

استخراج البصمة الطيفية للمقحمات البكمتايتية وتحديد انتشارها في المرئيات الفضائية باستخدام التصنيف الرقمي، معقد بلفات، قلعة دزة، شمال شرق العراق

ريان غازي البنا	شريف ثمود الحامد	نه به ز رشيد حمه عزيز
مركز التحسس النائي	قسم علوم الأرض	قسم علوم الأرض
جامعة الموصل	كلية العلوم	كلية العلوم
	جامعة الموصل	جامعة السليمانية

(تاريخ الاستلام 2013/4/8 ، تاريخ القبول 2013/6/26)

الملخص

تعد المقحمات البكمتايتية إحدى المظاهر الجيولوجية المميزة التي تتكشف في الجزء الشمالي الغربي من نطاق درز زاكروس بهيئة مقحمات تقطع وحدات بركانية - رسوبية. لغرض تحديد وجود وانتشار هذه المقحمات في بعض المناطق شمالي العراق تم في الدراسة الحالية الاعتماد على تقنيات التحسس النائي وذلك من خلال تطبيق طرق معالجة رقمية خاصة للكشف عن البصمة الطيفية لهذه المقحمات. لغرض تحقيق ذلك تم جمع نماذج صخرية حقلية لهذه المقحمات وتحليلها جيوكيميائياً وتحديد النسب المئوية المودية للطور المعدنية وبالتالي تحديد النماذج الملائمة لإستخلاص البصمة الطيفية منها. اعتماداً على خصائص البصمة الطيفية، تم تطبيق طريقة التصنيف الرقمي على مرئية فضائية مصححة طيفياً بغية إستخلاص البصمة الطيفية للمقحمات البكمتايتية (في المرئية الفضائية) التي يتطابق شكل منحنياتها الطيفية مع المنحنيات ذاتها التي تم قياسها مختبرياً. أسفرت النتائج عن ملاحظة وجود تطابق للمقحمات الظاهرة في التصنيف مع النطاق الحقلي الذي تم فيه جمع النماذج، فضلاً عن وجود عدد من الأنطقة الأخرى المنتشرة في مواقع متفرقة من المنطقة (والتي تعذر الوصول إليها). إذ يعد النطاق الواقع إلى الشمال الغربي من منطقة جمع النماذج الأكثر ملاحظة وتمييزاً لوجود المقحمات فيه، في حين يلاحظ قلة كثافة المقحمات في المواقع الأخرى. أعطت الطريقة المتبعة في التصنيف كفاءة جيدة في التحري عن هذه المقحمات من خلال تمثيلها على مرئيات أقمار صناعية بحيث يمكن تتبعها مستقبلاً إن توافرت الظروف الملائمة حقلياً.

الكلمات الدالة: بكمتايت، بصمة طيفية، تصنيف رقمي، قلعة دزة، العراق.

Spectral Signature Extraction of Pegmatite Intrusions and Determine it by Using Supervised Classification, Bulfat Complex, Qala Deza, NE Iraq

Rayan Gh. Al-Banaa
Remote Sensing Center
University of Mosul

Shareef Th. Al-hamed
Department of Geology
College of Science
University of Mosul

Nabaz R. H. Aziz
Department of Geology
College of Science
University of Sulaymania

ABSTRACT

Pegmatite intrusions represent one of the distinguished geological features which are exposed in the north western part of Zagros Suture Zone-ZSZ whose forms appear like dikes and its contain of Volcano-Sedimentary units. In order to determine these features in some areas northern Iraq, remote sensing techniques were used by applying selective image processing methods for determining the spectral signature of these intrusions. Lithological samples were collected and analyzed geochemically and specify Mode analysis of minerals phases and consequently determination the suitable samples for spectral extraction. Depending on the extracted spectral, digital classification was applied on the corrected satellite images to extract the compatible spectral signatures between pegmatite intrusions (in satellite images) and pegmatite field samples. The results showed coincident between this two pegmatite and also determine another zones of pegmatite out of studied area. The density of pegmatite is more in the zone which is located northwestern part from samples area and low density in the other area. The research method gave good efficiency in pegmatite investigation by clarifying these features on the satellite images.

Keywords: pegmatite, spectral signature, digital classification, Qala Deza, Iraq.

المقدمة

البكمتايت عبارة عن صخور نارية غير اعتيادية تتميز بخشونة حبيباتها المعدنية (Schneiderhohn, 1961) التي قد يتجاوز حجمها (2.5 cm). تنتشر المقحمتات البكمتايتية في الجزء الشمالي الغربي من نطاق درز زاكروس (Zagros Suture Zone-ZSZ) على شكل قواطع (Dykes) تقطع صخور الجدار (Country Rocks) المتمثلة بصخور قنديل المتحولة والتي تتكون من تعاقبات بركانية ورسوبية متأثرة بتحولات إقليمية (Jassim *et al.*, 1982b)، إذ تتألف هذه التعاقبات في منطقة البحث من صخور النضيد (Schist) والرخام (Marble) والاردوز (Slate). تم في أثناء العمل الحقلية وبعد الاستفسار من سكان القرى المحيطة بمنطقة الدراسة اختيار منطقة محدودة ومؤمنة من ناحية الألغام، إذ اعتمدت النمذجة على الملاحظات الحقلية (التباين في حجم الحبيبات والمحتوى المعدني).

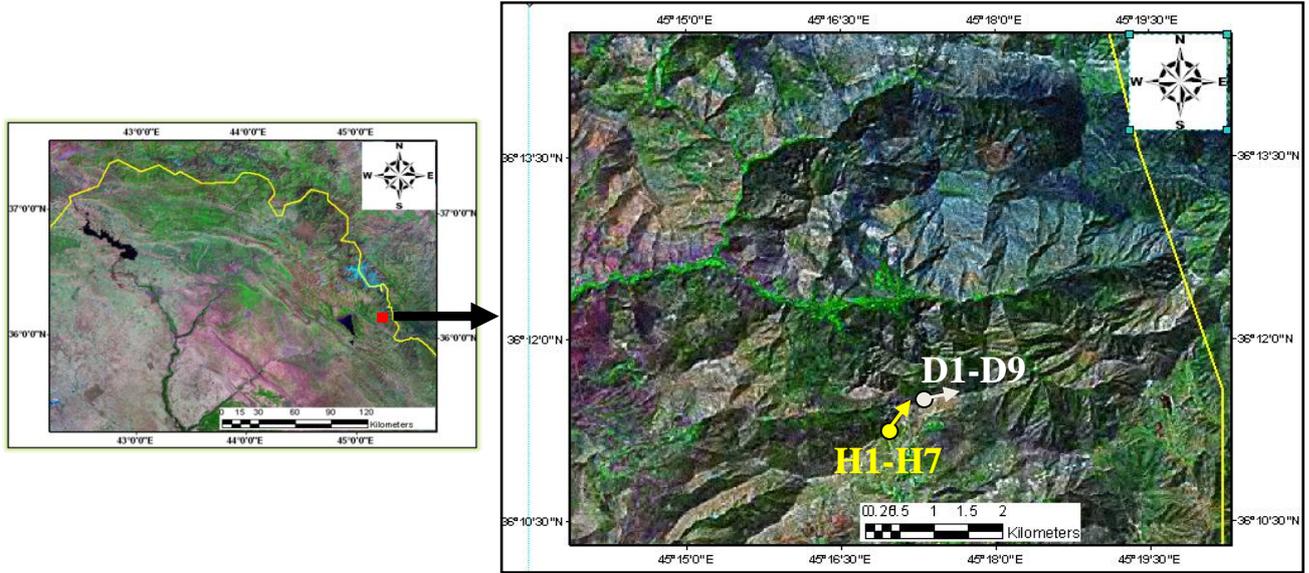
فيما يخص التحري عن القواطع الأخرى لصخور البكمتايت في مواقع خارج منطقة الدراسة، فقد كان من الصعب الوصول إليها نظراً لوعورة المنطقة وتلوثها بالألغام، لذا تم في الدراسة الحالية الاعتماد على

تقنيات التحسس النائي في تحديد امكانية وجود هذه القواطع في تلك المناطق عن طريق البصمة الطيفية لصخور البكمنايت بواسطة تقنيات المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية والمتمثلة بالتصنيف الموجه (Supervised classification). اعتماداً على ماسبق، فان الهدف الرئيس من الدراسة الحالية يكمن في استخراج الخصائص الطيفية (الامتصاص والانعكاس) للمقحمات البكمنايتية في الجزء الشمالي الغربي من نطاق درز زاكروس بواسطة جهاز التحليل الطيفي وتحديد انتشارها من خلال اجراء معالجة التصنيف الموجه وبالتالي تمثيل تلك المقحمات على مرئية فضائية.

