البحوث والدراسات

مراقبة التغير في اتجاهات مجاري الأودية في سهل الخرج باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية خلال الفترة من عام ١٩٥٠-٢٠٠٦م

د. فرحان حسين صالح الجعيدي*

ملخص:

تتناول هذه الدراسة استخدام بيانات الاستشعار عن بعد، المتعددة التواريخ، ومصادر أخرى مثل خريطة Crary عام ١٩٥١م، والخريطة الطبوغرافية مقياس ١/ ٥٠,٠٠٠ لتحديد الاتجاهات الأصلية لمجاري الأودية في سهل الخرج. كما تستخدم الدراسة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لمراقبة تأثير التغير الحالي في اتجاهات الأودية على مدينة الخرج والقرى الزراعية الشمالية التابعة لها. وتنقسم هذه الأودية من حيث التأثير على استخدامات الأراضي إلى قسمين: القسم الشمالي، ويتمثل في امتداد وادي حنيفة، ويؤثر بشكل رئيسي على القطاع الزراعي. والقسم الجنوبي، ويشمل أودية الخرج ونساح والسيح، ويؤثر تأثيراً مباشراً على مدينة الخرج. وقد عمل كل من التطور الزراعي والتوسع العمراني المتسارع اللذين حدثا في السهل خلال الفترة من عام ١٩٥٠ – ٢٠٠٦م على تحويل جزء من مسارات بعض الأودية وتغيير اتجاهاتها وإخفاء معالم أودية وتحرير أخرى. ومن أبرز هذه التغييرات تعديل مسار وادي الخرج بالقرب من مدينة الخرج باتجاه الشمال نتيجة للتوسع العمراني وتعديل مسار وادي حنيفة بالقرب من مزارع مشيرفة في شمال السهل نتيجة للتوسع الزراعي. كما توصلت هذه الدراسة إلى تحديد معالم عدد من مجاري الأودية مثل الجزء

* دكتوراه في الجغرافيا، جامعة لستر، المملكة المتحدة، عام ٢٠٠٣م، وأستاذ مساعد بقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.

المتجه من وادي حنيفة إلى مشروع الخرج الزراعي، الذي اختفت معالمه نتيجة للتوسع الزراعي، ووادي السيح الذي طمست معالمه كلياً نتيجة للتوسع العمراني لمدينة الخرج. وأخيراً تم تحديد امتداد وادي نساح الذي يعطي نموذجاً للأودية المحررة بعد إزالة المعوقات الطبيعية المتمثلة في الكثبان الرملية التي كانت تعوق اندفاع المياه في أثناء حدوث السيول في مجاريها وتدفعها إلى وادي الخرج باتجاه الجنوب. ونتيجة لذلك عادت المياه في أثناء حدوث السيول إلى مجاريها، ولكنها ضاعفت من مشكلة حدوث فيضانات السيول على الأحياء الشمالية لمدينة الخرج.

مقدمة:

تعاني كثير من المدن المقامة في السهول الصحراوية التأثيرات السلبية لمياه السيول في أثناء مواسم الأمطار؛ حيث ينتج عن ذلك غمر كثير من الأحياء السكنية والمزارع بالمياه وقطع خطوط المواصلات وتعطيل الحركة المرورية والخدمات. ومن الأمثلة على هذه المدن مدينة الخرج في وسط المملكة العربية السعودية الواقعة على الضفة الجنوبية لسهل الخرج الممتد من جبال علية غرباً حتى السهباء شرقاً، بطول أكثر من ٦٠ كم، ومن جبال مغرة شمالاً حتى القصيعة جنوباً، بعرض يتجاوز ٢٠ كم. ومن خلال متابعة البيانات المناخية والسجل التاريخي للمنطقة يتضح حدوث فترات متفاوتة لفيضانات السيول وخاصة عندما تتعرض أحواض التصريف العليا – الكبيرة نسبياً والواقعة إلى الغرب من المدينة، التي تصرف المنحدر الخلفي لجبال طويق – لعدد كبير من العواصف المطرية التي كان آخرها في شهر ديسمبر من عام ٢٠٠٣م؛ حيث بلغت أكثر من ٤٥ مم. ونتج عن ذلك إحداث الكثير من الأضرار في البنية الأساسية والممتلكات والمزارع (شكل رقم ١). ومع ازدياد النمو المتسارع للنطاق الحضري في سهل الخرج أصبح من الصعوبة بمكان تعرف المجاري المائية القديمة التي تسلكها مياه السيول في أثناء فترة الأمطار. لذلك كشفت هذه السيول عن الحاجة لتحديد المجاري المائية الحالية وربطها بسلوك المجاري المائية القديمة واتجاهاتها.

تعد بيانات الاستشعار عن بعد (الفعالة والسلبية) من أهم البيانات في

رسم المجاري المائية القديمة في الأراضي الجافة؛ وذلك لتوافرها في تواريخ ونطاقات متعددة وتغطيتها الواسعة واختراق بعض أنواعها للغطاءات الرملية الضحلة (McCauley et al, 1986; El-Baz and Al-Sarawi 1996; Berlin and Sheikho, 1996; Dabbagh et al., 1997; Kumar et al. 2005). وقد تمكن كل من Maizels and McBean (1990) من رسم ١٩ جيلاً من المجاري المائية القديمة في عمان بالاعتماد على تفسير الصور الجوية المطبوعة (أبيض وأسود) والموزاييك وصور القمر الصناعي لاندسات MSS.

شكل رقم (١) – صورة جوية مائلة توضح جريان مياه السيول من الغرب إلى الشرق كما يوضح الشكل بعض مشاريع البنية الأساسية والأحياء السكنية التي تعرضت للغمر بمياه السيول في مدينة الخرج عام ٢٠٠٣م.

وصور الرادار SIR-A. كما قام El-Baz and Al-Sarawi (1996) برسم عدد من أنماط المجاري المائية القديمة التي تصرف المروحة الفيضية لوادي الباطن بالقرب من الحدود السعودية الكويتية وذلك بالاعتماد على مرئيات لاندسات TM وتدعيمها بتفسير صور الكاميرا (MK4) المحمولة على أحد الأقمار الصناعية

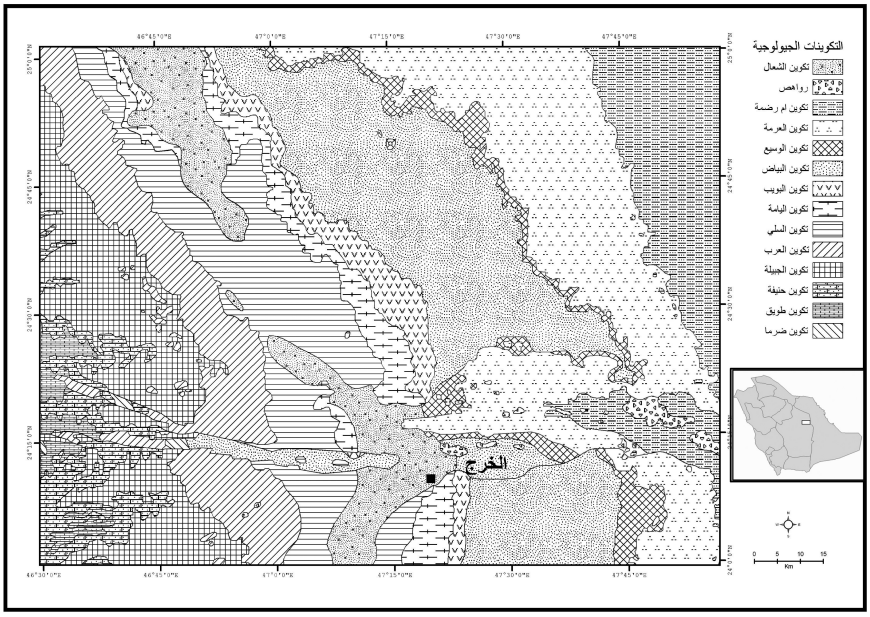
الروسية وصور الكاميرا الفوتوغرافية المحمولة على المركبة الفضائية الأمريكية **Space Shuttle**. وفي شمال المملكة العربية السعودية تمكن **Berlin and Sheikho (1996)** من رسم عدد من أنظمة التصريف المائي القديمة في الرف العربي، وذلك بالاعتماد على صور الرادار **SIR-A and SIR-B**، ولعله يتضح مما سبق أن بيانات الاستشعار عن بعد، سواء السلبية منها أو الفعالة، ذات فعالية في رسم المجاري المائية القديمة في المناطق التي لم يصلها تأثير النشاط البشري. أما بالنسبة للمناطق التي تعاني الزحف البشري المطرد فإن كثيراً من معالم الأودية والمجاري المائية القديمة تختفي نتيجة للتوسع العمراني أو الزراعي أو غيرهما من استخدامات الأراضي. وبما أن هذه المشكلة يعانيها سهل الخرج فإن هذه الدراسة تهدف إلى استخدام بيانات الاستشعار عن بعد المتعددة التواريخ **Multi-date remotely sensed data** والمصادر الثانوية **Ancillary data** (مثل الخرائط القديمة) لرسم الخرائط وتحديد الاتجاهات الأصلية للمجاري المائية في السهل ومراقبة تأثير التغير الحالي في اتجاهاتها على مدينة الخرج والقرى الزراعية في السهل عن طريق نظام المعلومات الجغرافية **GIS**، ولاشك أن توافر مثل هذه المعلومات والخرائط سوف يسمح للمسؤولين في الإدارات الحكومية ذات العلاقة وأصحاب القرار بتحديد المناطق التي من الممكن أن تتأثر فعلياً بفيضانات السيول في السهل، ومن ثم وضع الحلول المناسبة لها.

