الاستقراء الفضائي للملامح الجغرافية بثنية النوفلية

(دراسة في تطبيق قواعد التفسير البصري للمرئية الفضائية)

د. جميل النجار (*)

أولًا: المقدمة والسمات العامة

تُعد عملية التفسير البصري لبيانات الأقمار الاصطناعية، بمثابة الاختزال النهائي لكل من منهجية وفنية «علم الاستشعار عن بعد Remote Sensing» وذلك من الوجهتين النظرية والتقنية؛ ولذا يُعتد بها لكونها أداة الفصل في الكثير من أوجه الاختلاف في الرأي العلمي والفني، خاصة في الأمور التي تحتاج لاتخاذ قرارات هامة وصعبة، سواء في الموضوعات الأمنية والدفاعية أو في المشاريع البيئية والتنموية. ومجرد الاعتماد على عملية التفسير البصري للبيانات الرقمية التي توفرها المرئيات الفضائية، من الناحية الأكاديمية، يُعتبر في حد ذاته دربا من دروب التعريف بأحكامها، إن جاز التعبير، ونوعا آخر من أنواع المحاكاة Simulation التي يجب أن نُسايرها، لنلحق بالركب المعلوماتي الذي يحيا أزهى عصوره الرقمية، وتحياه الدنيا منذ فترة ليست بالقصيرة.

أ) أهمية الدراسة

تكمن أهمية الدراسة في كونها إحدى المحاولات الجادة لتطبيق التقنية المستخدمة، كأداة بحث، في ميكنة مصادر البيانات المكانية، وتحويلها إلى أشكال كارتوجرافية رقمية يسهل

(*) جامعة التحدي- كلية الآداب- قسم الجغرافيا- ليبيا.

التعامل معها بواسطة الحاسوب، وتستمد أهميتها من فوائد تطبيقات الاستشعار الفضائي في مجال الدراسات البيئية بوجه عام؛ وبسبب تزايد هذه الأهمية في الأوساط الجغرافية العربية في الآونة الأخيرة بوجه خاص؛ فكانت الفكرة في تفتيت أصول هذه التقنية وتجزئتها، لتبسيطها وفهم مفرداتها وتناول عملياتها، العملية تلو الأخرى في سلسلة من الأوراق البحثية الأكثر تركيزا وتيسيرا على طلابنا وباحثينا الشبان، الراغبين في تطوير مهاراتهم التقنية في هذا الميدان الخصب، وبشكل يُمَكِن من تطبيق عناصرها في صورة خطوات سهلة عملية، من خلال التطبيق على منطقةِ الدراسة، علّها تساعد في الخروج بإطار علمي بسيط وغير رتيب، يربط بين قواعد التفسير البصري للمرئية الفضائية من جهة، والتطبيق الجغرافي والكارتوجرافي من جهة أخرى.

وكيف لا وهي التطبيقات التي تقف من ورائها تكنولوجيا فضائية هائلة ومعقدة، تُغطي وتمسح كل شبر على سطح الأرض، لتعطي بيانات شبه دورية، إن لم تكن لحظية مع تعدد الأقمار، ولذا فهي تمنحنا الكثير من الإغراءات التي تُملي علينا استغلالها الاستغلال الأمثل، والذي لن يتأتى دون استيعاب حقيقي لأصولها النظرية كاملةً غير منقوصة من ناحية، والاستفادة بمُخرجاتها العملية في دراسات مفصلة وملحة، تحتاجها الأراضي الجافة وشبه الجافة؛ لهشاشة أوضاعها الحرجة من ناحية أخرى. وعليه؛ أصبح من الأهمية بمكان تبنيها وتعظيم الاستفادة بمعطياتها.

وفي إطار الأفكار ذاتها، تحاول الدراسة، في بعض جوانبها، توضيح الالتباس الحاصل في عدد من المفاهيم ذات الصلة، والتي سادت بعض الشيء في الأوساط العاملة داخل الحقول الوليدة للاستشعار الفضائي وتطبيقاته، كالخلط مثلا: بين مصطلحات الانبعاث والانعكاس أو الدقة الإيضاحية والدقة الطيفية أو درجتي اللمعان والتباين، وغيرها من المصطلحات التي كثر المزج بينها في عدد من المناقشات والدراسات المترجمة بالنقل بلا تحقيق، والتعميم بلا تخصيص أو تمحيص، الأمر الذي أثر سلبا على معانٍ بحثية أصيلة كالوضوح والتحديد... الخ، فلزم التنويه إليها بالتبيان والتوثيق داخل المتن أو في الهوامش، وفق ما تقتضيه نافلة القول ومقامه، وذلك من خلال شرح وتبسيط مبادئ التفسير البصري للمرئية الفضائية مع التطبيق

على الملامح الجغرافية بثنية النوفلية، بغية استقراء خصائصها المورفولوجية وترجمتها إلى أشكال كارتوجرافية في النهاية.

ب) أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق المقاصد التالية:

1. حصر وتحديد مدى إمكانية التعرف، بقواعد التفسير البصري، على الخصائص العامة للظاهرات الأرضية بمنطقة الدراسة، سواء كانت ظاهرات طبيعية أو بشرية(*)، من خلال استقراء المرئية الفضائية.
2. مراقبة وتتبع أبرز ملامح التغيرات البيئية، دون تحليل العوامل الكامنة وراء هذه التغيرات، وغيرها من التحولات المعنية بالأنشطة البشرية العامة، لاحتياجاتها إلى دراسات أخرى تفصيلية ومعنية بذات المواضيع، وذلك من خلال مقارنة أزواج المرئيات الفضائية.
3. توفير منظومة معلوماتية مكانية رقمية للمنطقة، يمكن أن تفيد في مشاريع قواعد البيانات المستقبلية، خاصة الكارتوجرافية(*) منها.

ج) مشكلة الدراسة وصعوباتها

تتمثل مشكلة الدراسة في سبر أغوار قواعد التفسير البصري للمرئية الفضائية، والوقوف

(*) ركز البحث على الجوانب الطبيعية في إعطاء الأمثلة التطبيقية، ولم يضطر الباحث إلى التمثيل بأمثلة تطبيقة من الجوانب البشرية، إلا في أضيق الحدود؛ وذلك لسببين: الأول لأن مبادئ التفسير البصري للمرئية الفضائية تقتضي عدم التفريق، والثاني ضعف تضرس المنطقة، وخلوها من عنصر الارتفاع بالقدر اللازم مثلا: لتحليل «الظلال»، كأحد عناصر التفسير الضرورية، على سبيل التوضيح.

(*) يمكن عرض الأشكال المستخرجة من مرئيات فضائية بدون بعض الأساسيات الكارتوجرافية، كمقياس الرسم مثلًا، خلال مرحلتي التحليل والتفسير، لتبيان ماهية التحليل وتوضيح طبيعة العناصر المفسرة، طالما لم نصل بعد إلى مرحلة إخراج خريطة وفق أصول علم الخرائط، من خلال الترقيم على المرئية الفضائية، خاصة وأن موضوع إنتاج خريطة آلية باستخدام ذات التقنيات هو موضوع آخر غير الموضوع قيد الدراسة، والمعني فقط بتسليط الضوء على كيفية الاستقراء من المرئية وفق قواعد التفسير البصري، ويمكن أن تكون نتائج التفسير بمثابة بيانات لازمة لمادة كارتوجرافية مرجعية لاحقة، تكون كاملة في مخرجاتها الأصولية من المنظور الأكاديمي بوجه عام.

على ما يمكن أن تقدمه للباحثين والمخططين، من مجالات أكثر رحابة، تساعد في إبراز الخصائص الجغرافية للظاهرات والأهداف المدروسة لأول وهلة، من خلال التركيز على جوانبها الطبيعية، كأساس جغرافي، يصبح الارتفاع به، من خلال دراسات طبيعية وبشرية تالية، أمرًا ميسورا. وبالتطبيق على بثنية النوفلية، يمكن تسليط الضوء على بعض جوانبها المورفولوجية وقولبتها في قالب شامل يعكس صورتها الواقعية والمباشرة، والتي تعكس شخصيتها الجغرافية من دون الاعتماد المطلق على وسائل تقليدية، قد تكون منقوصة في بعض الأحيان.

د) التساؤلات الافتراضية

تحاول الدراسة ربط وتحليل العلاقات المتبادلة بين خصائص الظاهرات بواقعها الحقيقي Really على الطبيعة، مع الواقع الصوري Formal للمرئية الفضائية، وهي العلاقات التي تحكم أنماط توزيعها وأشكالها في إطارهما الفضائي Spatial والبيئي Environmental، من خلال المحاولة للإجابة على التساؤلات المنطقية التالية:

1. هل استطاعت عناصر التفسير البصري للمرئية أن تنقل صورة حقيقية عن شكل وطبيعة المنطقة، وما مدى الدقة في درجة الوضوح الأرضي لأنواع المرئيات الفضائية المختلفة؟
2. هل توجد بالمنطقة ظاهرات أرضية كانت أكثر غموضا، فضللت مستشعرات الأقمار الاصطناعية، أو بعضها على أقل تقدير، ومن ثم استعصت على قواعد التفسير البصري، فاحتاجت للتحقق الميداني؟
3. هل توجد نسبة محسوسة من التحولات الحضارية والبيئية، تظهرها المرئية؟ وهل تيسر استنتاج نسب محددة لملامح التحولات الأقل غموضًا دون الأوضح منها؟

هـ) أسلوب الدراسة ومنهجيتها

تعتمد منهجية التفسير البصري للمرئية الفضائية على أسلوب **تحليل خصائص الصورة Photo Characteristics analysis**، من لون ونمط وحجم ونسيج وغيره من خصائص،

سيرد تفصيلها لاحقا، مع تعويلها داخل منظومة البحث العلمي على مناهجه وطرائقه التقليدية المعروفة من العمل الميداني Field work، ومراحل التحليل والتفسير Analysis, Interpretation، والتصنيف Classification، والتقييم Assessment، وعليه حاول الباحث في تناوله لهذه الدراسة الجغرافية التطبيقية اتباع منهجٍ علميٍّ أساسيٍّ، يكون أكثر شمولية، فكان المنهج العلمي الاستقرائي.