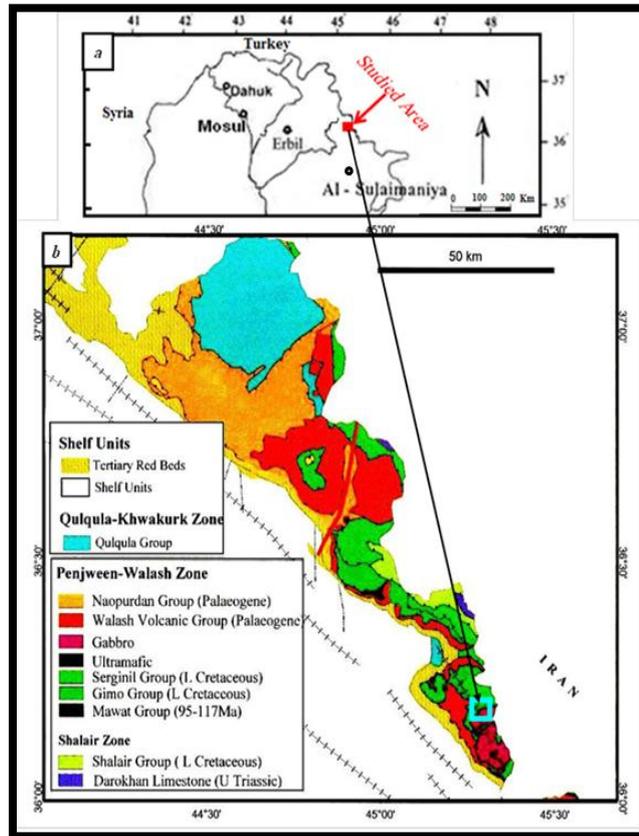
موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في شمال شرق العراق وتحديداً على بعد (74 Km) شمال شرق مدينة السليمانية ويحدود (13.5 Km) شرق قضاء قلعة دزة (Qala Diza) و(4 Km) شمال شرق قرية دارشمانه (Darishmana) و(3.5 Km) عن الحدود الدولية العراقية - الايرانية، (الشكل 1)، كما تتحدد المنطقة جغرافياً بين دائرتي عرض ("43.442": 14': 36°)، ("28.447": 10': 36°) شمالاً، وخطي طول ("27.944": 13': 45°)، ("43.346": 19': 45°) شرقاً، وتغطي مساحة قدرها (85666959) متراً مربعاً. جيولوجياً تتموضع منطقة البحث ضمن معقد بلفات (Bulfat Complex) التابع لنطاق درز زاكروس وضمن الوحدة الطولية الثانية من نطاق بنجوين - والاش الثانوي (Penjween-Walash Subzone) (Buday and Jassim, 1987) (الشكل 2).

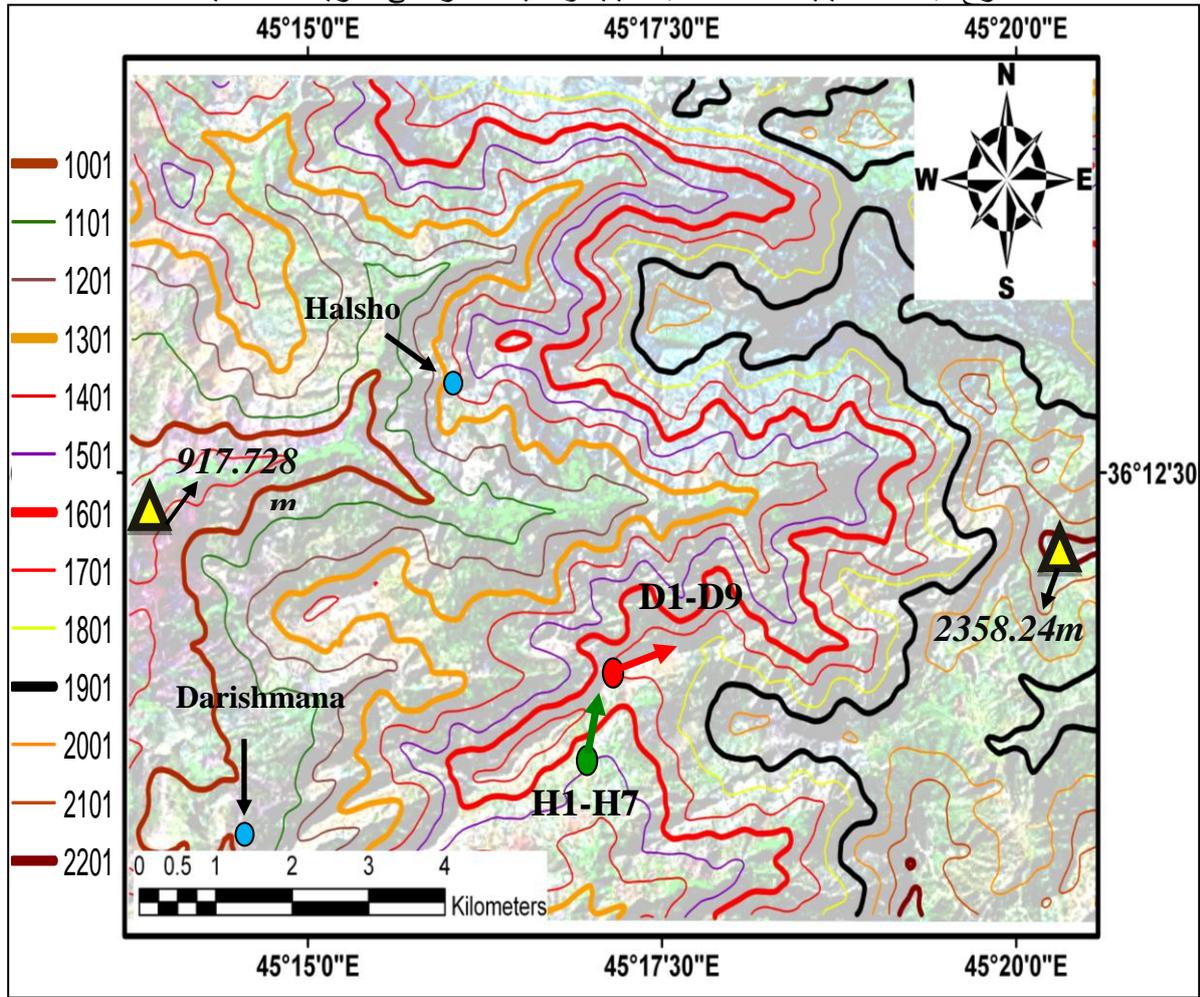
اعتمدت عملية النمذجة على إثنين من السدود القاطعة (قواطع، Dykes) التي تقطع صخور الجدار. إذ يقع القاطع البكمنايتي الأول شمال شرق قرية دارشمانه ويصل سمكه إلى (5m) تقريباً، وقد تمت عملية النمذجة من هذا القاطع الذي سمي بقاطع دارشمانه ("D" Darishmana dyke) على امتداد يصل إلى (478 m) تقريباً ابتداءً من النموذج الأول ذي الاحداثيات ("6.9": 17': 45° E "23.3": 11': 36° N) وانتهاءً بالنموذج الأخير ذي الاحداثيات ("24.6": 17': 45° E "24.2": 11': 36° N)، وبأرتفاع عن مستوى سطح البحر يصل إلى (1793 m). أما القاطع الثاني فيقع إلى الجنوب الشرقي من قرية هولشو (Halsho) وسمي بقاطع هولشو ("H" Halsho dyke) نسبةً إلى اسم هذه القرية، ويكون هذا القاطع تقريباً عمودياً على القاطع الأول (D) ويصل سمكه إلى (4 m) تقريباً، وقد تمت عملية النمذجة من هذا القاطع على امتداد يصل إلى حوالي (270m) ابتداءً من النموذج الأول ذي الاحداثيات ("4.8": 17': 45° E "20.3": 11': 36° N) وانتهاءً بالنموذج الأخير ذي الاحداثيات ("3.6": 17': 45° E "10.7": 11': 36° N) وبارتفاع يبلغ (1767 m)، (الشكل 3).