خصائص منطقة الدراسة:

تحدد هذه الدراسة النطاق الحضري والريفي في سهل الخرج بالمنطقة المشمولة بنطاق حدود بلدية مدينة الخرج، الممتدة من الهياثم غرباً حتى وادي السهباء شرقاً، ومن جبال مغرة شمالاً حتى مرتفعات القصيعة جنوباً؛ حيث تشكل هذه المنطقة سهلاً فيضياً تلتقي فيه العديد من الأودية المنحدرة من جبال علية وظهرة طويق (المنحدر الخلفي **Back slope** لجبال طويق) في الغرب، ومرتفعات الجبيل في الشمال، والصفراء في الجنوب. ولذا عملت هذه الأودية في أثناء فترة السيول على توفير المياه في الطبقات السطحية وتجديد التربة وزيادة

خصوبتها؛ الأمر الذي جعل من هذا السهل مكاناً ملائماً للاستيطان والاستقرار البشري منذ أقدم العصور (الغزي، ١٩٩٦م). ومن أشهر مراكز الاستيطان القديمة في هذا السهل اليمامة والسلمية والدلم المقامة على شكل قرى ريفية تحيط بها الأسوار الحجرية والطينية، وتحيط بهذه الأسوار المزارع التقليدية وذلك حتى نهاية الثلاثينيات الميلادية من القرن العشرين.

بما أن محافظة الخرج تقع بشكل كامل ضمن حدود الرف العربي فإن التتابع الطبقي للتكوينات الرسوبية من الغرب إلى الشرق هو السمة الغالبة على الخريطة الجيولوجية (شكل رقم ٢). حيث تسود صخور العصر الجوراسي الأعلى الكربونية على معظم الجزء الغربي، بينما تنتشر صخور العصر الكريتاسي على معظم منطقة الوسط، وصخور عصر الباليوسين من الزمن الثالث على الجزء الشرقي للمحافظة. ويتكون التتابع الطبقي في منطقة الخرج من الأقدم إلى الأحدث بحسب التكوينات التالية: ضرما وطويق وحنيفة والجبيلة والعرب والسلي واليمامة والبويب والبياض والوسيع والعرمة وأخيراً رواسب الزمن الرباعي. الجدير بالذكر أن معظم هذه المسميات لهذه التكوينات الجيولوجية توجد في محافظة الخرج مثل تكوينات البياض والوسيع والعرمة والسلي. يقطع هذه التكوينات ما يعرف بسهل الخرج الذي يمثل منخفضاً تكتونياً بدليل وجود كتل جبلية صدعية تظهر على جانبي السهل وترجع هذه التكوينات نفسها **(Brown, 1948)**. كما تظهر على الخريطة مجموعة من الصدوع التي تقطع هذه التكوينات وخاصة صخور العصر الجوراسي في الغرب وشمال المحافظة ووسطها. ولعل من أبرز هذه الصدوع الصدعين المتوازيين اللذين يحيطان بخسف نساح الناتج عن الحركات التكتونية التي حدثت بين الكريتاسي الأعلى والترياسي، وتأخذ الاتجاه غرب– شرق. ثم تعرض هذا الخسف، الذي يمتد من جبال طويق في غرب المحافظة حتى قويد فرزان في شمال مدينة الخرج، لتطورات لاحقة بدأت في الزمن الجيولوجي الثالث الأعلى واستمرت حتى أواخر عصر الإيوسين **(Powers et al., 1966)**.



المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

شكل رقم (٢) – جيولوجية منطقة الدراسة

تتنوع الظواهرالجيومورفولوجية لمحافظة الخرج تبعاً للتكوين الجيولوجي لها؛ حيث تراوح هذه الظواهر بين الأشكال البنيوية التي تشتمل على الهضاب والحواف والبروزات الجبلية والأشكال الريحية التي تشتمل على الكثبان الرملية والرق والحماد والأشكال الفيضية، التي تشتمل على المجاري المائية والمراوح الفيضية وأحواض التصريف والسهول الفيضية. ويتضح من تحليل هذه الخريطة أن سهل الخرج يعد إحدى أبرز الظواهر الجيومورفولوجية في المحافظة. فالسهل يبدو أكثر اتساعاً وارتفاعاً بالقرب من مخارج الأودية التي تصرف منطقة علية في الغرب ويضيق كلما اتجهنا نحو الشرق، وبالتحديد عند نقطة التقاء وادي حنيفة بوادي الخرج بالقرب من السهباء. وبشكل عام ينقسم سهل الخرج إلى قسمين رئيسين: القسم الشمالي ويستقبل مياهه من أودية حنيفة والسلي والحنية، أما القسم الجنوبي فيستقبل مياهه من أودية نساح

وبلجان والعين والرغيب (ويمثل كل من مآوان ووثيلان والسوط روافده الرئيسية). وعلى جانبي كل من المجاري الرئيسية لهذين القسمين تتشكل السهول الفيضية التي تتدرج سماكة رواسبها من ١٠م في الجزء الشمالي بالقرب من قرية السلمية و٤٠ م في الجزء الجنوبي بالقرب من مدينة الدلم ومابين ٦٠-٧٠م في جنوب الوسط بالقرب من مدينة الخرج **(Battal, 1986)**.

تشرف على المحافظة من الغرب هضبة مقطعة **Dissected plateau** بشبكة كثيفة من مجاري الأودية المنحدرة بشكل عام باتجاه الشرق والجنوب الشرقي. ومن أكبر الأودية التي تصرف مياه هذه الهضبة وتصب مباشرة في سهل الخرج وادي حنيفة ونساح وبلجان والعين، أما غير المباشرة فمن أكبرها ماوان ووثيلان اللذان يصبان في السوط والرغيب قبل أن يصلا إلى سهل الخرج عن طريق وادي الدلم. كما تشرف على السهل عدد من المرتفعات الجبلية وخاصة من الناحية الشمالية. وهذه المرتفعات سلسلة جبلية مقطعة بفعل عوامل التعرية المائية، وتبرز فيها حافتان جبليتان مميزتان هما حافة تكوين السلي وحافة تكوين العرمة. تبدأ حافة تكوين السلي في الظهور في شمال المحافظة بالقرب من هيت وتمتد على طول الخط الذي يربط مدينة الرياض بالخرج والمتجه من الشمال إلى الجنوب لتنتهي في سهل الخرج بالقرب من الحنية. أما حافة العرمة فتبدأ بالظهور شرق المحافظة على هيئة شريط طولي من الشمال إلى الجنوب وبالتحديد بين منطقة خشم بليهان شمالاً حتى وادي السهباء جنوباً. بالإضافة إلى ذلك تنتشر في سهل الخرج عدد من أنماط الإرسابات الرملية المختلفة. ومن أشهرها عروق الضاحي الواقعة في الجزء الجنوبي الغربي من السهل وبالتحديد في المنطقة المحصورة بين مدينتي الخرج والدلم، وتسود فيها الأشكال المستعرضة والطولية. في الجزء الشمالي الغربي من السهل تظهر عروق العفجة التي تطغى عليها الأشكال الرملية البرخانية والطولية. أما عروق الريحان فتنتشر في أسفل وادي الثليماء وبالتحديد إلى الشرق من مدينة الخرج وتسود فيها الأشكال الرملية **Cresentic sand dunes** البرخانية.

أسلوب الدراسة:

لتحقيق هدف الدراسة تم اتباع الخطوات التالية:

أولاً – الحصول على بيانات الدراسة، وذلك على النحو التالي:

١ – خريطة مطبوعة لأودية سهل الخرج في عام ١٩٥١م (Crary, 1951)؛ وذلك لأهميتها في كونها مصدراً أساسياً يوضح الأودية التي تخترق سهل الخرج بشقيه الشمالي والجنوبي والقنوات المائية الصناعية القريبة من المستوطنات البشرية في منطقتي السلمية واليمامة قبل إنشاء مدينة الخرج التي كانت تعرف آنذاك بالسيح (نتيجة لجريان مياه العيون على السطح). الجدير بالذكر أن إنتاج هذه الخريطة جاء بهدف تطوير القطاع الزراعي في سهل الخرج في نهاية الأربعينيات الميلادية من قبل شركة أرامكو السعودية بالاعتماد على الصور الجوية والعمل الحقلي.

٢ – الخريطة الطبوغرافية ١/ ٥٠,٠٠٠ المنتجة من قبل المساحة الجوية في وزارة البترول والثروة المعدنية في عام ١٩٧٩م. وتوضح هذه الخريطة مجاري الأودية في داخل السهل حتى نهاية السبعينيات الميلادية بالإضافة إلى المناطق السكنية والمظاهر الطبوغرافية والارتفاعات وخطوط الكنتور. كما أن أهمية هذه الخريطة تأتي من كونها مصدراً رسمياً يمثل طبوغرافية السهل في بداية السبعينيات؛ أي أن ما توضحه هذه الخريطة من ظواهر بشرية وطبيعية يسبق التوسع العمراني والزراعي في السهل.

