محدودیت‌های مالی و زمانی معمولاً اجازه نمونه‌برداری منظم یا تصادفی دقیق در کل ناحیه را نمی‌دهد و تنها چندین نمونه انتخاب خواهد شد تا تفاوت‌های اصلی با صحنه جنایت بررسی شود.

در مناطقی که بیشترین شباهت را به صحنه جنایت دارند، نمونه‌ها به صورت تصادفی یا بر مبنای تصادفی - طبقه‌ای برداشت می‌شود (پای، ۲۰۰۷: ۱۳۵). در هر مکان تعیین شده، در نمونه‌گیری ایده آل سه نمونه باید در یک آرایش مثلثی و به فاصله یک متر، همان گونه که قبلاً اشاره شد، برداشت شود، البته این روش از آنجا که اطلاعاتی در مورد تغییرات در مقیاس محلی ارائه نمی‌دهد زیاد رضایت‌بخش نیست. در انتخاب جایگاه‌های نمونه‌گیری کنترلی اضافی، تمام اطلاعات مربوط به مکان‌هایی که مظنون در آنجا حاضر بوده است باید در نظر گرفته شود؛ و اگر چنین اطلاعاتی وجود ندارد، قابلیت دسترسی به گذرگاه‌ها، معابر یا مناطق ترافیکی را باید مد نظر قرار داد (مک کینلی و رافل، ۲۰۰۷). برای مثال، اگر در موضوع مورد تحقیق گل یا گچی روی چرخ‌های اتومبیل باشد، باید بیشتر روی نمونه برداری کنترلی از مسیرهای عبوری، توقفگاه‌های اضطراری کنار جاده، پارکینگ‌ها و اماکن دیگری که چنین موادی ممکن است به عنوان مواد سطحی در آنها استفاده شوند، تمرکز شود. مواد مرجع از منابع و سطوح چینه

شناسی شناخته شده در معادن فعال یا متروک نیز برای آنالیز مقایسه‌ای باید نمونه‌گیری شوند.

۵-۵ اندازه و نوع نمونه

نوع و اندازه نمونه‌هایی که باید جمع‌آوری شوند به طبیعت محیط مورد بررسی، نوع خاک یا رسوب و ماهیت فعالیتی که در صحنه جنایت رخ داده است بستگی دارد. برای مثال، اگر هدف مقایسه نمونه خاک روی یک جفت کفش است، نمونه‌گیری خاک سطحی باید از یک عمق ۰ تا ۱۰ سانتیمتری برداشت شود. اگر کفش مظنون با گل قطور پوشیده شده باشد، نشان می‌دهد که زمین در آن زمان بسیار نرم و مرطوب بوده است و در نتیجه نمونه‌گیری کنترلی باید تا عمق بیشتر مثلاً ۰ تا ۱۰ سانتیمتر، صورت بگیرد. اگر صحنه شامل یک قبر یا مواد دفن شده کم عمق باشد، نمونه‌های خاک باید در بازه‌های عمقی منظم (مثلاً ۰-۵ یا ۵-۱۰ سانتیمتر) مطابق با عمق حفاری، گرفته شوند. از هر توده خاک یا مواد مخلوطی که بر روی زمین قرار دارد نیز باید نمونه‌گیری به عمل آید. اگرچه چاله‌های اضافی کوچک به عمق حدود ۵۰ سانتی‌متر حفر شود، اطلاعات مفیدی برای کمک به تفسیر نتایج به دست خواهد آمد، زیرا ویژگی‌های سه بعدی خاک را می‌توان مشاهده کرد. در مطالعات معمول خاک و رسوبات ریز دانه، اندازه نمونه‌های کنترلی در حدود $1 \text{ cm} \times 10 \times 10$ یا $4 \text{ cm} \times 5 \times 5$ (معادل با حجم حدود 100 cc یا 160 g وزن خشک) کافی است (پای، ۲۰۰۷: ۱۹۰-۲۲۲). البته برای مواد درشت دانه یا ناهمگن نمونه‌های بزرگ‌تری باید برداشت شود (حدود 500 g برای ماسه درشت و ناجور و گراول ریز دانه؛ ۱ تا ۲ کیلوگرم برای گراول متوسط تا درشت دانه). نمونه‌ای با اندازه حدود 1 cc ($1/6 \text{ g}$) یا کم‌تر، مواد لازم برای بسیاری از آنالیزها را فراهم می‌آورد، اما هر چه نمونه کوچک‌تر باشد، تغییرات نتایج حاصل به دلیل توزیع نامنظم ذرات کم تعداد ولی درشت دانه‌تر