ويعني الاستقراء لغويا الفحص والتتبع، ومنهجيا يعني استخراج العام من الخاص، من خلال المقارنة والاستنباط والقياس. وإجرائيا يعني الطريقة الاستقرائية للبحث عن أوجه الشبه والاختلاف في الظواهر، وتحليل عدد من حالاتها الخاصة (Bradford, M.G., et al., 1978, pp 1-2). والاستقراء في أبسط رؤاه المنطقية ينظم عملية الانتقال، بمنهجية علمية، من مرحلة استخلاص معلومة ما، من قاعدة ما أو مبدأ ما، وصولا إلى مرحلة التعميم في الأحكام، وذلك عن طريق البدء بالجزء للوصول إلى الكل، أو الانتقال من الخاص إلى العام، أو من المجهول إلى المعلوم، بهدف التبسيط وتضمين النظائر، أو بمعنى آخر دمج النظير مع نظيره من الظواهر، وهي نفس العملية التي تضطلع بها كل من عمليتي التحليل الكمي والتصنيف الآلي للبيانات بواسطة الحاسب. وتبعا لتلك الرؤية؛ مرت عملية الاستقراء العلمي في هذه الورقة البحثية بثلاث مراحل أصولية، هيكلت البحث منذ أن ولدت الفكرة وحتى انتهت بالتوصيات، فأمكن بلورة المراحل منهجيا على النحو التالي:

- **مرحلة الملاحظة**: وهي المرحلة التي تم فيها فحص وقراءة المرئيات الفضائية والخريطة الجيولوجية. وفيها لوحظ (بحس القواعد العامة) سيادة سمة الوضوح الأرضي للظاهرات بالمرئيات الحديثة، وكثرت حالات التشابه المُضلِل بالمرئيات الفضائية القديمة، لتبقى الاختلافات اللونية وغموض بعض الظاهرات والتغيرات البيئية الطفيفة هي الاستثناء، فتم تدوين تلك الملاحظات، تمهيدا لعملية البحث عن الأسباب في المراحل التالية، وتيسيرا لعمليتي التحليل والتفسير.
- **مرحلة الافتراض**: وهي المرحلة التي تم فيها ترتيب وتنظيم الأفكار وربطها مع بعضها

البعض، في وحدة تُعرف بالفرضية، التي تؤيد أو ترفض بعض الأفكار أو الأسباب الكامنة من وراء شيوع سمة غموض الكثير من الظاهرات المرتبطة بمرئية دون غيرها، واستمرار هذه السمة، حتى في بعض المرئيات الحديثة، وإن كانت بمساحات أقل. وذلك لبناء تصور عام، مبني على نظرية لم تنتهِ بعد من استكمال خريطة تُحدد مدى تباين نسب انعكاسية الظاهرات بالمرئية من جهة، وحدود الأمان وآفاق الصلاحية في الاعتماد على بياناتها من جهة أخرى.

- **مرحلة التحقيق**: وهي المرحلة التي يمكن أن تُسَمى بعملية البرهان، وفيها تم ربط الملاحظات المقروءة بالمشاهدات الميدانية، فبدأت تتكشف الحقائق تدريجيًا من خلال التحقق من الفروض، عن طريق الاستدلال Deduction بدقة الملاحظة الميدانية، على الفرضية المطروحة لتدعيمها وإثبات صحتها أو خطئها، ومن ثم رفضها واستبعادها أو إقرارها، للانتقال من حالة المجهول والغموض في بعض الظاهرات والفرضيات إلى حالة المعلوم والوضوح بالتحقق الميداني من طبيعتها أو الاستوثاق من صحتها بالتحليل والتفسير.

و) الدراسات السابقة

وأغلبها دراسات أكاديمية أصولية عامة باللغات الأجنبية، تناولت أسس عملية التفسير البصري في مراجعها التعليمية، كأحد أهم مراحل تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في منظورها العام والشامل لكافة العمليات، من خلال تناول العملية (التفسير البصري) في إطار ضمني، لا تفصيلي بشكل محدد وتوضيحي.

ومن أقرب الدراسات الأصولية العالمية لموضوع البحث، ورقة جغرافية (بدون) أصّلتها كليـة بارك بجامعة ميريلاند في الولايات المتحدة الأمريكية بعنوان: «Introduction to Remote Sensing»، مُنتهجةً فيها مدخلا تاريخيا. وعرض آخر مرجعي وموجز عن تمييز أنواع الصخور بمنطقة وادي دراكون الأسود Black Dragon Canyon في مقاطعة يوتا الأمريكية، اعتمد على التفسير البصري في وصف الطبقات التابعة للترياسي والجوراسي. ودراسة ضِمنية أخرى

نشرها المركز الكندي للاستشعار عن بعد(CCRS)، بعنوان: «Fundamentals of Remote Sensing» في العام 2002، انصبت معظم تطبيقاتها على مناطق متفرقة من كندا، ومقاطعة يوتا بالولايات المتحدة الأمريكية، ومناطق الترانسفال والكاب بجنوب أفريقا، وأجزاء أخرى متباينة من العالم.

ويوجد في منطقتنا العربية عدد من الكتب والمراجع المترجمة والدراسات التطبيقية العديدة التي أشارت إلى مراحل العملية بإشارات موجزة ومتفرقة، وبأشكال تميل في أغلبها إلى أسلوب عرض النتائج، كدراسة عبد رب النبي عبد الهادي وآخرون(1991) عن رسم خرائط سطح التربة في منطقة سهل القاع بشبه جزيرة سيناء، تحت عنوان: Contribution of Landsat data (MSS) to soil survey: application to soil of Southwest Sinai (Egypt).

ودراسة الداغستاني(2003) التي سيقت تحت عنوان: التفسير المرئي المفصل للبيان الفضائي ـ جبال أطلس الصحراوي بالجزائر، تَصَفَّحَ فيها صور اللون المركب الزائف False Color Composites (FCCs) من خلال استعمال ألوان «كاذبة» لإعطاء هذه الصور ملامحًا غير مألوفة ومتنوعة، ساعدت في تحديد ورسم خريطة للوحدات الصخرية Mapping Lithology، وأخرى للتراكيب الجيولوجية، وكلها دراسات محمودة، لا شك في ذلك، رغم محدوديتها.

ز) أساليب الدراسة ومصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة في أغلب نقاطها على الأسلوب التطبيقي لقواعد التفسير البصري للمرئية الفضائية، وبعض المصادر المرجعية Referential Sources الأخرى، من لوحة جيولوجية، بالإضافة لجولات عديدة من الزيارات الحقلية، التي تهدف في المقام الأول إلى التحقق الميداني، ويمكن تفصيل أهم مصادر البيانات في النقاط التالية:

1. **البيانات الرقمية**: وتم الحصول عليها من خلال تفسير عدد من المرئيات الفضائية المتباينة في مدى دقة إيضاحاتها الطيفية Spectral Resolutionمن جهة، والفضائية والمكانية

Spatial Resolution أو الأرضية(*) Ground Resolution من جهة أخرى، والتي بلغت 30×30، 20×20مترا و10×10، 4×4 مترا.

وتتميز المرئيات الفضائية التي اعتمدت عليها الدراسة بالتنوع، فمنها التابعة لبيانات الأقمار الاصطناعية الأمريكية، ومنها الفرنسية، وتتسم بتعدد أطيافها Multi Spectral وتنوع أطوالها الموجية، والتي تراوحت بين 3-8 قنوات موجيةBands، ويمكن توزيعها على النحو التالي:

- ثلاث صور لاندساتLandsat TM أولها بتاريخ 23/ 6/ 1995 وثانيها بتاريخ 20/ 3/ 1998، وثالثها بتاريخ15/ 9/ 2005 (بيانات متنوعة).
- منظر واحد لاندسات ETM+, PAN تم التقاطه في العام 2006 (بيانات حديثة).
- منظر واحد سبوت XS SPOT بتاريخ 5/ 12/ 1998 (بيانات أقدم).
- ثلاث مناظر Scenes من نوع المرئية الفضائية للمستشعرASTER Stereo للقمر الأمريكي الياباني المشترك Terra(EOS AM-1) المأخوذة بتواريخ متباينة تنحصر بين عامي 1999-2006، وتغطي بقاع متفرقة من منطقة الدراسة.

