بحوث جغرافية

١٢

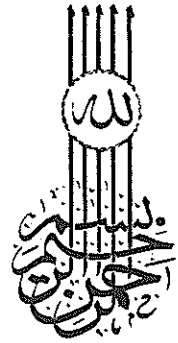
تعرج الأنهار والأودية

دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لبعض الأودية الجافة
في المملكة العربية السعودية

د. عبد العزيز بن ناصر الوليعي

١٤١٣هـ ١٩٩٢م

سلسلة محكمة يصدرها الجمعية الجغرافية السعودية
جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية


بسم الله الرحمن الرحيم

بحوث جغرافية

١٢

تعرج الأنهار والأودية: دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لبعض الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية

د. عبدالله بن ناصر الوليعي

١٤١٣هـ ١٩٩٢م

سلسلة محكمة تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية
بجامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية

ISSN 1018 - 1423
Keytitle - Buḥūṯ ǧuġrāfīyyaẗ

● مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية ●

د. عبدالعزيز بن عبداللطيف آل الشيخ	رئيس مجلس الإدارة
د. عبدالله بن سالم الزهراني	نائب رئيس مجلس الإدارة
د. عبدالمحسن بن عبدالله الحجي	أمين السر
د. إبراهيم بن صالح الدوسري	أمين المال
د. رشود بن محمد الخريف	المشرف على وحدة البحوث
د. محمد بن أحمد الرويثي	عضو
د. عبدالله بن علي الصنيع	عضو
د. محمد بن عبدالله الصالح	عضو
د. محمد بن طاهر اليوسف	عضو

قواعد النشر

١ ـ يراعى في البحوث التي تتولى سلسلة «بحوث جغرافية» نشرها، الأصالة العلمية وصحة الإخراج العلمي وسلامة اللغة.

٢ ـ يشترط في البحث المقدم ألا يكون قد سبق نشره من قبل.

٣ ـ ترسل البحوث باسم رئيس هيئة تحرير السلسلة.

٤ ـ تقدم جميع الأصول مكتوبة على الآلة الكاتبة على ورق بحجم A4 . مع مراعاة أن يكون النسخ على وجه واحد، ويترك فراغ ونصف بين كل سطر وآخر. ويمكن أن يكون الحد الأعلى للبحث (٧٥ صفحة).

٥ ـ يرسل البحث مع ملخص في حدود (٢٥٠) كلمة باللغتين العربية والإنجليزية.

٦ ـ يراعى أن تقدم الأشكال مرسومة بالحبر الصيني على ورق (كلك) مقاس ١٨/١٣سم وترفق أصول الأشكال بالبحث ولا تلصق على أماكنها.

٧ ـ ترسل البحوث الصالحة للنشر والمختارة من قبل هيئة التحرير إلى محكمين اثنين ـ في الأقل ـ في مجال الإختصاص من داخل أو خارج المملكة قبل نشرها في المجلة.

٨ ـ تقوم هيئة تحرير السلسلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ تسلم بحوثهم. وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه مع إعادة البحوث غير المقبولة إلى أصحابها.

٩ ـ يمنح كل باحث أو الباحث الرئيس لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمسًا وعشرين نسخة من البحث المنشور.

١٠ـ تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر وفقًا للآتي:

يستخدم نظام (اسم/ تاريخ) ويقتضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعًا برقم الصفحة. وإذا تكرر المؤلف نفسه في مرجعين مختلفين يذكر اسم المؤلف ثم يتبع بسنة المرجع ثم رقم الصفحة. أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائيًا حسب نوعية المصدر كالتالي:

الكتب: يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعًا بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة ـ إن وجد ـ، ثم الناشر، وأخيرًا مدينة النشر.

الدوريات: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعًا بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال (ص ص ـ٥ـ١٥).

الكتب المحررة: يذكر اسم عائلة المؤلف، متبوعًا بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (في in) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعًا بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر .ed أو محررين .eds)، ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيرًا الناشر، فمدينة النشر.

الرسائل غير المنشورة: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعًا بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/ دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.

أما الهوامش فلا تستخدم إلا عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص.

تعريف بالباحث:

الدكتور عبدالله بن ناصر الوليعي ـ أستاذ مشارك ـ قسم الجغرافيا ـ كلية العلوم الاجتماعية ـ جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية ـ الرياض.

شكر وتقدير

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لا نبي بعده. . وبعد:

فيسرني أن أفضي بجزيل الشكر والعرفان لجميع من أسدى إليَّ مساعدة أو نصحًا لإنجاز هذا البحث، وأخص بالذكر الزميل الدكتور عسَّاف بن علي الحواس من قسم الجغرافيا من جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية والزميل الدكتور جمعة العلاوي من قسم الجيولوجيا بجامعة الملك سعود، ومراجعي البحث والمسئولين بالجمعية الجغرافية السعودية على تفضلهم بنشره في سلسلة بحوث جغرافية.

أولا: تمهيد

موضوع البحث وأهميته:

التعرج هو النمط السائد في محيط الظاهرات الطبيعية فالتيارات الهوائية النفاثة في طبقات الجو العليا والتيارات البحرية والمظاهر التضاريسية الرئيسية للقشرة الأرضية وآثار الجداول على سطح القمر ومجاري الأودية في الصحراء وجريان قطرات الماء على السطوح الزجاجية؛ كلها أمثلة على أن الطبيعة تنفر من الشكل المستقيم (Lusting, 1969, p. 52). ولهذا يرى ليوبولد وولمان (١٩٦٠م) أن التعرج في هذه الظاهرات التي لاتحمل رواسب دليل على أن تعرج الأنهار راجع لديناميكية التدفق وليس لطبيعة حمولتها من الرواسب (Leopold & Wolman, 1960).

