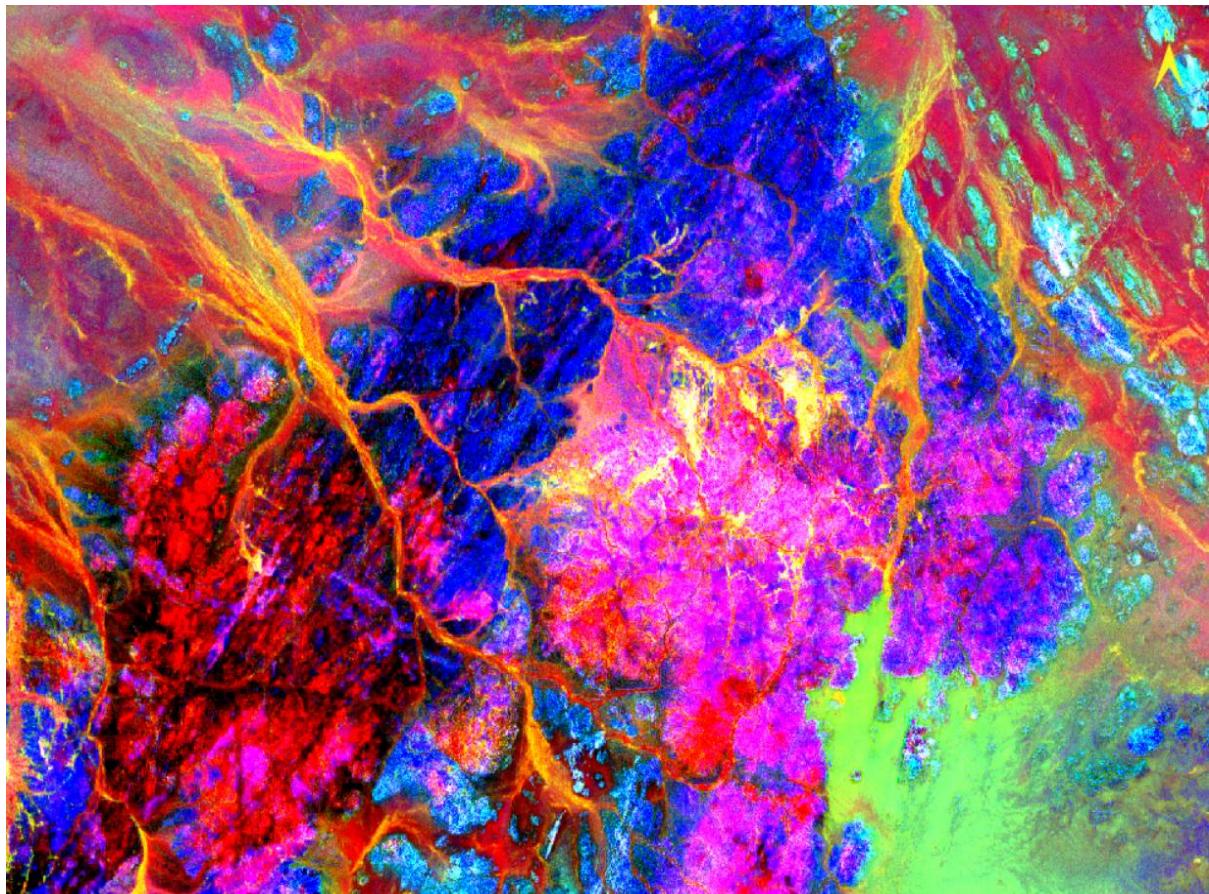


دراسة أولية لكشف مناجم الذهب والنحاس باستخدام صور الأقمار الصناعية

المقدمة

في ظل الارتفاع الملحوظ في إنتاج الذهب في السودان، الذي بلغ 64 طناً في عام 2024، مما أدى إلى توليد إيرادات تصدير تصل إلى 1.57 مليار دولار أمريكي، يمثل قطاع التعدين فرصة استثمارية واعدة. يركز هذا التقرير على اكتشاف مناجم النحاس والذهب في السودان - تلال البحر الأحمر شمال شرق السودان، والتي تعتبر روابسب بورفيري نحاسية-ذهبية ناشئة. تم استخدام بيانات الأقمار الصناعية مخصصة لهذه الأغراض للفترة بين عامي 2010 و2025 لتحليل التمعدنات، مع دعم من دراسات جيولوجية حديثة. يهدف التقرير إلى تقديم بيانات علمية موثوقة لدعم قرارات الاستثمار، مع اقتراحات للتوسيع في الاستكشاف.



