مقدمه

اورانیوم (U) یکی از عناصر کمیاب زمین است که به‌طور میانگین با غلظتی در حدود ۲.۷ ppm در پوسته زمین یافت می‌شود. بیش از ۹۵ درصد از اورانیوم طبیعی را اورانیوم ۲۳۸ تشکیل می‌دهد، در حالی که اورانیوم ۲۳۵ تنها ۰.۷ درصد و اورانیوم ۲۳۴ کمتر از ۰.۱ درصد آن را شامل می‌شود.

به دلیل اندازه بزرگ اتم اورانیوم، این عنصر معمولاً نمی‌تواند به‌راحتی در مراحل اولیه تشکیل ماگما وارد ترکیب مواد معدنی شود. در نتیجه، عمدتاً در سنگ‌های غنی از سیلیس، مانند گرانیت، تجمع می‌یابد. در این نوع سنگ‌ها، میزان اورانیوم ممکن است به ده‌ها یا حتی صدها ppm برسد و منجر به تشکیل معادن اورانینیت (کانی اصلی میزبان اورانیوم که دارای رادیواکتیویته شدید است) شود.

استخراج سنگ معدن اورانیوم به روش‌های مختلفی انجام می‌شود، از جمله:

- استخراج روباز و زیرزمینی
- لیچینگ برجا (in-situ leaching)
- معدنکاری با گمانه‌زنی که از جت‌های آب پرفشار استفاده می‌کند

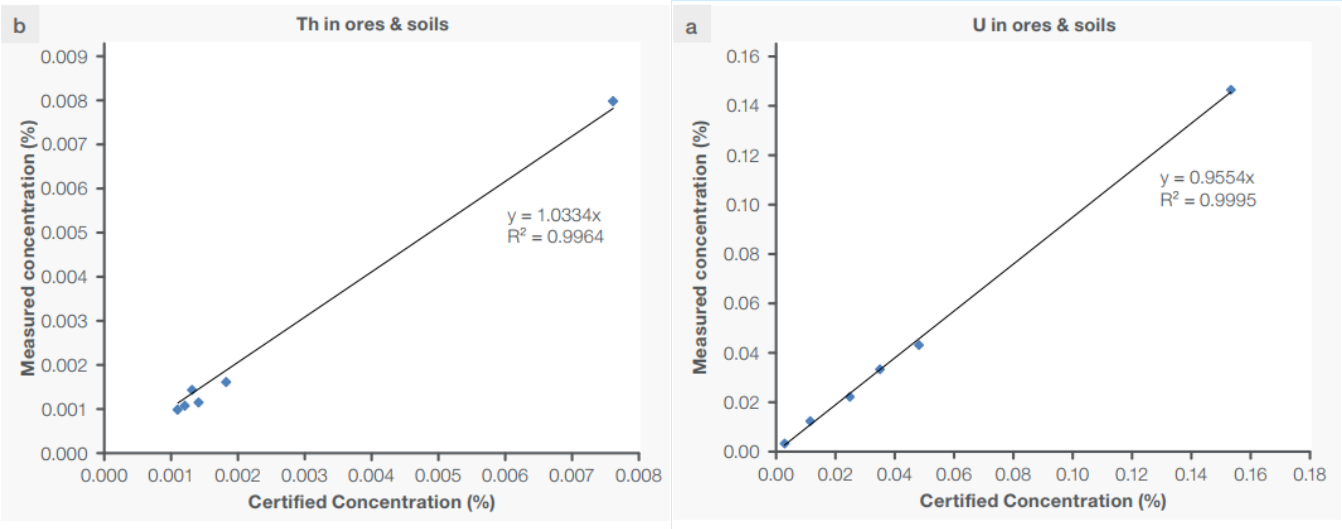
غلظت اورانیوم در سنگ‌های معدنی معمولاً بین ۰.۰۱ تا ۰.۲۵ درصد از اکسید اورانیوم (U_3O_8) است، اما برخی ذخایر مقدار بیشتری دارند. این عنصر در انواع مختلف کانسارها از جمله رسوبی، ماسه‌سنگی، کنگلومرایی و آتشفشانی یافت می‌شود.

توریم (Th) نیز عنصری رادیواکتیو است که فراوانی آن در پوسته زمین ۳ تا ۴ برابر بیشتر از اورانیوم (حدود ۹.۶ ppm) است. این عنصر معمولاً از ماسه‌های مونازیت استخراج می‌شود.

نقش دستگاه XRF دستی در معدنکاری

آنالیزور XRF یک ابزار کارآمد برای تحلیل سریع و دقیق در مراحل مختلف معدنکاری، از اکتشاف تا بهره‌برداری و کنترل عیار سنگ معدن، محسوب می‌شود. این دستگاه قادر است از منیزیم (Mg) تا اورانیوم (U) را شناسایی کند.

