تطبيقات الاستشعار عن بعد في دراسة الصخور النارية بمنطقة المسن جنوب غرب ترهونة ، شمال غرب ليبيا

أ.عياد فرج مسعود، a.f.alburki@gmail.com ،قسم الجيولوجيا-كلية العلوم جامعة الزيتونة ترهونة
أ.اسامة سالم الغول، Algoul2000@gmail.com ، قسم هندسة نفط كلية التقنية الهندسية-جنزور
د.عبدالمنعم عبدالسلام عبدالله، a.a.alburki@gmail.com، قسم الجيولوجيا-كلية العلوم جامعة الزيتونة

المستخلص

منطقة المسن جنوب غرب ترهونة شمال غرب ليبيا تعتبر حقل جيولوجي جيد تتضح فيه العديد الظواهر الجيولوجية وتظهر فيه تكاوين جيولوجية محددة تدل على فترات زمنية معينة من عمر الأرض الطويل ، ما شجعنا على القيام بالعديد من الرحلات الحقلية المتكررة للتعرف على نوعية الصخور بمنطقة الدراسة والأهمية الاقتصادية لها ، ودراسة التراكيب الجيولوجية عامة كالصدوع والطيات والتشققات والفواصل ، والتراكيب النارية خاصة كالتراكيب والأنسجة السريانية التي تحدد اتجاهات تدفق الحمم ، تراكيب الفواصل العمدانية ، تراكيب الحمم المجدولة (الظفائري) ، التركيب الزينوليتي.....وغيرها ، ثم ربط العلاقات الحقلية وتفسيرها لمحاولة فهم وتأريخ هذه الاحداث الجيولوجية.

وقد تم اختيار هذه المنطقة والتي تغطي مساحة تقدر بحوالي 500كم² لتطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ، حيث ان هذه المنطقة تعتبر منطقة مأمولة كمصدر للخامات المعدنية وذلك بسبب وجود صخور نارية مقتحمة كونت تدفقات من الصخور النارية صاحبها بعض التغيرات والتحورات التي اصابت الصخور الاصلية ونتج عنها الكثير من عمليات الاحلال والتحور مكونتا معادن جديدة وخامات ذات قيمة اقتصادية ، وقد اعتمدت هذه الدراسة على تفسير صور القمر الصناعي لاندسات ، ومعلومات عن الصخور النارية السطحية ، والمعلومات الجيولوجية والتركيبية الدالة على وجود المعادن بالمنطقة ، وكان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة تقييم قدرة الاستشعار عن بعد وكيفية استخدامه في مجالات التنقيب عن المعادن والتخريط الجيولوجي ، وتوضيح دور التراكيب الجيولوجية والتغيرات الحرمائية في تكوين الرواسب المعدنية والدلالة عليها ، ومن خلال هذه الدراسة والتحليل تمكنا من التمييز بين الوحدات الصخرية المختلفة بالمنطقة ، ومن خلال مطابقة التراكيب الجيولوجية الموجودة بالصورة الفضائية مع المعلومات المتاحة عن جيولوجية المنطقة استطعنا الاشارة الى وجود منطقة مأمولة لتكون مصدر للخامات المعدنية ، كذلك ومن خلال الكشف عن مناطق التغيرات والتحورات الحرمائية يمكن تمييز الصخور التي تأثرت بالتغيرات من الصخور التي لم تتأثر بها ، فالصخور المتغيرة عادة تمتلك انعكاس طيفي مختلف وهو دليل على تأثر المنطقة بعمليات تكتونية ادت الى مثل هذه التغيرات.

1. موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا إلى الجنوب من مدينة ترهونة بحوالي30كم ، وتبعد عن مدينة طرابلس حوالي 120 كيلومتر في اتجاه الجنوب الشرقي ، وتغطي منطقة الدراسة مساحة تقدر بحوالي 500 كيلومتر مربع ، وهي ترتفع فوق مستوى سطح البحر بمعدل يتراوح مابين 450 – 600 متر تقريبا ، إحداثيات خطوط الطول ودوائر العرض هي خطي طول ``81`:28°:13 - ``10`:38°:13 شرقا ، ودائرتي عرض``61`:02°:32 - ``65`:09°:32 شمالا ، الشكل(1) يوضح خريطة الموقع.

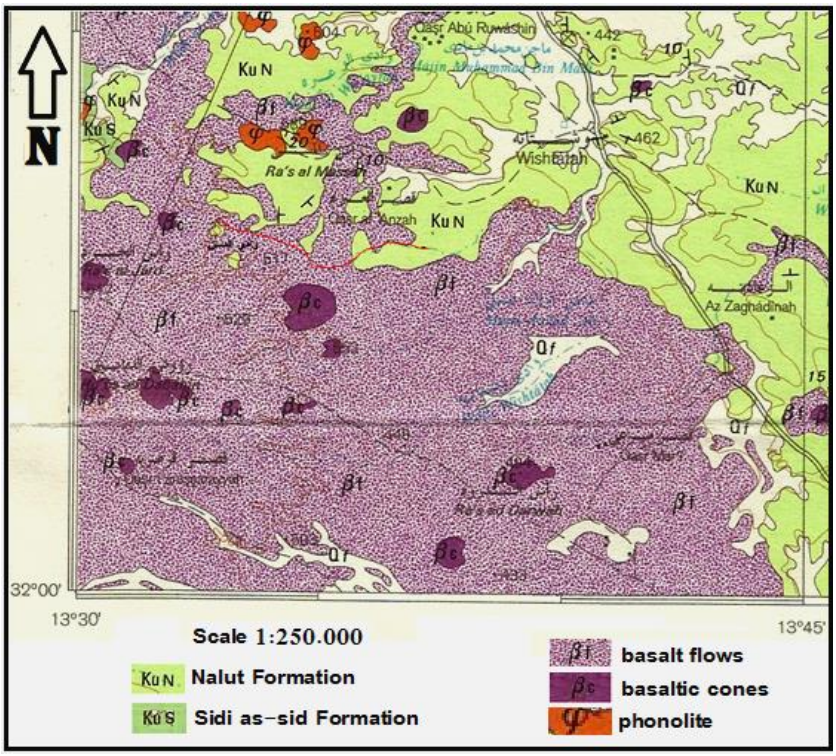
الشكل(1): خريطة الموقع

2. مشكلة وأهداف الدراسة

منطقة الدراسة منطقة جبلية صعبة التضاريس ، هذه المنطقة تعتبر منطقة مأمولة كمصدر للخامات المعدنية وذلك بسبب وجود صخور نارية مقتحمة كونت تدفقات من الصخور النارية صاحبها بعض التغيرات والتحورات التي اصابت الصخور الاصلية ونتج عنها الكثير من عمليات الاحلال والتحور مكونتا معادن وخامات ذات قيمة اقتصادية ، وقد اعتمدت هذه الدراسة على تفسير صور القمر الصناعي لاندسات ، ومعلومات عن الصخور النارية السطحية ، والمعلومات الجيولوجية والتركيبية الدالة على وجود المعادن بالمنطقة ، وكان الهدف من هذه الدراسة تقييم قدرة الاستشعار عن بعد وكيفية استخدامه في مجالات التنقيب عن المعادن والتخريط الجيولوجي ، وتوضيح دور التراكيب الجيولوجية والتغيرات الحرمائية في تكوين الرواسب المعدنية والدلالة عليها.

3. جيولوجية منطقة الدراسة

منطقة الدراسة هي امتداد لسلسلة جبال نفوسة ، وهي منطقة جبلية تعبرها العديد من الأودية أهمها وادي المسن ووادي الوعيرة ووادي وشتاتة ، وتنتمي صخورها الرسوبية إلى تكاوين نالوت وسيدي الصيد، التي تميز الكريتاسي العلوي (السينوماني والتوروني) ، الشكل(2)، وتحتوى منطقة الدراسة على مجموعة من التراكيب الرسوبية تضم الشقوق والفواصل والطيات ، وطبقات ورقائق متداخلة من المارل والطين ، وعقد من الصوان ، وكذلك وجود فجوات ناتجة عن إذابة مكونات الصخور الكربونية بالمحاليل المائية والتجوية الكيميائية ، مع وجود آثار لنشطات حيوية وحفريات.