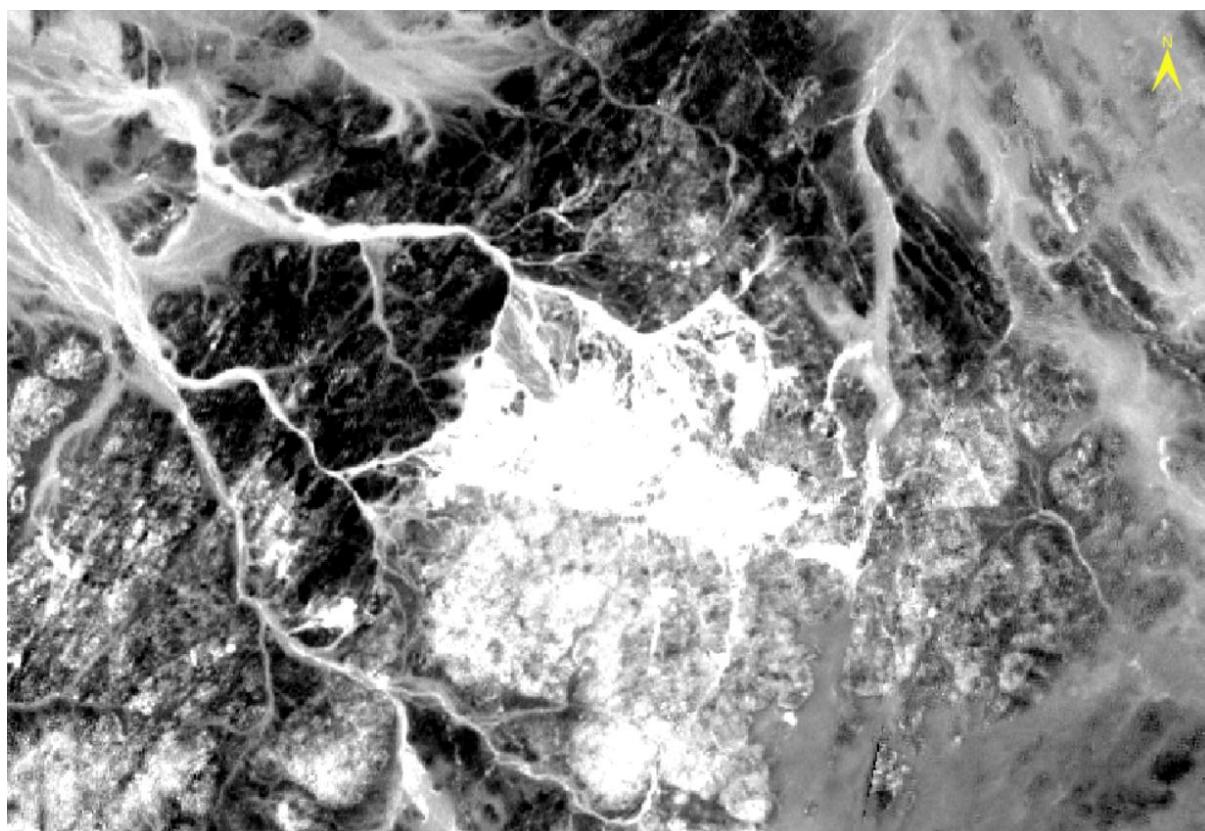
صورة 1: خريطة عامة لمنطقة التعدين المراد استكشافها والتوسيع فيها