بالإضافة لعدد من الصور الفضائية المنشورة على الشبكة العالمية للمعلومات بموقع «Google Earth» وموقع الإدارة الوطنية الأمريكية للفضاء والملاحة «ناسا Nasa» وتم اعتماد الإسناد الكارتوجرافي لخطوط الطول والعرض الممثلة لمسقط مركيتور ذي الإحداثيات العالمية المستعرضة Projection UTM، بأغلب المرئيات الفضائية التي تمت الاستعانة بها في استكمال هذه الدراسة.

(*) دقة الوضوح المكاني أو الفضائيSpatial Resolution وتعني: قدرة المستشعر بالقمر الاصطناعي على التفريق بين معالم سطح الأرض وتمييزها، ووحدة المعايرة بها هي النقطة أو الخلية (وحدة بناء المرئية الفضائية) التي تختلف مساحتها الأرضية من قمر لآخر. أما دقة الوضوح الطيفي Spectral Resolution فتعني: مدى ضيق أو اتساع المجال الطيفي الذي يتم من خلاله التقاط الأشعة الكهرومغناطيسية المنبعثة من المواد أو الأشياء الأرضية، فمثلا: يعني ارتفاع الدقة الطيفية ضيق المدى الطيفي أو قصر الطول الموجي والعكس بالعكس (ERDAS Field Guide, 1999, PP. 14-15).

2. **الدراسة الميدانية**: والتي ارتبطت في معظم مراحلها بعملية التحقق الميداني لعدد من الظاهرات التي بدت غامضة بالمرئيات الفضائية، عند الشروع في تفسيرها واستقرائها بصريا. وبدأت بعدد من الزيارات الميدانية الاستطلاعية خلال شهري الطير(إبريل) والصيف(يونيو) من العام 2006. وكانت الجولات الميدانية التالية مكثفة في شهر ناصر(يوليو) من نفس العام وتوالت حتى بدايات العام التالي النوار(فبراير 2007)، وتم فيها التحقق من عدد من الظاهرات غير الواضحة، والتي بدت لأول وهلة مستعصية على عملية التفسير بمجرد النظر، ولا بد لها من عمليات تحسين ومعالجة متنوعة Multi Enhancement and Interpretation، وتم فيها التقاط كافة الصور الفوتوغرافية الواردة في المتن لخدمة البحث والتوثيق الميداني.

3. **الخريطة الجيولوجية**: مقياس رسم 1: 250000، لوحة قصر سرت، طرابلس، 1977.

ح) مراحل العمل وآليته

مرت عملية التفسير البصري بأربع مراحل هي:

1. التعرف على الظاهرات العامة، وتحديد الغامض منها Obscure Definition.

2. التحقق الميداني Field Truth، بهدف التيقن من الملامح الغريبة والمُبهمة التي ظهرت ببيانات المرئية الفضائية.

3. التصنيف المبدئي Primary Classification لكل ما يظهر بالمرئية من ظواهر توجد في المنطقة (المحتوى المكاني).

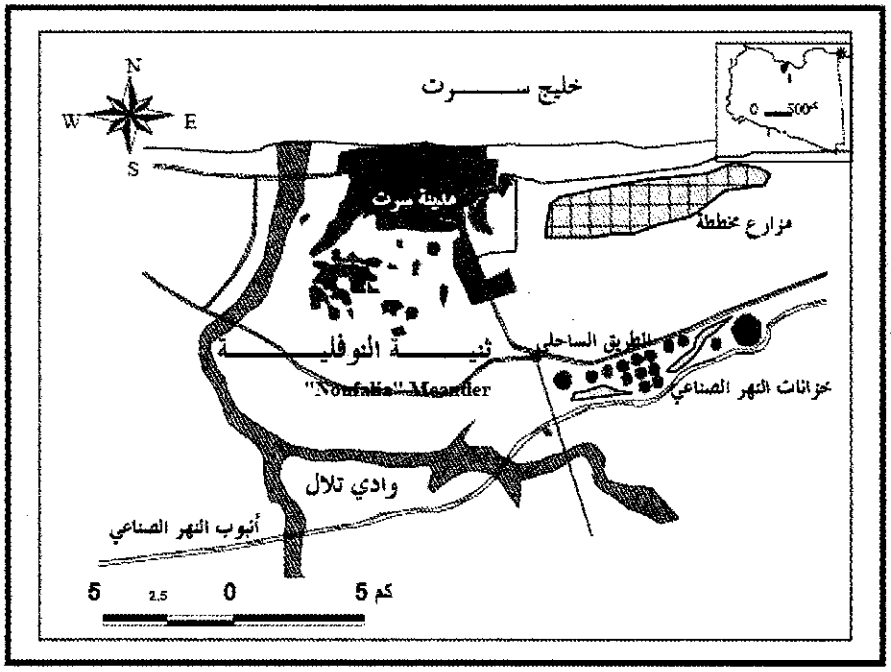
4. تحليل العلاقات الطوبولوجية المتبادلةTopologic mutual relations بين عناصر تلك الظاهرات، خدمةً لأهدافٍ كارتوجرافية لاحقة.

ط) موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة فلكيا بين دائرتي عرض ً00 َ07 °31 وً30 َ12 °31 شمالا، وخطي طول

ً00َ30 ْ16 وً13َ43 ْ16 شرقا بالأجزاء الشرقية من آخر ثنية في حوض وادي تلال على سواحل خليج سرت، وتبلغ المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة 76.37 كم²، شمالي الجماهيرية الليبية (الشكل رقم 1).

شكل رقم (1) موقع منطقة الدراسة



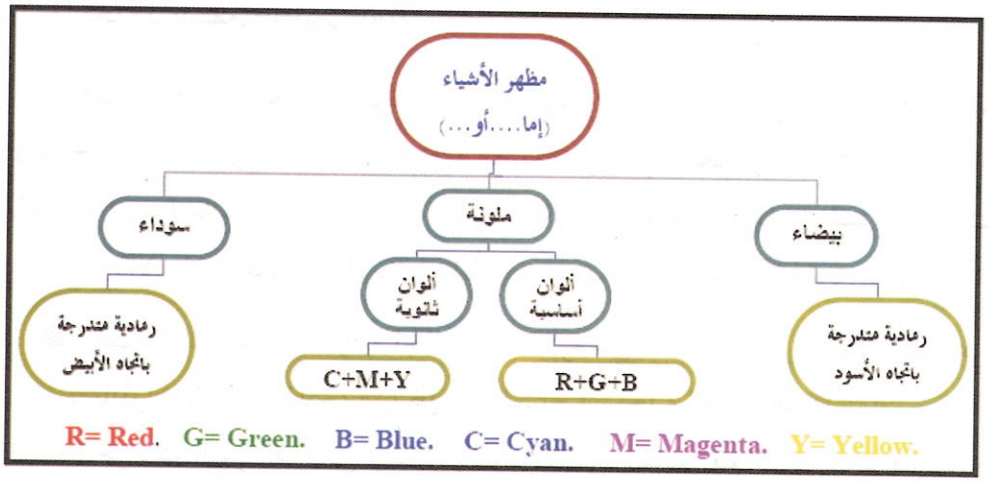
المصدر: المرئية الفضائية الأمريكية لاندسات +ETM 2006.

ثانيًا: التعرف على الملامح بتطبيق القواعد Definition by Interpretation Rules

ينبغي قبل الشروع في توضيح قواعد عملية التفسير البصري للمرئية التنويه لأهمية وضرورة الاطلاع على السجلات والبحوث التي تناولت طبيعة السلوك الطيفي للأشياء، وما أكثرها، لكونها أحد أهم المحاور التي ترتكز عليها الخلفية العلمية والثقافية الواسعة الواجب توافرها

للمفسر، والمعروف أن الأشياء المختلفة، سواء كانت ملامح طبيعية كالنباتات والبرك (الأسطح الرطبة)، أو منشآت حضارية كالمباني والطرقات أو مواد أرضية كالصخور والمعادن (الأسطح الجافة)،... إلخ، تعكس وتبعث(*)، بطرق مختلفة، وبتباين أكثر اختلافا، ضوءا منعكسا وحرارة منبعثة، مستمدين من الطاقة الشمسية، وتتحول هذه الطاقة، تقنيا، من مجرد إشارات Signal إلى قيم رقمية DN، لتُتَرجم في النهاية إلى أشياء إما بيضاء أو سوداء، وإما ملونة أو متدرجة في درجة قتامتها وألوانها (الشكل رقم 2)، فتمثل تلك القيم الظاهرات والأهداف الأرضية التي تظهرها المرئية الفضائية.

الشكل رقم (2) نموذج يوضح مظهر الأشياء في الطبيعة، وفق نظرية الطيف الكهرومغناطيسي



المصدر: النموذج من تصميم الباحث

(*) الانعكاس Reflection: هو كمية الأشعة المنعكسة عن جسم ما، وبطول موجي معين، ويُعَبر عن الانعكاسية Reflectance بالنسبة بين كمية الطاقة المنعكسة عن جسم ما وإجمالي كمية الطاقة الساقطة عليه. أما الانبعاث Emission فهو أشعة حرارية تنبعث من جميع الأجسام والمواد الموجودة على سطح الكرة الأرضية بصورة طبيعية، فجميع الأجسام الحارة تشع طاقة، تزداد بارتفاع حرارة الجسم المشع(Yamaguchi, A., et al., 1998, pp. 1062-1071). ومعلوم أن الأشعة الحرارية (تحت الحمراءIR) المنبعثة من مواد وأجسام خشنة، تشتد بصورة أكبر عن تلك المنبعثة من مواد وأجسام مصقولة لامعة، كما أن المواد ذات الحبيبات دقيقة الحجم (ناعمة القوام-fine textured) تنبعث منها موجات عالية التردد، ولذا تظهر في الصورة الجوية أو المرئية الفضائية بالألوان الفاتحة، وتزداد هذه الخاصية وضوحا كلما صغرت المساحة الأرضية والعكس بالعكس.