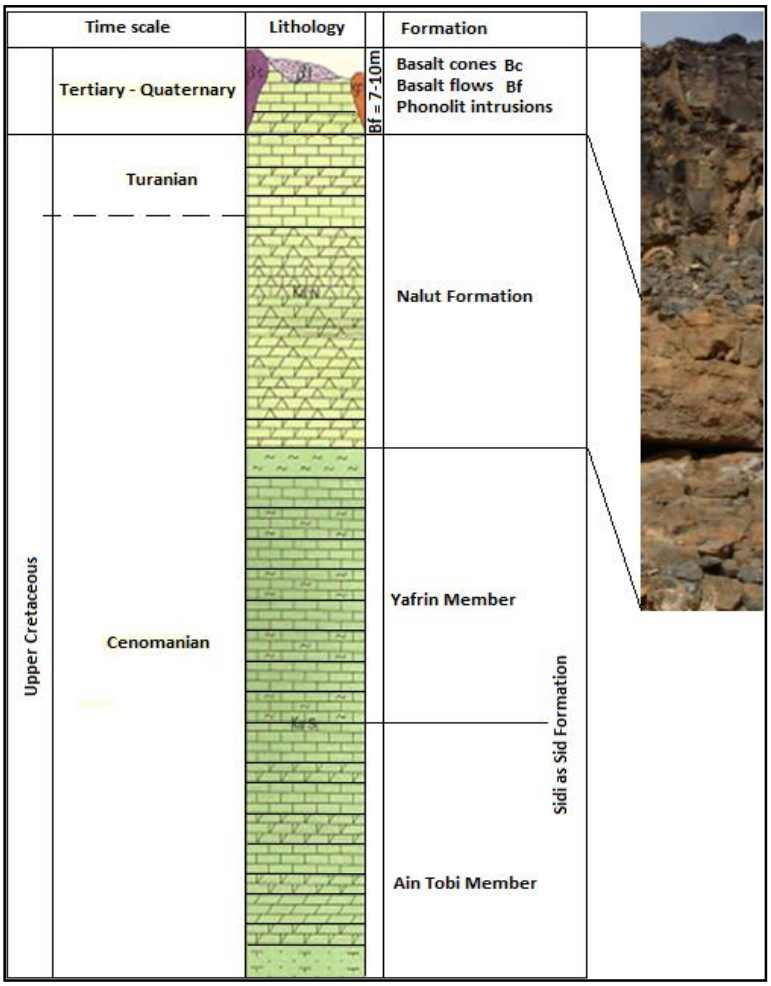


الشكل(2): الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة(خريطة ليبيا الجيولوجية لوحة الخمس)

تأثرت منطقة الدراسة باندفاع اللابة البازلتية الداكنة اللون ، والتي تتميز بقلة اللزوجة نتيجة لارتفاع درجة حرارتها، ومحتواها المنخفض من السيليكا، فتنساب على المنحدرات بسرعة ولمسافات بعيدة مكونتا طفوح بركانية ، وتأثرت هذه الطفوح بعمليات التعرية الميكانيكية والتجوية الكيميائية نتيجة تعرضها للعوامل الجوية المختلفة من حرارة ورطوبة وأمطار ورياح وغيرها ، ثم نقلت نواتج عمليات التعرية بواسطة المجاري المائية ورسبت على ضفاف الوديان.

4. الجيولوجيا الطبقية والعمود الطبقي

تعتبر صخور الحين الكريتاسي العلوي من أكثر الصخور انتشارا في منطقة الدراسة ، كما توجد الصخور البركانية التي أهمها طفوح البازلت والفونوليت تغطي اغلب صخور المنطقة ، وتنتمي صخور منطقة الدراسة إلى عدة تكاوين هي تكوين نالوت الذي تمثل صخوره اغلب التكشفات الصخرية بمنطقة الدراسة ، وهي تتكون من أحجار جيرية دلوميتية تحتوي على عقد من الصوان ، وفي الجزء العلوي منه تتبادل طبقات من الحجر الجيري الدلوميتي مع طبقات من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي Conant.L.C and Goudarzi.G.H,(1967)، وتكوين سيدي الصيد الذي تتكشف صخوره في أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة ، وتتكون من أحجار جيرية دلوميتية وحجر جيري مارلي ومارل، ويمثل الشكل(3) العمود الطبقي لمنطقة الدراسة.



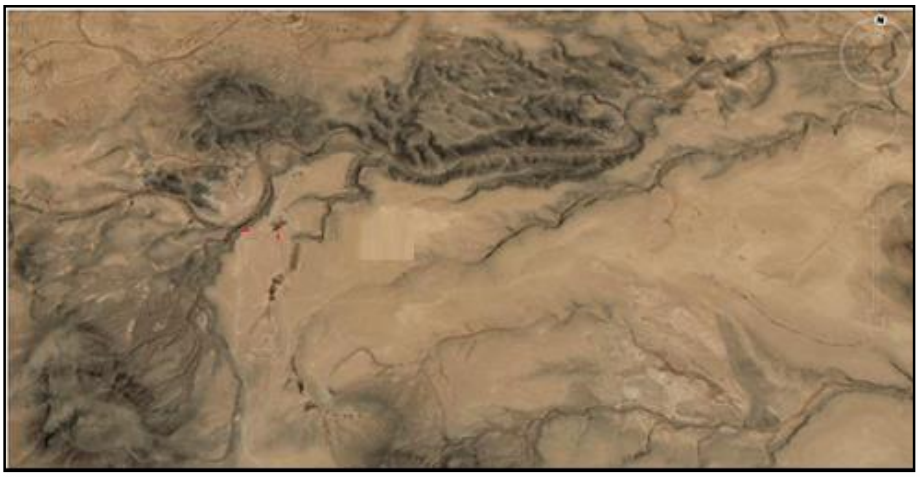
شكل (3): العمود الطبقي لمنطقة الدراسة(بعد لوحة الخمس)

5. الجيومورفولوجي والتضاريس

منطقة الدراسة منطقة جبلية عبارة عن مجموعة من التلال والهضاب المنعزلة ، عادة ما تكون هذه التلال من متوسطة إلى شديدة الانحدار يعبرها العديد من الأودية أهمها وادي المسن ووادي الوعيرة ووادي وشتاتة .

المرتفعات بمنطقة الدراسة يبدو شكلها العلوي على هيئة سطح منبسط تتخلله بعض الوديان العميقة في بعض المناطق وخصوصاً حيث توجد الصخور البازلتية فوق ترسبات العصر الكريتاسي .

وتنتشر فوق المرتفعات بمنطقة الدراسة وعلى جوانبها شبكة عظيمة من الوديان تنحدر في اتجاهات مختلفة ، ونوع شبكات تصريف الأودية بمنطقة الدراسة هي شبكات شجرية ، الشكل(4) ، وهي مسئولة عن عمليات التعرية ونقل الرواسب التي تمثل نواتج عمليات التجوية للمناطق المرتفعة المتكونة من صخور بركانية غنية بالمعادن.



شكل (4) : شبكات تصريف الأودية الشجرية بمنطقة الدراسة (google earth)

6. الجيولوجيا التركيبية والتراكيب الرسوبية بمنطقة الدراسة

تظهر العديد من التراكيب الرسوبية بمنطقة الدراسة منها الاولية المصاحبة لعمليات الترسيب ، وهي تراكيب جيولوجية ناتجة عن العمليات الفيزيائية (الطبيعية) تتكون أثناء عملية الترسيب وتعكس ظروف الترسيب مثل طبيعة ، عمق وسرعة تيار الترسيب واتجاه التيارات القديمة ، ومنهاالثانوية وهي تراكيب جيولوجية تتكون بعد الترسيب نتيجة لأسباب تكتونية ، من التراكيب الرسوبية التي تظهر بمنطقة الدراسة الشقوق والفواصل والطيات ، وطبقات ورقائق متداخلة من المارل والطين ، وكذلك الفجوات والكهوف الناتجة عن اذابة مكونات الصخور الكربونية بالمحاليل المائية والتجوية الكيميائية ، ومن خلال الأشكال التالية سنقوم بعرض بعض انواع التراكيب الموجودة في منطقة الدراسة.

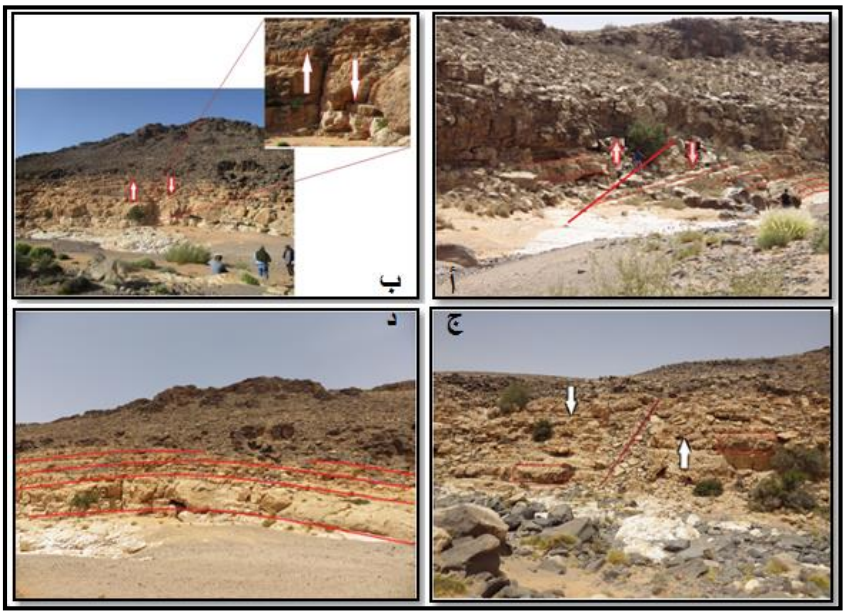
I *الفجوات والكهوف*

هذه التراكيب الرسوبية تكونت بفعل المحاليل الكيميائية نتيجة مرورها عبر مناطق الضعف في الصخور فأثرت على اغلب مكونات الصخر بإذابة المادة اللاحمة والحبيبات الدقيقة وأدت إلي مسامية ثانوية في صخور الحجر الجيري ، الشكل(5).