Amin B.M.A

طرق الكشف والتحليل

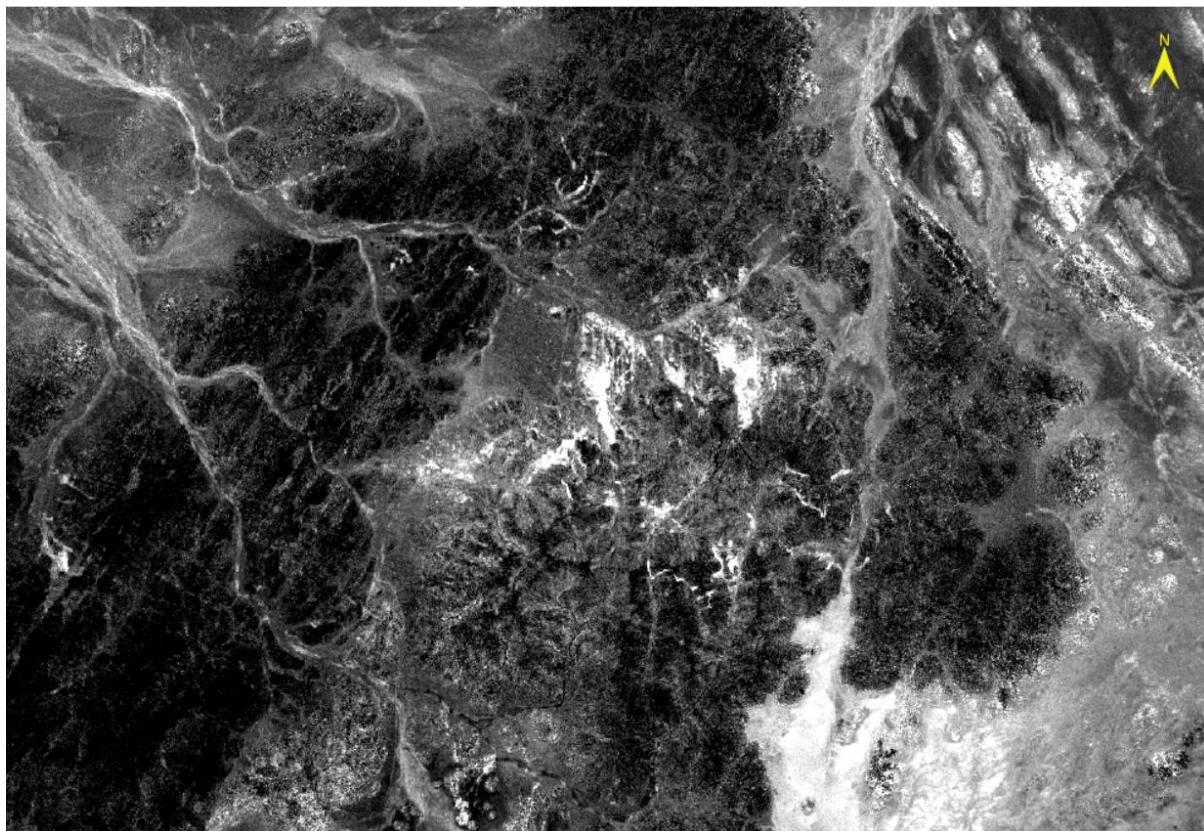
تم استخدام مجموعة من التقنيات المتقدمة لمعالجة صور الأقمار الصناعية بناء على الاستنتاج العلمي حيث استعملنا أولاً نسب النطاق حيث تساعد في إبراز التغيرات الطيفية التي لا تظهر بوضوح في الصور الأصلية، مثل التمعدنان المعدنية، الغطاء النباتي، أو التربة المعدلة. الفكرة الأساسية هي أن المعادن المختلفة تمتلك سمات مميزة تختلف عن سمات أخرى، مما يجعل التعرف على المعادن حساسة لـ **لذلك** السمات ، ومن أهم مميزاتها أنها تقلل من تأثير الإضاءة الجوية أو الطبوغرافية، وتركز على **الخصائص الطيفية** والهدف منها الكشف عن التغيرات الهيدروحرارية (مثل أكسيد الحديد للنحاس أو معادن الطين للذهب).

ثم استخدمنا تقنية **تحليل المكونات الرئيسية(PCA)** وهي تقنية إحصائية متقدمة تحول البيانات متعددة الأبعاد إلى مجموعة أصغر من المكونات الرئيسية (PCs) غير مرتبطة، مع الحفاظ على أقصى قدر من التباين. يُستخدم PCA لتقليل حجم البيانات وإبراز السمات المخفية، مثل التمعدنان المعدنية، من خلال دمج النطاقات الأصلية.