والتعرج هو أكثر الأشكال شيوعًا بالنسبة للأنهار فلو جعلنا الماء يتدفق خلال مساحة من الرمال لحدثت هذه الظاهرة أمام أعيننا، وهكذا نجد أن الأنهار المستقيمة في وضع لا يتسم بالثبات. ونظرًا لأن الجداول المائية غير المتعرجة تعد استثناء من هذه القاعدة، أمكننا القول إن التعرج هو السمة الغالبة في المجاري المائية. وتتميز المجاري المتعرجة بوجود سلسلة من الانثناءات التي تتسم بالانتظام النسبي (صورة: ١).

وترى موريساوا Morisawa أنه لم يتيسر حتى اليوم تحديد القدر من الانتظام اللازم كي نضفي على مجرى من المجاري صفة التعرج، ولذا فمن المفيد ـ على ما يبدو ـ أن نستخدم اللفظ الاصطلاحي «متعرج» على نحو يتسم بنوع من المرونة فنضفيه على أي مجرى متعرج تزيد درجة تعرجه على (١,٥) كما اقترح ذلك ليوبولد (Morisawa, 1973, p. 255).

صورة (١) أحد روافد وادي الرشيدة في حرة الحرة بشمال المملكة وفيه يبدو مجراه المتعرج.

وينتج عن التعرج في مجرى النهر أن تقاوم الضفة الخارجية في الثنية تدفق المياه بحيث يصير استهلاك الطاقة منتظمًا على طول المجرى كله بدلاً من أن يتدفق الماء في سرعة نحو المصب في حالة استقامة المجرى المائي (Leopold, 1964, p. 307).

مشكلة البحث وأهدافه:

في هذه الدراسة سنتعرض لظاهرة التعرج في الأنهار والأودية وأسبابها، وسنقوم بشرح ظاهرة الأودية الضامرة والأودية المقلوبة مع إيراد بعض الأمثلة من العالم والمملكة العربية السعودية. ومما سبق يمكن إيجاز أهداف هذه الدراسة فيما يلي:

١ - محاولة تفسير ظاهرة التعرج التي تجنح الأنهار والأودية إلى اتخاذها نمطًا لأشكال مجاريها، أو تسعى لتعديل شكل مجاريها غير المتعرجة لكي تصل إلى مرحلة من مراحل التعرج.

٢ - دراسة بعض مجاري الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية لاختبار مدى صحة الفرض الذي يشير إلى أن الأودية الجافة مثلها مثل الأنهار دائمة

الجريان تسير مجاريها بشكل أقرب إلى المتعرج منه إلى المستقيم، وهو ذو انحناءات وانثناءات مختلفة المقاييس.

٣ - إيضاح بعض الظاهرات الجيومورفولوجية التي تعكس أوضاعًا بيئية سالفة كالأودية المقلوبة والأودية الضامرة التي لها علاقة بالفترات الرطبة والجافة التي مرت بها شبه الجزيرة العربية خلال الزمن الرابع.

ثانيا: الإطار النظري: أصل التعرجات

لم تظهر أية نظرية مقنعة حول أصل التعرجات. وتوحي الأدلة الراهنة بأنه ليس في وسع نظرية واحدة أن تفسر لنا نشأة جميع التعرجات وخصائصها المختلفة (Leopold, 1960, p. 769). وفيما يلي بعضٌ من هذه النظريات:

(أ) رأي ديفز Davis:

يقول Davis إنه بمجرد أن يصل النهر إلى مرحلة التعادل أو التوازن state of grade يتوقف عن نشاطه كعامل قوي في نحت قاع الوادي ويجد متسعًا من الوقت والجهد ينفقهما في النحت الجانبي (Sparks, 1972, p. 12). وهنا يميل النهر إلى نحت الجانب المقعر من الثنية، وإلى الترسيب في الجانب المحدب منها بواسطة تيارات سفلية راجعة. وعلى أي حال، فالنهر لا يشرع في توسعة مجراه بعد أن يتوقف عن نشاطه في نحت قاع المجرى المندفع نحو المصب (downcutting activity) فثمة أدلة ظهرت أخيرًا على أن النهر يعمل في الاتجاهين في ذات الوقت، ومع كل، فإننا نتوقع أن نحت القاع سيكون أكبر من النحت الجانبي في بداية تكون النهر.

(ب) الأشياء الساقطة:

كان من المعتقد أن السبب الرئيسي في تعرج المجرى هو الأشجار الضخمة والجلاميد الساقطة في مجراه. ومما لا شك فيه أن ذلك قد يكون سببًا في بداية الانحراف

في تدفق المياه مما قد يبدأ التعرج، ثم يتلو ذلك تعرجات أخرى في مجرى النهر (Ritter, 1973, p. 238). ولا تلبث أهواء الطبيعة وتقلباتها أن تعطي فرصًا لا نهاية لها كي تحدث اضطرابات في تدفق المياه بالنهر كالنحت المحلي بضفة النهر والسقوط العشوائي لجلمود أو صخرة كبيرة أو أشجار ضخمة حيث يكفي أي منها لتحويل مجرى نهر مستقيم (Leopold, 1964, p. 301). وبالإضافة إلى الجلاميد والأشجار الساقطة رأى البعض أن دوران الأرض ضمن الأسباب التي تؤدِّي إلى نشوء التعاريج في مجاري الأنهار (Twidal, 1968, p. 178).