شكل (5): الفجوات والكهوف الناتجة عن الإذابة بالمحاليل

II الصدوع والفواصل والطيات

من التراكيب الثانوية التي تظهر في منطقة الدراسة ، شكل(6 أ ، ب ، ج ، د)، وهي ناتجة عن القوى الميكانيكية التي تعرضت لها طبقات الصخور كالضغوط الأفقية والراسية التي سببت رفع وانثناء هذه الطبقات الصخرية.



شكل (6): تراكيب ثانوية بمنطقة الدراسة

III الصخور النارية بمنطقة الدراسة

معظم الصخور النارية بمنطقة الدراسة صخور قاعدية ناتجة عن خروج الصهير القاعدي على هيئة طفوح من اللابة ، بردت وتصلبت فوق سطح الأرض مكونتا صخور بركانية دقيقة الحبيبات ، غنية في تركيبها المعدني بالمعادن المافية القاتمة اللون (Mafic mineral) التي تتكون أساسا من معادن سيليكات الحديد والماغنيسيوم، وأهمها معدن الاوليفين والبيروكسين والامفيبول، اضافة الى البلاجيوكليز الكلسي والبايوتيت وغيرها من المعادن الإضافية الثانوية ، والصهير القاعدي Basic magma نسبة السليكا (SiO_2) فيه لا تزيد عن 52% وهو غني في تركيبه بعناصر الحديد ,(Fe) والماغنسيوم (Mg) والكالسيوم ,(Ca) وعند تبلور هذا النوع يعطى صخور نارية داكنة اللون مثل البازلت (Basalt) ، هذا النوع من الصخور النارية يتكون نتيجة تدفق الصهير تحت ظروف معينة إلي خارج القشرة الأرضية من خلال الفوهات البركانية أو عن طريق الشقوق والفواصل علي هيئة مقذوفات بركانية تعرف بالحمم (Lava) التي تنساب علي سطح الأرض فتتعرض للتبريد السريع مكوناً أشكالاً متعددة من الأجسام البركانية.

أهم خصائص هذا النوع من الصخور أنه يتم تشكيلها فوق سطح الأرض بسبب الانخفاض الكبير والمفاجئ في درجة الحرارة والضغط ، مما يؤدي إلى سرعة التبريد وبالتالي يقلل من فرص عملية التبلور ونمو البلورات، وعادة ما تتكون هذه الصخور من حبيبات صغيرة جدا تعكس نسيج دقيق الحبيبات(aphanitic texture) أو تنعدم فرصة تكوين البلورات مكونة النسيج الزجاجي (glassy texture)، ويصاحب تدفق الصهير القاعدي أنماط وأشكال متعددة من التراكيب والأنسجة السريانية (flow structures)، حيث تظهر في منطقة الدراسة العديد من التراكيب والظواهر النارية مثل تدفقات الحمم

البركانية ، الحمم الظفائرية ، الأعمدة والفواصل البركانية ، وغالباً ما تحتوي علي غازات وأبخرة تتصاعد عند تعرضها للجو الخارجي تاركةً خلفها فراغات فقاعية تكسب الصخور الكثير من النتوءات والبثور.

7. التراكيب والظواهر النارية بمنطقة الدراسة

تظهر في منطقة الدراسة العديد من التراكيب النارية المختلفة الأشكال والأحجام ومنها مايلي:-

(1) تدفقات اللافا (Lava flow):

يتدفق الصهير تحت ظروف معينة إلي خارج القشرة الأرضية من خلال الفوهات البركانية أو الشقوق والفواصل علي هيئة Lava flow تنساب فوق طبقات الصخور الرسوبية لتكوين نالوت ، شكل(7 أ، ب)، يتراوح سمك هذه الطفوح البركانية مابين 5-10 امتار وتتكون اغلبها من صخور البازلت والبازانيت ويتدرج لونها من الرمادي الى الرمادي الغامق.

شكل(7): تراكيب تدفقات اللابة Lava flow structures

(2) كتل اللابة:

تدفقات للحمم البركانية تلف حول نفسها وتشكل كتل من صخور البازلت رمادية اللون ينخفض فيها الاوليفين نسبيا وتحتوي على بلاجيوكليز يظهر باللون الأبيض تحت العدسة اليدوية، حجمها عادة ما تكون حوالي 5-10متر يتم تشكيلها نتيجة انفصال وتجزئة السطح الخارجي البارد للحمم بينما داخل الحمم لا تزال تتحرك ، (الشكل8 أ، ب).

شكل(8): تراكيب كتل اللابة Blocky lava structures

(3) النسيج الفقاعي:

يتكون نتيجة هروب الغازات والأبخرة أثناء المراحل النهائية للتبلور فعندما تصـــعد اللابة يقل الضـــغط المســـلط عليها فيتحرر بخار الماء والغازات الأخرى الذائبة وتهرب منها مكونة أعداد كبيرة من الفقاعات المختلفة الأحجام والأشكال لا يزيد قطرها عن السنتمتر الواحد ، تأخذ أشكال مختلفة منها الكروي، البيضاوي، الأســطواني وغير المنتظم ، وتمثل اماكن هروب الغازات تراكيب يمكن الاســتدلال بها على اتجاه الجريان ، كما تؤدي الى زيادة التأثر بعوامل التعرية والتجوية المختلفة ، والغازات البركانية تتكون من بخار الماء وهو المكون الرئيســـي حيث يمثل (70 – 95)% من المكونات ، ثاني أكســـيد الكربون وثاني أكســـيد الكبريت، بالإضافة إلي كميات ضئيلة من النيتروجين والهيدروجين وأول أكسيد الكربون والكبريت والكلور، الشكل(9).

وتؤثر المياه والغازات الذائبة في الصـهير وضـغط الحمل للصـخور العلوية إلي الاحتفاظ بالمواد الطيارة وعدم السماح لها بالهروب ، وعند صعود الصهير الى السطح ينخفض الضغط وتهرب المواد الطيارة بانفجار بركاني قوى يهشم أي صخور صلبة تعلوها.

شكل(9): النسيج الفقاعي Vesicular texture

(4) النسيج اللوزي:

وهي تجاويف صـــغيرة ناتجة عن هروب الغازات والأبخرة أثناء المراحل النهائية للتبلور وتكون مملوءة برواسب ثانوية من معادن مختلفة كالكالسيت والسيلكا وغيرها ، الشكل(10 أ، ب).

شكل(10): النسيج اللوزي Amygdaloidal texture

(5) النسيج الحبيبي الدقيق التحبب:

الحبيبات الدقيقة التي تكون البازلت تعكس نسيج حبيبي دقيق التحبب تكون نتيجة التبريد السريع على سطح الأرض ، الشكل (11).

(6) التراكيب والأنسجة السريانية:

إذا استمر انسياب وتدفق اللابة خلال مراحل التبريد والتبلور ينتج عن ذلك ترتيب للبلورات في اتجاه الانسياب تعكس اتجاهات جريان الطفوح البركانية ، كما تعكس اشكال الفراغات الناتجة عن هروب الغازات وطريقة استطالتها اتجاهات الجريان بحيث يكون شكلها البيضاوي موازي لاتجاهات جريان الطفوح البركانية (direction flow)، الشكل(12).

شكل(11):النسيج الحبيبي الدقيق Fine grained texture

شكل(12): التراكيب الاتجاهية Flow structures

(7) تراكيب الفواصل العمدانية:

وهي عبارة عن مستويات وسطوح انفصال توجد بكثرة في الصخور النارية ناتجة عن التأثر بعوامل التجوية الميكانيكية المختلفة كالرطوبة والحرارة ، وينتج عنها أشكال هندسية مختلفة نتيجة تقاطع هذه الفواصل والشقوق مكونة عدة اوجه حوالي 5 او 6 اوجه ، وعندما تكون غير مكتملة النمو نجدها 3 او 4 اوجه فقط وعادة يكون اتجاه هذه الفواصل العمدانية عمودي على اتجاه جريان اللابة ما يمكننا من تمييز الجسم الناري ما اذا كان قاطع او سد الشكل(13).

شكل(13): تراكيب الفواصل العمدانية Columnar structures

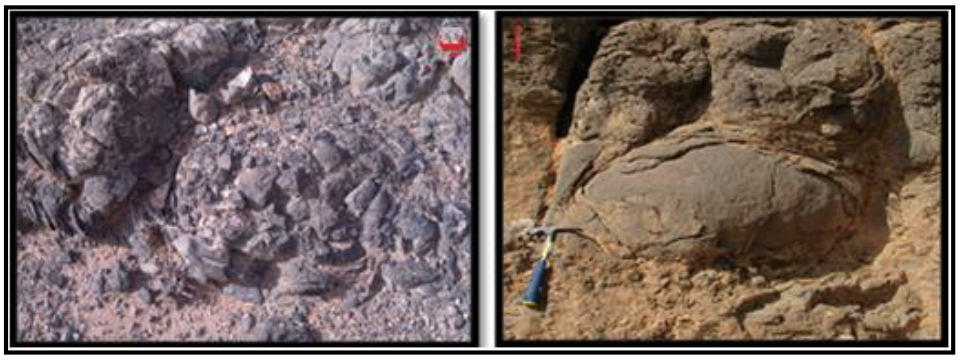
(8) تراكيب الحمم المجدولة(الظفائري):

هي تراكيب انسيابية تتكون نتيجة حركة حمم اللابة وانسيابها فوق سطح الأرض مكونة كتل من الحمم البركانية في شكل مشابه لضفائر شعر المرأة ، وقدرتها العالية على التدفق والانسياب ناتجة عن كونها حمم قاعدية بازلتية قليلة اللزوجة ، وهذا النوع من التراكيب يدل على اتجاه الجريان أو الانسياب الذي عادة ما يكون موازيا لها ، الشكل(14 أ، ب).