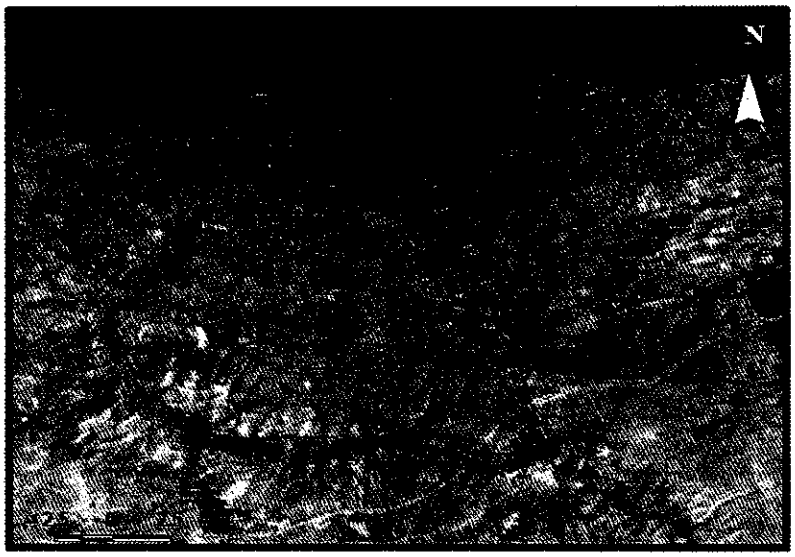
وعلى أساس هذه الخلفية يأتي دور الإدراك العلمي المحدد والواضح لعناصر التفسير البصري للمرئية، من تعيين للسمة اللونية، وتحليل درجتي اللمعان والتباين والظلال، وتحليل خصائص النمط والشكل والنسيج والحجم وغيرها من عناصر بشرية وبيئية أخرى يمكن أن تساهم بقدر ما في تمييز ملامح المنطقة من الناحية المورفولوجية. وتجدر الإشارة إلى أن عملية التفسير البصري للمرئيات المتوافرة اعتمدت في أغلب مراحلها هذه الدراسة على ضبط توليفة قنوات بيانات TM على القنوات المركبة: RGB TM Band 1-3-2 وTM Band RGB 2-5-7، وبيانات الصورة الفضائية المحسنة ETM+ Band 3-5-7، وهي ذات القنوات التي أعطت أفضل نتائج ممكنة لخدمة أغراض البحث.

1. تحديد السمة اللونية Tone

ويقصد بها درجة ضعف أو قوة اللون، أو بمعنى آخر؛ مدى ظهور الشيء بصِبغٍ قاتم أو فاتح في بيانات المرئية الفضائية، خاصة الصورة من نوع «بانكروماتِك Panchromatic» (أبيض× اسود) عالية الدقة الإيضاحية High Resolution، ويُعتمد فيها على تمييز الظاهرات بتتبع تدرج الألوان الرمادية بين الأبيض والأسود، ومنها تم التوصل إلى الحقائق التالية:

- ظهرت الطرقات والأودية الجافة باللون الرمادي الغامق، وأنبوب النهر الصناعي باللون الأبيض الفاتح، بينما ظهرت السباخ الساحلية الجافة باللون الغامق، ومياه خزانات النهر الصناعي والبحر باللون الأسود القاتم، فتوافقت بذلك مع نتائج الكثير من الدراسات العالمية السابقة (الشكل رقم 3).
- بدت المباني والمساحات الخضراء باللون الرمادي الداكن (وهي حالة من حالات التشابه الكاذب، يأتي تفصيلها لاحقا). والتدرج اللوني Color gradation الذي يُظهر الطرق المعبدة بألوانها القاتمة، خاصة المُحاطة منها بغطاء نباتي أخضر، لاسيما في فصل الشتاء، وبوضوح أكثر من مثيلاتها التي تمخر عباب صحارٍ جرداء، والسبب يرجع في الحالة الأولى؛ إلى التشابه الكبير في نسب الانبعاثية والانعكاسية بين الطرق والغطاء النباتي شتاءً، على العكس من حالتها صيفا، حيث تزيد نسب الانبعاثية والانعكاسية

الشكل رقم (3) تدرج الألوان الرمادية ببيانات المرئية الفضائية (أبيض × أسود) وقدرتها على إظهار ملامح المنطقة بتباين الصبغ القاتم أو الفاتح.



المصدر: بيانات المرئية الفضائية لاندسات (ETM+, PAN (15 M\G. Resolution.

للطرق عن الغطاء النباتي. وفي المقابل قلت نسب الاختلاف هذه في الحالة الثانية، التي تكاد تقترب فيها نسب الانعكاسية العالية في كل من الطرق والرمال من بعضها البعض، الأمر الذي تفاقمت معه المشكلة في صعوبة التمييز والتي أخرت بدورها من سرعة الانجاز اللازمة لعملية التفسير، وتلحظ هذه السمة من تفحص أيٍ من المرئيات الفضائية على الصفحات التالية.

2. تحليل درجتي اللمعان والتباين Brightness and Contrast

يقصد **باللمعان** Brightness: قدرة البريق أو السطوع على التعبير، مقارنا بتباين الألوان داخل المرئية، ويُعَبّر عن اللمعان بدرجة إشراقة اللون الناصع، وهي قيمة ضوئية تقيس كمية الصِبغ الأسود في اللون. والتي بها مالت ألوان الكالكارينيت مع الغرين بتكوين «قرقارش»

ورواسب الأودية، نحو اللون الأحمر القرمزي Scarlet red، خاصة الرواسب الموجودة حول الطريق الساحلي، لتختلف بذلك عن مفتتات الحجر الجيري الدولوميتي التي ترسبت شمال القطاع الأول من الثنية(المتجه من الشرق إلى الغرب)، ذات اللون الأحمر الوردي Rosy red، حيث قلت نسب اللون الأسود في النوع الأخير بالمرئية الفرنسية سبوت SPOT الملونة والمُحَسَنة Enhanced Color، بعد طرح القناة الرابعة، وتثبيت باقي القنوات على توليفة Band Combination 213312) في أغلب الأوضاع التحليلية، وقد أفادت هذه الخاصية إلى حدٍ ما في السيطرة على بعض المشاكل التي أعاقت عملية تفسير البيانات الجيولوجية.

وكان من السهل بواسطة نفس الخاصية (السطوع) تمييز المواد الخراسانية التي أُحيطت بمواد أكثر رطوبة، وذلك للتباين الكبير في الانعكاسية العالية للمواد الأسمنتية عن المياه ذات الانعكاسية المنخفضة، كما بدت بعض الملامح في نفس النوع من المرئيات، والتي من أهمها الأسقف الخرسانية والمواد المعدنية الساطعة Shine Metal Materials المشيدة على أسطح معظم منازل مدينة سرت الرابضة بالقرب من مياه البحر، والتي اقتربت منها الرمال الشاطئية في نسب انعكاسيتها، فبدت باللون الوردي الفاتح، لتتباين مع الرمال الناعمة واللويس الرملي(الرواسب المائية الرياحية) والتي ظهرت بألوان الروز «الأحمر الأُرجُواني، أو الأحمر المزرق Magenta»، أحد درجات البنفسجي، (الشكل رقم 4).

الشكل رقم (4) يوضح علاقة درجتي اللمعان والتباين بعملية ترجيح التشابه المضلل.

المصدر: المرئية الفضائية الفرنسية سيوت الماخوذة بتاريخ 1998/12/5.

أما **التباين Contrast** فيُعَبَر عنه بزيادة التفريق اللوني بين عناصر الصورة، خاصة تلك التي تملك درجات لونية متقاربة، وذلك عن طريق نشر درجات الإضاءة للمنظر، بحيث يغطي كامل المجال اللوني بدءًا من اللون الأبيض وحتى اللون الأسود. ويفيد في المقارنة أو المقابلة في عرض الألوان، بحيث يمكن أن تزيد من درجة وضوح الظاهرات التي تتضمنها المرئية الفضائية من خلال تعزيز وتحسين التباين، فيعمل على زيادة درجة التباين اللوني (CCRS., 2002, P.4.1)، وهو ما اتضح بعد عمل موازنة بسيطة لتباين المرئية الأمريكية الحديثة (+ETM) فأظهرت الأسقف الحديثة نسبيا لبعض العمائر الرابضة حول مثابة المدينة، وميزتها بوضوح عن الأسقف الأسبق في التشييد، بسبب طلائها بمواد بيضاء، فأعطت نسب انعكاسية أكبر من نظيرتها الأقدم والتي ظهرت بألوان رمادية(الشكل رقم 5).