وعلى الرغم من أن تلك العقبات في مجرى النهر قد تتسبب في إحداث تحويل غير مستوٍ في تدفق المياه فهي ضمن الأسباب الثانوية حيث إن المجاري المائية النظيفة تميل إلى التعرج والالتواء أما سوى ذلك من العقبات التي تعترض سبيل النهر من أمثال حواجز الصخور وطبقات الطمي فهي، في واقع الأمر، تحد من ذلك الميل إلى التعرج، وذلك لأنها تحول دون حدوث النحت الجانبي. ولو أن التأثير الكوريولي Corriolis الناشيء من دوران الأرض من الغرب إلى الشرق له صلة بالتعاريج فإن الأنهار في نصف الكرة الشمالي ستميل إلى النحت الشديد الذي سيتركز على الضفة اليمنى أكثر من الضفة اليسرى، ويتم عكس ذلك تمامًا في نصف الكرة الجنوبي، ولم يظهر حتى الآن أي دليل على صدق هذه النظرية (Ibid, p. 178).

(جـ) المواد غير المتجانسة:

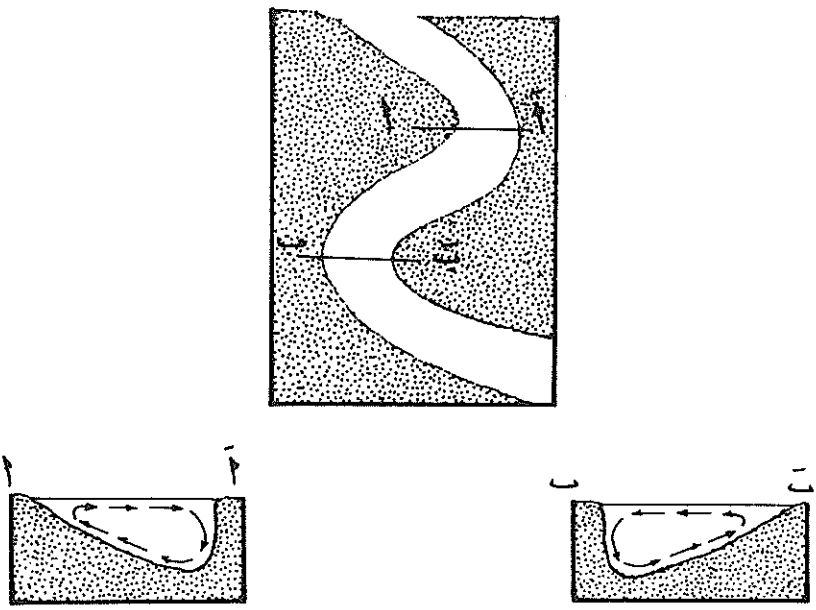
كان من المعتقد أن تفاوت المواد التي تتكون منها ضفتا المجرى ـ كأن تكون مواد إحدى الضفتين صلبة والأخرى ليِّنة مما ينجم عنه اختلاف درجة المقاومة للتعرية في أمكنة مختلفة ـ قد يساعد على وجود التعاريج في مجاري الأنهار. وقد اتضح الآن أن العكس هو الصحيح، فهذه التعاريج تبقى حيثما وجدت المواد المتجانسة كوادي المسيسيبي الأدنى مثلاً (Pitty, 1971, p. 276).

(د) التدفق الحلزوني:

لقد رأى البعض أن التدفق الحلزوني helical flow باعث من بواعث وجود التعاريج في مجاري الأنهار. والتدفق الحلزوني حركة لولبية يقوم بها النهر داخل الثنية

(شكل: ١)، فتتحرك المواد من ضفة النهر المقعرة إلى ضفته المحدبة، مؤكدة عملية الترسيب على الجوانب الداخلية للثنية وكذا عملية النحت على الجانب الخارجي منها (Monkhouse, 1975, p. 147). ويعبِّر ليليافيسكي Leliavisky في عام ١٩٥٤م عن ذلك بقوله:

«لنفترض لسبب أو لآخر حدوث نحت بسيط في ضفة نهر ذي مجرى مستقيم، فإن جزيئات الماء التي تتحرك بمحاذاة الجزء المنحوت من الضفة تتبع خط سير منحن ومن ثم يصير لها قودة طرد مركزية، وهذه القوة بدورها تؤدِّي إلى حدوث تيار محلي لولبي الحركة يدعم النحت الأصلي، ويشق طريقه بصورة أكثر عمقًا واتساعًا. وهكذا حتى يصير المجرى وقد شملته هذه العملية وحتى تتجمع المواد المنحوتة على الضفة المقابلة، وهذه هي بداية التعريجة» (Quoted in Leopold, 1960, p. 784).



شكل (١) التدفق الحلزوني عند منحنيات تعرجية متتابعة في نهر متعرج حيث يتم النحت على الجانب المقعر من الثنية والإرساب على الجانب الأيسر المحدب بواسطة تيارات سفلية.

المصدر: Ritter, D. F., (1978), *Process Geomorphology*, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, p. 237.

ويعتبر بروس تشاسينسكي (Prus-Chacinski, 1954) أيضًا التدفق اللولبي هذا هو العامل المحرك الأساسي. وبيّن أننا لو أمكننا إحداث حركة دوران ثانوية صناعية عند مدخل تعريجة معيَّنة، لصار في وسعنا أن نحدث كثيرًا من أنواع الدورات الثانوية في التعريجة التالية التي ستؤثِّر بدورها على الدورة في التعريجة التي تليها وهكذا (Ibid., P. 784).