شكل(14): تراكيب الحمم المجدولة (الظفائري)Ropes lava structures

(9) التجوية الكروية:

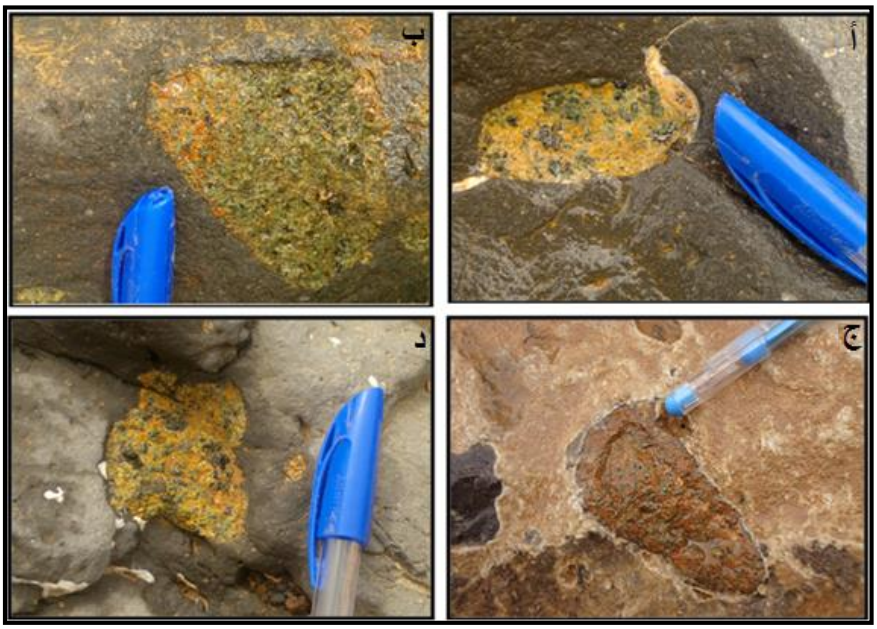
عندما تتعرض الحمم البركانية للتعرية الفيزيائية تنتج عنها صخور مستديرة حيث اثرت التجوية بشكل مكثف على زوايا وحواف هذه الصخور أكثر من الوجوه الصخرية المستوية ، مما يؤدي إلى ظهور الزوايا والحواف مصقولة ، تعرف التجوية الكروية باسم التجوية متحدة المركزconcentric weathering وهي ناتجة عن التغيير الكيميائي للصخور على طول الفواصل المتقاطعة ، الشكل(15 أ، ب).



شكل(15): تراكيب التجوية الكروية Spheroidal weathering

(10) التركيب الزينوليتي:

غالبا ما تحتوي الصهارة على مكتنفات (inclusions) قد يكون الصهير اخذها في طريق صعوده الى اعلى من اعماق مختلفة وفي ظروف تختلف من حيث الحرارة والضغط تندفع إلى السطح مع الصهارة لتشكل تراكيب ناتجة عن احتواء الصخور لقطع صخرية غريبة تختلف عنها في الخصائص والتركيب وهي من أنواع أخري من الصخور ، الشكل(16 أ، ب، ج، د).



شكل(16) : التركيب الزينوليتي Xenolithic structure

وجود العديد من الزينوليت المصاحب للصهير ووجود بعض البلورات الكبيرة من المكتنفات بها تشققات ناتجة عن التحرر المفاجئ من الضغط يدل على ان الصهير خرج بسرعة كبيرة ومباشرة من منطقة الوشاح دون التعرض للتوقف الذي يسبب حدوث عملية التبلور التجزيئي والتفاضل البلوري للصهير.

(11) عقد المغناتيت:

عبارة عن تجمعات من المغناتيت ترسبت في مجاري الاودية نتيجة تعرض طفوح اللابة الغنية بالحديد لعمليات التعرية ، الشكل(17 أ، ب).

الشكل(17أ): طبقة الحديد Iron bed الشكل(17ب): عقد المغناتيت Necklaces magnetite

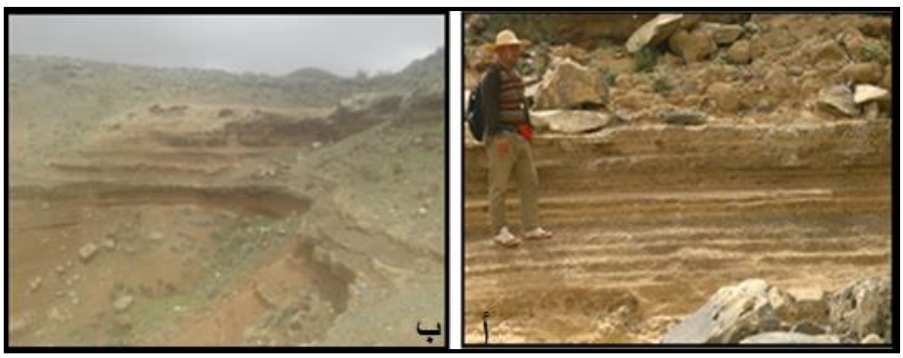
(12) تراكيب القواطع النارية

ظهور لأجسام من الصخور النارية المتداخلة تكونت نتيجة لاقتحام الصهير في الشقوق والفواصل العمودية القاطعة لمستويات التطبق التي تتكون بفعل قوي الشد والضغط الناتجة من الحركات الأرضية لذا تظهر علي شكل ألواح رأسية تختلف في السمك والامتداد ، عرضها عدة سنتمترات وامتدادها عدة أمتار تظهر قاطعة لرسوبيات العصر الرباعي ما يدل على حداثة النشاط البركاني في منطقة الدراسة ، الشكل(18 أ، ب).

شكل(18): تراكيب القواطع النارية Dykes structures

(13) رواسب البيروكلاستك

مما يمكن الاشارة اليه ان النشاطات النارية بمنطقة الدراسة كانت عبارة عن خروج للصهير الفوق قاعدي الغني بالمعادن المافية كالاوليفين والبيروكسين ، وقد صاحبها حدوث انفجارات بركانية ادت الى تكوين كميات كبيرة من رواسب البيروكلاستك ، وهذه الخاصية لا تميز عادة الصهير القاعدي العالي اللزوجة إلا اذا اعترض طريق خروجه جسم مائي كون كميات كبيرة من البخار ادى الى حدوث الانفجار البركاني ، M.T.Buserwil and W.J.Wadsworth,(1996)، وفي الغالب فان الصهير مر خلال تكوين ابوشيبة الذي يظهر مباشرة تحت تكوين سيدي الصيد ويفصله سطح عدم توافق ويعتبر خزان مائي جوفي بمنطقة الدراسة ، الشكل(19 أ، ب).



شكل(19): رواسب البيروكلاستك Pyroclastic deposits

(14) تراكيب عدم التوافق التخالفي

ظهور لسطح عدم توافق يفصل بين طبقات افقية من الصخور النارية والرسوبية حيث نجد طبقات من طفوح البازلت تعلو سطح الصخور الرسوبية لتكوين نالوت (الحجر الجيري الدلومايتي) مع وجود طبقة من الكونجلوميرات الشكل(20).

شكل(20): تراكيب عدم التوافق التخالفي disconformity structures

8. تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات الجيولوجية التكتونية والكشف عن الخامات بمنطقة الدراسة

في حقيقة الامر انه عند استكشاف المعادن اوالخامات الاقتصادية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وصور الاقمار الصناعية فإننا نواجه مشكلة ان نسبة حجم هذه الخامات مقارنة بحجم الصخور المضيفة نجدها منخفضة جدا ، لذلك لا يمكننا ملاحظة الطيف الضوئي للخام مباشرة خلال صور الاقمار الصناعية بسبب هذه النسبة البسيطة ، بالإضافة الى انه في اغلب الاحيان نجد ان الخامات الاقتصادية لا تمتلك طيف ضوئي خاص بها ومفصول عن بقية المكونات ، لذلك وللوصول الى طريقة استكشاف مثالية ، ولكي تتم عملية الاستكشاف بسهولة ودون عناء يجب الاعتماد على الشواهد والدلائل التي يمكن الاستدلال بها على امكانية وجود الخامات ، ويجب ان نركز ونربط بين هذه الخامات وما يرتبط بها او يصاحبها من معادن او بيئات او تراكيب جيولوجية معينة للدلالة على تواجدها،(1998)Spencer.