3. ترجيح التشابه المُضلِل Resemblance preponderate Illusive

يمكن تعريف التشابه المضلل أو الكاذب على أنه تطابق في قيم انعكاسية الكثير من الظواهر، المتباينة أصلا في نواح فيزيائية عديدة تعكس خصائصها الطبيعية المختلفة، فيصعب التفريق بينها لأول وهلة عند الشروع في عملية التفسير البصري لبيانات المرئية الفضائية، ويجب الفطنة

الشكل رقم (5) قدرة «خاصية التباين» على التفريق اللوني بين عناصر الصورة.

المصدر: المرئية الفضائية LANDSAT. ETM+.

لأوجه التشابه المُضلِلة هذه، أو بمعنى آخر، يجب الانتباه إلى خاصية تكرار انعكاسية الظواهر المقترن بمدى تباين أو تجانس تركيبها ببعض أنواع الصورة الفضائية(*)، كتكرار ظهور المسطحات المائية النقية والملوثة في نفس الصورة بنفس اللون.

أو كما يبدو الغطاء النباتي الصحيح، في المزارع المخططة، بأطيافه المعهودة، ويتكرر بنفس البصمة الطيفية، إذا أصيبت مساحة منه بمرض فطري، أو تخللته ظواهر أخرى، كأحواض تجميع السماد العضوي أو الأحواض المخصصة لتخزين المياه، أو مبنى لصاحب العقار أو لحارسه أو ما شابه ذلك على سبيل المثال.

وعليه؛ فقد تشابهت بالمنطقة أكثر من ظاهرة في نسب انعكاسيتها، على الرغم من اختلافها في الطبيعة، وكان التشابه في أكثر من نوع من أنواع البيانات الرقمية (حسب نوع المرئية الفضائية)، حيث تشابهت الكتلة السكنية لمدينة سرت مع مفتتات الكالكارينيت في قيم انعكاسيتها، بإحدى المرئيات الحديثة (ASTER, BC 3-4-1) فظهرت جميعها باللون الأصفر(الشكل رقم A 6)، بينما كان من السهل تمييز نفس الظاهرات بالمرئيات الأحدث (ETM+, BC.3-5-7) (الشكل رقم B 6).

وكذلك لم يكن من السهل التمييز بين الرواسب المائية والرياحية (من غرين ورمال ناعمة) ورواسب الحجر الجيري الرملي إلى الجنوب والجنوب الغربي من الثنية مباشرة، بالمرئية Landsat TM7 (3.2.5) الملونة True color، حيث ظهر النوعان بلون واحد هو اللون الدُبالي Tan المطفي (الرمادي المصفر، أو البيج الجملي) خاصة داخل نطاق الطيف المرئي (0.6 -0.4 VLميكرون) (الشكل رقمC 6).

بينما كان من السهل التمييز بين الغطاء النباتي ومظاهر العمران داخل نفس النطاق (VL) وفي نطاق الأشعة تحت الحمراء IR (0.9 -0.7 ميكرون) والصورة «البان ـ PAN» (أبيض ×

(*) من أكثر أنواع الصور التي تعاني مثل هذه المشاكل، صور اللاندسات TM وأغلب بيانات الجيل الأول السابق عليها، كما لوحظت درجة متوسطة من الترابط بالبيانات الرقمية لصور SPOT، حيث أظهرت خبرة التعامل مع هذه النوعية من الصور بأن بياناتها تتسم بالترابط العالي High Correlated، والتي تفتقر إلى التضارب الطيفي الجيد Spectral Contrast اللازم لسهولة التمييز (جميل النجار، 2004، ص ص 12-27).

اسود) (الشكل رقم 6 D)، في حين لم يتيسر التمييز بين الغطاء النباتي والمباني في نطاق الأشعة تحت الحمراء، بينما تيسر بينهما في نطاق الطيف المرئي.

والسبب في ذلك يرجع إلى تقارب الانعكاسية في كلا الملمحين داخل نطاق الضوء المرئي، في حين تُعطي المباني انعكاسية أعلى من الغطاء النباتي في نطاق الأشعة تحت الحمراء(*)، فتظهر بألوان أفتح من النباتات التي تأخذ ألوانا قاتمة، نتيجة امتصاصها لهذا النطاق «IR» (خاصة في الصورة تحت الحمراء أبيض× اسود).

كما تشابهت خزانات مياه النهر الصناعي ذات الأقطار الأقل من 800 مترا في ظهورها باللون الأخضر أو الرمادي الداكن، بكلا النوعين من الصور الفضائية الملونة والرمادية على التوالي، ولم تكن قادرة على إظهار الأخيرة سوى المرئية من نوع بانكروماتك(عالية الدقة الإيضاحية). كما تشابهت، بدرجة أقل في كل من انبعائيتها وانعكاسيتها، رواسب الكالكارينيت المُجواة، والمختلطة ببعض عدسات الغرين ورواسب الأودية مع مادة الكلورفيل بالغطاء النباتي ببيانات المرئية XSSPOT، حيث ظهرتا باللون الأحمر القرمزي (الشكل رقم 4) السابق.

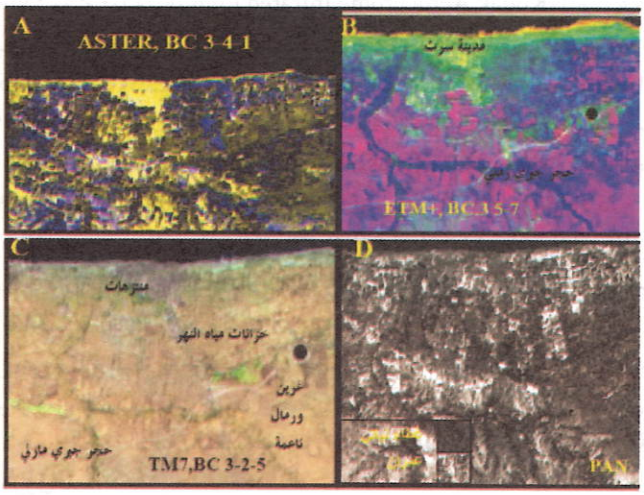
(*) من أشهر الأفلام التي تعمل على الأشعة تحت الحمراء وأكثرها شيوعا هو الفيلم الملون بألوان غير حقيقية (زائفة) كوداك ايروكروم بالأشعة تحت الحمراء Kodak Aerochrome Infrared Film، المصنوع من ثلاث طبقات من مركبات الفضة (بألوانها النيلي والأصفر والبنفسجي، والموزعة على الثلاث طبقات بالتوالي)، وتعمل بأسلوب طرح الألوانColor Subtraction، وذلك اعتمادا على فكرة المرشحاتFilters، حيث تعمل الطبقة الثانية (الصفراء) على امتصاص اللون الأزرق، والطبقة الثالثة (البنفسجية) على امتصاص اللون الأخضر، ليتبقى من الألوان الأساسية اللون الأحمر فقط، ولذا تظهر الأجسام الخضراء (كأوراق النباتات) على هذه الأفلام بعد التحميض باللون الأحمر أو البنفسجي(نبيل الداغستاني، 2003، صص107-108). ويظهر الماء الصافي في الأفلام تحت الحمراء الملونة بألوان زائفة باللون الأسود، بسبب امتصاصه لكل الألوان المرئية وتحت الحمراء، ولذا يسلك الماء سلوكا طيفيا ذو انعكاسية منخفضة جدا (لامتصاصه للألوان الأساسية والصبغية)، أما الماء العكر، بأي من أسباب التلوث الناتجة مثلا عن زيادة كثافة الحمولة العالقة من الرواسب التي تنحتها التيارات المائية الجارفة في أوقات الفيضان؛ أو التلوث البيولوجي الناشئ عن تكاثر البكتريا أو الطحالب خضراء اللون، فيظهر باللون الأزرق، بسبب استثارة الطبقة الثانية في هذه النوعية من الأفلام (ذات اللون الأصفر) للون الأخضر، وتظل الطبقة الأولى (النيلي) لتعمل على امتصاص اللون الأحمر، والطبقة الثالثة (البنفسجية) على امتصاص اللون الأخضر، عند الطباعة، فيتبقى من الألوان الأساسية اللون الأزرق فقط.

4. تحليل الظلال Shadows

تتسبب الظلال في تعتيم بعض أجزاء الصورة، فتجعلنا نعيش أجواء الإحساس بخلفية البعد الثالث، خاصة بالمرئيات الفضائية المجسمة، والذي يمكننا بدوره من سهولة تقدير الارتفاعات وتحديد الاتجاهات ومعرفة اتجاه الضوء وزاوية ميل الأشعة وعلاقته بتحديد الاتجاهات الأربعة، وذلك من خلال تتبع ظلال الكثير من الظاهرات بأي منطقة على سطح الأرض، وأولها في مجال الدراسات الجيومورفولوجية وقدرتها على تحديد السفوح والمنحدرات، خاصة بالمناطق الوعرة، وتكون هذه الخاصية أبرز في المناطق المأهولة ذات الميراث الحضري بشكل عام، والذي يَعجُ بالأبراج السكنية والتذكارية والعمائر ومنارات المآذن وأعمدة التليفونات والإنارة والتيار العالي وأعمدة هياكل المعابد والمسلات الأثرية....الخ.