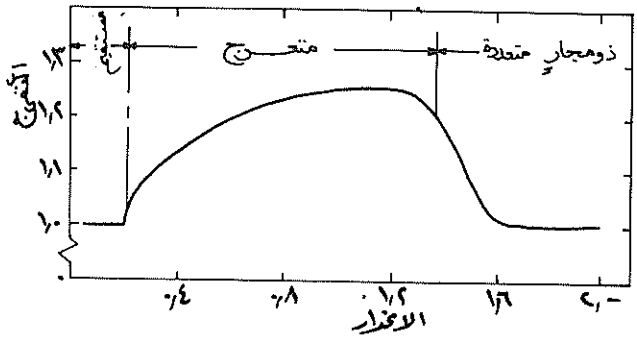
وعلى الرغم من أن التعرج يمكن اعتباره نتيجة نحت عشوائي طبيعي أو محصلة قيام النهر بترسيبات على إحدى ضفتيه، فلا يمكن اعتبار ذلك التفسير كافيًا شافيًا، فالتعريجات التي تتسم بأشكال مماثلة تحدث في المجاري المائية التي تعبر الجليد الخالي من الغرين أو الطمي وكذلك في التيارات البحرية غير ذات المجرى مثل تيار الخليج الدافىء (Ritter, 1978, p. 238).

ولهذا يعتقد أغلب الباحثين الآن أن التعريجات تحدث في الأنهار نتيجة تبدد في الطاقة الدافعة للمياه.

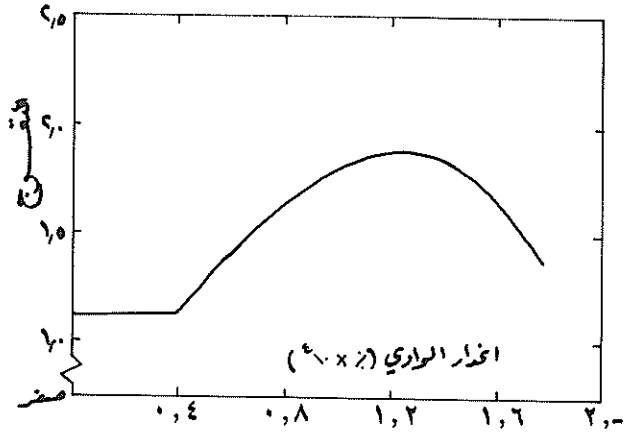
(هـ) التعاريج وانحدار المجرى:

تم عمل بعض تجارب معملية بخصوص الأنهار المتعرجة بواسطة مهندسين هيدروليكيين وبعض الجيولوجيين لعدد من السنين. ففي دراسة لشوم وخان (١٩٧٢م) لدراسة تأثير انحدار المجرى وحمولة النهر من الرواسب على أنماط المجرى النهري وجدا أنه مع إبقاء كمية الصرف المائي ثابتة فإن المجرى المستقيم ذا الانحدار البسيط جدًّا والذي يشق طريقه في مواد طينية غرينية يبقى مستقيمًا بدون تغيير يذكر. وحين يزداد انحدار المجرى فإن المجرى يبدأ في التعرج. وكلما زادت درجة الانحدار فإن سرعة التدفق تزداد وتزداد معها قوى القص shear forces المسلطة على قاع وضفتي النهر. وعند الوصول إلى قيمة قص حرجة critical value of shear فإن نحت الضفة وانتقال الرواسب في بطن الوادي ينتج عنهما مسار متعرج Sinuous course. هذا ويحدث التحول من مجرى مستقيم إلى متعرج عند كمية صرف مائي معيَّنة وعند نقطة انحدار معلومة threshold slope أيضًا (شكل: ٢أ). وإذا زادت درجة الانحدار فيما وراء هذه النقطة

فإن درجة التعرج تزداد حتى تصل إلى نقطة انحدار threshold معلومة أخرى يتحول بعدها المجرى المتعرج إلى مجرى مستقيم ذي عدد من المجاري وهو ما يسمى بالنهر المضفر Braided channel. وقد بيَّنت التجربة أنه ليس هناك تغير مستمر في نمط النهر من مستقيم إلى متعرج إلى مستقيم متعدد المجاري في علاقته بالانحدار ولكن يحدث التغير بعد نقاط انحدار معلومة thresholds. وهكذا فالانحدار في هذه الحالة عبارة عن مؤشرٍ لحمولة النهر من الرواسب ولخصائص التدفق الهيدروليكية في المجرى (Quoted in Schumm, 1973, pp. 303-5).



شكل رقم (٢ أ) العلاقة بين الانحدار والتعرج



شكل رقم (٢ب) العلاقة بين انحدار المسيسبي وتعرجه

Schumm, S. A., (1973), Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems, *in* M. Morisawa, (ed.) *Fluvial Geomorpology,* State University of New York, Binghamton, New York, PP. 299-310.

وهـذه العلاقة بين الانحدار والتعرج يمكن استخدامها لشرح التغير في أنماط المجاري . وفي الحقيقة فإن انحدار مجرى النهر يتغير نتيجة للإرسابات المحمولة بواسطة الروافد أو نتيجة لاختلاف حجم الترسيب خلال التاريخ الجيولوجي ، وعلى هذا فالنهر ينبغي أن تنعكس عليه التغيرات في انحدار المجرى بتغير أنماط مجراه . وقد تمَّت مقارنة نتـائـج التجارب المعملية مع بيانات حقيقية عن نهر المسيسبي (شكل : ٢ب) ، وقد أظهـرت هذه البيانـات أن التغيرات في نمط مجرى نهر المسيسبي لها علاقة بتغيرات انحدار المجرى خلال تاريخ النهر (Ibid, pp. 303-4).