الشكل 1: موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق موضحاً عليها مواقع جمع النماذج.



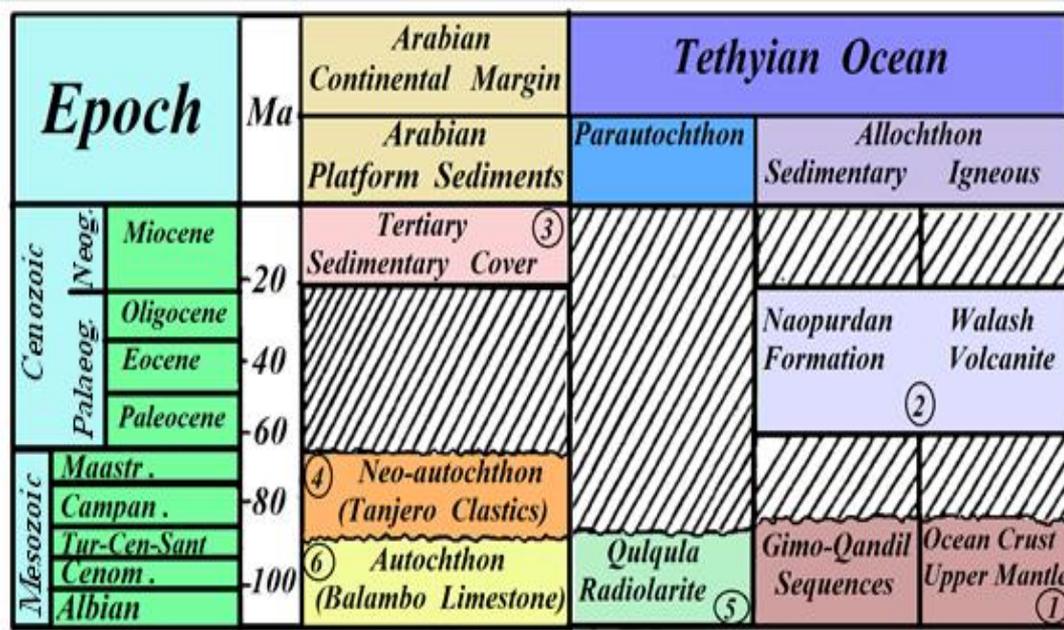
الشكل 2: (a) خريطة لشمال العراق توضح موقع منطقة الدراسة، (b) خريطة جيولوجية للجزء الشمالي الغربي من درز زاكروس (Jassim and Buday, 2006).



الشكل 3: خارطة كنتورية لمنطقة الدراسة موضحاً عليها مواقع النماذج.

ينكشف معقد بلفات الذي تعد منطقة البحث جزءاً منه داخل العراق عند جبل بلفات بالقرب من قضاء قلعة دزة بمساحة تقدر بـ (1000Km²). بين جاسم وآخرون (Jassim *et al.*, 1982 a, b) أن هذا المعقد عبارة عن تتابع اوفيولايتي (Ophiolite Sequence) غير كامل يتألف من وحدة بركانية - رسوبية (Volcano-Sedimentary unit) تشير إلى مجموعة بلفات (Bulfat Group) المتمثلة بمجموعة غيمو (Gimo Group) والتي تتألف من صخور متحولة إقليمية (Regional Metamorphic Rocks)، متكونة من صخور (بازلت Basalt، داييس Diabase، اندسايت Andesite) ورماد بركاني (Volcanic Tuff) مع صخور رسوبية طينية وكاربوناتية. سميت مجموعة غيمو بهذا الاسم نسبةً إلى منطقة غيمو الواقعة شمال معقد ماوات (Mawat Complex)، إذ تمتد هذه المجموعة إلى معقد بلفات ووادي راوندوز في الشمال الغربي وإلى منطقة بنجوين في الجنوب الشرقي (Jassim *et al.*, 2006a). في حين تقع المجموعة الثانية المتمثلة بمجموعة سرجنيل (Sirginil Group) في الجزء الشمالي من المعقد وتمتد من وادي نهر راوندوز في الشمال الغربي وإلى منطقة بنجوين في الجنوب الشرقي. تتألف هذه المجموعة من صخور طينية ورملية (Pelitic and arenaceous rocks) مع طفوح بركانية (Volcanic

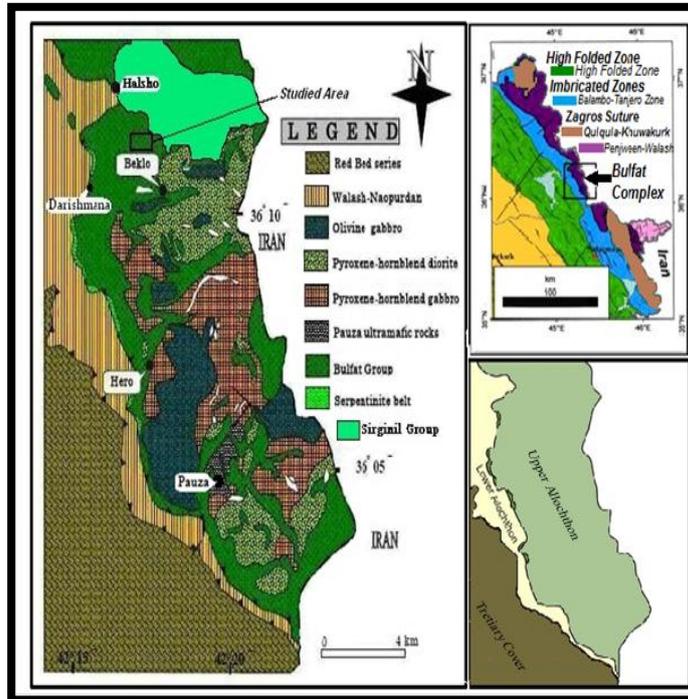
flows) عانت تحولاً اقليمياً وتماسياً (Buday and Suk, 1978) مشكلةً الجزء العلوي من مجموعة بلفات Ophiolite-) (Jassim *et al.*, 2006a). يعد معقد بلفات جزءاً من الأراضي الحاوية على الاوفيولايت (Allochthon bearing terranes) والتي هي عبارة عن ألواح منقولة (Allochthonous sheets)، إذ يمثل المعقد اللوح العلوي المنقول (Upper Allochthon) الذي يعود إلى الألبيان-سينوماني (Albian-Cenomanian)، في حين يمثل تتابع والاش - ناويردان (Walash-Naopurdan) اللوح السفلي المنقول (Lower Allochthon) الذي يعود إلى الباليوجين (Palaeogene) (Aswad *et al.*, 2011)، وتتموضع هذه الألواح المنقولة فوق الترسبات الموضعية (Autochthonous deposits) المتمثلة بترسبات الرصيف العربي وصخور الغطاء الرسوبي الثلاثي (Aswad, 1999) (الشكل 4).