فعلى سبيل المثال: أمكن بواسطة هذه الخاصية تحديد العاشرة صباحا تقريبا، وقتًا لالتقاط منظرا للمدينة بالمرئية الفضائية ASTER Stereo، بتاريخ15/ 9/ 2005، وأن ارتفاع مدرسة المجد للتعليم الأساسي لا يزيد في التقدير عن 10 عشرة أمتار، وذلك من خلال ملاحظة اتجاه وتقدير امتداد ظلالها وظلال المباني المحيطة بها (الشكل رقم 7).

الشكل رقم (6) تباين درجة التشابه المضلل وارتباطها بنوعية المرئية الفضائية



الشكل رقم (7) مرئية تبرز قدرة «خاصية الظلال» على تعيين الوقت والاتجاه من خلال تحليل ظلالها، تشير الأسهم لامتداد الظل.

المصدر: المرئية الفضائية ASTER Stereo. الملتقطة لتاريخ 2005/9/15

5. خصائص الشكل والحجم والنمط Shape, Size and Pattern characteristics

لا شك في أن شكل الظاهرة الجغرافية يعكس طبيعة نمطها وخصوصية موضعها، بل ومدى التحكم في توجيه بعض ضوابطها المشتركة في تحديد الوظيفة التي تؤديها، ويتفاوت حجمها على المرئية الفضائية باختلاف حجم الظاهرة، المرتبط بنوعية الصورة وعلاقته بمقياس الرسم، كأن تكون قديمة ذات مقاييس رسم صغيرة أو حديثة عالية الدقة الإيضاحية من ناحية، وعلاقة ذلك بمقياس الرسم الذي يتحرك بديناميكية مع عملية التكبير والتصغير آليا (Zoom in and Zoom out) من ناحية أخرى.

فمثلا: عندما تم فتح نافذة Window بمقياس 1: 50000، للمرئية لاندسات (الجيل الثالث) بالحاسوب، ظهرت الأجزاء السهلية الساحلية المستغلة حضاريا (بكتلها السكنية لمدينة سرت)

على شكل مطرقة (في ظل توسعاتها السكنية)، تتجه بيدها باتجاه جامعة التحدي (الجنوب الشرقي بالنسبة لوسط المدينة Down Town)، بينما ظهر هذا الوسط بنفس الكتلة السكنية عند تكبيرها حتى مقياس 1: 5000 (الشكل رقم 8)على شكل مثلث متساوي الساقين، ومع التكبير أكثر حتى مقياس 1: 1500 ظهر أن التصميم الهندسي للمدينة يغلب عليه طابع التقاسيم مثلثة الشكل (أي مثلثات كبرى مقسمة إلى مثلثات أصغر).

الشكل رقم (8) يوضح علاقة خصائص الشكل والحجم والنمط بمقياس رسم المرئية الفضائية (عملية تكبير وتصغير النوافذ Windows Zoom).

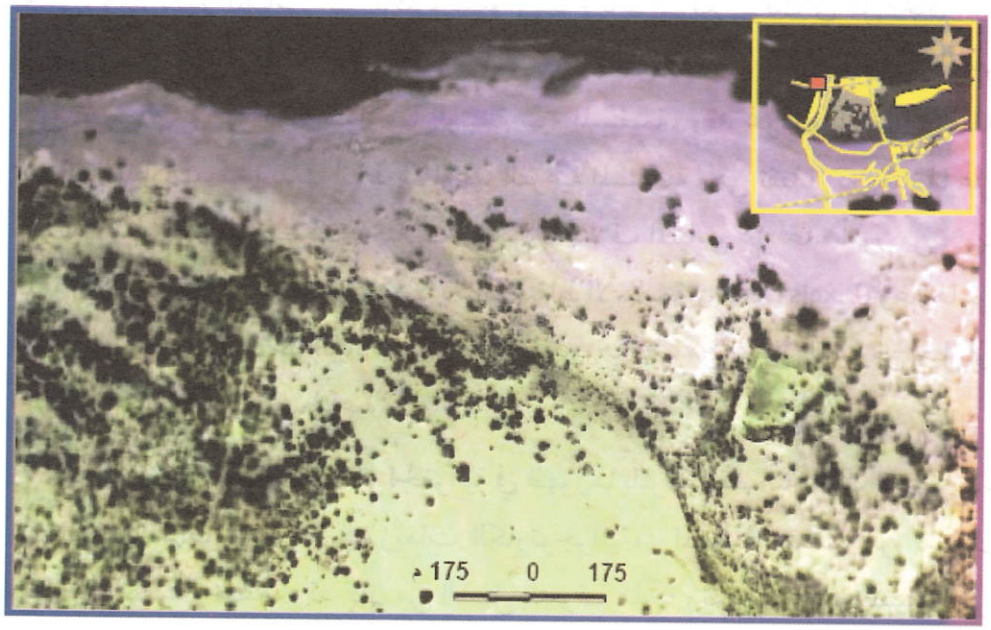
المصدر: المرئية الفضائية الأمريكية لاندسات ETM+, PAN.

وبدت للرائي الكتلة السكنية الرئيسة لمدينة سرت بتوسعاتها المخططة وهي تحتل الرقعة الشرقية من آخر الثنية موازية لخط الساحل بالقرب من مصب، وادي تلال، على شكل شبه نجمي، ومع تكبير المقياس أكثر فأكثر، لينمو ويتفرع بأطرافه مع الوقت في كل اتجاه، عدا الاتجاه الشمالي الذي حَدَّ من نمو العمران واكتمال الشكل النجمي باتجاهه، وجود البحر المتوسط شمالا، وظهر نمط شوارعها الرئيسة شبه المستقيمة، وقد تحولت إلى طرقٍ معبدة تمخرها السيارات، بينما بدت أنماط شوارعها الفرعية المستقيمة وهي تفصل بين منازلها على مسافات شبه منتظمة. ويتوقف اختلاف الشكل باختلاف المقياس على عدة أمور من أهمها الدقة الإيضاحية Resolution، وعلاقتها بكثافة النقاط الأساسية Pixels Density، وغيرها من أمور تختلف باختلاف نوعية البيانات، التي تختلف بدورها أيضا من قمر إلى آخر ومن جيل إلى آخر من أجيال الأقمار الاصطناعية.

ولمختلف بقية أشكال الظواهر الجغرافية في ظهورها بالمرئية الفضائية، تحت أي ضابط، عن الثلاث أنماط المعروفة بالتوزيعات الكارتوجرافية، والمُشَكَلة هندسيا من أشكال مساحية ونقطية وخطية، وقد كان من السهل التعرف عليها وتم حصرها وتصنيفها على النحو التالي:

- **الأشكال النقطية**: وبدت فيها الظاهرات التي لا تحتل مساحة واضحة بالمرئية الفضائية على شكل نقطةPoint، كالنباك التي ترصع الركن الشمالي الغربي من مصب وادي تلال (الشكل رقم 9).
- **الأشكال الخطية**: وظهرت فيها بعض الملامح الجغرافية على هيئة خطوط مستقيمة Straight Lines، والأخرى على هيئة قوسية Arcs، وأحيانا متعرجة Zigzag، وهي الظاهرات التي لها خاصية الامتداد الطولي، كالأودية الجافة بروافدها، والطرق، وخط أنبوب مياه النهر الصناعي التي تنقل المياه الجوفية من جنوب البلاد إلى الساحل، وشوارع مدينة سرت والبلدات التابعة لها.
- **الأشكال المساحية**: وبدت فيها الظاهرات التي تحتل مساحة أرضية واضحة على

شكل رقم (9) مرئية فضائية تعرض لبعض حقول النباك الساحلية بالركن الشمالي الغربي من المنطقة



المصدر: المرئية الفضائية الفرنسية المأخوذة بتاريخ 1998/12/5

شكل هندسي مضلع Polygon، بالمرئية الفضائية كالمدينة التي خُطت على أنقاض رقاع بطحاء أو بقاع سبخية كمدينة سرت، والمزارع المخططة التي استصلحت بالسهل الساحلي الدلتاوي، وبدت في صورتها النمطية التي تراصت فيها الأشجار في صفوف تفصلها المسافات المتساوية.

ونادرا ما تعثر على بقعة داخل منطقة الدراسة إلا وتمثلت فيها معظم أنماط الشكل، فعند التعرف على أهم الملامح التي ظهرت بمنظر فضائي للمستشعر أستر، والمأخوذ بتاريخ 19/ 3/ 2006، لمخرج وادي تلال (منطقة المصب)، على سبيل المثال، تجد الأشكال الثلاثة المألوفة (مساحية ونقطية وخطية)، كما يوضحها (الشكل رقم 10).

شكل رقم (10) أنماط من الأشكال النقطية والمساحية والخطية الموزعة بين ظاهرات طبيعية وبشرية متنوعة عند مخرج المجرى الرئيسي والتقاء مصبه بخليج سرت

المصدر: المرئية الفضائية لمستشعر أستر المأخوذة بتاريخ 2006/3/19

6. **صفة التزامل والاقتران** Association

وهي خاصية تلتقي فيها الأشياء مرتبطة على شكل ثنائيات متلازمة أو مجموعات متزاملة، كارتباط المراكب بالبحر أو البحيرة مثلا، وكذلك ارتباط إشارات المرور بتقاطعات الشوارع، وارتباط مناطق السكن بالمدارس المرتبطة بدورها بساحات اللعب...وهكذا. ومن خلال هذه الصفة أمكن ملاحظة تغير ألوان المياه أمام أنابيب للصرف الصحي بالقرب من مصب الوادي.