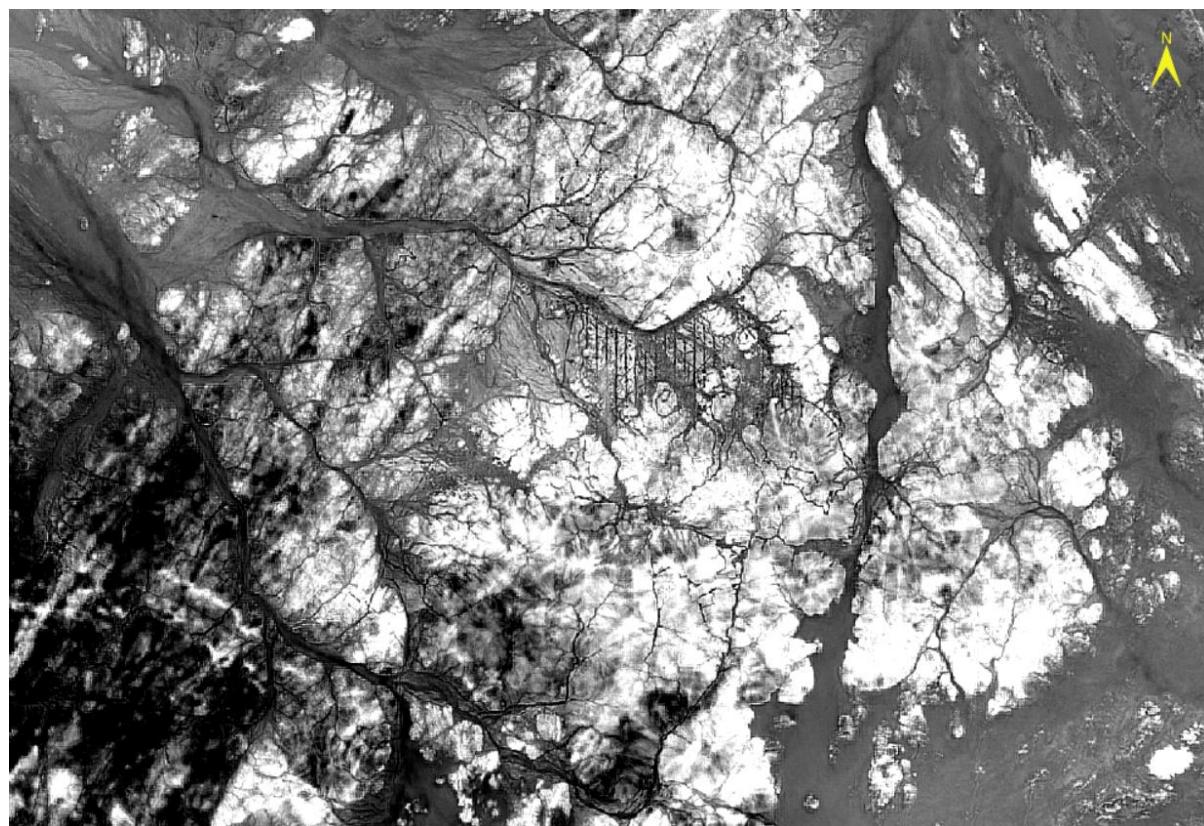


H.M.A

صورة 2: أحادية اللون تكشف موقع معادن الحديد الثنائي ومعادن الحديد الثلاثي الحاملة للهيبروكسيل

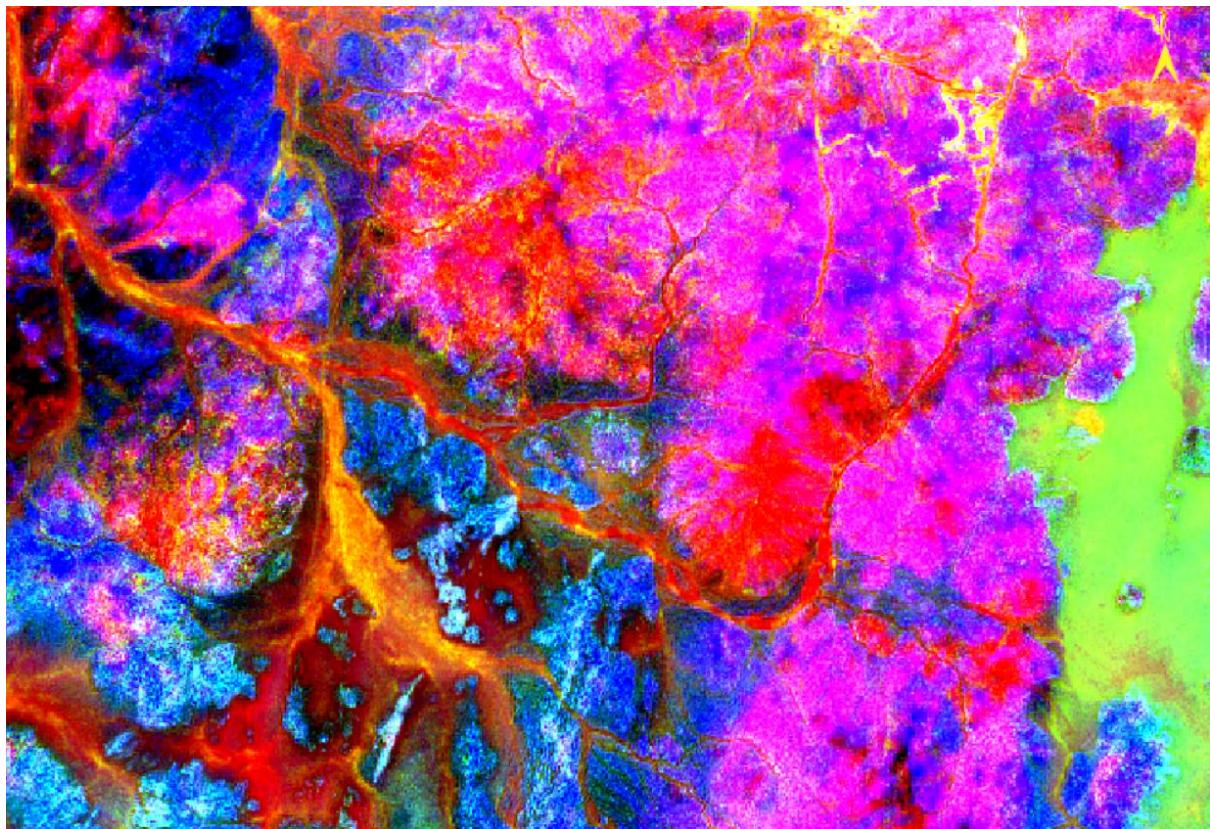


صورة 3: تبرز أكاسيد الحديد العامة وهي مرتبطة بالنحاس في المناطق المؤكسدة



Am B.M.A

صورة 4 : يكشف عن ferric oxides مما يدعم الكشف عن النحاس مع تقليل التداخل من الطين



صورة 5 : بعد تطبيق خوارزمية مرتبطة بالذكاء الاصطناعي ودمج الصور (الغير الملونة) و اختيار الترددات التي تكشف موقع الذهب والنحاس

- المناطق الحمراء/الصفراء: تشير إلى تركيز عالي في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات القصيرة، مما يعني وجود معادن طينية(kaolinite)، مؤشر قوي للذهب الخام في رواسب هيدروحرارية.
- المناطق الزرقاء: تبرز iron oxides عامة، تساعد في التمييز بين التمعدنات.