الشكل 4: التطور الطبقي التكتوني لنطاق الزحف الزاكروسي العراقي (Aswad, 1999).

يتكون معقد بلفات بشكل عام من الصخور الجوفية (صخور قاعدية وصخور فوق قاعدية مع وجود صخور متوسطة وحامضية كرانيتية) التي تتألف بصورة رئيسة من مقحمتات الكابرو- دايوراييت (Gabbro - Diorite) يصاحبها ساينايت ونفلين ساينايت (Syenite and Nepheline syenite) ناتجة عن عملية التفاضل الصهيري المتأخر (Jassim, *et al.*, 2006b). في حين يحتوي المعقد بالقرب من قرية باوزة (Pauza) (وادي شابان) على صخور فوق قاعدية متمثلة بصخور بريدوتايت (Peridotite) متأثرة بعملية السريننتة (Serpentinization)، وكذلك يحتوي معقد بلفات في جزئه الشمالي الشرقي على صخور بايروكسين - هوريلند كابرو (Pyroxene-hornblende gabbro) التي تمثل مجمل المنكشفات الصخرية على طول الحدود بين العراق وايران في ذلك الجزء من المعقد، كما وتنتشر صخور الاوليفين كابرو (Olivine Gabbro) على شكل أجسام صخرية تحتوي على كميات متباينة من معدن الاوليفين، في حين تتوزع صخور البكمتايت (Pegmatite) على شكل قواطع خشنة الحبيبات تقطع الصخور الجوفية وصخور

الجدار المحيطة (Jassim, et al., 2006b)، وتكون هذه القواطع البكتايتية ذات سماكات صغيرة من الصعب تحديدها على الخريطة الجيولوجية. يوضح (الشكل 5) الخريطة الجيولوجية لمعقد بلفات.



الشكل 5: الخريطة الجيولوجية لمعقد بلفات (Buday and Jassim, 1987).

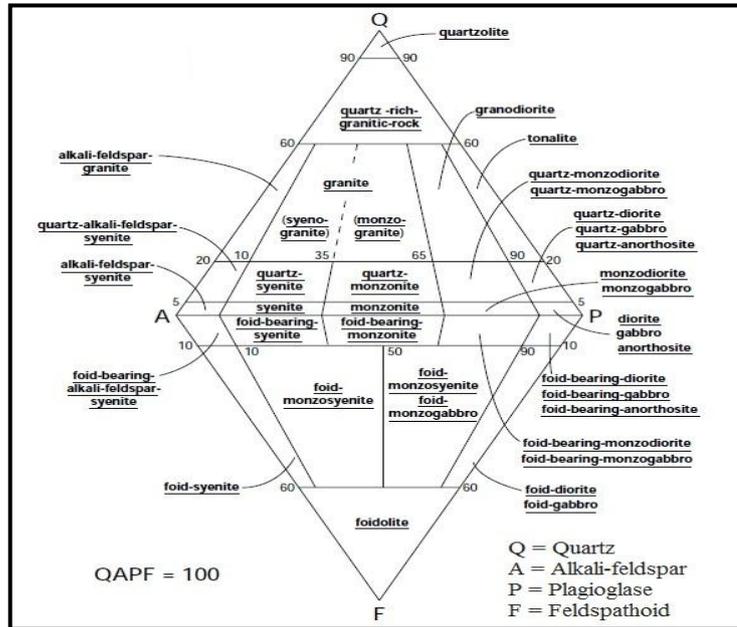
طريقة العمل

تم انتخاب (4) نماذج صخرية من بين (38) نموذجاً تعود إلى منطقة البحث، إذ تمثل هذه النماذج الأربعة أغلب المكونات المعدنية للقاطعين، فضلاً عن اختصار أعداد النماذج المحللة بواسطة جهاز المطياف واختصار الوقت اللازم في عملية التحليل. تعد النماذج المنتخبة ممثلة (representative) للقاطعين (D) و (H)، وهي نموذج (H1) الذي اعطي الرقم (1) ونموذج (D8_B) الذي اعطي الرقم (6) وتم إعطاء النموذجين (H7) و (D1_A) الرقمين (22) و (23) على التوالي، وإن الهدف من إعطاء أرقاماً لأسماء النماذج هو لغرض الاختصار. أُجريت دراسة صخرية (Petrology) ومعدنية (Mineralogy) على هذه النماذج لتحديد إنتمائها إلى أنواعها الصخرية، إذ تضمنت هذه الدراسة تحديد النسب المئوية المودية للأطوار المعدنية وإعادة حساب النسب المئوية المودية للمعادن الفلسية الرئيسية التي تدخل في تصنيف وتسمية الصخور وهي الكوارتز (Quartz) والفلدسبار القلوي (Alkali-feldspar) والبلاجيوكليس (Plagioclase) (الجدول 1) وتم الاعتماد على مخطط (Quartz, Alkali-feldspar, Plagioclase, Feldspathoid) المختصر بـ (QAPF) لـ (Streckeisen, 1976) (الشكل 6)، وكانت النسبة المئوية المودية للكوارتز في هذه الصخور لا تتجاوز (5%) لذلك لم تؤخذ نسبة الكوارتز بعين الاعتبار أثناء التصنيف، كما لم يتم

ملاحظة معادن الفلدسبثويد في الصخور تحت البحث. فضلاً على ذلك فقد تم الاستعانة بتقنية (ICP-MS) لإيجاد تراكيز العناصر الرئيسية والأثرية في هذه الصخور (الجدول 2).

الجدول 1: إعادة حساب النسبة المئوية المولية للفلدسبار القلوي (A' %) والبلاجيوكليس (P' %) وتسمية الصخور تحت البحث.

Sam ples	No. samples	Alk-fld. %	Plg. %	Total Feldspars = 100		Rocks
				A' %	P' %	
D1 _A	23	59.8	23.2	72	28	Syenitic pegmatite
D8 _B	6	0.6	36.9	1.7	98.3	Gabbroic pegmatite
H1	1	75.6	13.4	85	15	Syenitic pegmatite
H7	23	60.1	17.9	77	23	Syenitic pegmatite



المحتوى المعدني (Streckeisen, 1976).

الجدول 2: تحاليل العناصر الرئيسية والأثرية بتقنية (ICP- MS).

Samples Elements		D1 _A	D8 _B	H1	H7
Major Oxides (Wt %)	SiO ₂	59.890	46.909	58.334	57.522
	Al ₂ O ₃	16.642	13.280	21.043	18.663
	FeO	4.905	5.932	1.199	1.989
	Fe ₂ O ₃	1.723	3.554	0.725	2.334
	MgO	0.663	4.394	0.149	0.265
	CaO	3.861	17.683	1.273	2.043
	Na ₂ O	6.102	2.629	11.709	12.669
	K ₂ O	4.615	0.458	3.784	3.000
	P ₂ O ₅	0.284	1.466	0.050	0.119
	TiO ₂	0.677	1.746	0.195	0.599
	MnO	0.136	0.149	0.038	0.097
	LOI	0.5	1.8	1.5	0.7
	Total	100	100	100	100
	Fe total	5.02	7.10	1.44	3.18
	Mg#	0.075	0.309	0.070	0.074
Trace Elements (ppm)	Ni	3.8	16.4	1.2	0.5
	Sc	0.4	7.2	0.2	1.5
	Cr	-	-	2	2
	Co	10.5	37.9	21.9	9.1
	V	6	158	1	-
	Rb	104.4	17.5	77.3	54.7
	Pb	16.13	4.62	6.29	3.55
	Ba	802	45	313	296
	Sr	252	325	87	116
	Zr	199.5	288.8	72.4	66.3
	Y	35.3	41.7	8.2	9.8
	Nb	21.95	3.32	7.43	2.37
	Hf	4.42	7.68	1.31	1.23
	Ta	0.9	0.3	1.3	0.3
	Th	1.7	5.2	0.9	0.5
	Mo	0.26	0.33	0.52	0.94
	Sn	3.4	2.1	1	1.1
	Ga	17.37	18.10	19.41	18.21
	Cu	6.63	41.10	3.63	11.63
	Zn	97.7	74.5	22.4	53
	Ag (ppb)	86	91	59	40
	As	0.6	7.0	2	0.7
	Cd	0.22	0.25	0.05	0.11
	Sb	0.07	0.43	0.07	0.03
	Bi	0.16	0.08	0.05	-
	W	53	31.2	>200.0	81.6
	Be	3	n.d	2	2
Li	10	31.2	21.1	25.3	
Cs	2.4	0.2	1.5	0.8	
U	0.3	1	0.2	0.1	
Rocks name	Syenite	Gabbro	Syenite	Syenite	