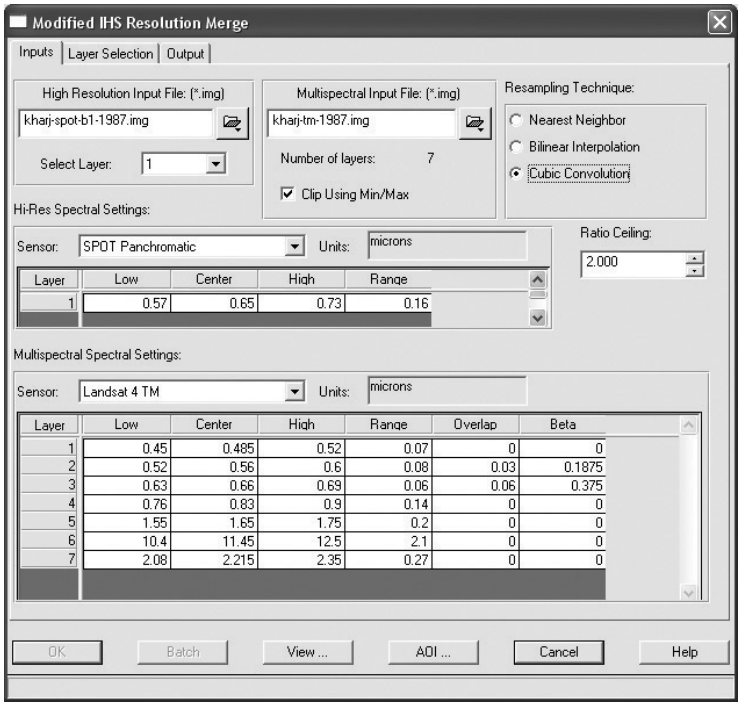
٣ – الحصول على بيانات الاستشعار عن بعد للأعوام التالية:

– صورة جوية (أبيض وأسود) عام ١٩٧٣م من هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، توضح – إلى حد ما – حدود مدينة الخرج والأودية القريبة من المدينة، وذلك قبل الطفرة العمرانية التي شهدتها المنطقة بشكل خاص والمملكة العربية السعودية بشكل عام، في منتصف السبعينيات الميلادية.

– مرئية مطبوعة للماسح المتعدد الأطياف MSS (ملونة RGB 4,5,6) في عام ١٩٧٢م من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)، توضح الوضع الزراعي للمنطقة قبل انتشار مزارع الرش المحوري التي طمست كثيراً من معالم مجاري الأودية في السهل. فعلى الرغم من ضعف الوضوح المكاني لهذه الصورة (٨٠ م تقريباً) فإنها ساعدت على تحديد المناطق الزراعية التي تظهر باللون الأحمر وسط مظاهر الإرسابات الريحية التي تظهر باللون الأصفر وتخترقها الأودية والسهول الفيضية التي تظهر باللون الأبيض؛ نتيجة لسيطرة المفتتات الصخرية والرواسب الجيرية التي تعكس طبيعة صخور التكوينات الجيولوجية لأحواض التصريف.

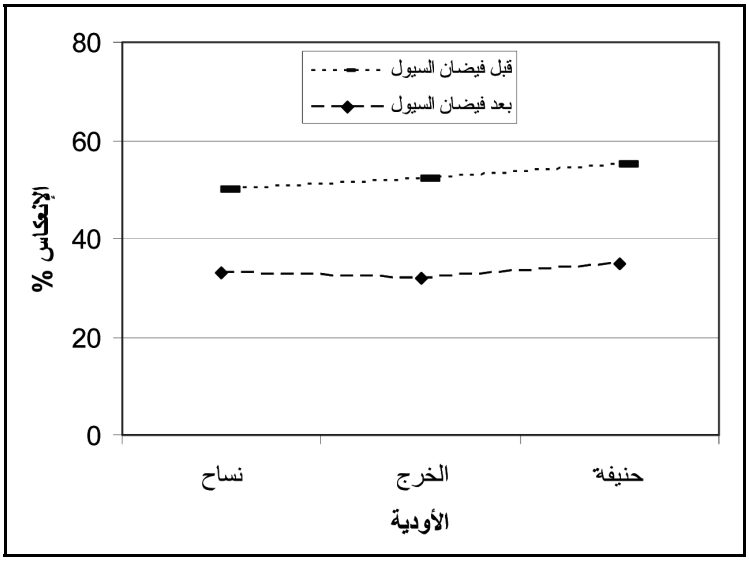
– صورة الماسح الموضوعي TM للأعوام التالية ١٩٨٧م، ١٩٩٥م، ٢٠٠٠م؛ وذلك لتوافرها مجاناً من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، وكذلك أهمية تعدد النطاقات (Bands) في توضيح الأودية والسهول الفيضية المحيطة بها، وبالتحديد مركب الألوان الزائفة من النطاقات (RGB 7,4,1). ولتحسين الوضوح المكاني لصور الماسح الموضوعي TM (٣٠م) فقد تم دمجها (Resolution Merge) مع صور القمر الصناعي سبوت SPOT في النظام البانكروماتي (١٠م) للأعوام ١٩٨٧، ١٩٩٥، ٢٠٠٠م، وتم أيضاً الحصول على صور ملونة بوضوح مكاني قدره (١٠م). وحيث إنه توجد أكثر من طريقة لدمج الصور الفضائية التي لايسمح المجال لذكرها، فقد استخدمت طريقة التشبع اللوني المعدلة Modified Intensity Hue Saturation (IHS) التي تعمل على فصل البيانات المكانية (I) (أو الشدة اللونية) والبيانات الطيفية (H, S) من مركبات الألوان (RGB) في النظام المتعدد الأطياف (TM)؛ ومن ثم إحلال النطاق البانكروماتي (الأبيض والأسود) في سبوت محل الـ (Intensity I)، ثم تحويلها مرة أخرى إلى مركب الألوان الزائفة (RGB) للحصول على صورة بوضوح مكاني عالٍ (Sunar and Musaglu, 1998; Pohl and Van Genderen, 1998 p832)، ويوضح الشكل

رقم (٣) طريقة عمل دمج بيانات هذه الدراسة من مرئيات لاندسات **TM** وسبوت **SPOT** باستخدام برنامج الإرداس، الإصدار التاسع **ERDAS-9**، ويتميز الإرداس في هذا الإصدار بإمكانية دمج الصور الفضائية بعدة طرق، تشتمل على طريقة تحويل المركبات الأساسية **(PCA)**، وطريقة بروفي **(BROVEY Transform)**، وطريقة المضاعفة الحسابية **(Multiplicative)**، وطريقة الترشيح ذي التردد العالي **(High Pass Filtering HPF)**، وطريقة الويفلت **(Wavelet Transform)**. ولمزيد من التفاصيل حول مفهوم دمج الصور الفضائية وطرقه وتطبيقاته يمكن الرجوع إلى **Pohl and Van Genderen** (١٩٩٨م) والجعيدي **Al-Juaidi et. al.** (٢٠٠٣م).



شكل رقم (٣) – نموذج لطريقة IHS التي استخدمها الباحث لدمج مرئيات سبوت، النطاق البانكروماتي، مع مرئيات لاندسات (TM) في برنامج الإرداس، الإصدار ٩.

– صورة القمر الصناعي سبوت SPOT-5 (النطاق البانكروماتي ٥م) لشهر ديسمبر عام ٢٠٠٣م؛ أي بعد السيول التي اجتاحت السهل مباشرة؛ وذلك لرسم اتجاه جريان المياه في الوقت الحاضر بالاعتماد على تحليل انعكاسية التربة قبل السيول وبعدها (شكل رقم ٤). حيث يلاحظ من الشكل زيادة الانعكاس بسبب جفاف التربة في الأودية الثلاثة قبل الفيضان، بينما يلاحظ انخفاض كمية الطاقة المنعكسة بعد الفيضان. كما يوضح الشكل أيضاً أن هناك تفاوتاً في كمية الطاقة المنعكسة بين الأودية سواء كان ذلك قبل الفيضان أو بعده. فنسبة الانعكاس تتزايد في وادي حنيفة قبل الفيضان بسبب زيادة نسبة المواد الرملية (الكوارتز)، بينما تقل هذه النسبة في كل من وادي الخرج ووادي نساح، القريب بعضها من بعض في جنوب السهل، وتسود فيها التربة الطينية. أما بعد الفيضان فقد انخفضت نسبة الانعكاس بشكل ملحوظ في الأودية الثلاثة بسبب وجود المياه في التربة التي تمتص الأشعة في المجال المرئي (الصالح، ١٤١٢هـ).



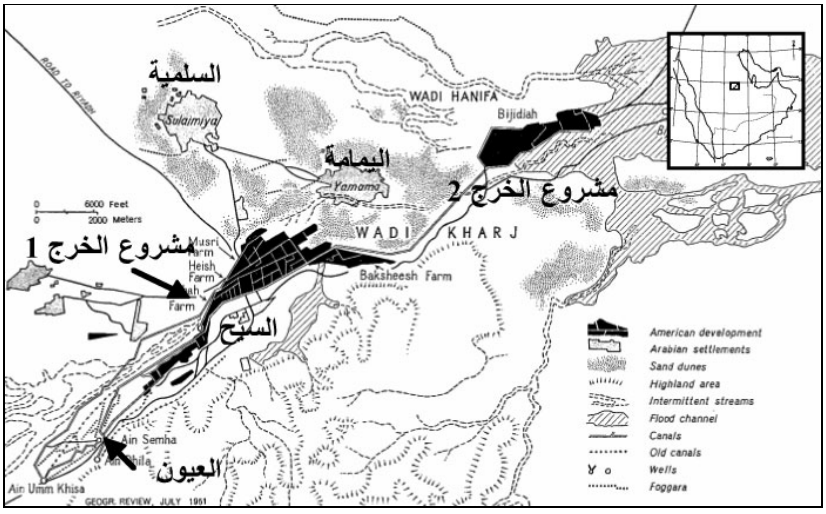
شكل رقم (٤) – نسبة الطاقة المنعكسة من تربة أودية سهل الخرج قبل الفيضان وبعده في النطاق البانكروماتي، سبوت – ٥