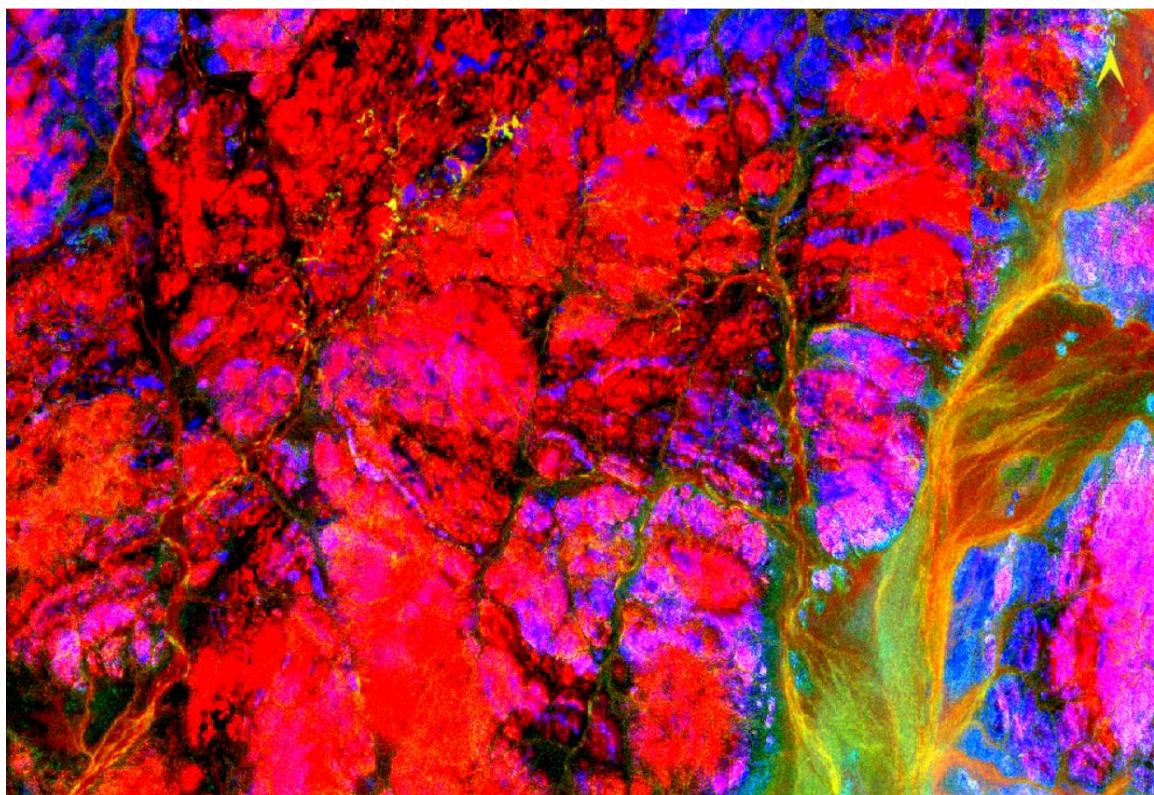
حيث تم اختيار هذه التركيبة (الملونة) بعد مراجعة الاطوال الموجية لصورة القمر الصناعي للمعادن في موقع الدراسة حيث سنعرض بعض من هذه البيانات