موجود در نمونه که ممکن است ترکیب نامعمول هم داشته باشند، بیشتر خواهد شد (از آن به عنوان تأثیر «قطعه»^۱ یاد شده است، (رمزی^۲، ۲۰۰۵: ۷۱-۷۵). در مورد خاک‌ها و رسوب‌هایی که لایه‌ای هستند یا از یک قبر گرفته شده‌اند، برداشت نمونه‌های به هم نریخته این مزیت را دارد که چینه‌شناسی طبیعی حفظ می‌شود (هنسن^۳، ۲۰۰۴: ۳۹-۴۷). اگر خاک چسبنده باشد، این کار با برش یک بلوک خاک با چاقوی استیلی ضد زنگ با تیغه پهن، ماله بنایی یا بیلچه و قرار دادن نمونه گرفته شده در یک ظرف پلاستیکی مناسب، قابل انجام است. در برخی موارد برداشت بلوک‌های بزرگ خاک برای آزمایش دقیق در آزمایشگاه مفید خواهد بود. این بلوک‌ها باید به دقت با استفاده از یک بیلچه استیلی ضد زنگ برداشت و در صندوق‌های پلاستیکی جداگانه برای حمل به آزمایشگاه قرار داده شوند. در مورد مواد دانه‌ای سخت نشده مثل ماهی‌ها و خاک‌های شکننده، یک جعبه یا نیم برشی از لوله چهارگوش را می‌توان به سطح دیوار یک چاله یا ترانشه حفاری شده قرار داد و سپس نمونه‌گیری کرد. قوطی‌های کوبینا^۴ در علوم خاک برای این منظور بسیار مورد استفاده قرار گرفته است (پای، ۲۰۰۷: ۲۱۰). البته اگر آنالیز شیمیایی قرار است انجام شود، جعبه‌ها یا لوله‌های پلاستیکی نسبت به وسایل فلزی ارجحیت دارد.

نتیجه‌گیری

استفاده از اصول زمین‌شناسی و خاک‌شناسی در کشف حقیقت بیشتر از یک قرن است که در تحقیقات قانونی به کار می‌رود. در این مدت با پیشرفت تکنولوژی و روش‌های آزمایشگاهی، شیوه‌های نوین نیز به آن افزوده شده و کاربرد آن توسعه یافته است. نکته مهم در این تحقیقات آن است که نمونه‌برداری

1- Nugget effect

2-Ramsay

3-Hanson

4-Kubiena

باید در اولین فرصت پس از وقوع حادثه یا جرم انجام گیرد و تا حد امکان شخص آنالیز کننده یا افراد آموزش دیده این کار را انجام دهند. مدل‌های گوناگونی برای نمونه برداری خاک و مواد زمین شناسی وجود دارد که با توجه به عوامل مختلف محیطی، امکانات مالی و محدودیت زمانی بهترین مدل باید انتخاب شود. در زمان نمونه‌گیری باید نهایت دقت برای تهیه نمونه «معرف» به عمل آید و تا حد امکان کلیه جزئیات ثبت و عکسبرداری شود. پس از آن نیز باید تلاش لازم در جهت حفظ نمونه‌ها به عمل آید و برای آنالیز نمونه از بهترین شیوه با توجه به نوع نمونه و استفاده شود. سرانجام در تفسیر داده‌ها باید دقت بسیار و کلیه شرایط و با در نظر گرفتن عوامل محیطی و محدود کننده بکوشند تا از مشاوره دیگر کارشناسان نیز در تهیه گزارش نهایی استفاده شود. البته جزئیات مراحل مختلف مطالعات در بررسی‌های زمین شناسی و خاک شناسی قانونی با توجه به مسئله مورد نظر (بررسی جنایت، انطباق شواهد برای اثبات گناهکاری یا بی‌گناهی مظنون، بررسی‌های زیست محیطی، تعقیب تروریست‌ها و قاچاقچیان، کشف گورهای دسته جمعی و ...) متفاوت خواهد بود و کارشناسان باید در هر زمینه استراتژی مناسب با موضوع را انتخاب نکنند تا بهترین نتایج به دست آید.

منابع

۱. آسیابان‌ها، ع.، ۱۳۸۶، «زمین شناسی قانونی کاربرد یافته‌های زمین شناسی در جرم شناسی». فصلنامه رشد آموزش زمین شناسی، دوره دوازدهم، شماره ۴، ص ۳۸-۴۳.
۲. اسلامی، پ.، ۱۳۸۴، «بررسی کاربرد حشره‌شناسی در پزشکی قانونی و تعیین میزان آگاهی انترنها از *Forensic Entomology*». پایان نامه دکتری حرفه‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی تهران.
۳. ضرابی، م.، ۱۳۸۰ «مطالعات بیشتر درباره فون حشرات جنازه‌های کشف شده و ارجاعی به پزشکی قانونی تهران و پرورش آزمایشگاهی مگس گونه *Chrysomya albiceps (wieddman)*». پایان نامه M.S.Ph، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
۴. موسوی، س. ش. ۱۳۷۸. بررسی سه ساله موارد مثبت مسمومیت منجر به مرگ ناشی از سیانور ارجاعی به سازمان پزشکی قانونی کشور در طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۷۶، پایان نامه دکتری تخصصی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
۵. ناجی، م. ح. ۱۳۷۶. «بررسی علل مرگ در نزاع‌های منجر به قتل»، پایان نامه دکترای حرفه‌ای: دانشگاه علوم پزشکی تهران.