(و) تبـدد الطاقة:

إن خط تحدُّر الطاقة هو تمثيل بياني للطاقة الكامنة التي لدى النهر على طول مجراه من المنبـع حتى المصب (Ritter, 1978, p. 239). إنه تعبير عن معدل الطاقة الحركية المبددة على طول المجرى المائي (Monkhouse, 1975, p. 105). وفقدان الطاقة مع طول المسافة يبين كمية الطاقة التي استهلكتها العناصر المقاومة ، وهنا يمكننا أن نفترض أن منحدر خط تحدُّر الطاقة مواز لمنحدر سطح الماء ، وفي حالات أخرى ـ مع ذلك ـ نجد المكونات التي تحدد الطاقة الكامنة تتفاوت حتى أن الخطين لا يتوازيان على الدوام في اتجاه النهر نحو المصب . فلو تبددت طاقة النهر خلال المجرى على نحوٍ متساوٍ ، لوجدنا خط تحدُّر الـطاقة يسير في خط مستقيم منحدر (Ritter, 1978, p. 239). ويرى محمد (١٩٦٦م) أن مقارنة خط انحدار الطاقة بخط انحدار قاع النهر أولى لأنه عادة مموج مما فيه من حواجز مرتفعة وأحواض بينية منخفضة ، في حين أن سطح الماء بالمجرى دائمًا ما يكون منتظم الانحدار مهما كانت درجة تضرس القاع .

والمجاري المائية المستقيمة حيث تتابع الأحواض والحواجز الرملية المتعاقبة تتسم بعدم الانتظام في شكلها العام ، لأن الطاقة الكامنة المبددة تزداد عند الحواجز الرملية عنهـا في الأحـواض ، وقد يكون بناء الأحواض والحواجز الرملية مستقلاً عن شكل المجرى (Leopold, 1964). أما في الأماكن المنحنية فنجد خط التحدُّر الذي يتسم بعدم الانتظام قد امّحى فيصير الخط أقرب إلى المنحنى المنساب وهو أمر يتوقع في النهر الذي

تتبدد طاقته على نحو يتسم بالانتظام (Ritter, 1978, p. 239). ولربما تأثرت الأحواض والحواجز الرملية بهذا النمط، ومن ثم نجد من بين آثار الانثناءات زيادة فاعلية المقاومة، فإذا ما تبددت[1] الطاقة عند الأحواض زادت درجةانتظام خط التحدُّر هذا. وذلك التحليل يتفق مع الاعتقاد بأن نموذج التعرج يقترب من حالة الاتزان نظرًا لأن الطاقة تضيع بدرجة متساوية خلال مجرى النهر من أعلاه إلى أدناه (Ibid, p. 239). وهكذا يقترب نموذج التعرج اقترابًا من حالة التوازن كما عرفتها فكرة الأنتروبيا (entropy concept) ؛ وهي كمية الطاقة الحرة في النظام، وهو في اقترابه هذا يفوق اقتراب النموذج غير المتعرج. ومن المتوقع، إذن، ألا يتحول المجرى المتعرج إلى آخر غير متعرج نظرًا لأن المجاري المتعرجة أقرب إلى حالة التوازن من المجاري غير المتعرجة (Leopold, 1964, p. 307).

وفي مدخل آخر مختلف لتحليل الطاقة نجد يانج (Yang) في عام ١٩٧١م يرى أن تقليص معدل الزمن لإنفاق الطاقة أهم في تكون التعاريج من تقليص إجمالي إنفاق الطاقة، وعبَّر عن تلك الفكرة كما يلي:

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = \frac{kY}{\Delta t} = \varnothing\,(Q, S_v, C_s, G\ldots) = \text{a minimum}$$

حيث إن ($\frac{\Delta H}{\Delta t}$) هي معدل إنفاق الطاقة، وH هي المنبع (الطاقة الكامنة) وt هي الزمن و∅ هي معامل أحد المتغيرات المستقلة التي تتضمن قيودًا خارجية مثل حجم تصريف المياه (Q) ودرجة انحدار الوادي (S_v) ودرجة تركيز الرواسب في الحمولة النهرية (C_s)، والجيولوجيا (G). وكل هذه المتغيرات المستقلة تؤثِّر على معدل إنفاق الطاقة، و(Y) هي المنحدر و(k) هي معامل التحويل بين المنبع والمنحدر. ونظرًا لأن المجرى المستقيم ذا أقصر طول بالنسبة لمنحدر ثابت، فهو ذو أكبر معدل إنفاق للطاقة ($\frac{\Delta H}{\Delta t}$)؛ أي أن الطاقة تتبدد بطول المجرى في أقصر وقت، وعلى النقيض من ذلك نجد المجاري المتعرجة لها أقل معدل إنفاق طاقة ($\frac{\Delta H}{\Delta t}$) نظرًا لأن المنحدر يحدث على مسافة أكبر بطول مجرى النهر. وخلص يانج من ذلك إلى أن المجاري المائية في عملية طويلة

مستمـرة في محاولـة منها لتعديل منحدراتها لتقليل معدل استهلاك الطاقة عن طريق خفض معـدل الـزمن لإنفـاق الـطاقة ويتمخض ذلك عن النموذج المثالي لهذا وهو الوصول إلى مجرى متعرج به انثناءات كثيرة (Yang, 1971, pp. 251-3).