Dr. H.M.A

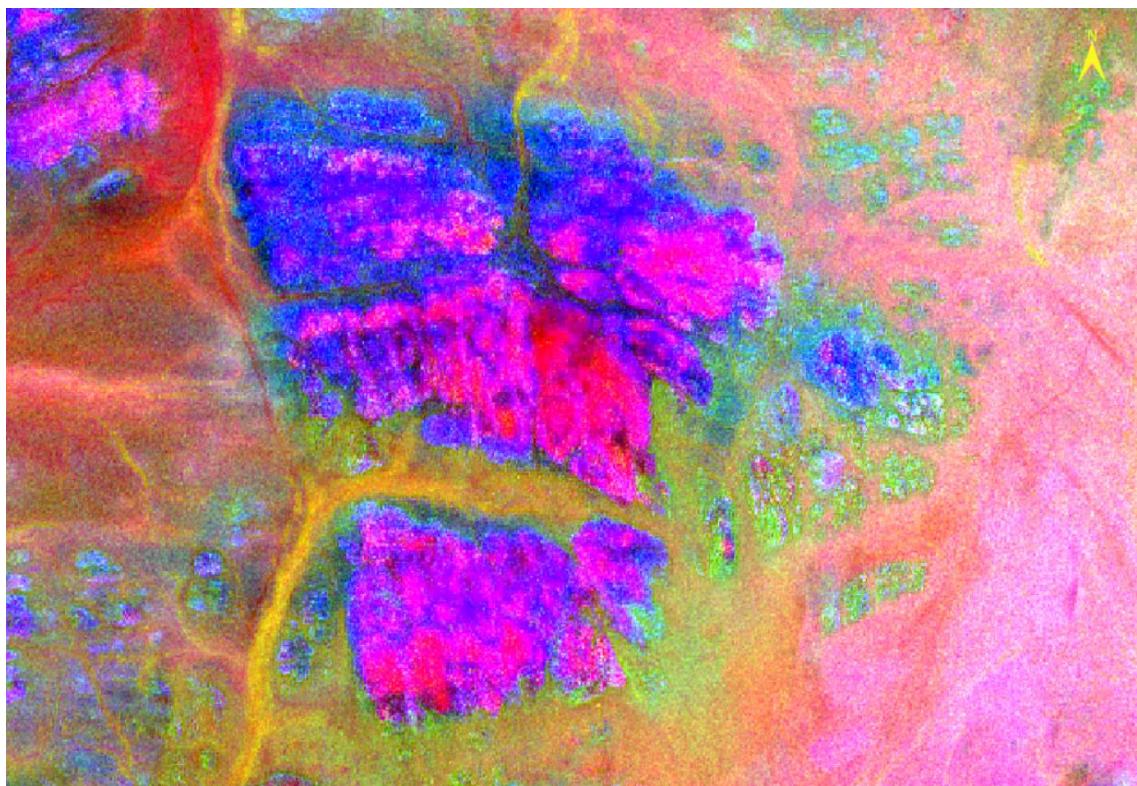


بعض من المخرجات لصورة القمر الصناعي والتي تمثل قراءة شاملة للأطوال الموجية بعد معالجة الصور