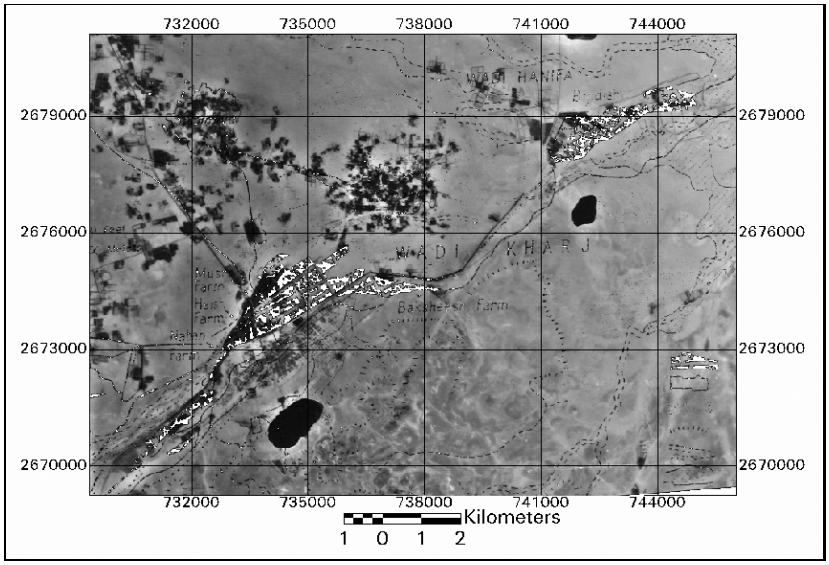
ثانياً – التصحيح الهندسي للبيانات:

بما أن نظام الـ **GIS** لا يستطيع تحليل المعلومات إذا لم تكن في هيئة رقمية سواء كانت خطية **(Vector)** أم نقطية **(Raster)**؛ فقد تم تحويل خريطة **Crary** في عام ١٩٥١م، والخريطة الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠ والصورة الجوية في عام ١٩٧٣م، إلى بيانات رقمية نقطية **Raster** باستخدام الماسح الضوئي **Scanner** على شكل **TIFF Format**؛ حيث تمت معالجتها وإجراء التصحيح الهندسي للبيانات باستخدام برنامجي الـ **ERDAS** والـ **ArcGIS** على النحو الآتي:

١ – تصحيح الصورة الجوية عام ١٩٧٣م وفقاً للخريطة الطبوغرافية ١/ ٥٠,٠٠٠، ومن ثم تسجيل **Geo-registration** صورة لاندسات **MSS** في عام ١٩٧٢م للصورة الجوية. وقد عمد الباحث إلى إجراء هذا التصحيح نظراً لتقارب التواريخ ووضوح الكثير من المعالم المشتركة التي أخذت على أنها نقاط ضبط أرضي موزعة على جميع أنحاء الصورة.

٢ – نظراً لعدم وجود إحداثيات جغرافية تسمح بتوقيع المزارع والمستوطنات والأودية والقنوات الموضحة على خريطة **Crary** في أماكنها الحقيقية، فقد لجأ الباحث إلى تصحيح هذه الخريطة وفقاً لإحداثيات الصورة الجوية المصححة بصورة مبدئية في برنامج **ERDAS**، وذلك بأخذ بعض الأماكن التي تظهر في كليهما مثل قصر الملك عبدالعزيز وعيون الخرج ووسط كل من مستوطنتي السلمية واليمامة ومدخل المشروع الزراعي كنقاط ضبط أرضي (شكل رقم ٥). ولضمان توقيع الأودية في أماكنها الصحيحة تم إجراء تصحيح هندسي إضافي في برنامج **ArcGIS** مع الخريطة الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠ التي توضح المواقع الحالية لأودية سهل الخرج وعلاقتها بالمناطق السكنية والمزارع في السهل في عام ١٩٧٩م.





شكل رقم (٥) – توقيع بيانات خريطة Crary1951 (في الأعلى) على الصورة الجوية عام ١٩٧٣م (في الأسفل) عن طريق الدمج، وذلك بعد تصحيحهما هندسياً في برنامج ERDAS. لاحظ أن هناك تطابقاً إلى حد ما في مواقع المستوطنات ومشروع الخرج الزراعي والعيون التي تظهر في جنوب غرب الصورة الجوية.

٣ – تصحيح صور سبوت – ٥ الملتقطة عام ٢٠٠٦م بناءً على الإحداثيات المستحصل عليها عن طريق الـ **GPS**. فقد تم اختيار ٣٦ نقطة تحكم **(Control points)** موزعة على كامل المنطقة المحصورة بين جبال المضبعة في الشمال، والقصيعة في الجنوب، ومنطقة نعجان في الغرب، والسهباء في الشرق. بعد ذلك تم تسجيل **Geo-registration** إحداثيات الخرائط الرقمية والصور الجوية وصور الأقمار الصناعية الأخرى لصور سبوت – ٥.

ثالثاً – إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية:

نظراً للإمكانات التي يتميز بها نظام المعلومات الجغرافية **(GIS)** من خلال ربط عدة طبقات **Layers** من البيانات المكانية وتحليلها وإنشاء الخرائط التي تمثل نتائج ذلك التحليل فقد تم إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لسهل الخرج باستخدام نظام الـ **GIS**، وقد استخدمت قاعدة البيانات لتحليل المعلومات المستحصل عليها عن مواقع الأودية واتجاهاتها في سهل الخرج ومن ثم ربطها؛ من خريطة **Crary** في عام ١٩٥١م، الصور الجوية في عام ١٩٧٣م، والخريطة الطبوغرافية ١/ ٥٠,٠٠٠ في عام ١٩٧٩م، مع الأودية والوضع الحالي للنطاق الحضري واستخدامات الأرض للخرج من خلال المعلومات المستحصل عليها من تحليل صور الأقمار الصناعية المدموجة في الأعوام ١٩٨٧م، ١٩٩٥م، ٢٠٠٠م.

رابعاً – قياس درجة التعرج Sinuosity:

للأودية في داخل السهل، وهي تبدأ من دخول هذه الأودية في السهل حتى تتجاوز المنطقة الحضرية فقط. ودرجة التعرج هي نسبة المسافة بين نقطتين معلومتين على مجرى الوادي بخط مستقيم والمسافة بين هاتين النقطتين على طول المجرى. ويستخدم هذا المؤشر للتفريق بين المجاري المستقيمة والمتعرجة؛ بحيث يكون المجرى مستقيماً عندما تكون قيمة المؤشر أقل من ١,٠٥، ويكون متعرجاً ما بين ١,٠٥– ١,٦، ومتعمجاً إذا كان أكثر من ١,٥ (الوليعي، ١٩٩٢م).

الجدير بالذكر أن إجراء هذه القياسات بمراقبة التغير في درجة التعرج عبر أكثر من خمسين عاماً للأودية المدروسة جاء بهدف محاولة معرفة إذا ما كان هناك تعرج طرأ على هذه الأودية بفعل العوامل البشرية أم لا. فالتعديلات والاجتهادات الشخصية التي تغير مسارات الأودية في المناطق السهلية دون الأخذ بعين الاعتبار العامل الهيدرولوجي في الحسبان سوف تزيد من احتمالية التعرض لخطر فيضانات السيول.

الأودية في داخل سهل الخرج:

بما أن هذه الدراسة تناقش التغيرات التي طرأت على وضع الأودية في داخل سهل الخرج خلال الفترة من عام ١٩٥٠– ٢٠٠٦م فإن علاقة هذه الأودية بالقرى والأحياء الشمالية لمدينة الخرج يمكن وصفها بما يأتي:

١– امتداد وادي حنيفة:

يمثل هذا المجرى امتداد وادي حنيفة الذي يصرف المنحدر الخلفي لظهرة طويق ويغذيه عند دخوله سهل الخرج وادي السلي، المصنف وادياً طولياً يحاذي سلسلة جبال الجبيل وتغذيه الأودية العكسية **Obsequent** المنحدرة من هذه السلسلة، ويلتقي بوادي حنيفة بالقرب من الرفايع، وبالتحديد عند مزرعة الفيصلية، ووادي الحنية الذي يصرف المنحدر الجنوبي لجبال الجبيل ويصب في المنطقة الواقعة شمال غرب مشيرفة. يخترق وادي حنيفة الجزء الشمالي الغربي من السهل مكوناً مجرىً ضيقاً يصل اتساعه إلى نحو ١٠٠ متر بالقرب من مزارع المحمدية. بعد ذلك يتعرض الوادي إلى كثير من التعرجات الحادة عند مزارع العفجة حتى يقطع طريق الرياض – الخرج القديم بالقرب من هجرة البرة. ومن ثم يستمر بالتعرج ويضيق المجرى في المنطقة ما بين مركز السلمية ومزارع مشيرفة بحيث يصل متوسط اتساعه إلى ٤٠م في عام ٢٠٠٦م فقط نتيجة للتعديات التي تعرض لها الوادي بعد أن كان عرضه في عام ١٩٥١م نحو ١٥٠م، وعام ١٩٧٣م نحو ٨٠م. وبعد أن يجتاز الوادي مزارع

مشيرفة ينقسم إلى قسمين؛ الأول يتجه إلى الشمال الشرقي بينما يتجه الآخر إلى الجنوب الشرقي باتجاه مشروع الخرج الزراعي.