تم تقسيم كل نموذج من النماذج المذكورة أعلاه إلى قسمين الأول تم عمل قطعة (Slab) منه مثلت كامل محتويات الصخرة (Bulk) وتشمل (B1), (B6), (B22), (B23)، والثاني تم سحقه إلى مساحيق (Powders) ومن ثم إجراء عليه عدة عمليات ليكون مهيناً لجهاز العزل المغناطيسي (Fratz Isodynamic Magmatic Separator) موديل (L1) الموجود في الورشة الفنية التابعة لقسم علوم الأرض/ جامعة الموصل. إن الغرض من تقسيم كل نموذج من النماذج المنتخبة إلى قسمين يكون بهدف متابعة وتحديد الخصائص الطيفية للأطوار المعدنية المافية والفلسية كل على حدي، إذ من المحتمل وجود تجمعات معدنية مميزة (مافية أو فلسية) في مواقع أخرى خارج حدود منطقة البحث، وإذا لم يتم تحديد البصمة الطيفية لهذه الأطوار فسوف يتم تجاهل هذه التجمعات المعدنية وبالتالي تجاهل تلك المواقع (مثال: لوحظ في منطقة البحث وجود تجمعات مافية يزيد حجمها عن المتر). في حين تم تحديد الخصائص الطيفية للأطوار المعدنية وهي مجتمعة في الصخرة (أي كامل محتويات الصخرة "Bulk") غير مفصولة لغرض تحديد البصمة الطيفية الخاصة بصخور البحث وما يماثلها من صخور في مواقع أخرى ومن ثم تمثيلها على مرئيات فضائية مصححة طيفياً.

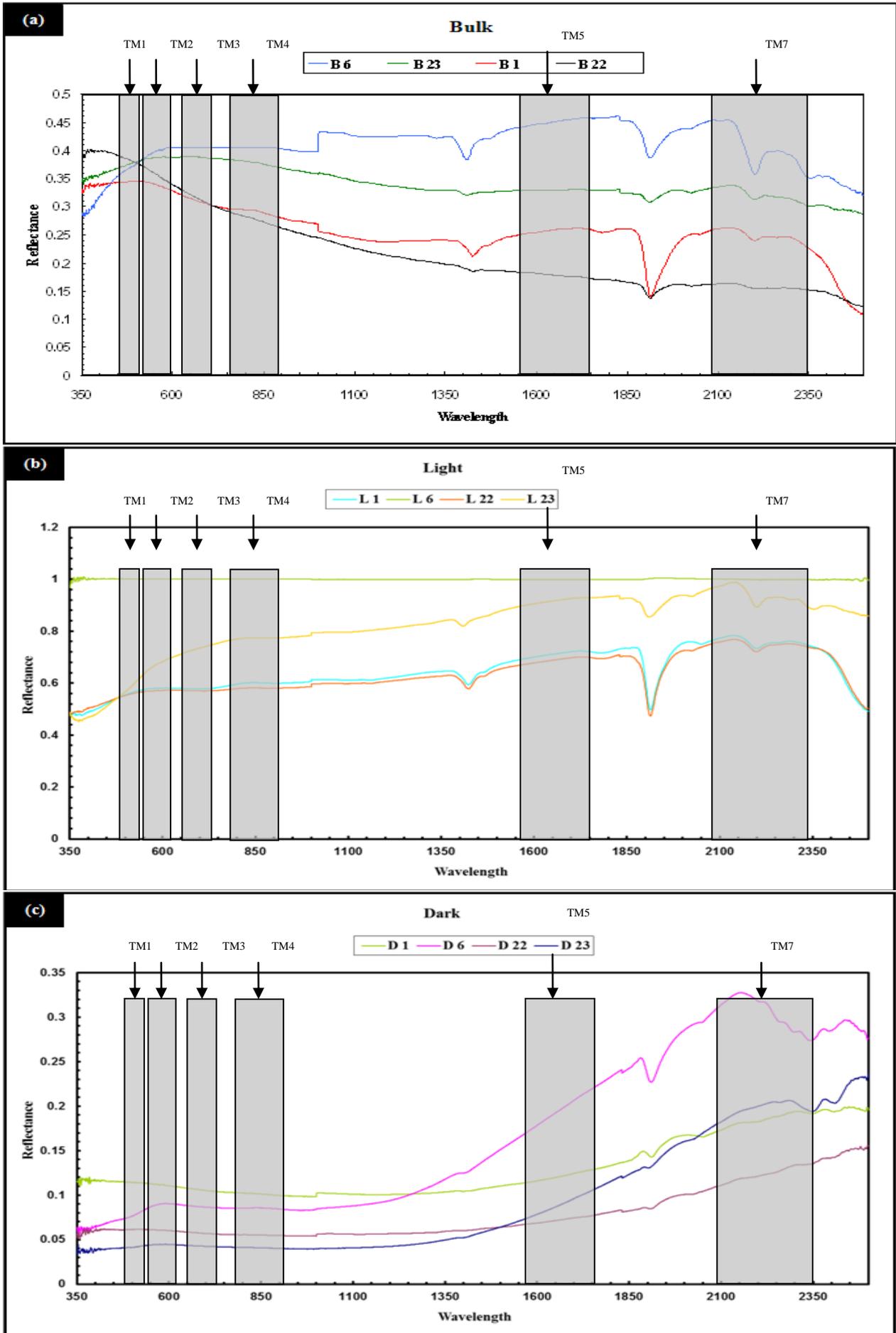
خطوات تهيئة النماذج لجهاز العزل المغناطيسي:

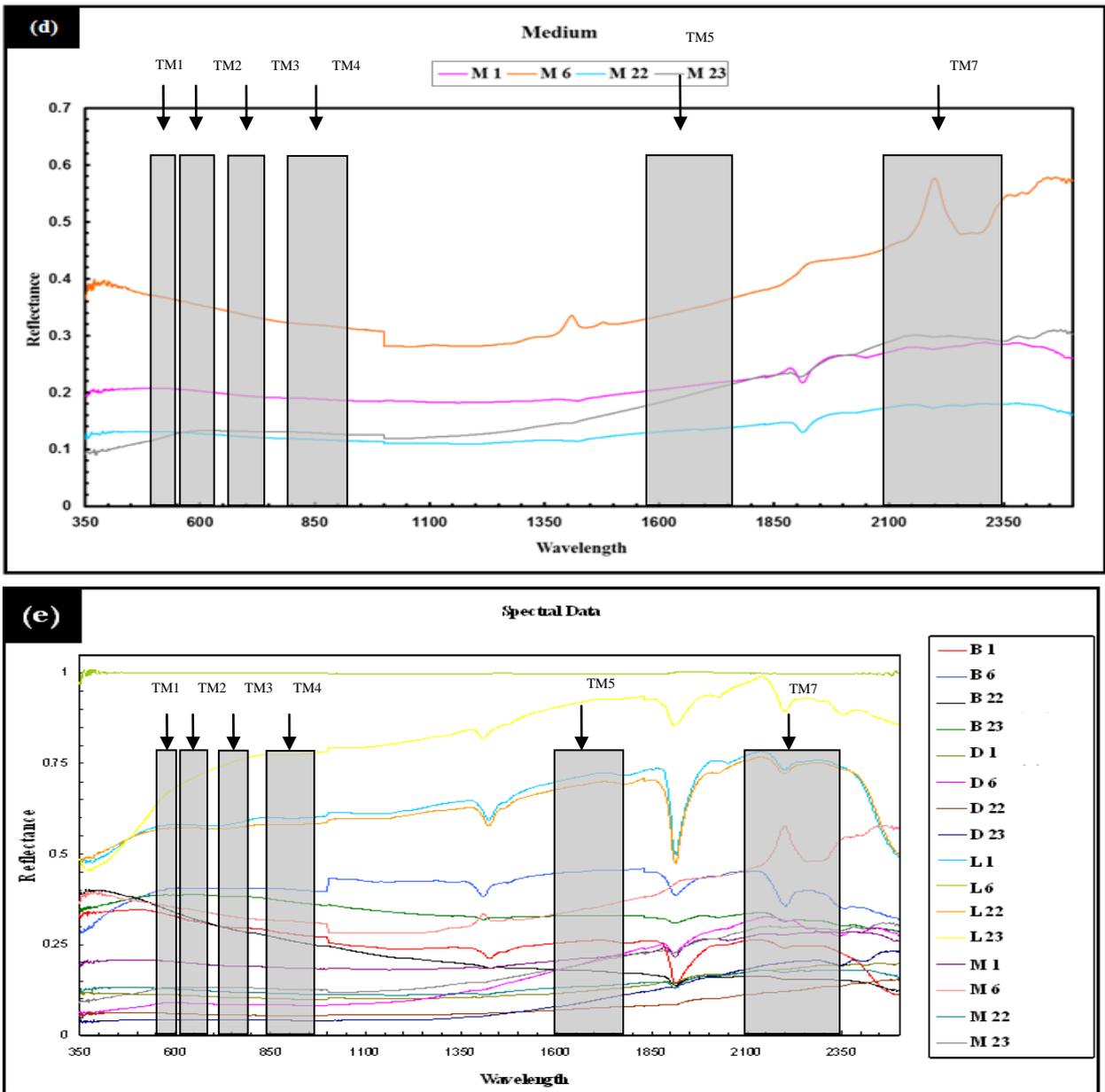
- 1- تكسير النموذج بواسطة الهمر إلى قطع صغيرة، ليسهل سحقه بجهاز السحق (الكسارة الفكّية).
- 2- سحقه بجهاز الكسارة الفكّية، وإجراء عملية التريبع والمخروط (Cote and quartering) لتمثيل جميع المكونات المعدنية التي تشكل النموذج الصخري.
- 3- نخل المساحيق بمنخل ذي حجم (16 mesh).
- 4- نخل المساحيق ذات الحجم الحبيبي (16 mesh) بمنخل ذي حجم (45 mesh).
- 5- غسل المساحيق ذات الحجم الحبيبي (45 mesh) بالماء المقطر لكي يكون حجم الحبيبات المعدنية أكثر تجانساً.
- 6- تجفيف هذه المساحيق في فرن التجفيف بدرجة حرارة ($150\text{ }^{\circ}\text{C}$). وبذلك تكون هذه المساحيق مهينة لجهاز العزل المغناطيسي.

تم تصنيف المساحيق الصخرية الناتجة من جهاز العزل المغناطيسي إلى ثلاثة مجاميع الأولى: بيضاء اللون (Light) تمثل المعادن الفلسية، وتشمل (L23)، (L1)، (L6)، (L22). الثانية: سوداء اللون (Dark) تمثل المعادن المافية، وتشمل (D1)، (D6)، (D22)، (D23). الثالثة: متوسطة اللون (Medium) التي هي عبارة عن مزيج مشترك بين المجموعتين البيضاء والسوداء اللون، وتشمل هذه المجموعة المساحيق الصخرية (M1)، (M6)، (M22)، (M23). تم تحليل هذه النماذج الأربعة بقسميها الأول (Bulk) والثاني (Powders) بجهاز الطيف الكهرومغناطيسي (ASD-Field Spectroradiometer) الموجود في مركز التحسس النائي/ جامعة الموصل لإيجاد خصائصها الطيفية وكما مبين في الفقرة القادمة.

تحليل الانعكاسية الطيفية

يوضح (الشكل 7) منحنيات الانعكاسية الطيفية للنماذج تحت البحث، ويلاحظ في بعض منها وجود تباين للانعكاسية ضمن مجالات محددة من الطيف، وفيما يلي وصفاً مقتضباً للانعكاسية المقاسة مختبرياً وحسب كل نموذج. يلاحظ في القسم الأول (Bulk) عند النموذج B1 حصول أول تناقص في الانعكاسية الطيفية عند الطول الموجي المقارب للقيمة (600nm)، وحدث امتصاص عند الطول الموجي (1431nm) وامتصاص عالي عند الطول الموجي (1923nm)، وكذلك حوث امتصاص قليل جداً عند الطول الموجي (2206nm). في حين تكون معالم الامتصاص قليلة في النموذج B22 إذ تظهر تناقصاً في الانعكاسية الطيفية مع زيادة الطول الموجي، كما ويخلو منحنى هذا النموذج من أي ارتفاعات أو انخفاضات حادة. بينما تكون معالم الامتصاص في النموذجين B6 و B23 متشابهة تقريباً بعد الطول الموجي ذي القيمة (1100 nm) تقريباً، في حين تتباين هذه المعالم بين B6 و B23 إذ تكون عند الأطوال الموجية (1414nm)، (1920nm)، (2208nm)، (2362nm) على التوالي في النموذج B6 و(1417nm)، (1918nm)، (2206nm) على التوالي في النموذج B23، كما ويلاحظ زيادة في الانعكاسية عند الطول الموجي (1012nm) في النموذج B6، وأن شدة الامتصاص تكون أعلى في B6 مقارنة بالامتصاص ذاته في B23. بشكل عام إن أفضل امتصاص يظهره هذا القسم (Bulk) يقع بين الأطوال الموجية (1918 - 1923 nm).





الشكل 7: أشكال (a), (b), (c), (d) توضح خصائص الانعكاسية الطيفية في المجاميع الأربعة، (e) يوضح تلك الخصائص في كافة العينات.

عند تتبع الخصائص الطيفية في القسم الثاني (Powders)، فيلاحظ في المجموعة الأولى البيضاء اللون (Light) بأن معالم الامتصاص تكون متشابهة في النموذجين L1 و L22، والتي تكون عند الأطوال الموجية (1430nm)، (1916nm)، (2204-2207nm) على التوالي. في حين يحدث الامتصاص في

النموذج L23 عند الأطوال الموجية (1416nm)، (1917nm)، (2207nm) على التوالي مع حدوث كذلك امتصاص قليل جداً في النموذج ذاته عند طول موجي مقداره (2362nm). تكون معالم الامتصاص في النموذج L6 معدومة، ولكن تحصل ترددات طيفية قليلة جداً بين الأطوال الموجية (350-438nm)، (2465 - 2500nm). بشكل عام وباستثناء النموذج L6 فإن أفضل امتصاص لهذه المجموعة (Light) يكون بين الأطوال الموجية (1916-1917nm)، مع زيادة قليلة جداً في الانعكاسية عند طول موجي مقداره (1012nm).