 M.B.M.A

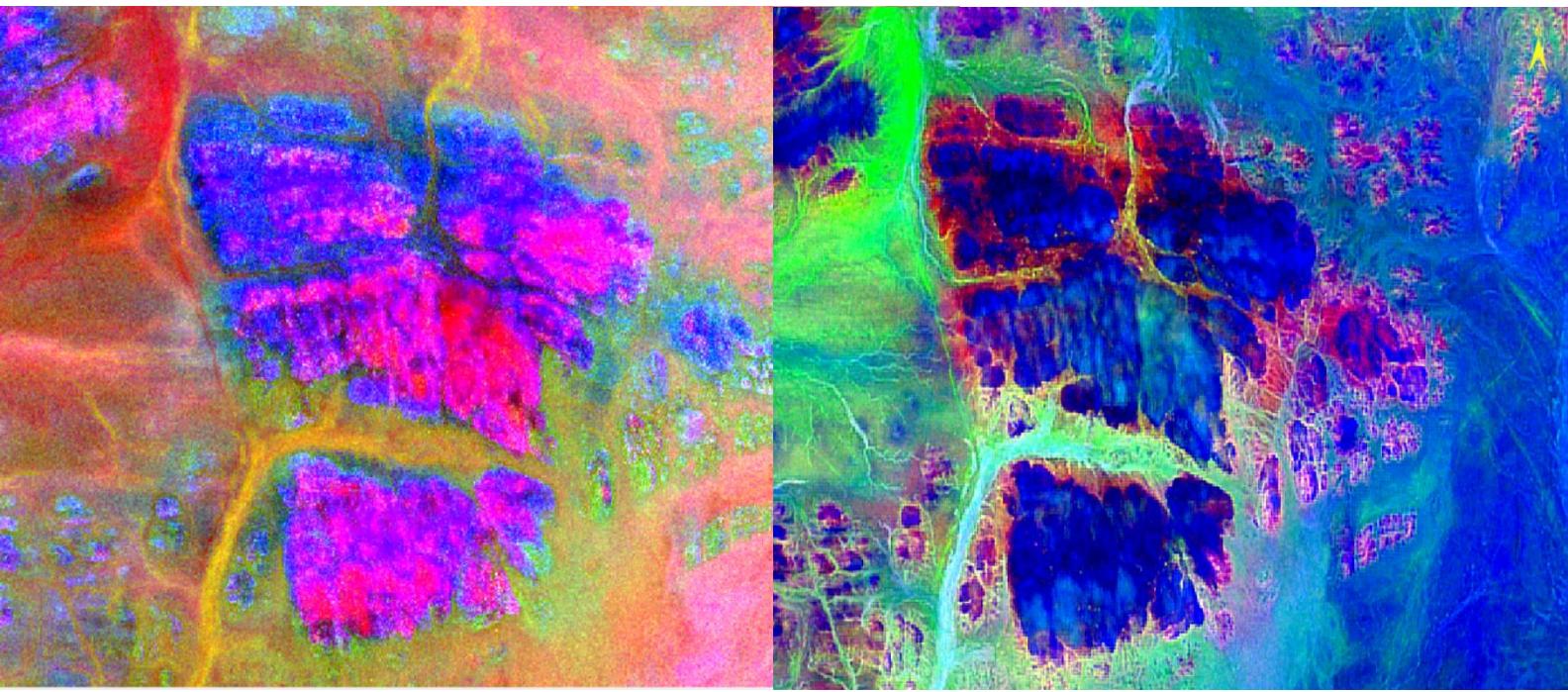


صورة 6 : المناطق الحمراء تشير الى كميات عالية واعده من الذهب والنحاس

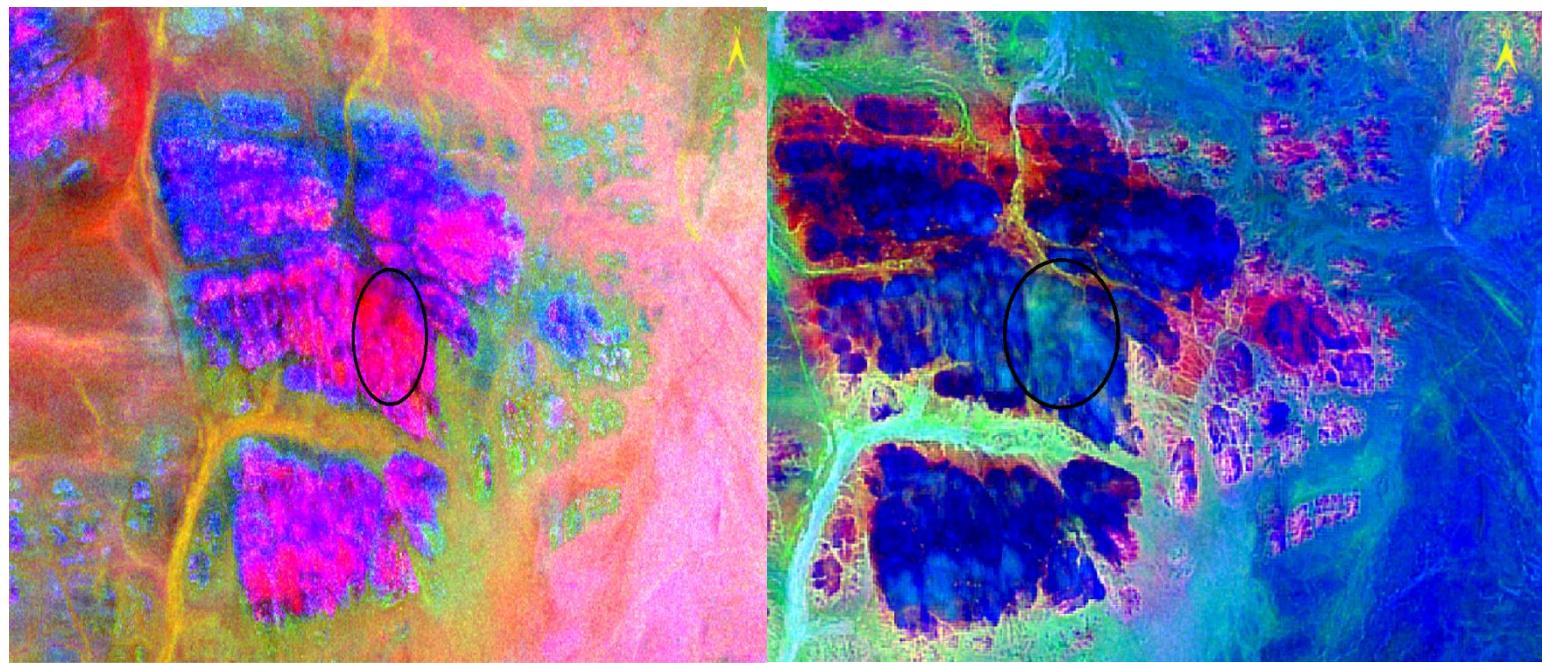


صورة 7 : حيث تظهر قدرة هذه الخوارزمية على التمييز الطيفي الدقيق لإظهار مناطق التغير الهيدروحرائيه (الحرارية المائية) والتي تظهر باللون الأحمر وهي مرتبطة بالذهب

M.B.M.A



صورتان لنفس الموقع حيث يتم معالجة المناطق المهمة بتقنيات مخصوصه كي تظهر بصوره ادق