التعرج والاتزان:

تميل الأنهار بعد فترة من الزمن إلى تحقيق حالة من الاتزان تسمى (grade) ، وهي حالـة اتزان في النهر، حيث تتعدل الخواص المختلفة للنهر من انحدار وعرض وعمق وغير ذلك، تتعدل هذه الخواص لتتناسب مع الحجم السائد للماء والحمولة من المواد العالقة، ويتيح هذا التعديل للنهر أن يحافظ على الاتزان بين النحت والترسيب بحيث لا يحدث تحاتٌ أو ترسيبٌ في مجراه. والمعروف أن حالة الاتزان هذه لا تطول فالنهـر يتأثر بأي تغيير في البيئة حتى يعيد تكييف نفسه، ويستعيد حالة الاتزان من جديد (Fairbridge, 1968, p. 956). وقد قال روبي Rubey عن ذلك عام (١٩٥٢م):

«ومـع الظروف المتغيرة يظل المجرى المائي في حالة مستمرة من القطع والملء والتعديل بالنسبة لمنحدره وسرعته وقطاعه العرضي، حتى يحقق في نهاية المطاف العمل المفروض بأقل استنفاد للطاقة» (Quoted in Leopold, 1960, p. 786). وهذا يتحقق كما سبق أن ذكرنا باتخاذ النهر شكلاً متعرجًا يسعى من خلاله إلى الوصول إلى حالة من التعادل بين خصائص مجراه المتعددة.

ومن الأمور المتفق عليها بصورة عامة أن المجاري المائية المتعرجة كثيراً ما تكون ثابتـة أو في حالـة شبه متزنة (Leopold, 1960, p. 786). ويعبَّر عن حالة الاتزان هذه بالمعادلة التالية مع ثبات نسبة شكل المجرى:

$$nSF = \frac{kL^aD^b}{Q^c}$$

حيث (n) هي خشـونة قاع المجرى، و (S) هي درجة ميل المجرى أو تحدُّره، و (F) هي نسبة شكل المجرى ($F = \frac{w}{d}$) ، و (L) هي كمية الحمولة، و (D) هي متوسط قطر حبيبات حمولة النهر و (Q) هي حجم الصرف، و(k ، a ، b ، c) ثوابت. وهذه

المعادلة التي قدمها روبي عام ١٩٥٢م وقامت بتعديلها موريساوا عام ١٩٦٨م بإضافة (n) إلى الجزء الأيسر من المعادلة لتعني خشونة قاع المجرى تفيد التغيرات في كمية الحمولة (L) و/أو متوسط قطر الحبيبات (D) ، أو في حجم التصريف (Q) ستقود إلى تغييرات في انحدار المجرى أو شكله، فضلاً عن تأثيرها على خشونة قاع المجرى (n). فالنهر المنحدر، إذن، يحتفظ بحالة من الثبات والاطراد تتطلبها عملية نقل حمولة معينة مع مياهه المتدفقة، وهو يفعل ذلك بالتواؤم مع شكله الطولي وشكل قطاعه العرضي، وخشونة مجراه (Fairbridge, 1968, p. 956). وهذه العلاقة تجعل من الخطأ معالجة بعض خصائص المجرى منفردة بمعزل عن الأخرى، فهي تؤثّر وتتأثر بغيرها في عملية مستمرة هدفها الأخير الوصول إلى مرحلة التوازن بين هذه الخصائص.

ثالثا: المنهج وطرق قياس التعرجات

الإجراءات المنهجية:

بما أن هذه الدراسة تهدف إلى دراسة ظاهرة التعرج في مجاري الأنهار والأودية الجافة فإن طبيعة الإجراءات المنهجية لها قد تحددت من خلال البيانات اللازمة لتحقيق هذا الهدف. ولهذا فقد جمعت بيانات هذه الدراسة من مصادر متعددة هي كما يلي:

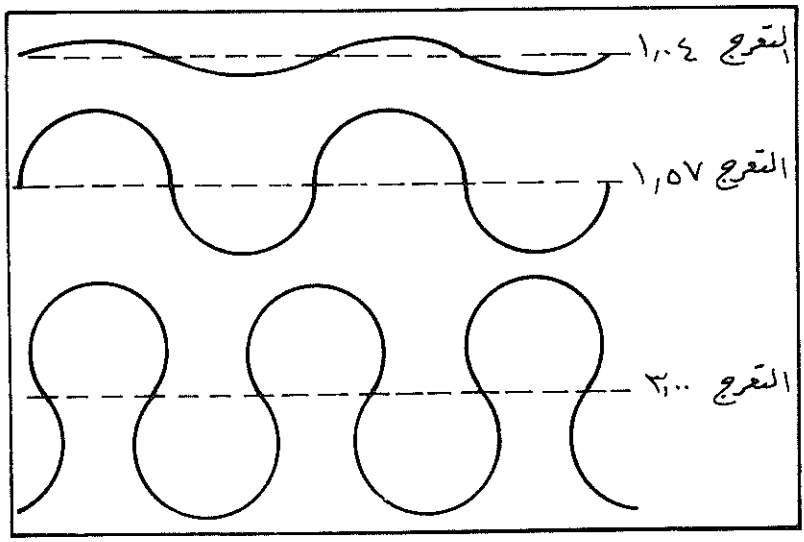
١ ـ مراجعة لأدبيات جيومورفولوجية الأنهار والأودية الجافة من خلال دراسة نشأتها والآراء التي قيلت في ذلك، وقد بذلت محاولة جادة لاستقصاء معظم هذه الآراء سواء كانت قديمة أو جديدة.