٢ – وادي الخرج:

يطلق مسمى وادي الخرج على امتداد الأودية المنحدرة من جبال علية في الغرب بعد التقائها في مزارع الروضة على بعد ٥كم إلى الغرب من مدينة الخرج. ويمكن تقسيم هذه الأودية قبل تكوينها لوادي الخرج إلى قسمين:

القسم الأول يشمل امتداد أودية بلجان والعين، التي تصب مباشرة في الجزء الغربي من السهل. ينحدر امتداد وادي بلجان في اتجاه عام من الشرق إلى الغرب بطول ٢٠كم مخترقاً بذلك عدداً من المزارع الحديثة التي تعمل بطريقة الرش المحوري التي طمست معالمه حتى يصل شمال قرية الضبيعة بالقرب من الطريق المزدوج الذي يربط الرياض بالمدن الجنوبية، ويسمى طريق الجنوب. بعد ذلك يغير المجرى اتجاهه نحو الجنوب الشرقي بطول ٥كم تقريباً حتى يلتقي مع وادي الخرج في مزارع الروضة. ينحدر امتداد وادي العين في اتجاه عام من الجنوب الغربي إلى الشمال الغربي، وبالتحديد من مخرج الوادي حتى بداية مزارع الرش المحوري بطول ١٦كم، ثم بعد ذلك يتغير الاتجاه إلى الشرق مخترقاً المناطق الزراعية مروراً بشمال قرية نعجان حتى يلتقي مع وادي الخرج في منطقة الروضة بطول ١٦كم.

القسم الثاني يشمل امتداد وادي الدلم الذي يستقبل المياه من أودية السوط ووثيلان وماوان. يطلق مسمى وادي الدلم على امتداد وادي الرغيب حتى يصل إلى وادي الخرج بالقرب من مزارع الروضة شمال جبال القصيعة. ينحدر وادي الدلم (وادي الرغيب) في اتجاه عام من الجنوب الغربي إلى الشمال الغربي بطول ٢١كم حتى يصل إلى منطقة القبلة التي يتفرع عندها إلى فرعين: الفرع الأول يدعى وادي تركي والآخر يعرف بوادي الدلم. بعد ذلك يأخذ الواديان مسارين شبه متوازيين باتجاه عام إلى الشمال بطول ٩كم مخترقين بذلك عدداً من مزارع الرش المحوري والقرى التي طمست معالمها حتى التقائهما بالقرب من الجسر الذي يربط مدينة

الخرج بطريق الجنوب. عندما يقطع الوادي طريق الدلم – الرياض يأخذ الاتجاه شمال– شرق حتى الالتقاء بوادي الخرج عند جسر الأخوين بطول ٦كم.

الجدير بالذكر أن وادي الخرج، الذي يعد الأكثر تأثيراً على المناطق السكنية، يظهر بشكل مختلف على جميع الخرائط والصور المستخدمة في هذه الدراسة. فيظهر على خريطة عام ١٩٥١م في شكل مساحي، وعلى الخريطة الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠ في شكل خطي متجدل، أما في صور الأقمار الصناعية فيبدو واضحاً في شكل مساحي نتيجة للحواجز الترابية الاصطناعية التي وضعت مؤخراً للحد من خطورته وتوضيح حدود الوادي لمنع الاعتداء عليه.

٣ – امتداد وادي نساح:

على الرغم من أن امتداد وادي نساح لم يظهر على أي من الخرائط قيد الدراسة في شكل خطي معرف فإن السيول في عام ٢٠٠٣م كشفت عن أهمية تحديده وذلك لقوة التأثير الذي أحدثه على المناطق الزراعية في شمال غرب مدينة الهياثم وعلى المناطق السكنية في شمال غرب مدينة الخرج. وبالرجوع للخرائط الجيولوجية، التي تظهر مسار الوادي على أنه واد صدعي فقط يصرف المنحدر الشرقي لجبال طويق، ويمتد شرقاً حتى يفيض في شمال سهل الخرج بالقرب من مركز الهياثم، وصور الأقمار الصناعية بعد فيضانات السيول في عام ٢٠٠٣م – استطاعت هذه الدراسة أن تتبع مسار الوادي عند دخوله إلى السهل، الذي يتشعب إلى مجريين رئيسين: أحدهما يتجه إلى الجنوب الشرقي والآخر إلى الشرق. يخترق الأول مدينة الهياثم ويستمر في الاتجاه إلى الجنوب الشرقي ليصب في منطقة غياضة، والآخر يقطع الطريق الذي يربط شمال مدينة الخرج بمدينة الهياثم، ويستمر في الاتجاه شرقاً وشمال شرق ليصب عند نقطة الالتقاء مع وادي الخرج إلى الجنوب من مقر شركة الكهرباء، وبالتحديد إلى الشمال من خزان المياه (البرج). ولعل السبب الرئيس في عدم ظهور امتداد وادي نساح على الخرائط الرسمية المنشورة يعود إلى تطور العديد من أنواع الإرسابات الرملية في وسط السهل، التي تعكس فترة الجفاف التي تسود مناخ الجزيرة العربية منذ نهاية العصور المطيرة قبل ما يقارب ٥٠٠٠ سنة. وقد عملت هذه الإرسابات على إعاقة تدفق المياه في مجاريها الأصلية وتحويلها إلى

وادي الخرج باتجاه الجنوب، ويدعم ذلك ظهور هذه الكثبان على خريطة **Crary** المستخدمة في هذه الدراسة (راجع شكل رقم ٥).

٤ – وادي السيح:

يطلق وادي السيح على المجرى الذي يخترق مدينة الخرج من الغرب إلى الشرق، وتغذيه العديد من الروافد الصغيرة المنحدرة من جبال القصيعة الواقعة في جنوب غرب مدينة الخرج. يمتد وادي السيح من العيون غرباً حتى وادي السهباء شرقاً محاذياً للقناة الصناعية المعروفة بساقي الخرج. من الروافد الرئيسية لهذا الوادي وادي الدحلة الذي يصرف الأودية المنحدرة من منطقة المصانع الحربية، ويصب في منتجع المشتل.

النتائج والمناقشة:

التوسع الحضري والتغير في مجاري الأودية في سهل الخرج:

يوضح الجدول رقم (١) القياسات التي أجراها الباحث بالاعتماد على قاعدة البيانات الجغرافية التي أنشأتها هذه الدراسة، وهي تشتمل على بيانات خريطة **Crary** عام (١٩٥١م) والخريطة الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠ وبيانات الاستشعار عن بعد المشار إليها سابقاً للمناطق المستخدمة للاستيطان الحضري في سهل الخرج. وقد كان مجموع مساحة المنطقة المبنية أو المستخدمة للاستيطان الحضري في سهل الخرج في عام ١٩٥١م نحو ٣,٥ كم^{٢}، أي ما يعادل ٦,١ ٪ فقط من مجموع المساحة المستخدمة حالياً في عام ٢٠٠٦م، البالغة ما يقارب ٥٧,٢ كم^{٢} (مضاف إلى هذه المساحة مساحة كل من المراكز السكانية الشمالية، وتشمل: حي المنيفية والناصفة والوسيطاء والرفيعة وفرزان والبدع والحي الأخضر والفيحاء. والمراكز الغربية، وتشمل: الراشدية والعدامة. والمراكز الشرقية، وتشمل: حي السهباء وحي القطار). كما يوضح الجدول اتساع رقعة المساحة المبنية في بداية السبعينيات الميلادية من القرن العشرين في السهل إلى نحو ٨,٥ كم^{٢}، وتوسعت المساحة المبنية في مدينة الخرج إلى نحو ٥,٥ كم^{٢} في عام ١٩٧٣م؛ أي بزيادة مقدارها ٥ كم^{٢} تقريباً.

جدول رقم (١)
مساحة المنطقة المستخدمة للاستيطان (كم^2) في سهل الخرج المشمولة بحدود بلدية الخرج مابين عام (١٩٥١-٢٠٠٦م)

المستوطنة	١٩٥١م	١٩٧٣م	١٩٨٧م	٢٠٠٠م	٢٠٠٦م
الخرج	١,٥	٥,٥	٢٥	٤٧,٥	٥٣,٢
اليمامة	١	١,٥	٢	٢	٢
السلمية	١	١,٥	٢	٢	٢
المجموع	**٣,٥**	**٨,٥**	**٢٩**	**٥١,٥**	**٥٧,٢**
الزيادة بالكم^2	–	٥	٢٠,٥	٢٢,٥	٥,٧
النسبة ٪ من مجموع المساحة المبنية	٦,١	١٤,٨	٥٠,٦	٩٠	١٠٠

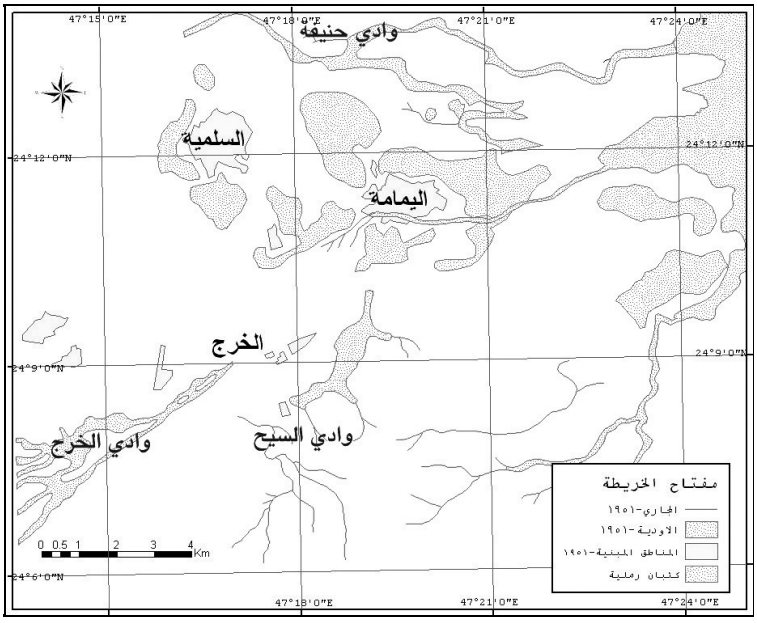
المصدر: عمل الباحث.