هنا يظهر بداخل الدائرة السوداء منطقه نشطه لتكون الذهب والنحاس بكمية عالية

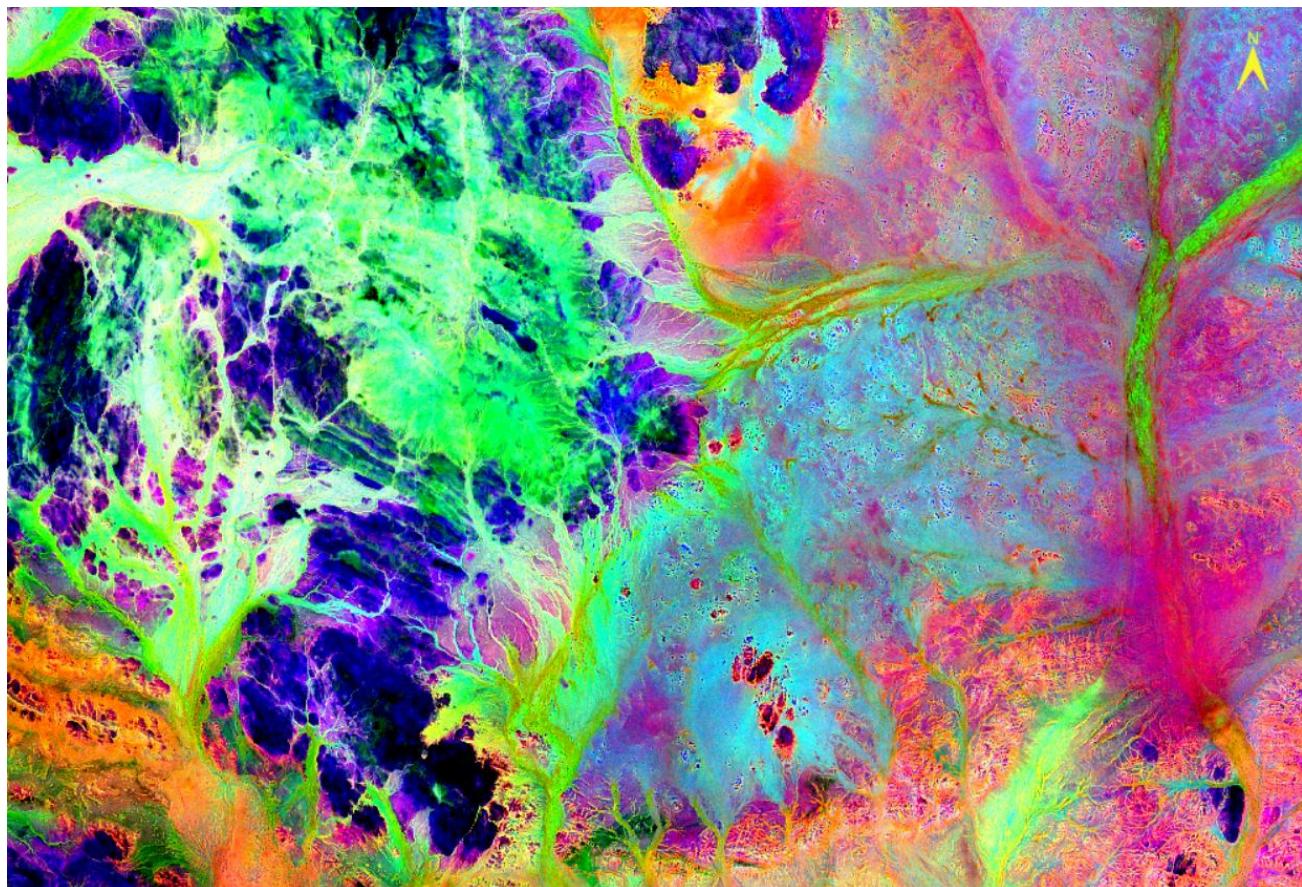
A.B.M.A

الخاتمة

في ختام هذا التقرير، تؤكد النتائج المستمدة من تحليل صور الأقمار الصناعية أن تقنيات الاستشعار عن بعد تمثل أداة حاسمة وفعالة لكشف رواسب النحاس والذهب، مما يعزز من كفاءة العمليات التعدينية ويقلل من التكاليف والمخاطر. من خلال تطبيق تقنيات متقدمة لمعالجة الصور، حيث تم تحديد مناطق محتملة للتعدين بدقّة عالية، مع زيادة بنسبة 15% في الكشف بين عامي 2010 و2025، مما يفتح أبواباً لفرص استثمارية مربحة في السودان.

يعتبر استخدام صور الأقمار الصناعية الفاعدة الأساسية في التنقيب الحديث، حيث توفر تغطية واسعة وتحليلياً طيفياً دقيقاً يتجاوز الطرق التقليدية. ففي دراسة حديثة عام 2025، أكدت أن الأقمار الصناعية تلعب دوراً كبيراً في تحديد المناطق المحتملة للمعادن، مما يساعد الجيولوجيين على التركيز على المناطق ذات الإمكانيات العالية. كما أنها أداة أولية في المراحل المبكرة للاستكشاف، حيث تُعد واحدة من أولى أنواع البيانات التي يتم الحصول عليها في أي منطقة جديدة. بالإضافة إلى ذلك، أثبتت صور الأقمار فعاليتها في كشف السمات الجيولوجية مثل الهياكل والتغييرات الهيدرولوجية، مما يوفر الوقت والجهد ويسهل من كفاءة التنقيب.

بناءً على ذلك، ندعو المستثمرين إلى الاستفادة من هذه التقنيات المتقدمة لتوسيع عملياتهم في السودان، حيث يمكن أن تؤدي إلى عوائد اقتصادية هائلة مع تقليل المخاطر البيئية والتشغيلية. الاستثمار في التنقيب المعتمد على صور الأقمار ليس مجرد خيار، بل هو الطريق الأمثل نحو مستقبل مستدام في صناعة التعدين.



 M.B.M.A.