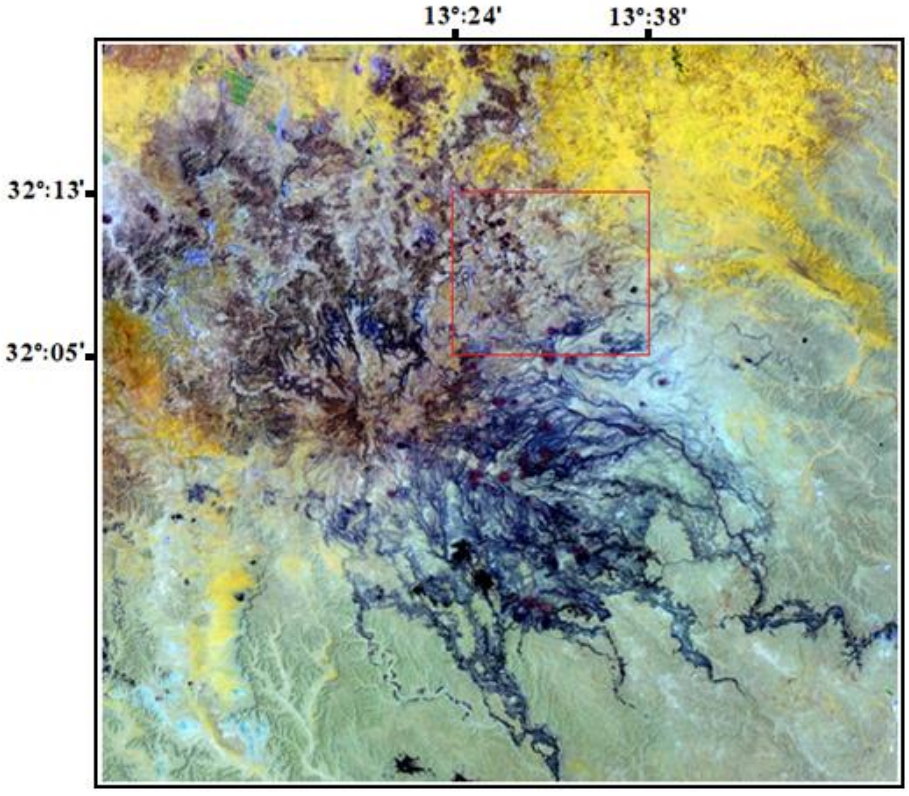
وفي هذا النوع من الدراسات يتم التركيز على العديد من الظواهر المصاحبة لوجود الخامات المعدنية والتي اهمها التغيرات والتحورات الناتجة عن المحاليل الحرمائية والتي تحدث من خلال مرور هذه المحاليل الساخنة خلال الصخور ، وبمجرد ان تبرد ترسب الفلزات والمعادن التي قد تكون ذات اهمية اقتصادية ، وتحدث تغيرات وتحورات في التركيبة المعدنية للصخور ، ومن خلال تفسير الاطياف الضوئية لصور الاقمار الصناعية يمكننا تحديد وتمييز الصخور التي تغيرت بسبب المحاليل الحارة والتي تمثل اماكن لتواجد الخامات المعدنية ، وكذلك التركيز على وجود بعض المعادن والتراكيب المصاحبة لوجود هذه الخامات ومن خلال ذلك يمكننا تحديد مساحات ومناطق قد تمثل مصادر مأمولة للخامات المعدنية وهذا الامر ييسر

الدراســـات الحقلية اللاحقة من خلال تحديد رقعة جغرافية معينة للكشـــف عن تواجد الخامات المعدنية .Ayad.F.Massud (2007)

9. المعالجة الرقمية للصورة وتحليل البيانات

تم تطبيق بعض تقنيات معالجة الصور لتحسين البيانات الرقمية واكتشاف التغيرات التي تحدث فيها لتحديد منطقة مأمولة للكشف عن المعادن وللتمييز بين الأنواع المختلفة من الوحدات الصخرية في منطقة الدراسة وتخريط المناطق المتأثرة بالمحاليل الحرمائية ، كل ذلك يتم من خلال دراســة اطياف الانعكاس الضــوئي في الصورة وتحديد ومقارنة الانعكاسات الضوئية للمعادن.

يعتمد هذا العمل استخدام صورة فضائية للقمر الصناعي لاندسات Landsat-ETM ، واستخدام بعض تقنيات معالجة الصور الرقمية ، الشكل(21) يبين الصورة الفضائية للقمر الصناعي لاندسات التي تغطي منطقة الدراسة بأكملها.



شكل(21): صورة فضائية لمنطقة الدراسة Landsat-ETM image bands 741 as RGB

(10) التركيب اللوني للصورة:

الصورة الفضائية للقمر الصناعي لاندسات تمتلك ست قنوات طيفية، ويوجد عدة احتمالات لاختيار ثلاث قنوات طيفية لتمثيل وعرض ثلاثة الوان رئيسية وهي الأحمر والأخضر والازرق(RGB) ويعتمد اختيارها بشكل كبير على نوع الدراسة Ayad.F.Massud (2007) ، في هذه الدراسة كان افضل ثلاث قنوات (Bands) هي (741) لتمثل الالوان الاساسية احمر، اخضر، ازرق (RGB).

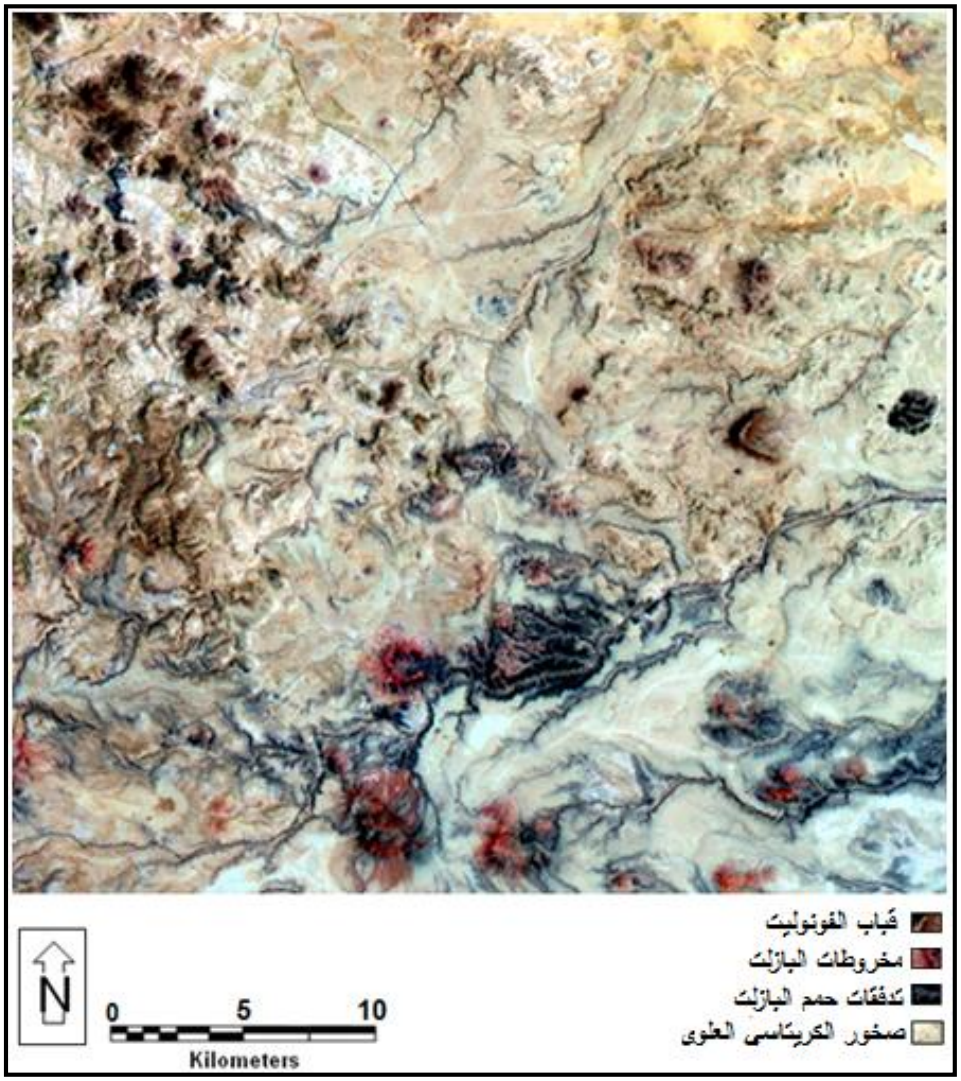
تغطي الصور الفضائية الشكل(22) الجزء **الشمالي الغربي** من منطقة الدراسة حيث الأنشطة البركانية تظهر في مناطق متفرقة تمثل ستة مناطق رئيسية منفصلة من قباب الفونوليت أهمها جبل الجمة الكبيرة ، والأخرى جبل الجمة الصغيرة ، جبل مقرح الطويل ، جبل مقرح وجبل المناصرة ، أما الرواسب الرباعية فهي قارية تتكون أساسا من الرمال والطمي.