إن التوسع الحضري في سهل الخرج في الفترة ما بين ١٩٥٠- ٢٠٠٦م أدى إلى التأثير على طبيعة العلاقة بين استخدامات الأرض والأودية. الجدير بالذكر أن هذه العلاقة زمانياً يمكن مناقشتها على النحو الآتي:

الفترة الأولى – ماقبل عام ١٩٥٠م (تأسيس مدينة الخرج):

يعود تأسيس مدينة الخرج إلى منتصف الثلاثينيات الميلادية، وذلك عندما أصدر جلالة المغفور له بإذن الله الملك عبدالعزيز توجيهاته الكريمة بتنمية وادي الخرج زراعياً، وهو يتميز بوفرة المياه وخصوبة التربة. وبالفعل تم الشروع في إنشاء مشروع الخرج الزراعي في منطقة البجادية والمنطقة القريبة من عيون الخرج وعين خفس دغرة (عطار، ١٩٦٤م). بعد النجاح الذي حققه القائمون على المشروع تم إنشاء قصر الملك عبدالعزيز الذي يمثل النواة الأولى لمدينة الخرج على الضفة الجنوبية لوادي الخرج بالإضافة إلى المرافق المساندة والقطاعات الحكومية. في هذه الفترة كانت المنطقة المستخدمة للاستيطان في داخل السهل تتمثل في مستوطنات اليمامة والسلمية بينما لاتتجاوز المنطقة المستخدمة في الخرج القصر الملكي والمرافق والخدمات الملحقة به وبعض القصور إلى الشمال من وادي الخرج، وبالتحديد في منطقة ما يسمى بغياضة. وبحسب القياسات التي

أجراها الباحث والمتوافرة من خلال خريطة **Crary** لاتتجاوز المساحة المستخدمة للاستيطان في مدينة الخرج ١,٥ كم^{٢}، تشتمل على القصر الملكي وقصور الأمراء المتناثرة على جانبي وادي الخرج وبعض المرافق المساندة. وتبلغ المساحة المستخدمة للاستيطان لمستوطنة اليمامة نحو ١ كم^{٢} على الضفة الشمالية لوادي الخرج، والمساحة المستخدمة للاستيطان لمستوطنة السلمية نحو ١ كم^{٢} أيضاً بالقرب من وادي حنيفة في شمال سهل الخرج. ويوضح الشكل رقم (٦) وضع الأودية في عام ١٩٥١م؛ حيث يلاحظ أن جميع هذه المستوطنات أقيمت على ضفاف الأودية؛ وذلك لتوافر المياه الجوفية القريبة من السطح التي تعد المصدر الرئيسي للمياه في هذه المنطقة الصحراوية. أما بالنسبة لبقية أجزاء السهل فقد كانت الكثبان الرملية تغطي معظم الأراضي التي لم تستصلح بسبب عدم وجود المعدات اللازمة لإصلاحها في ذلك الوقت.

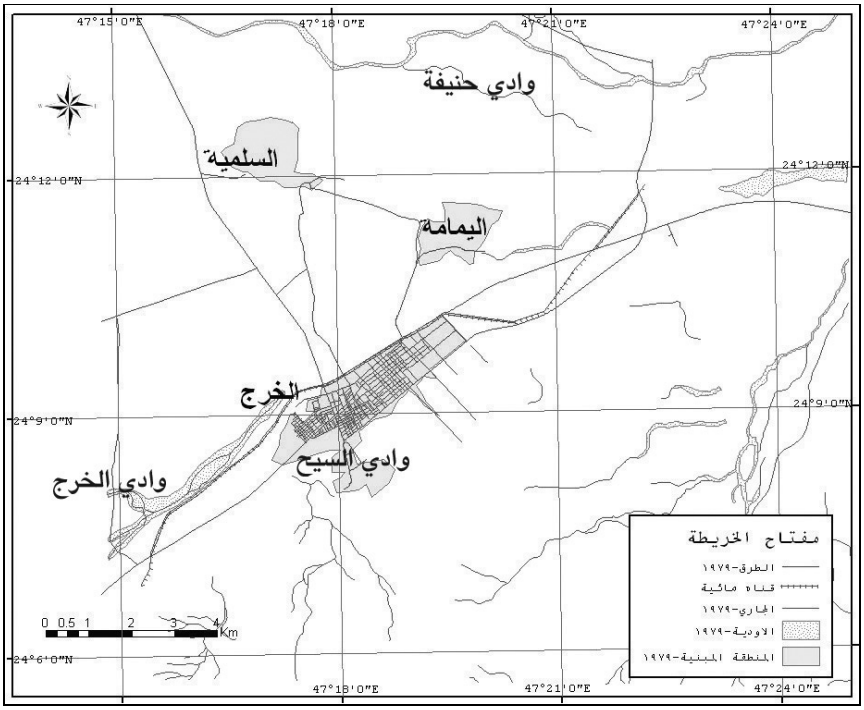


المصدر: عمل الباحث.

شكل رقم (٦) – توزع الأودية في سهل الخرج عام ١٩٥١م بناء على المعلومات المستخلصة من خريطة Crary

الفترة الثانية – من عام ١٩٥١–١٩٧٣م:

شهدت مدينة الخرج منذ بداية الخمسينيات الميلادية تزايداً ملحوظاً في أعداد السكان حتى وصل العدد إلى٤٩٩٠٠ نسمة في عام ١٩٧٣م، حيث يقطن مدينة الخرج ما يقارب ٤٢٣٤٧ نسمة، والسلمية ٣٢٣٣ نسمة، واليمامة ٤٣٢٠ نسمة (التعداد السكاني، ١٣٩٤هـ). وكان ذلك نتيجة للهجرات السكانية من داخل الإقليم وخارجه بعد أن أضيفت وظيفة القطاع العسكري إلى جانب النشاط الزراعي للمدينة (التعداد السكاني، ١٣٩٤هـ). وتمثل هذه الفترة الانطلاقة الحقيقية للتوسع العمراني لمدينة الخرج باتجاه الغرب والشرق فقط؛ حيث يمثل وادي الخرج عائقاً طبيعياً لامتداد المدينة شمالاً والمنطقة العسكرية المتمثلة في المصانع الحربية عائقاً بشرياً لامتداد المدينة باتجاه الجنوب. في هذه الأثناء عملت الأسوار التي أقيمت حول المنشآت العسكرية الملاصقة للمدينة من الناحية الجنوبية على صعوبة تحديد اتجاه الكثير من المجاري المائية والمسيلات المنحدرة من المرتفعات الجنوبية باتجاه المدينة؛ الأمر الذي أدى إلى صعوبة تقدير مدى هذا التأثير من قبل المخططين والمهندسين وصناع القرار. ويوضح الشكل رقم (٧) وضع الأودية والمناطق السكنية والزراعية وفقاً للخريطة الطبوغرافية ١/ ٥٠,٠٠٠ والصور الجوية في عام ١٩٧٣م وصورة القمر الصناعي الأمريكي لاندسات (MSS) في عام ١٩٧٢م.



المصدر: عمل الباحث

شكل رقم (٧) – وضع الأودية في سهل الخرج عام ١٩٧٩م
بناء على المعلومات المستخلصة من الخريطة الطبوغرافية ١ / ٥٠,٠٠٠
والصور الجوية عام ١٩٧٣م وصورة القمر الصناعي الأمريكي لاندسات (MSS)
في عام ١٩٧٢م.

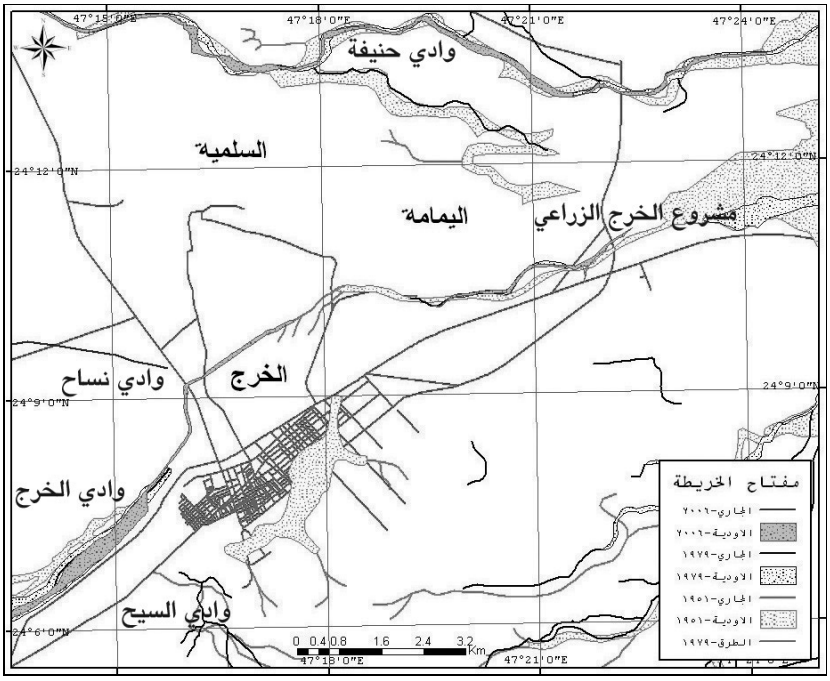
الفترة الثالثة – من عام ١٩٧٣– ٢٠٠٦م:

تعد بداية هذه الفترة البداية الحقيقية للطفرة الاقتصادية في المملكة العربية السعودية التي واكبها نمو مطرد في جميع نواحي التنمية؛ سواء العمرانية أو البشرية أو الاقتصادية أو غيرها. وانعكس ذلك على تزايد الهجرات السكانية من داخل الإقليم وخارجه إلى مدينة الخرج نتيجة لتوافر الفرص الوظيفية في القطاعات الصناعية والزراعية والعسكرية في المنطقة.