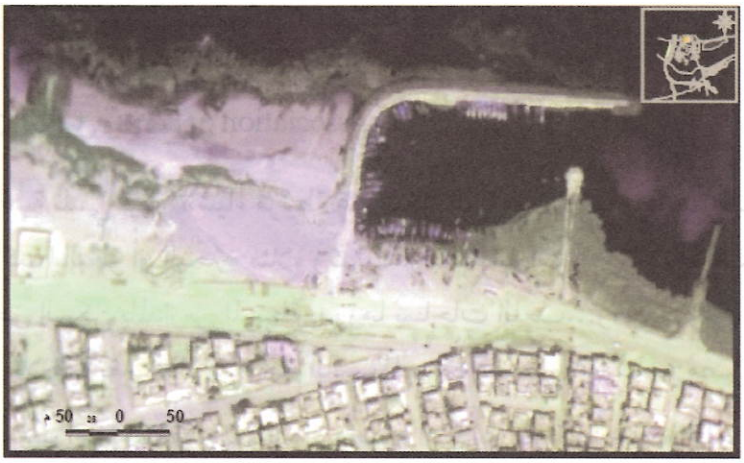
واقترنت، بسواحل المنطقة، كميات الرواسب البحرية المتراكمة خلف حاجز الرصيف الحاضن للمرفأ، بعكس الحوض الداخلي الذي حماه ذاك الرصيف من عملية الاطماء تلك، والتي وإن عكست في أحد جوانبها اختلاف العملية الجيومورفولوجية على جانبي الحاجز أو الرصيف (الواجهة والظهير)، يبقى الأمر الأهم والمتمثل في قدرة المرئيات الفضائية على منحنا الفرصة لتقييم المخاطر التي تحيط بمرافئ المنطقة بوجه عام.

وخاصة في ظل تيار بحري شبه دائم وذي مسارات محددة، حيث يتجه من الشرق إلى الغرب

بالمياه الضحلة على السواحل، ثم يعاود حركته من الغرب إلى الشرق بالمياه العميقة في اتجاه عقارب الساعة داخل الخليج، فيعمل على تجديد مياه حوض المرفأ عن طريق فتحته المواجهة، في حين تظل منطقة الظهير بمنأى عن المؤثرات المائية الأكثر حركة ونشاطا، ولو بشكل نسبي، في منطقة الواجهة (مدخل المرفأ) والتي يميل ميزان العملية الجيومورفولوجية بها باتجاه النحت، أكثر من الظهير الذي تميل فيه العملية الجيومورفولوجية إلى الإرساب.

وما يزيد المشكلة تعقيدًا تواجد كميات كبيرة من تبن البحر(*) الذي يزيد من فرص تراكم الرواسب وتثبيتها على الشاطئ. كما تيسر تعيين المرفأ الأوسط من خلال فحص الصور الفضائية التي أظهرت احتضانه لبعض مراكب الصيد (الشكل رقم 11)، كما كان في الإمكان تحديد أشكال الحدائق العامة، والتمييز بينها وبين المزارع، من زاوية أن الحدائق مرتبطة بالعمران والمزارع بالضواحي.

شكل رقم (11) سيادة عملية الترسيب خلف الرصيف الحاجز، وارتباط تغير لون المياه أمام أنبوب للصرف الصحي، وتلازم المراكب بالمرافئ، من خلال «خاصية الاقتران والتلازم»



المصدر: المرئية الفضائية 3DASTER, AM-3 الملتقطة عام 2005

(*) نوع من الحشائش البحرية، ويعرف علميا باسم البوزيدونيا (عتيق العربي الهوتي، 1997، ص 202)، وهوعبارة عن نبات شريطي التورق، يتراوح لونه بين اللون الأصفر والأخضر الغامق، ويتصف نسيجه بشيء من المتانة، وبعد أن يلفظه البحر يتداخل مع الرواسب ويثبت كل منهما الآخر ليبنيا معا أكواما، ممتدة على طول الشاطئ الأمامي، تشبه ضروس الشاطئ، يمكن لها في بعض المواضع أن تصمد أمام الأمواج إلى حين (الدراسة الميدانية)، ولذا يمكن استغلالها بشكل ما في اصطياد الرواسب أو بعضها ولومؤقتا.

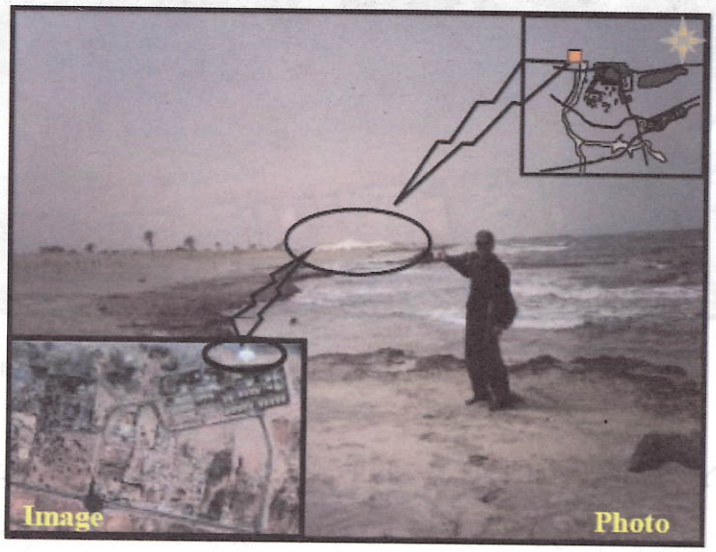
خامسا: حالات التحقق الميداني Field Truth Cases

بقيت الإشارة إلى أن عملية التحقق كانت ملازمة لنوعية البيانات الأقدم، أما بيانات المرئيات الأحدث فلم تكن بحاجة إلى تحقق أرضي، إلا في أضيق الحدود، لارتفاع دقتها الإيضاحية. ومن أبرز الملامح الغامضة التي ظهرت ببيانات المرئية الفضائية، واحتاجت إلى تحقق ميداني Field Truth:

بعض الخيام داخل حوض الوادي، وخيمة أخرى ذات انعكاسية أعلى على الساحل أمام مبنى قاعات الضيافة بمجمع أفريقيا المشيد بالقرب من مخرج وادي تلال (شكل رقم 12).

حوض المقابر القديمة شمال شرق مثابة المدينة، والذي سجل أدنى انعكاسية تقترب من انعكاسية المياه، وظهر بالتحقق الميداني أن تدني الانعكاسية يرجع إلى نمو الحشائش (الرتم) التي غطت كامل الرقعة المساحية داخل سور المدافن، ويبدو أن السبب يرجع إلى إحاطتها بمظاهر أرضية أكثر جفافا (المباني السكنية).

شكل رقم (12) تحقق ميداني لخيمة على الساحل أمام مبنى قاعات الضيافة بمجمع إفريقيا بالقرب من مخرج الوادي



سادسا: رصد التغيرات البيئية Environmental Changes

وتم حصرها في تشخيص بعض حالات التلوث المرتبطة بصرف بعض أنابيب مياه الصرف الصحي غير المعالجة، لتختلط بمياه البحر المتوسط، قبالة مصب الوادي، حيث أظهرت المرئية الفضائية مياه الشاطئ في حُلتها الملوثة باللون البترولي (الأخضر المزرق)، دلالة على التلوث الميكروبولوجي، خاصة في ظل وجود الأعشاب البحرية، لتخلق بذلك نظاما بيئيا جديدا To create a new Ecosystem، مغايرا للوسط البيئي السابق على اختلاط المياه، هذا الوسط أصبح ثريا بالكائنات البكتيرية الفيروسية والطفيلية المتنوعة، التي تنتج أصباغا كيميائية غيرت من لون المياه الطبيعية فاستشعرتها الأقمار الاصطناعية (الشكل رقم 13).

شكل رقم (13) المياه ذات اللون البترولي الدال على تلوث شواطئ المنطقة

المصدر: المرئية الفضائية 3DASTER AM-3، الملتقطة عام 2005.

وكذلك تم رصد بعض حالات التصحر الناتجة بشكل مباشر عن نقص الأمطار وشدة الحرارة وارتفاع معدلات التبخر بوجه عام، وتذرية الرياح وتراكم الرمال. بالإضافة إلى

النشاطات البشرية المختلفة على حساب أراضٍ يمكن زراعتها أو استغلالها رعويا....الخ) وهو الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى تسارع تدهور التربة وفقدانها لقدرتها البيولوجية، مما قد يؤثر سلبا على النظم البيئية في المنطقة بوجه عام.