شكل(22): صورة فضائية للجزء الشمالي الغربي من منطقة الدراسةLandsat-ETM image 741 as RGB

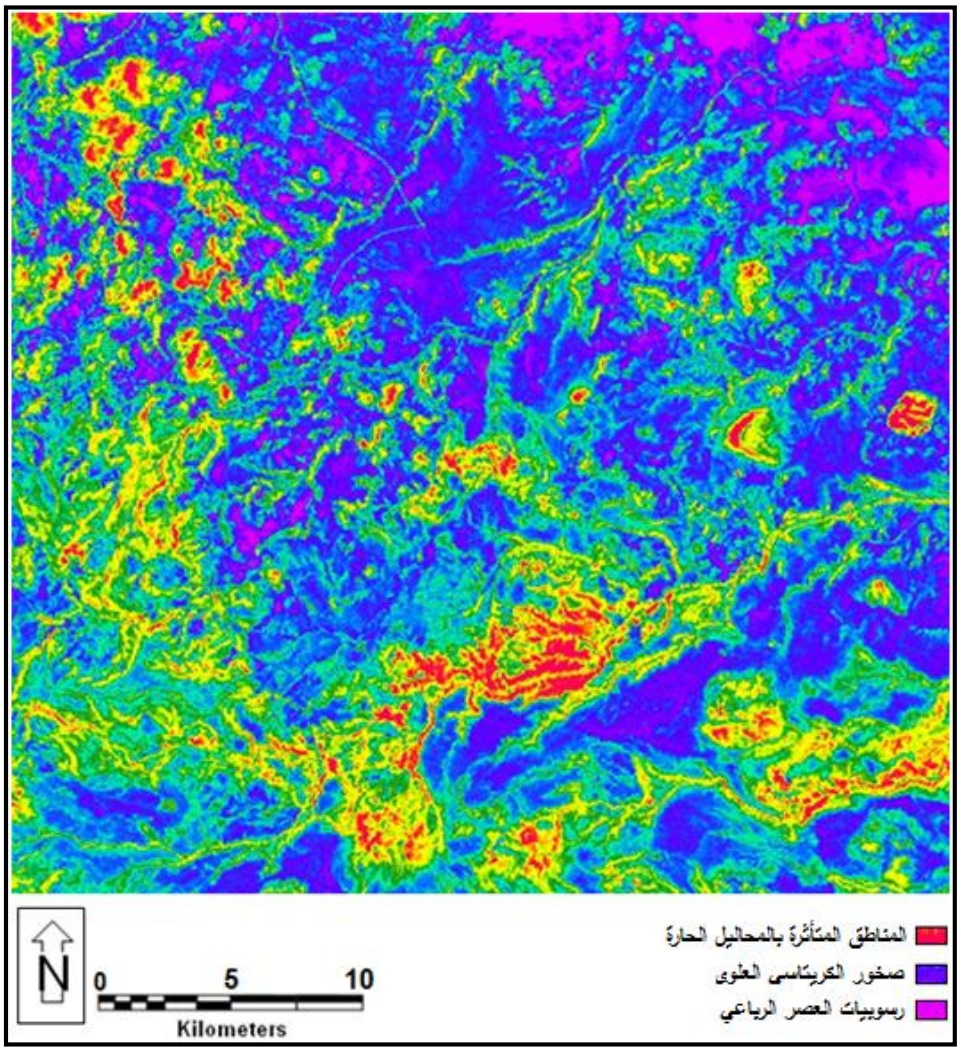
وتغطي الصور الفضائية الشكل(23) الجزء الجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة حيث الأنشطة البركانية تظهر في مناطق متفرقة تمثل قباب من الفونوليت أهمها جبل المســـن ومخروطات من البازلت أهمها جبل الاجيرد وطفوح من اللابة تغطي مساحات كبيرة من المنطقة.

(11) اطياف الالوان الزائفة:

نتيجة هذا التطبيق تظهر في اللوحة (الشكل24) ، حيث لا يوجد تمييز كبير بين وحدات الصخور النارية المتمثلة في انبثاقات الفونوليت وتدفقات البازلت فهي تظهر خضـــراء مصـــفرة تغطي اغلب اجزاء منطقة الدراسة ، في حين يمكننا ان نميز بسهولة المناطق المتأثرة بعمليات التجوية الكيميائية الناتجة عن المحاليل المائية الحارة Hydrothermal solutions المصاحبة لخروخ الصهير والتي يمكن أن تمثل مناطق مأمولة كمصدر للخامات المعدنية مثل بعض أكاسيد الحديد ومعادن الطين ، وتظهر صخور العصر الطباشيري العلوي (الوحدات الصخرية زرقاء اللون) ، ورواسب العصر الرباعي (اللون الوردي) في أقصى شمال اللوحة وبعض المناطق المتفرقة .



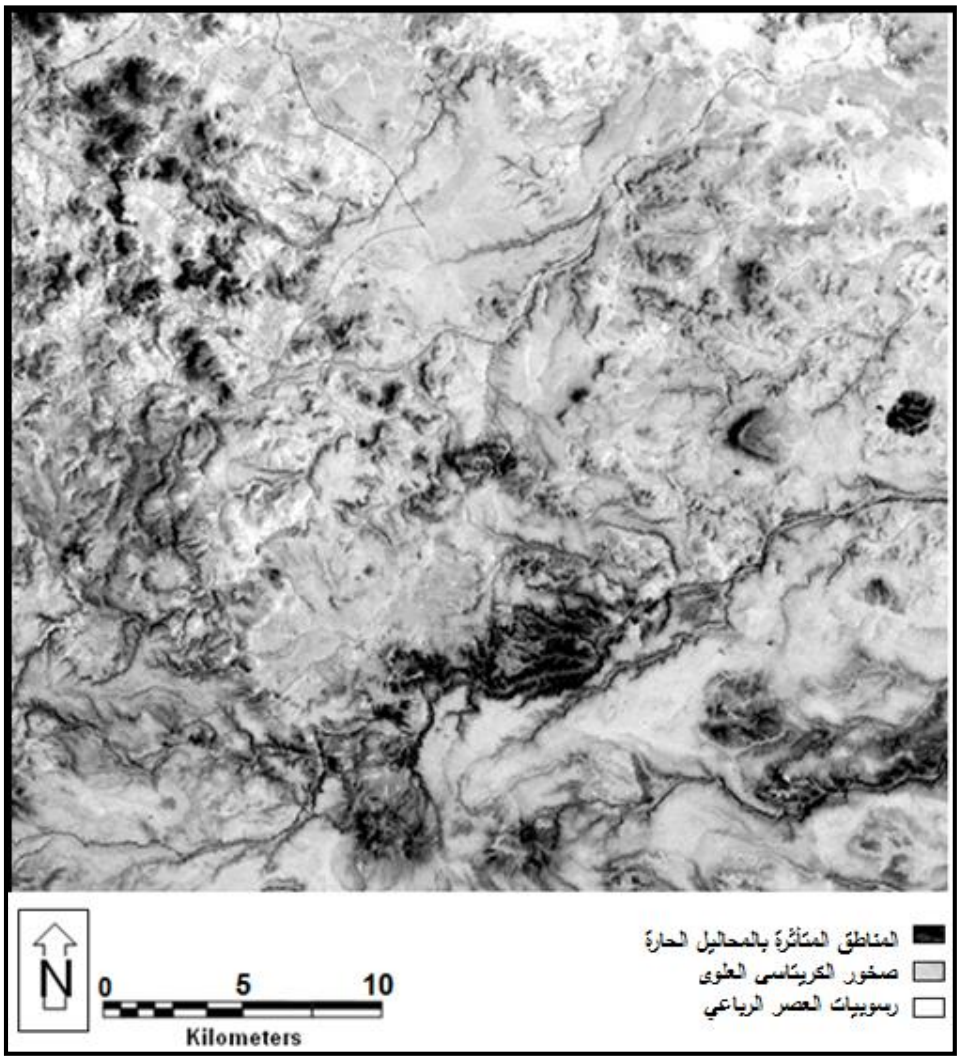
شكل(23): صورة فضائية للجزء الجنوبي الشرقي من منطقة الدراسةLandsat-ETM image 741 as RGB



شكل(24): اطياف الالوان الزائفة pseudocolor_spectrum

(12) الالوان الزائفة (المقياس الرمادي):

نتيجة هذا التطبيق تظهر في اللوحة (الشـــكل25) ، حيث لا يعطي هذا المقياس أي تمييز بين وحدات الصـخور وخاصـة وحدات الصـخور النارية المتمثلة في انبثاقات الفونوليت وتدفقات البازلت فتظهر جميعها باللون الاسـود القاتم ، ولكن من خلال اللوحة يمكننا تمييز صـخور الطباشـيري العلوي التي ظهرت بلونها الرمادي الفاتح ورواسب العصر الرباعي التي تظهر بيضاء في أقصى شمال اللوحة وبعض المناطق المتفرقة منها.