تظهر الخصائص الطيفية في المجموعة الثانية السوداء اللون (Dark) زيادة قليلة في الانعكاسية تحدث في النموذجين D1 و D6 عند الأطوال الموجية (1894nm) و (1888nm) على التوالي التي يتبعها امتصاص عند الأطوال الموجية (1919nm) و (1915nm) على التوالي، إضافة إلى معالم طيفية أخرى تلاحظ في النموذج D6 متمثلة بزيادة في الانعكاسية عند الطول الموجي (2159nm) وحدث امتصاص عند الطول الموجي (2351nm). في حين يظهر النموذج D23 امتصاص عند الطول الموجي (2358nm) يتبعه زيادة في الانعكاسية عند الطول الموجي (2387nm) ومن ثم حدوث امتصاص عند الطول الموجي (2420nm). بينما تكون معالم الامتصاص قليلة في النموذج D22 الذي يظهر امتصاص قليل جداً عند طول موجي مقداره (1918nm). بشكل عام إن أفضل امتصاص تظهره هذه المجموعة (Dark) يكون بين الأطوال الموجية (1915 - 1919nm).

تشير الخصائص الطيفية للمجموعة الثالثة المتوسطة اللون (Medium) إلى حدوث زيادة قليلة للانعكاسية في النموذج M1 عند الطول الموجي (1894nm) يتبعها امتصاص عند الطول الموجي (1919nm). في حين يظهر النموذج M6 زيادة في الانعكاسية عند الطول الموجي (1416nm) ثم زيادة أخرى أكبر الأولى عند طول موجي مقداره (2205nm) والتي يتبعها حدوث امتصاص يقع بين الأطوال الموجية (2263-2313nm). بينما يظهر النموذج M22 امتصاصاً واحداً فقط عند الطول الموجي (1920nm). في حين تكون معالم الامتصاص في النموذج M23 غير واضحة لكن تحدث ترددات طيفية بين الأطوال الموجية (350-405nm). بشكل عام تكون معالم الامتصاص في هذه المجموعة (Medium) قليلة، وإن أفضل امتصاص لوحظ يقع بين الأطوال الموجية (1919-1920nm) و (2363-2313nm).

يلاحظ مما ذكر أعلاه وجود تباين في الخصائص الطيفية (الانعكاس والامتصاص) عند أطوال موجية محددة، ويرجع سبب ذلك إلى نوعية المكونات المعدنية التي تتألف منها النماذج الصخرية المختارة، إذ تتألف النماذج (H7, H1, D1_A) من معادن فلسية متمثلة بالفلدسبار القلوي والبلاجيوكليس التي تؤدي إلى حدوث الانعكاس، بينما وجود معادن مافية كالأمفيبول والكلابروبايروكسين ومعادن إضافية كالأبتايت والسفين في هذه النماذج يؤدي إلى حدوث الامتصاص. كذلك الحال بالنسبة للنموذج (D8_B) الذي يتسم بهيمنة البلاجيوكليس والأمفيبول والكلابروبايروكسين مع وجود معادن إضافية يغلب عليها الأبتايت. إن وجود هذه

المكونات المعدنية بصورة متناوبة في الصخور تحت البحث يؤدي إلى حدوث تناوب في الخصائص الطيفية المميزة لهذه الصخور .

استخدام التصنيف الموجه في تحديد انتشار المقحمات البكماتيتية

تم استخدام التصنيف الموجه في تحديد مواقع المقحمات البكماتيتية وانتشارها في بعض الأنطقة لمنطقة الدراسة والتي كان هنالك صعوبة في الوصول إليها. إن هذا النوع من التصنيف الرقمي يتطلب معرفة مسبقة للمنطقة المطلوب تصنيفها لكي يتم اختيار مواقع عينات ممثلة لنمط معروف من غطاء الاراضي تدعى مناطق التدريب (Training areas) وذلك لوضع دليل تفسير عددي للمصنف المستخدم لكي يقوم بتصنيف الخصائص الطيفية لكل نمط من انماط المعالم المدروسة (Lillesand and Kiefer, 1994). تم في الدراسة الحالية الاعتماد على التصنيف الموجه بطريقة التحليل الطيفي للاهداف. إذ تم انتقاء بعضاً من نماذج الدراسة والمبينة في (الشكل 7) واستقراء خصائصها الطيفية بواسطة جهاز الطيف الكهرومغناطيسي (ASD-Field Spectroradiometer) واعتبارها كمناطق تدريب (Training areas). وبغية تحديد وجود وانتشار هذه الخصائص الطيفية، تم تصحيح المرئية الفضائية متعددة الاطيف للقمر لاندسات من خلال موديل تصحيح الغلاف الجوي (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes-Flash atmospheric correction model) ، إذ تم إجراء هذا النوع من المعالجة من خلال برنامج (ENVI 4.7) ليصبح بالامكان استقراء الطول الموجي (Wavelength) لاي وحدة صورية موجودة في المرئية الفضائية ومن ثم تصنيف المرئية الفضائية بالاعتماد على خصائص الانعكاسية الطيفية للنماذج المقاسة مختبرياً (Swalf et al., 2003 ; Khan and Jacobson, 2008)، وفي حالة وجود تشابه لمنحني الانعكاسية الطيفية لنموذج معين مع وحدة صورية معينة سوف يتم عزل هذه الوحدة واعتبارها مقحم بكماتيتي، أما في حالة عدم وجود تطابق فان هذه الوحدة لن يتم تمثيلها بأية قيمة رقمية وعليه تكون بلون اسود. اعتماداً على خصائص الانعكاسية الطيفية للنماذج المختارة تم تحديد وجود بعضاً من المقحمات البكماتيتية في الجزء الشمالي الغربي من نطاق درز زاكروس (ZSZ) (الشكل 8). يمكن من خلال الشكل ملاحظة وجود تطابق للمقحمات الظاهرة في التصنيف مع النطاق الحقلي الذي تم فيه جمع النماذج، فضلاً عن وجود عدد من الأنطقة الاخرى المنتشرة في مواقع متفرقة من المنطقة. يعد النطاق الواقع إلى الشمال الغربي من منطقة جمع النماذج الأكثر ملاحظة وتمييزاً لوجود المقحمات في حين يلاحظ قلة كثافة المقحمات في المواقع الاخرى. إن الزيادة والنقصان في كثافة المقحمات لايمكن الجزم فيها بشكل قاطع بسبب أن المرئية المستخدمة في الدراسة الحالية تتصف بقدرة تمييز مكانية (Spatial resolution) قدرها (30×30) متراً. أي أن ابعاد اي هدف ارضي يقل عن هذا المقدار (اي 30×30 متراً) لا يمكن كشفه من خلال هذه المرئية، وعليه فان تواجد المقحمات ذات الأبعاد الأقل من (30×30) متراً لا يمكن فصلها