النتائج

من خلال تطبيق قواعد التفسيرِ البصريِ للمرئيات الفضائية المتوافرة لمنطقة الدراسة، أمكن التوصل إلى النتائج التالية:

1. تم التعرف على بعض الظاهرات، بسبب تضارب سماتها اللونية Tone مع بعضها البعض من جهة، وتناغم درجات اللون بالأجزاء المكونة لكل عنصر منها على حده من جهة أخرى، فكانت أعظم الظاهرات وضوحا، من خلال تضارب سماتها اللونية هذه مع ما يحيط بها من عناصر أرضِية أخرى، هي: خط أنبوب مياه النهر الصناعي وبحيراته المعلقة، بالإضافة إلى مياه الخليج، والغطاء النباتي داخل النطاق الحضري (لتضارب مادة الكلوروفيل مع الخرسانة). وكانت أبرز الظاهرات الأرضية التي أوضحتها المرئية الفضائية، خاصة المجسمة منها هي:
   - الطرق الرئيسة والفرعية بمنطقة الدراسة، طُرز المباني وأنماط العمران.
   - المجري الرئيس وبعض مجاري الأودية التي ترفد الثنية من جهة الجنوب.
   - المشاريع الزراعية المخططة ونسق توزيعها، مقارنة بالتوزيع العشوائي للنباتات الطبيعية.
2. لم يتيسر التمييز بين الغطاء النباتي والمباني في نطاق الأشعة تحت الحمراء، بينما كان من السهل التفريق بينهما في نطاق الطيف المرئي بالصور الفضائية الحديثة من نوع لاندسات LANDSAT TM وسبوت XS SPOT، وكان من الأسهل مع نفس النوعية من الصور، بالإضافة إلى بيانات صورة المستشعر أستر ثلاثية الأبعاد (ASTER Stereo Data 3D Mapping)، تمييز معظم الظواهر الجغرافية بالمنطقة، من خلال خصائص أشكالها وأحجامها وأنماطها، لاسيما أشكال السطح.

3. تشابهت بعض الظاهرات، المختلفة في نسب انعكاسيتها بالمرئية الفضائية، وفق قاعدة التشابه المُضَلِل، حيث تشابهت الكتلة السكنية لمدينة سرت مع مفتتات الكالكارينيت في قيم انعكاسيتها، بالمرئية ASTER من جهة، ومع رواسب الأودية والغطاءات النباتية بالمرئية XS SPOT من جهة أخرى. وتشابهت كذلك الرواسب المائية والرياحية، من غرين ورمال ناعمة، ورواسب الحجر الجيري الرملي بالجهات الجنوبية والجنوبية الغربية من الثنية، بالمرئية Landsat TM الملونة، فظهرت جميعها بأزواج الألوان الموحدة.

4. جاءت حالات الملامح الغامضة والتي احتاجت إلى تحقق ميداني Field Truth محدودة، وأغلبها اقترنت بأجيال الصور الأقدم، والمعدودة منها هي التي ارتبطت بأنواع المرئيات الفضائية الحديثة.

5. تيسر تمييز الظاهرات المتلازمة، وفق قاعدة الاقتران Association، حيث أوضحت المرئية، من خلال هذه الخاصية، ميل العملية الجيومورفولوجية إلى الإرساب خلف رصيف المرفأ، بالتلازم مع منطقة الظهير، حيث الأمواج أضعف والحماية من التيارات البحرية التي تواجه حوض المرفأ، وجعلت العملية الجيومورفولوجية بالواجهة أميَّل إلى النحت، لمواجهتها للتيارات المائية.

6. كشفت الدراسة عن وجود حالة من الترابط العالي High Correlated ببيانات صور اللاندسات TM، وحالة ترابط من الدرجة الوسطى Medium Correlated ببيانات صور سبوت XS، وهي حالة تفتقر فيها بيانات هذه النوعية من المرئيات إلى التضارب الطيفي الجيد Perfect Spectral Contrast. والتمثيل البياني بالنقط لمثل هذه البيانات يكون ضيق الحدود، قليل النفع، حيث يؤدى ذلك إلى عدم إظهار الخصائص الطيفية الدقيقة لطبيعة المكان Spectral Features وتسبب هذه العلاقة أيضا تكرارا في البيانات، مما يشغل حيزًا كبيرًا في ذاكرة الكمبيوتر من جهة وتعوق عمليتي التفسير البصري والآلي على السواء، وإن خلت بيانات الأجيال الأحدث للأقمار الاصطناعية من مثل هذه العيوب.

7. كان من السهل، في إطار متابعة التغيرات البيئية، ملاحظة تلوث السواحل أمام مدينة سرت، ورصد بعض حالات التصحر، خاصة بنطاقي السهل الساحلي والمجرى الرئيس لوادي تلال، حيث خطط الإنسان لاستغلال زراعي لا بأس به، فجار على مناطق كانت مخصصة للرعي في السابق، وبعد أن استصلح واستزرع جارت عليه الرمال، لسيادة عمليتي سفي الرمال والإرساب الهوائي من وإلى بقاع المنطقة.

التوصيات

1. عمل أحواض اصطناعية، تشبه الشروم أو الجونات Creeks في الطبيعة بكردون المرفأ الجديد، لتكون رؤوسها (الأكثر مقاومة للتعرية) بمثابة كسرات للأمواج، وأقواسها الداخلية بمثابة مصائد لكميات الرواسب التي ستزداد وترتفع مع الوقت، خاصة خلف الرصيف، فتضيف أحمالا وضغوطا استاتيكية، قد لا يتحملها الرصيف على المدى القريب، أو يتعرض للاطماء بالكلية.

2. عمل دراسات تفصيلية أدق، تتسم بروح الفريق Teamwork، لتحديد درجات التلوث، وفئات التصحر وغيرها من المشكلات البيئية التي رصدتها الصور الفضائية وشخصتها الدراسة بالمنطقة، ووجوب البدء فيها بشكل أسرع ومُلح، لتَسارُع معدلات هذه المشكلات وتفاقمها مع الوقت.

3. عمل (PCA)، تحليل المكونات الأساسية Principal Components Analysis، للحد من مشكلة الترابط العالي ببيانات الصور الفضائية، خاصة الأقدم منها، عند القيام بمشاريع الترقيم المستقبلية لخرائط هيئة المساحة الليبية، وهي إحدى أهم أنواع التحسين الطيفي Spectral Enhancement التي تهدف إلى تحويل البيانات الطيفية ذات علاقة الترابط البينية القوية هذه إلى مكونات أساسية، ليس بينها علاقة ترابط، وهذه المكونات الأساسية تنتج من علاقات خطية للقنوات الأصلية، بحيث ينتج من السبع قنوات الأصلية بالصورة TM مثلا سبعة مكونات أساسية واضحة ليس بينها تداخل أو تكرار.

4. ضرورة تأسيس أو تحديث وتعميم معامل للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التخصصات الأكاديمية البيئية والجغرافية، وتفعيل العمل الجاد بالمعامل القائمة منها، والتنسيق بينها وبين إدارات نظم قواعد البيانات، بأمانات التخطيط، لتعمل على توفير ما يلزم من أدوات وبرامج بحثية، تلزم لإدارة مشاريع مشتركة مع جامعات وشركات معنية وهيئات أجنبية صديقة، وتقوم بمهمة تدريب كادر فني وطني يضطلع بمسؤولية الإلمام بالجوانب العملية والميدانية، ليتولى الفريق مسؤولية دراسة وتخريط استخدامات الأراضي، ويتبنى عمليات الرصد والمراقبة الدورية للـــموارد الأرضية ومشكلاتها، كالتأثيرات المناخية للقحولة، وتدهور الأراضي، وحركة الكثبان الرملية، وتلوث المياه، وحالات الغطاء النباتي، والتحولات الحضرية من نمو عمراني وتوسع زراعي وغيره من أمور تلزم للتقييم المُحكم في التخطيط.

5. وأخيرا؛ يوصى بضرورة تدريس مفردات هذا البحث التطبيقي للطلاب الدارسين لمادة الاستشعار عن بعد بأقسام الجغرافيا والبيئة في جامعة التحدي، سواء في المرحلة الجامعية أو الدراسات العليا، لأنه يحوي بين دفتيه مبادئ ومفاهيم وتطبيقات مرجعية، تخدم الطالب أكاديميا من جهة، وتربطه ببيئته، انطلاقا من دور الجامعة في خدمة المجتمع وتنمية البيئة من جهة ثانية.

المراجـع

أولا: المراجع العربية

[1] **جميل محمد محمد عزب النجار، (2004)**، جيومورفولوجية سهل المرخا، جنوب غرب سيناء، دراسة في تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

[2] **عبد رب النبى محمد عبد الهادى، (2000)**، مرجع الاستشعار عن بعد: علم وتطبيق، الطبعة الأولى، بستان المعرفة، كفر الدوار.

[3] عتيق العربي الهوتي، (1997)، الساحل الليبي، ط1، منشورات جامعة قار يونس، بنغازي، الجماهيرية الليبية.

[4] نبيل صبحي الداغستاني، (2003)، الاستشعار عن بعد، الأساسيات والتطبيقات، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

ثانيا: المراجع والمصادر الأجنبية

[1] **Bradford, M.G., et al., (1978)**, Human Geography, Theories and their applications, Oxford.

[2] **ERDAS Field Guide, (1999)**, "A Reference Manual", Fifth Edition, ERDAS, inc. Georgia, Atlanta.

[3] **Fundamentals of Remote Sensing, (2002)**, Canada Center for Remote Sensing, (CCRS) Naturals Resources, 588 Booth Street Ottawa, Ontario, Canada.

[4] **Google Earth**, http://Earth.Google.com.

[5] **NASA**, http://asterweb.jpl.nasa.gov/default.htm.

[6] **Yamaguchi, A., et al., (1998)**, "Overview of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)", IEEE Trans. Geosciences and Remote Sensing, Vol. 36, No. 4.