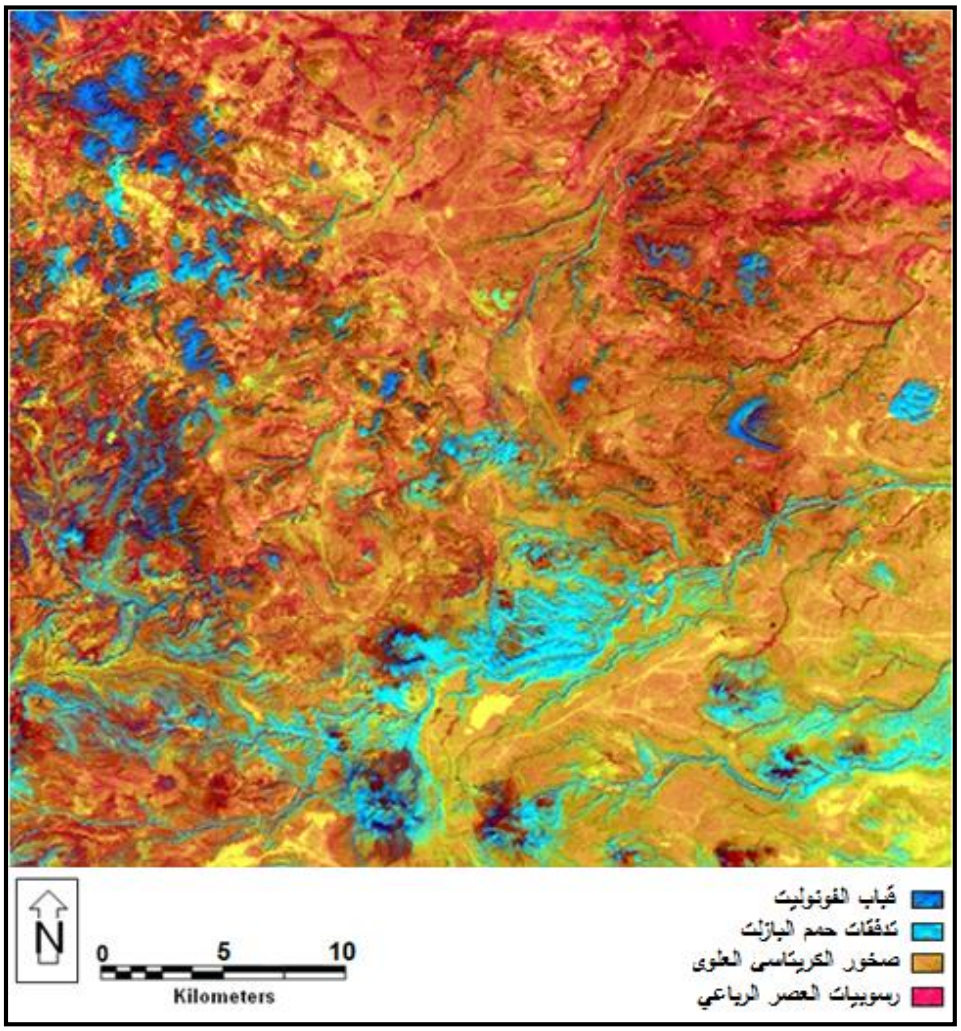


شكل(25): الالوان الزائفة(المقياس الرمادي) pseudocolor_grey_scale

(13) تحليل المكون الاساسي (PCA):

هذا التطبيق عبارة عن تقنية لتحسين الصورة بغرض الحصول على المقارنة الطيفية القصوى للقنوات من خلال عرض ثلاث الوان رئيسية، وباستخدام هذا التطبيق يمكننا التمييز بسهولة بين الوحدات الصخرية المختلفة، (شكل26).

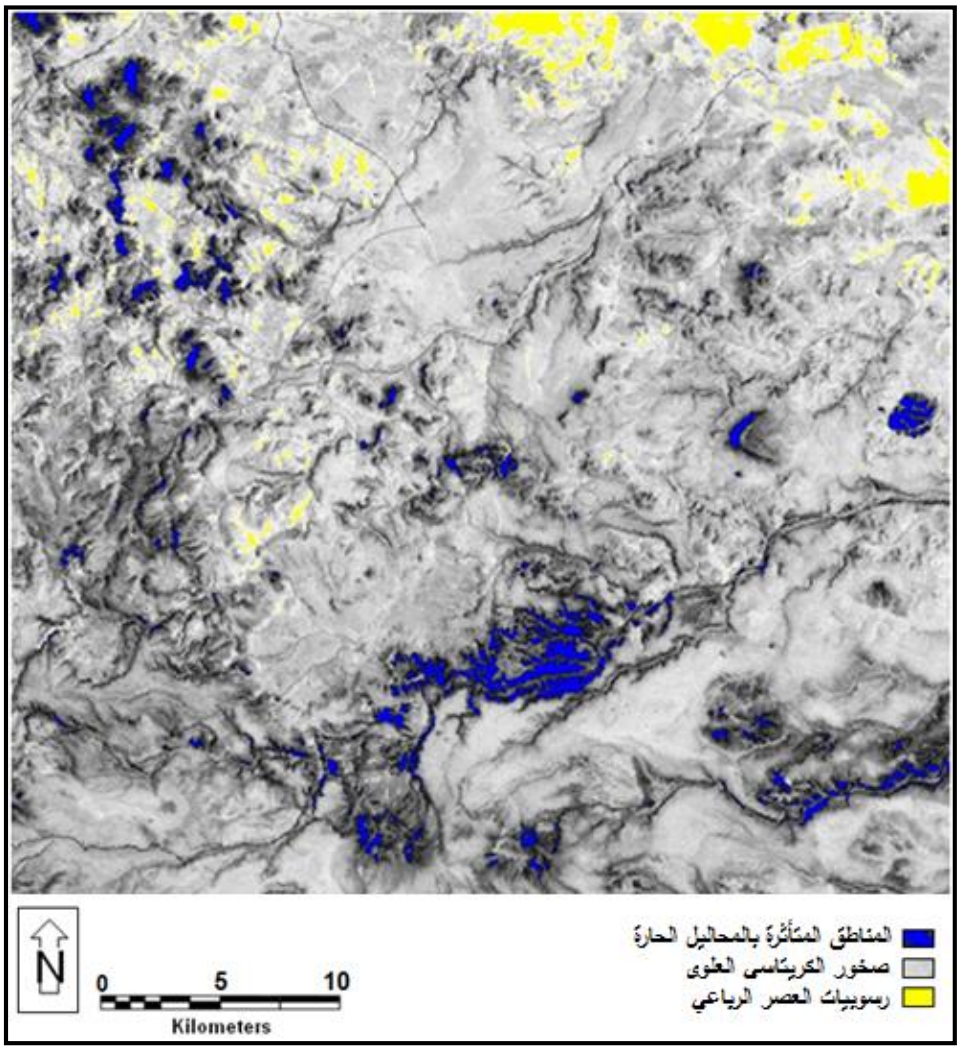
يظهر تطبيق المكون الاساسي افضل النتائج لأنه يحوي اغلب المعلومات الطيفية للصورة Sabins(1996) ، فمن خلاله كان من السهل جدا التمييز بين وحدات الصخور وخاصة وحدات الصخور النارية المتمثلة في انبثاقات الفونوليت وتدفقات البازلت بالإضافة إلى تمييز صخور الطباشيري العلوي ، ورواسب العصر الرباعي.



شكل(26): تحليل المكون الاساسي Colour composite image of principal component as RGB

(14) الالوان الزائفة (المائية):

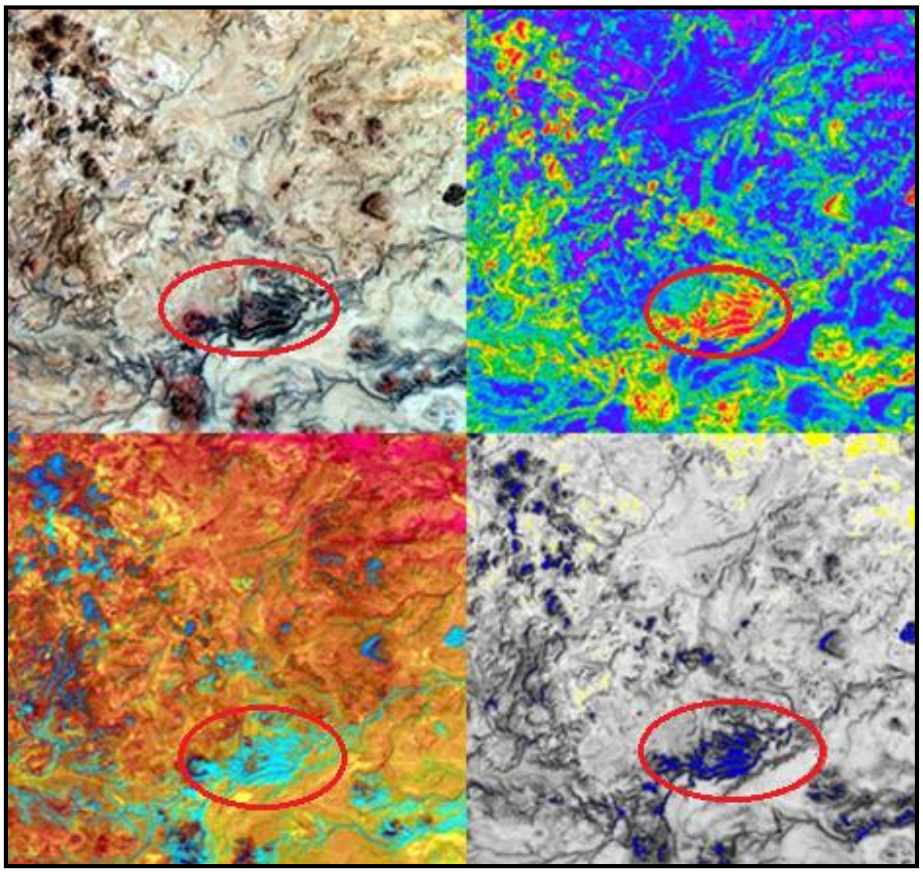
نتيجة هذا التطبيق تظهر في اللوحة (الشكل27) ، حيث التمييز بين الوحدات الصخرية من السهل جدا ومن خلاله امكن الفصل بين المناطق المتأثرة بالمحاليل المائية الحارة والتي تعتبر اماكن جيدة كمصائد للمعادن الخام ، والمناطق غير المتأثرة التي تكون فيها فرص التمعدن شبه معدومة ، بالإضافة إلى تمييز صخور الطباشيري العلوي ، ورواسب العصر الرباعي.