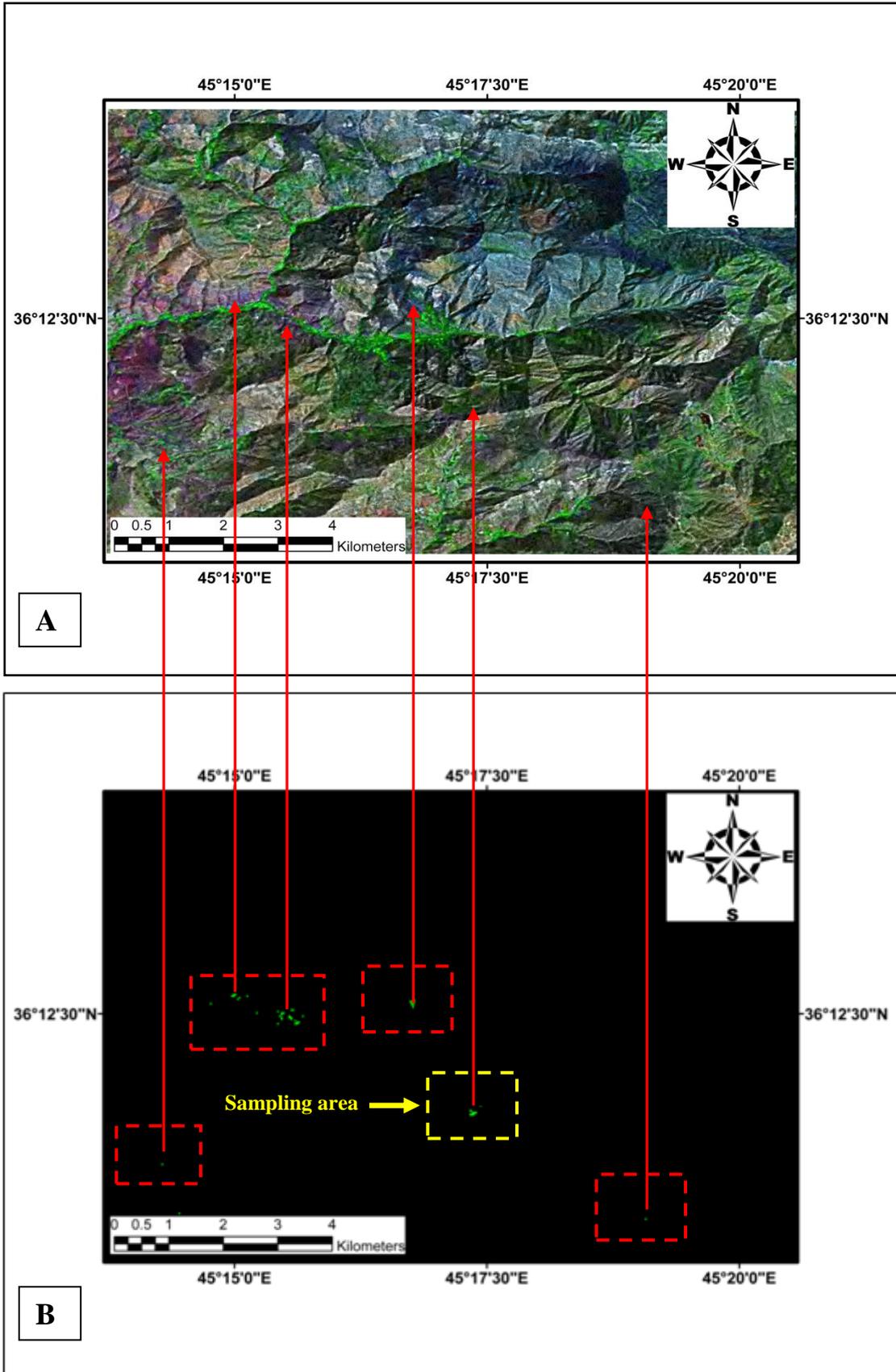
والتعرف عليها ويتطلب للكشف عنها الاعتماد على مرئيات فضائية تتميز بكونها ذات قدرات تمييزية مكانية عالية.

الاستنتاجات

1- إن تحضير النماذج مختبرياً لغرض قياس الانعكاسية الطيفية للمقحمات البكماتيتية يعد نموذجاً مهماً لأي دراسة مستقبلية يتطلب فيها قياس انعكاسية طيفية لأي معدن، إذ أن الاعتماد على النموذج بهيئة حجمية (Bulk) وبهيئة مسحوق (Powder) يكون مناسباً لاستغلال جميع المعادن المكونة للصخرة في استخلاص البصمة الطيفية منها.

2- إن الاعتماد على طريقة التصنيف الموجه بدلالة البصمة الطيفية يعطي نتائج جيدة في التحري عن الكتل الصخرية في مناطق يتعذر الوصول إليها وهذا ما توضح جلياً في الدراسة الحالية من خلال التعرف على بعض المناطق ذات المحتوى البكماتيتي.

3- إن استخدام المرئيات الفضائية المصححة طيفياً يكون عاملاً مكملاً للقياس المختبري الخاص بالبصمة الطيفية للأهداف الأرضية. ولكن يجب مراعاة حجم الهدف ودقة تمييز المرئية الفضائية. إذ تم ملاحظة وجود بعض التقصير نتيجة دقة التمييز المكانية للمرئية الفضائية المستخدمة والعائدة للقمر لاندسات (30×30 متراً)، ويمكن تجاوز هذا القصور في دقة التمييز عند إجراء دراسات مستقبلية من خلال استخدام مرئيات ذات دقة تمييز أعلى كمرئيات القمر إيكونوس (Ikonos) أو كويك بيرد (Quick Bird).



الشكل 8: (A) المرئية الفضائية الملونة، (B) المرئية الفضائية المصنفة (النقاط الخضراء تمثل مواقع المقحمت البكتايتية).

REFERENCES

- Aswad, K. J., 1999. Arc-Continental Collision in Northeastern Iraq as Evidence by the Mawat and Penjwen Ophiolite Complex. *Raf. Jour. Sci.*, Vol. 10, pp. 51 - 61.
- Aswad, K. J. A., Aziz, N. R. H., and Koyi, H. A., 2011. Cr-spinel Compositions in Serpentinites and their Implications for the Petrotectonic History of Zagros Suture Zone, Kurdistan Region, Iraq. *Geological Magazine.*, pp. 1 - 17.
- Buday, T., and Suk, M., 1978. Report on the Geological Survey in NE Iraq between Halabja and Qala-Diza, Unpubl. Report, *NIMCO Lib.*, Baghdad.
- Buday, T., and Jassim, S. Z., 1987. The Regional Geology of Iraq, Vol. 2, Tectonism, Magmatism and Metamorphism (eds.) Kassab, I. M. and Abass, M. J., *Geological Survey and Mineral Investigation*, Baghdad, Iraq., 352 p.
- Jassim, S. Z., Buda, G., Neuzilova, M., and Suk, M., 1982a. Metamorphic Development of the Iraqi Zagros Ophiolitic Zone. *Academia publishing house of the Czechoslovak Academy of Science, Krystalinikum*, Vol. 16, pp. 21 - 40.
- Jassim, S. Z., and Buday, T., 2006. Units of the Unstable Shelf and the Zagros Suture. In: S. Z. Jassim and J. C. Goff (eds), *Geology of Iraq. Dolin*, Prague and Moravian Museum, Brno, pp. 71-83.
- Jassim, S. Z., Buday, T., Cicha, I., and Opletal, M., 2006a. Tectonostratigraphy of the Zagros Suture. In: S. Z. Jassim and J. C. Goff (eds), *Geology of Iraq. Dolin*, Prague and Moravian Museum, Brno, pp. 199 - 211.
- Jassim, S.Z., Suk, M., and Waldhausrova, J., 2006b. Magmatism and metamorphism in the Zagros Suture. In: S. Z. Jassim and J. C. Goff (eds), *Geology of Iraq. Dolin*, Prague and Moravian Museum, Brno, pp. 212 - 231.
- Jassim, S. Z., Waldhausrova, J., and Suk, M., 1982b. Evolution of Magmatic activity in Iraqi Zagros Complexes. *Academia publishing house of the Czechoslovak Academy of Science, Krystalinikum*, Vol. 16, P. 87 - 108.
- Khan, S. D., and Jacobson, S., 2008. Remote Sensing and Geochemistry for Detecting Hydrocarbon Microseepages. *GSA Bulletin*, Vol. 120, No. 1/2, pp. 96 - 105.
- Lillesand, T. M., and Kiefer, R. W., 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd Ed. John Wiley and Sons incop., New York, 721p.
- Schneiderhohn, H., 1961. Die Erzlagerstätten der Erde - Band II: Die Pegmatite. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany, 720 p.
- Streckeisen, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, Vol. 12, pp. 1 - 33.
- Swalf, P., Crosta, A., and Filho, S., 2003. Remote sensing Signature of the morro do ouro gold Deposit, Minas Gerais, Brazil, using Reflectance Spectrometry: Application to Mineral Exploration using Spaceborne Multispectral Sensors, *Revista Brasileira de Geociências*. Vol. 33, pp. 221 - 227.