بعد ذلك تزايدت أعداد السكان حتى بلغ العدد في عام ١٤١٣هـ في مدينة الخرج نحو ١٥٢٠٧١ نسمة، واليمامة نحو ٥٤٠٥ نسمات، وتناقصت الأعداد في السلمية إلى ٢٢١٩ نسمة (التعداد السكاني، ١٤١٣هـ). وقد عملت هذه الزيادة على مضاعفة الطلب على التوسع للنطاق العمراني للمدينة الذي أثر بدوره في تغيير معالم الأودية المتبقية في جنوب المدينة والمنحدرة باتجاه الشمال والشمال الشرقي.

في السنوات الخمس الأخيرة أدى تزايد الطلب على الأراضي السكنية إلى تحويل كثير من المزارع التي تفصل مستوطنة اليمامة الواقعة إلى الشمال عن مدينة الخرج، إلى مخططات سكنية. وبحسب التعداد السكاني عام ١٤٢٥هـ ارتفع عدد السكان ليصل في مدينة الخرج وحدها إلى أكثر من ٢٣٠٠٠٠ نسمة؛ أي بزيادة ٦٦٪ عن عام ١٤١٣هـ، والسلمية إلى ٣٥٥٥ نسمة، وتناقص عدد السكان في اليمامة إلى ٥٠٧٨ نسمة نتيجة لتداخل الأحياء لتصبح اليمامة جزءاً من نسيج مدينة الخرج (التعداد السكاني، ١٤٢٥هـ).

خلاصة القول: إن نمط التغير في اتجاهات الأودية في سهل الخرج يمكن شرحه من خلال تحليل وضع الأودية في عام ١٩٥١م ووضعها في عامي ١٩٧٩م و ٢٠٠٦م الموضحة في الشكل رقم (٨). ولتوضيح المعالم في داخل السهل استخدمت خريطة الطرق في عام ١٩٧٩م؛ وذلك للتقليل – إلى حد ما – من ضغط المعلومات التي تحتويها قاعدة البيانات في هذه الدراسة.



المصدر: عمل الباحث.

شكل رقم (٨) – وضع الأودية في سهل الخرج للأعوام (١٩٥١–١٩٧٩–٢٠٠٦م).

إن التغير في وضع الأودية يمكن شرحه أيضاً من خلال مراقبة نسبة التعرج لأودية السهل في الفترة بين عام ١٩٥١م ووضعها الحالي في عام ٢٠٠٦م (جدول رقم ٢). وبمقارنة هذه النسبة بين عامي١٩٥١م و ١٩٧٩م نلاحظ أن هناك فرقاً كبيراً بنسبة التعرج في وادي حنيفة تصل إلى ٠,٧ مقارنة بالفرق في النسبة في وادي الخرج التي لا تتجاوز ٠,١. ويمكن إرجاع هذا الفرق إلى حدوث تعديلات على مجرى وادي حنيفة في أكثر من مكان بسبب التوسع الزراعي الذي طرأ على السهل بسبب الطفرة الاقتصادية في المملكة في منتصف السبعينيات، وذلك عندما قام كثير من المزارعين بالتعدي على حدود الوادي في سبيل الحصول على مزيد من الأراضي لاستزراعها.

جدول رقم (٢)
نسبة التعرج لأودية السهل في الفترة ما بين عام ١٩٥١م ووضعها الحالي في عام ٢٠٠٦م

	١٩٥١م	١٩٧٩م	٢٠٠٦م
وادي حنيفة	١,١٩	١,١٢	١,١١
وادي الخرج	١,٠٥	١,٠٦	١,١٠

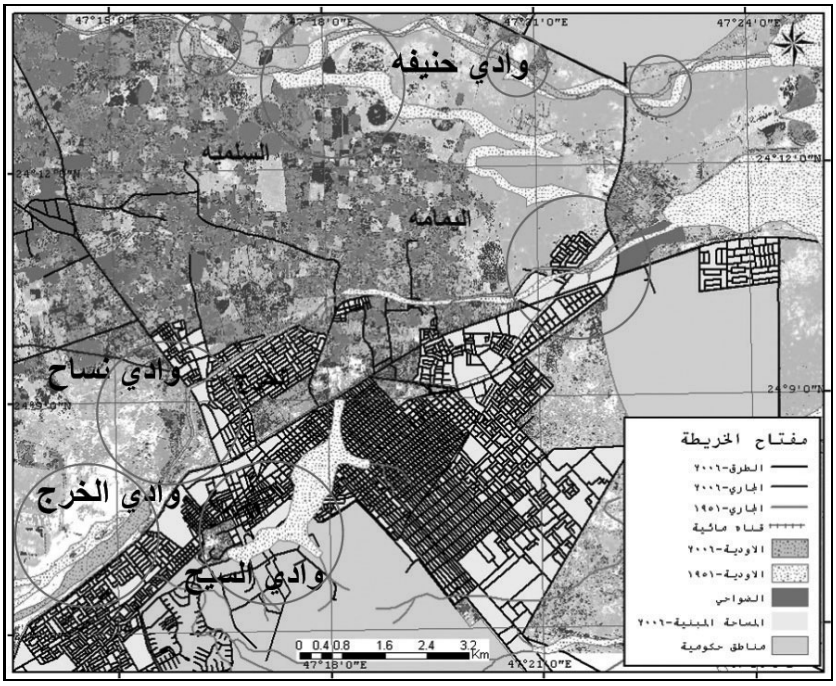
المصدر: عمل الباحث.

أما في وادي الخرج فلم يطرأ تغير ملحوظ في نسبة التعرج للمجرى بسبب تحديد المجرى ضمن أملاك الدولة عند إنشاء مشروع الخرج الزراعي في منتصف الأربعينيات الميلادية من القرن العشرين. وبمقارنة نسبة التعرج بين عامي ١٩٧٩م و٢٠٠٦م نلاحظ أن هناك زيادة ملحوظة في نسبة التعرج في وادي الخرج تصل إلى ٠,٤ مقارنة بالفرق في النسبة في وادي حنيفة التي تصل إلى ٠,١. ويمكن إرجاع هذا الفرق إلى حدوث تعديلات على مجرى وادي الخرج، وبالتحديد بالقرب من مدينة الخرج بسبب التوسع العمراني الذي أدى إلى تعديل المسار لتجنب المنطقة السكنية بينما بقي الحال في وادي حنيفة دون تغير ملحوظ.

الوضع الحالي لأودية سهل الخرج:

إن الوضع الحالي للأودية وعلاقتها بالاستخدامات الحالية للأرض في عام ٢٠٠٦م يمكن شرحه من خلال قاعدة البيانات الجغرافية لسهل الخرج الموضحة في الشكل رقم (٩). ويوضح هذا الشكل مدينة الخرج وضواحيها والاستخدامات الحالية للأرض في سهل الخرج في عام ٢٠٠٦م وعلاقة ذلك بمواقع الأودية واتجاهاتها الأصلية في عام ١٩٥١م. وقد أنشئت خريطة الاستخدامات الحالية للأرض في داخل السهل بطريقة التصنيف المراقب **Supervised classification** بناءً على تحديد مناطق تدريب **Training areas** لكل استخدام للأرض عن طريق برنامج **ERDAS**، ويقوم الحاسب الآلي بحساب القيم لجميع البيكسلات **Pixels** (الخلايا) في الصورة وتوقيعها وفقاً لطريقة

التشابه الأعلى **Maximum Liklihood** التي تنسب كل بيكسل (خلية) في الصورة إلى واحد من الأصناف الموضوعية **Thematic classes** المعرفة عن طريق مناطق التدريب. هذه الطريقة قد تحتوي على معلومات مضللة أحياناً وتحدث بين الأصناف بعض التشويش أحياناً أخرى بسبب التشابه في الانعكاسية وخصائص الظواهر على الأرض. وللتغلب على هذه المشكلة وزيادة الفصل بين الأصناف المختلفة استخدمت طريقة البناء الشجري **Tree-structure** التي تتألف من تصنيفات مقسمة على شكل شجرة، تبدأ بصنف واحد وتنتهي بكل الأصناف في رأس الشجرة.



المصدر: عمل الباحث

شكل رقم (٩) – قاعدة البيانات الجغرافية للدراسة،
وتوضح علاقة الاستخدامات الحالية للأرض في سهل الخرج مع الأودية.
لاحظ أن اللونين الأخضر والأخضر الداكن يمثلان المناطق الزراعية.