٢ ـ مراجعة لأدبيات الجيومورفولوجية التاريخية التي تهتم بالظاهرات الجيومورفولوجية ذات الأصل الماضي مثل آثار المناخ القديم وتبعاته كالأودية المقلوبة والأودية الضامرة.

٣ ـ إجراء بعض قياسات التعرج على بعض الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية من أجل مقارنتها ببعض التصنيفات التي وضعها الجيومورفولوجيون لهذا الغرض.

ولتحقيق هذا الهدف فقد تم الحصول على بعض الصور الجوية لمناطق مختلفة من المملكة، ومنها تم رسم بعض الأشكال للأودية الجافة وإجراء بعض القياسات لتقدير مؤشر التعرج.

٤ - القيام برحلة ميدانية لمنطقة الهذاليل، جنوب مدينة رفحا وشمال لينة، لإجراء بعض الدراسات الوصفية للأودية المقلوبة هناك. وقد تم تصوير بعض ظاهرات التعرج في بعض الأودية في حرة الحرة، ومثال للأودية الضامرة في وادي لبن، أحد روافد وادي حنيفة.



شكل (٣) صور التعرج حيث تقاس المسافة المحورية بطول الخطوط المستقيمة المقطعة.

المصـــدر:

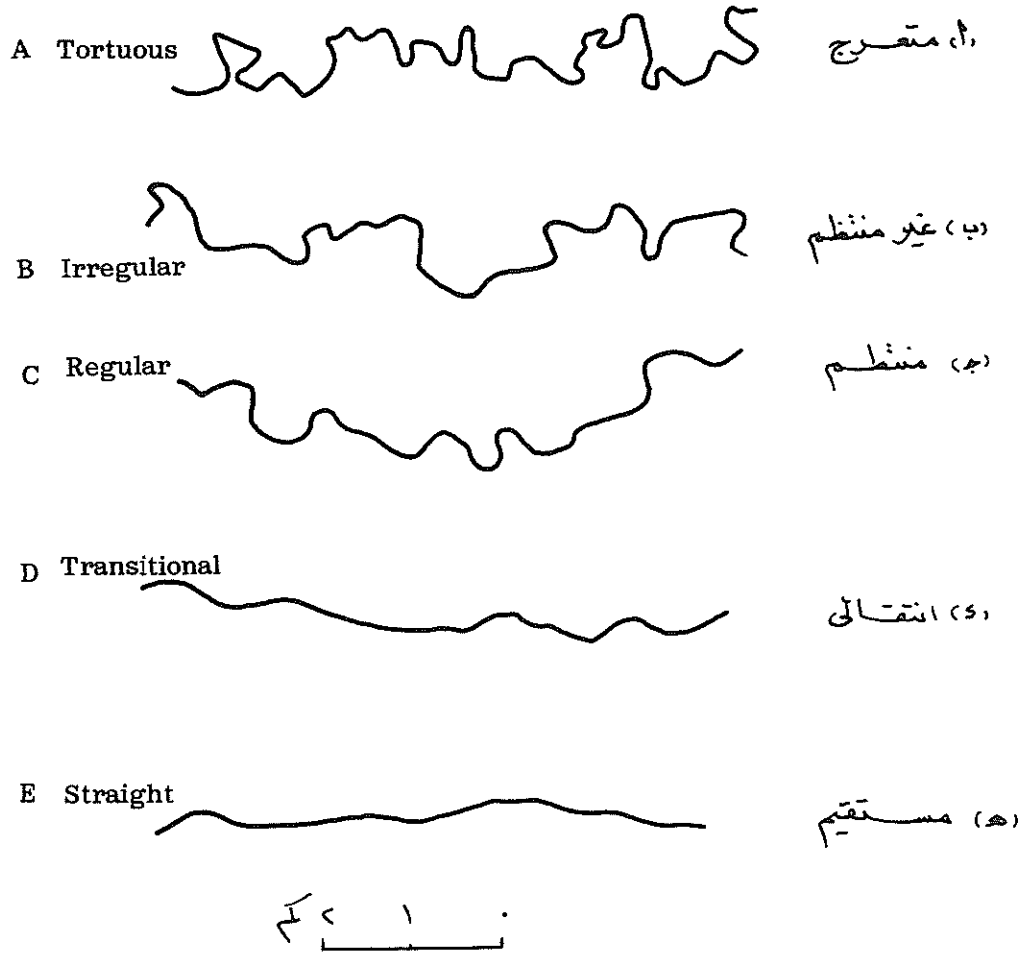
Chorley, R. J., ed., (1977), *Introduction to Fluvial Precesses,* Richard Clay, Bungay, U. K.

ومن هنا فإن الهدف الأصلي لهذه الدراسة قد تم تطويره ليشمل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية ذات العلاقة بظاهرة التعرج كالأودية الضامرة والأودية المقلوبة. وأحب أن أنوه بأنه لم يتم إجراء قياسات حقلية لظاهرة التعرج مما يعد قصوراً في هذه الدراسة، وذلك لنقص في الإمكانات التي تحتاجها مثل تلك القياسات من مساعدين وأجهزة ووقت طويل لإجرائها مما لا يتوافر لباحث فرد، ولهذا فقد استعيض عنها بالقياسات المباشرة من الصور الجوية. وتعطي الصور الجوية ذات المقياس الكبير نتائج دقيقة يمكن الثقة بها متى ما التزم الباحث بالدقة والحذر الشديدين.