یکی از مدل‌های شناخته‌شده این دستگاه، Niton XRF (محصول شرکت Thermo Scientific آمریکا) است که با استفاده از تیوپ اشعه ایکس پرقدرت و آشکارسازهای سیلیکونی نیمه هادی، داده‌های دقیق و سریعی ارائه می‌دهد. این دستگاه هم در نمونه‌های صحرایی و هم در نمونه‌های آزمایشگاهی قابل استفاده است و نتایج آن با داده‌های مرجع قابل تأیید است (شکل ۱).



شکل ۱: تأیید صحت اندازه‌گیری اورانیوم و توریم در نمونه‌های سنگی با استفاده از مواد مرجع

روش تحقیق

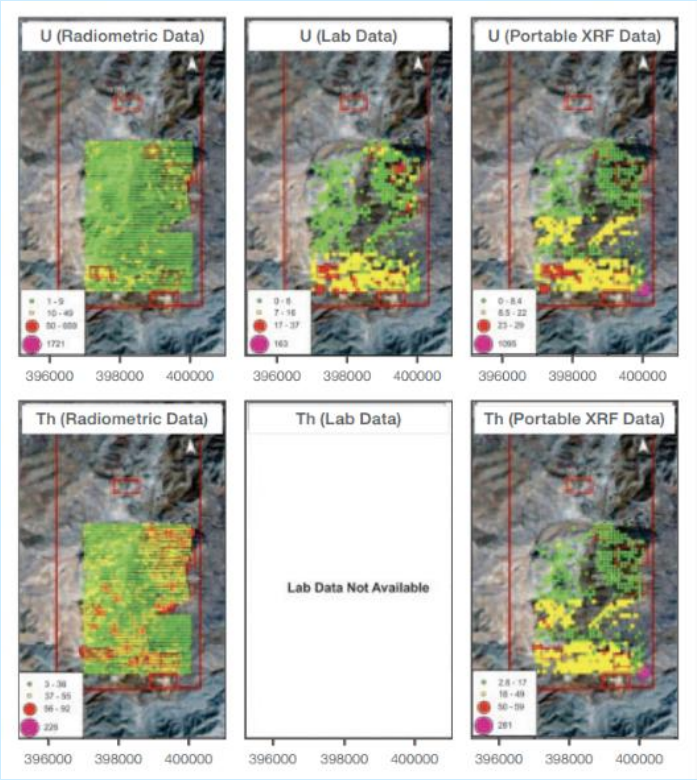
این مطالعه در منطقه نوپال، شمال شرق مکزیک، توسط زمین‌شناسان Servico Geologico Mexicano (SGM) انجام شد. در این بررسی:

۱۳۳۴ نمونه از ۳۱ ایستگاه و ۴۰ مقطع خطی (با فاصله ۱۰۰ متر) جمع‌آوری شد.

غلظت اورانیوم در هر نمونه با سه روش اندازه‌گیری شد:

- پرتوسنجی یا رادیومتری با دستگاه Scintillometer
- تحلیل آزمایشگاهی
- آنالیز با دستگاه دستیXRF

دستگاه Scintillometer نوعی آشکارساز مواد رادیواکتیو است که تابش‌های یونیزه‌شده را به فوتون‌های قابل‌مشاهده تبدیل می‌کند و برای اکتشاف اورانیوم و توریم کاربرد دارد. برخی مدل‌های این دستگاه می‌توانند داده‌های نیمه‌کمی ارائه دهند.



شکل ۲: نقشه‌های ژئوشیمیایی اورانیوم و توریم با استفاده از سه روش: رادیومتری، آزمایشگاهی وXRF

نتایج و تحلیل

بررسی نقشه‌های ژئوشیمیایی (شکل ۲) نشان می‌دهد که ناهنجاری‌های اورانیوم که توسط آنالیز آزمایشگاهی شناسایی شده‌اند، با نتایج XRF همخوانی دارند. همچنین، تحلیل XRF دستی برای اورانیوم و توریم، الگوی مشابهی را نشان داده است.

در مقابل، داده‌های دستگاه Scintillometer کاملاً با نتایج آزمایشگاهی و XRF مطابقت نداشت. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه دستگاه Scintillometer ابزار مفیدی برای شناسایی سریع مواد رادیواکتیو است، اما دقت آن در برخی موارد محدود است.

نتیجه‌گیری

ترکیب دو روش رادیومتری با استفاده از دستگاه Scintillometer و همچنین اندازه گیری عیار عناصر با استفاده از XRF دستی می‌تواند دقت شناسایی مواد رادیواکتیو در معادن را بهبود ببخشد و به نتایج دقیق‌تری در اکتشاف اورانیوم و توریم منجر شود. در شکل شماره ۳، تصویری از این دستگاه‌ها نشان داده شده است.

شکل ۳: سمت راست: تصویری از دستگاه سنتیلومتر مدل RS-230
سمت چپ: دستگاه XRF مدل Niton XL5