تعكس هذه الخريطة انتشار الاستخدامات السكنية في منطقة جنوب السهل ووسطه وتداخلها مع الاستخدامات الزراعية المختلفة، بينما تنتشر المزارع في وسط السهل وشماله. يتخلل هذه الاستخدامات عدد من الأودية والروافد التي تنحدر بشكل عام من الغرب إلى الشرق، وتنقسم بدورها – من حيث التأثير المباشر في وقت فيضانات السيول – إلى قسمين؛ القسم الأول: المجاري المائية الشمالية، وتشتمل على امتداد المجرى الرئيسي لوادي حنيفة، الذي يرفده في داخل السهل كل من وادي الحنية ووادي السلي، وتؤثر مباشرة على القرى والمناطق الزراعية في الرفايع وشمال قرية السلمية ومشيرفة والبرة والشديدة. وتشير الدوائر الكبيرة باللون الأحمر إلى التغيرات والتعديلات التي طرأت على مسار الوادي في شمال قرية السلمية، ومنها اختفاء مجرى الوادي الذي يظهر باللون الأبيض المتجه إلى الجنوب الشرقي كلياً في عام ٢٠٠٦م نتيجة للتوسع الزراعي. كما توضح الدوائر الحمراء الصغيرة التعديلات الأخرى التي أجريت على مجرى الوادي وتقليص مساحة الجزء المتبقي منه في الجزء الشمالي الشرقي من الخريطة. القسم الثاني: مجاري الأودية الجنوبية – وتشمل: **أولاً** – وادي الخرج في الجزء الجنوبي من السهل، ويحاذي القناة الصناعية التابعة لمشروع الخرج الزراعي من الشمال، ويشكل امتداداً للأودية المنحدرة من جبال علية. وتشير الدوائر الكبيرة باللون الأحمر إلى التغيرات والتعديلات التي طرأت على مسار الوادي في شمال مدينة الخرج، ومنها تقليص مساحة الوادي وتعديل مساره باتجاه الشمال عند اقترابه من المدينة نتيجة التوسع العمراني، وكذلك تعديل مساره بعد الخروج من المدينة بسبب المخططات السكنية في عام ٢٠٠٦م. **ثانياً** – امتداد وادي نساح الذي يصب بالقرب من برج الخرج، ويغذيه وادي نساح المنحدر من جبال طويق في الجزء الغربي من السهل، حيث يظهر هذا الوادي في شكل خطي فقط في عام ٢٠٠٦م؛ وذلك بسبب المعوقات الطبيعية المتمثلة في الكثبان الرملية قبل امتداد التوسع العمراني والزراعي بعد الطفرة، الذي عمل على إزالة هذه المعوقات التي ضاعفت

من تعريض المنطقة لفيضانات السيول بعد أن كانت المياه تنحرف باتجاه الجنوب لتصب في وادي الخرج. **ثالثاً** – وادي السيح الذي يخترق المدينة القديمة ويحاذي القناة الصناعية التابعة لمشروع الخرج الزراعي من الناحية الجنوبية، وتغذيه الأودية المنحدرة من مرتفعات القصيعة الواقعة إلى الجنوب من مدينة الخرج وجنوب غربها. وتشير الدائرة الكبيرة باللون الأحمر إلى التغيرات والتعديلات التي طرأت على الوادي بسبب توسع مدينة الخرج واختفاء ملامح المجاري المغذية له كلياً في عام ٢٠٠٦م. بالإضافة إلى ذلك تصب في السهل أودية ذات تأثير غير مباشر على المنطقة الحضرية للخرج، ومنها وادي الثليما المعروف امتداده بوادي الريحان، ويصب في فرشة السهباء، وبالتحديد في مزرعة الصافي في شرق مدينة الخرج.

الخاتمة:

لقد أظهرت هذه الدراسة أن مجاري الأودية في سهل الخرج كانت من أهم العوامل التي ساعدت في الاستيطان على مدى العصور السابقة؛ وذلك لما توفره من مصادر للمياه في هذه البيئة الجافة. وتنقسم هذه الأودية من حيث التأثير على استخدامات الأراضي إلى قسمين؛ القسم الشمالي: ويتمثل في وادي حنيفة ويؤثر بشكل رئيسي على القطاع الزراعي. والقسم الجنوبي: ويتمثل في أودية الخرج ونساح والسيح وتؤثر تأثيراً مباشراً على مدينة الخرج والقرى الشمالية. ومن النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة أن التطور الزراعي والتوسع العمراني على مدى العقود الثلاثة الماضية عملا على تحويل جزء من مسارات بعض الأودية وتغيير اتجاهاتها وإخفاء معالم أودية وتحرير أخرى. ومن أبرز هذه التغييرات تعديل مسار وادي الخرج بالقرب من مدينة الخرج باتجاه الشمال في محاولة لتجاوز الأحياء الشمالية للمدينة دون عمل الاحتياطات الهندسية الوقائية اللازمة التي تضمن حماية المنطقة من أخطار فيضانات السيول. كما تم تعديل مسار وادي حنيفة بالقرب من مزارع مشيرفة في شمال السهل وطمس معالم الجزء المتجه من وادي حنيفة إلى مشروع الخرج الزراعي بسبب التوسع

في مزارع الرش المحوري. كذلك تم طمس معالم وادي السيح بشكل كامل نتيجة للتوسع العمراني لمدينة الخرج. وأخيراً يعد امتداد وادي نساح نموذجاً للأودية المحررة بعد إزالة المعوقات الطبيعية المتمثلة في الكثبان الرملية التي كانت تعوق اندفاع المياه في وضعها الطبيعي وتحرفها إلى وادي الخرج باتجاه الجنوب. ويدل على ذلك اتجاه المياه واندفاعها بعد فيضانات السيول في عام ٢٠٠٣م باتجاه الشرق بعد إزالة الكثبان الرملية نتيجة التوسع العمراني والزراعي، وهي بدورها أدت إلى غمر الموقع الحالي لشركة الكهرباء والأحياء الشمالية لمدينة الخرج وبالتحديد حي المنيفية شمال برج المياه.

وتوصي الدراسة بتوسيع مجرى وادي حنيفة وإعادة فتح مسار الجزء المتجه إلى مشروع الخرج الزراعي. وكذلك تحديد مسار امتداد وادي نساح ولا سيما من شمال مدينة الهياثم حتى شمال الموقع الحالي لبرج الخرج؛ وذلك لتجنب تكرار حدوث فيضانات السيول، مثل تلك التي حدثت في عام ٢٠٠٣م. وأخيراً توصي هذه الدراسة بأن تتم عملية التكسيات الخرسانية اللازمة لوادي الخرج مع توسيع زاوية الانحناء الصناعي وذلك لتسهيل حركة المياه في مجرى الوادي ومنع موجة الارتداد للمياه، التي من الممكن أن تؤدي إلى كسر الحاجز الترابي الحالي.

المراجع

أولاً – المراجع العربية:

- الصالح، محمد، (١٤١٢هـ)، مرئية الاستشعار عن بعد جمع بياناتها وتحليلها، مركز البحوث، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض.
- عطار، أحمد، (١٩٦٤م)، الخرج والشرائع، بدون دار نشر، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- الغزي، عبدالعزيز، (١٩٩٦م)، التحول الاستيطاني في محافظة الخرج في العصور القديمة، الجمعية السعودية للدراسات الأثرية، عدد ١، جامعة الملك سعود، الرياض.
- وزارة التخطيط، مصلحة الإحصاءات العامة (١٣٩٤هـ)، التعداد السكاني، الرياض.
- وزارة التخطيط، مصلحة الإحصاءات العامة (١٤١٣هـ)، التعداد السكاني، الرياض.
- وزارة التخطيط، مصلحة الإحصاءات العامة (١٤٢٥هـ)، التعداد السكاني، الرياض.
- الوليعي، عبدالله، (١٩٩٢م)، تعرج الأنهار والأودية: دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لبعض الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية، الجمعية الجغرافية السعودية، عدد١٢، جامعة الملك سعود، الرياض.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Al-Juaidi, F., Millington, A., McLaren, S. (2003), Merged Remotely Sensed Data for Geomorphological Investigations in Deserts: Examples from Central Saudi Arabia, The Geographical Journal, Vol. 169., No 2. Pp 117-130.

- Battal, H. (1986), Water resources allocation in Saudi Arabia: the case study of AlKharj District, Unpublished Ph.D thesis, University of Nebraska-Lincoln USA.
- Berlin, G. and Sheikho, K. (1996), SIR detection of paleodrainage systems in northern Saudi Arabia, proceedings of the 11th thematic conference, USA, Las Vegas, Nevada Feb 27-29.
- Brown, G. (1948), The geology and ground water of AlKharj District, Nejd Saudi Arabia, Unpublished Ph.D thesis, University of Northwestern, Illinois USA.
- Crary, D. (1951), Recent agricultural developments in Saudi Arabia. The geographical review, vol.xl. p363-383.
- Dabbagh A., Khattab G. Al-Hinai, and M. Khan, A. (1997), Evaluation of the Shuttle Imaging Radar (SIR-C/X- SAR) Data for Mapping Paleo-Drainage Systems in the Kingdom of Saudi Arabia, Proceedings of the International Conference on Quaternary Deserts and Climatic Change, United Arab Emirates, Al-Ain, December 9 -11.
- El-Baz F. and Al-Sarwai M. (1996), Kuwait as an alluvial fan of a paleo-river. Zeit. Geomorph. Suppl.,-Bd. 103, 49-59.
- Kumar, M., Rajwat, A., and Singh, T. (2005), Applications of remote sensing for elucidate the palaeochannels in an extended Thar desert, Western Rajasthan., 8th annual international conference, Newdelhi, India 7-9/2/2005.
- Maizels, J., and McBean, C. (1990), Cenozoic alluvial fan systems of interior Oman: Palaeoenvironmental reconstruction based on discrimination of Palaeochannel using remotely sensed data. In Robertson, A., Searle, M., and Reis, A., (eds), The geology and tectonics of the Oman region, Geological Society Special Publication, 49, 565-582.
- McCauley, J., Breed, F., Schaber, G. (1986), Paleodrainage of the eastern Sahara- the radar rivers revisited (SIR-A/B implications for a mid-Tertiary transafrican drainage system), IEEE Trans. Geosci. Remote sensing GE-24: p624-648.

- Pohl, C., and Van Genderen, J. (1998), Multisensor image fusion in remote sensing: concept, methods and application. International Journal of Remote Sensing, 19, 5, 823-854.
- Powers, R. W., Ramirez, L. F., Redmond, D., and Berg, E. L. (1966), Sedimentary geology of Saudi Arabia, Professional Paper. United States Geological Survey. 560D:1-146.
- Sunar, F., and Musaglu, N. (1998), Merging multiresolution SPOT P and Landsat TM data: the effect and advantages. Inernational journal of remote sensing. Vol.19, No.4, pp 743-757.