منابع لاتین

- 1-Bull, P.A., Pa rker, A. & Morgan, R.M. (2006) The forensic oils and sediment taken analysis of s from the cast of a footprint. *Forensic Science International* 162, 6-12.
- Trace and contact)2005(- Gallop, A. and Stockdale, R. evidence. In White, P.C. (ed.) *Crime Scene to Court. The Essentials of Forensic Science*, 2nd ed. Royal Society of Chemistry, Cambridge, 56-81.

- 2- Gilbert, R.O. and Pulpisher, B.A. (2005). Role of sampling designs in obtaining representative data. *Environmental Forensics* 6, 27–33.
- 3-Hanson, I.D. (2004). The importance of stratigraphy in forensic investigation. In Pye, K. and Croft, D.J. (eds.) *Forensic Geoscience: Principles, Techniques and Applications*. Geological Society, London, Special Publications 232, 39–47.
- 4-Hopen, T.J. (2004). The value of soil evidence. In Houck, M.M. (ed.) *Trace Evidence Analysis*. Elsevier, Amsterdam, 105–122.
- 5-Marumo, Y. and Sugita, R. (2001). Forensic examination of soil evidence. *Proceedings of the 13th INTERPOL Forensic Science Symposium, Lyon, France*, 16–19 October 2001, D1-175 - D1-191.
- 6-McCrone, W.C., Brown, J.A., and Stewart, I.M. (1980). *The Particle Atlas. Edition Two. Volume VI*. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Michigan.
- 7-McCrone, W.C. (1982). Soil comparison and identification of constituents. *The Microscope* 30, 17–25.
- 8-McKinely, J., Ruffell, A. (2007). Contemporaneous spatial sampling at scenes of crime: Advantages and disadvantages, *Forensic Science International*, 172, 196-202.
- 9-Moorehead, W. (2004). Dr. Walter McCrone: contributions to criminalistics. *The Microscope* 52(1), 49–55.
- Murray, R.C. and Tedrow, J.C.F. (1975). *Forensic Geology*. – Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, 217pp.
- 10-Murray, R.C. and Tedrow, J.C.F. (1992). *Forensic Geology*, 2nd ed. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 203pp.
- 11-Murray, R.C. (2004). *Evidence from the Earth: Forensic Geology and Criminal Investigation*. Mountain Press Publishing Company, Missoula, Montana, 226pp.
- 12-Nickolls, L.C. (1956). *The Scientific Investigation of Crime*. Butterworth & Co (Publishers) Ltd., London, 398pp.
- 13-Palenik, S.J. (1979). The determination of geographical origin of dust samples. In McCrone, W.C., Delly, J.G., and Palenik,

- S.J. (eds.) *The Particle Atlas, Volume V*, 2nd ed. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Michigan, 1347-1368.
- 14- Palenik, S.J. (2000). Microscopy. In Siegel, J., Knupfer, G., and Saukko, P (eds.) *Encyclopedia of Forensic Science. Volume 1*. Academic Press, New York, 161-166.
- 15-Pye, K. and Croft, D.J. (eds.) (2004). *Forensic Geoscience: Principles, Techniques and Applications*. Geological Society, London, Special Publication 232, 318pp.
- 16-Pye, K. (2007). Geological and soil evidence forensic applications, CRC Press, Taylor & Francis group, 340 pp.
- 17-Ramsey, C.A. and Hewitt, A.D. (2005). A methodology for assessing sample representativeness. *Environmental Forensics* 6, 71-75.
- 18-Reuland, D.J., Trinler, W.A., and Farmer, M.D. (1992). Comparison of soil samples by high performance liquid chromatography augmented by absorbance rationing. *Forensic Science International* 52, 131-142.
- 19-Wade, C. (ed.) (2003). *Handbook of Forensic Services*. Federal Bureau of Investigation Laboratory Publication, Virginia, 180pp.
- 20-Walls, H.J. (1974). *Forensic Science: An Introduction to Scientific Crime Detection*, 2nd ed. Sweet and Maxwell, London, 257pp.
- 21-Webster, R. and Oliver, M.A. (2001) *Geostatistics for Environmental Scientists: Statistics in Practice*. John Wiley & Sons, Chichester, 271pp.