شكل(27): الالوان الزائفة (المائية) pseudocolor_waterlevel

10.مقارنة بين الصورة الناتجة من التطبيقات المختلفة

تمت مقارنة الصـور الناتجة من التطبيقات المختلفة لمنطقة الدراسـة في محاولة لتحديد المنطقة المأمولة لحدوث عمليات التمعدن ، والتمييز بين وحدات الصـخور، في الشـكل(28) لاحظ الطيف الضـوئي المميز الواضح في اللوحات الأربعة يشير الى نفس المنطقة.



شكل(28): مقارنة الصورة الناتجة من التطبيقات المختلفة Comparison between the image derived from different techniques

ما نلاحظه في الشكل(28) ان الاختلافات الطيفية واضحة وجلية في لوحات الصور الأربعة المعروضة ، وكل الانعكاسات الطيفية تشير الى وجود منطقة ذات انعكاس طيفي واضح وتزداد فيها كثافة التراكيب الجيولوجية التي تعتبر اماكن هامة لمرور السوائل الحارة التي تؤدي الى حدوث التغيرات المعدنية وتكوين معادن جديدة ، وبذلك تكون فرص استكشاف الخامات في هذه الاماكن عالية ويمكن اعتبارها منطقة مأمولة للكشف والتنقيب عن الخامات المعدنية.

11.النتائج Conclusions

قمنا بهذه الدراسة بأقل الامكانيات المتاحة واعتمدنا فيها على المشاهدات الحقلية وتفسير وربط الظواهر والحوادث الجيولوجية التي تظهر بمنطقة الدراسة ، لذلك فان ما توصلنا الية من نتائج لا يمثل كل الحقيقة ويحتاج لدعمه بمجموعة من التحاليل والاختبارات الجيوكيميائية ، ومما يمكن وضعه في هذا السياق هو ان منطقة الدراسة تظهر فيها العديد من الحوادث الجيولوجية التي تعاقب حدوثها عبر الازمنة الجيولوجية المختلفة ، كما اشتملت على تنوع في البيئات الجيولوجية من بيئات بحرية ضحلة كثر فيها النشاطات الحيوية من خلال وجود اثار المستحاثات وترسيب صخور الكربونات ، تتحول في بعض الحالات الى بيئات عميقة هادئة ترسب الصخور الطينية والمارل ، وبيئة سبخات احيانا ترسب رقائق من الجبس ، كما نجد البيئات النهرية القارية تمثل اخر بيئات منطقة الدراسة حيث نجد الاودية تقطع كل الرسوبيات البحرية سابقة الذكر ، كما تمثل المجاري المائية اماكن جريان الطفوح البركانية وتعتبر النشاطات النارية اخر الاحداث الجيولوجية التي مرت بمنطقة الدراسة خلال الفترة الزمنية من نهاية الثلاثي وصولا الى العصر الرباعي وهذا ما دل

علية وجود بعض الطفوح والقواطع النارية قاطعة لرسوبيات العصر الرباعي ، وقد صاحب فترة النشاط الناري بعض النشاطات التكتونية التي نتج عنها مجموعة من التراكيب الجيولوجية الثانوية كالطيات والصدوع والتشققات والفواصل والطبقات الصخرية الشديدة الميول ، كما اثرت السوائل المائية الحارة المصاحبة للنشاطات النارية على خصائص الصخور الرسوبية بمنطقة الدراسة وأصابتها بمجموعة من التغيرات الفيزيائية والكيميائية (تغيرات في اللون ، المسامية والنفاذية ، حجم الحبيبات والنسيج الصخري ، التركيب الكيميائي .... وغيرها) ، وساهمت في تكوين العديد من المعادن الثانوية مثل اكاسيد الحديد التي نتجت عن التجوية الكيميائية للمعادن المافية كالاوليقين وانعكس ذلك من وجود لطبقات غنية بالمغناتيت والهيماتيت وكذلك فان المجاري المائية غنية بتجمعات المغتاتيت .

مما يمكن الاشارة اليه ان النشاطات النارية بمنطقة الدراسة كانت عبارة عن خروج للصهير الفوق قاعدي الغني بالمعادن المافية كالاوليقين والبيروكسين ، وقد صاحبها حدوث انفجارات بركانية ادت الى تكوين كميات كبيرة من رواسب البيروكلاستك ، وهذه الخاصية لا تميز عادة الصهير القاعدي العالي اللزوجة الا اذا اعترض طريق خروجه جسم مائي كون كميات كبيرة من البخار ادى الى حدوث الانفجار البركاني ، وفي الغالب فان الصهير مر خلال تكوين ابوشيبة الذي يظهر مباشرة تحت تكوين سيدي الصيد ويفصله سطح عدم توافق ويعتبر خزان مائي جوفي بمنطقة الدراسة.

وجود العديد من الزينوليت المصاحب للصهير ووجود بعض البلورات الكبيرة بها تشققات ناتجة عن التبريد السريع والتخلص المفاجي من الضغط يدل على ان الصهير خرج بسرعة كبيرة ومباشرة من منطقة الوشاح دون التعرض للتوقف الذي يسبب حدوث عملية التبلور التجزيئي والتفاضل البلوري للصهير .

تعتبر تقنيات الاستشعار عن بعد أداة هامة في الدراسات الجيولوجية التكتونية لدراسة التراكيب الجيولوجية والبحث عن رواسب الخامات المعدنية المختلفة والتخريط الجيولوجي للتراكيب الجيولوجية كالطيات والصدوع والتدفقات البركانية والتخريط التكتوني الاقليمي، واستخدام صور الاقمار الصناعية في الدراسات الجيولوجية تعتبر طريقة ناجحة وخاصة في المناطق القاحلة الصعبة التضاريس ، ومن خلال هذه الدراسة والتحليل توصلنا الى مجموعة من النتائج تتضمن التمييز بين الوحدات الصخرية المختلفة بمنطقة الدراسة حيث اظهرت بعض التطبيقات مثل تطبيق تحليل المكون الاساسي تمييزا واضحا وسهلا بين الوحدات الصخرية المختلفة بالمنطقة ، ومن خلال مطابقة هذه النتائج مع المعلومات الحقلية المتاحة عن جيولوجية المنطقة ، اضافة الى تحديد مناطق التغيرات والتحورات الحرمائية بتمييز الصخور التي تأثرت بالتغيرات من الصخور التي لم تتأثر بها ، فالصخور المتغيرة عادة تمتلك انعكاس طيفي مختلف وهو دليل على تأثر المنطقة بعمليات تكتونية ادت الى مثل هذه التغيرات ، وبإجراء مقارنة بين الصور الناتجة من مختلف تطبيقات معالجة الصورة استطعنا تحديد منطقة مأمولة كمصدر للخامات المعدنية.

12.المراجع

1. **Ayad.F.Massud.(2007)** ،Application of Remote Sensing Techniques in Jabal Arknu Area ، SE Flank of Kufra Basin ، SE Libya ،Dissertation of Graduate Studies in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Earth Science Department (Geological Division).
2. **Conant.L.C and Goudarzi.G.H,(1967),** Geologic map of Libya 1:2,000,000, second edition, Industry. Res. Cen. Tripoli, Libya.
3. **Conant.L.C and Goudarzi.G.H,(1967),** Stratigraphy and tectonic framework of Libya.

4. **Goudarzi.G.H,(1980),** Structure-Libya In M.J.Salem and M.T.Buserwil, geology of Libya, Tripoli, Libya, Al-Fateh university, V3, p. 879-882.

5. **M.T.Buserwil and W.J.Wadsworth,(1996),**Tertiary-Quaternary alkaline-Subalkaline magmatism in Gharyan area- field aspects and petrography, PRJ, V8, P13-23.

6. **Sabins،(1996)،** Remote sensing principles and interpretation ،W.H.Freeman and Company ، New York ،Third edition.

7. **Spencer، (1998),** Remote sensing with mineral exploration, Originally published in Earth Observation Magazine, Jan. 1995, p. 21-2.