طرق قياس التعرجات:

لكي نميز بين المجاري المائية التي تتعرج والتي لا تتعرج فمن الطبيعي أن نستخدم دليلاً للتعرج وهو النسبة بين طول المجرى المائي وطول الخط المستقيم الواصل بين نقطة في المنبع ونقطة في المصب. ولا يطلق على النهر صفة التعرج إلا إذا بلغت النسبة أكثر من ١,٥ (الشكل: ٣) (Chorley, 1977, p. 421).

وقد صنف شوم Schumm (1963) أنماط المجاري المتعرجة التي تطورت في منطقة ذات مواد طينية غرينية alluvial material إلى متعرجة tortuous حينما يبلغ مؤشر تعرجها (٢,٧) ومثل لها بنهر وايت White River قرب ويتني بنبراسكا بالولايات المتحدة، وغير منتظمة irregular إذا كان مؤشر التعرج (١,٧) ومثل لها بنهر سولومن Solomon River قرب نايلز بكانساس بالولايات المتحدة، ومنتظمة regular عندما يبلغ مؤشر تعرجها (١,٥) ومثل لها بنهر ساوث لوب South Loup River قرب سنت ميشيل بنبراسكا، وانتقالية transitional عندما يبلغ مؤشر تعرجها (١,٢) ومثل لها بنهر نورث فورك ريبليكان Northfork Republican River قرب بنكليمان بنبراسكا، ومستقيمة straight إذا كان مؤشر تعرجها (١,٠) مثل نهر نيوبرارا Niobrara River قرب هيسبرنجز بنبراسكا بالولايات المتحدة (شكل: ٤). وهذا التصنيف للتسهيل فقط وإلا فإنه يوجد في الطبيعة أعداد كبيرة من الأنماط بين النمط المتعرج والمستقيم.



شكل (٤) بعض أنماط المجاري التي نشأت في منطقة ذات مواد طينية غرينية كما يراها شوم.

المصدر:

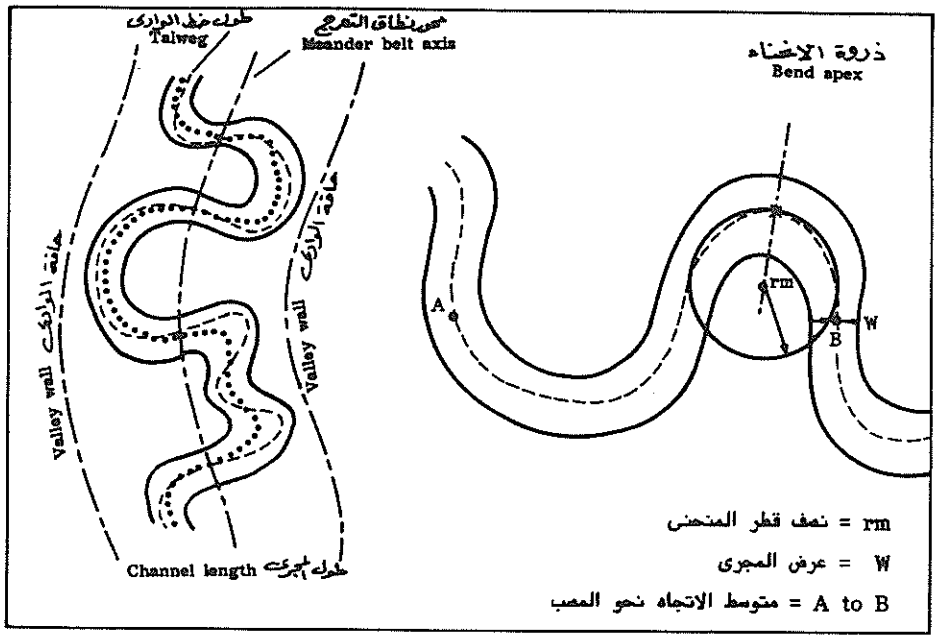
Schumm, S. A., (1963), Sinuosity of Alluvial Rivers on the Great Plains, *Bulletin of the Geological Society of America*, vol. 74, p. 1091.

وقد تم وضع مؤشرٍ للتعرج Sinuosity Index بطرق مختلفة منها:

(١) مؤشر التعرج = $\frac{\text{طول خط الوادي talweg}}{\text{طول الوادي valley}}$

(٢) مؤشر التعرج = $\frac{\text{طول المجرى channel}}{\text{طول محور نطاق التعرج}}$

[انظر (شكل: ٥) من أجل تعريف المصطلحات].



شكل (٥) تعريف بعض المصطلحات المتعلقة بالتعرج.

المصـدر:

Morisawa, M., (1985), *Rivers: From and Process*, Longman, New York, p. 91.

وقد استخدم هذا المؤشر للتفريق بين المجاري المستقيمة والمتعرجة فإذا بلغ المؤشر < ١,٠٥ فالمجرى مستقيم، أما إذا كان بين ١,٠٥ و١,٦ فهو متعرج Sinuous وإذا زاد على ١,٥ فالنمط المتعرج يصبح متمعجًا Meandering (Morisawa, 1985, pp. 90-91). وهذا لا يختلف عن رأي شوم السابق إذ أن كل الأنهار التي يبلغ مؤشر تعرجها (١,٠) توصف بأنها مستقيمة. ولا شك أن الاستقامة لا تعني أن النهر يسير في خط مستقيم وأنه لا يتعرج فهذه الحالة تكاد تنعدم في الطبيعة، ولكنها مرحلة من مراحل تطور النهر يميل فيها إلى الانتقال تدريجيًّا إلى المراحل الأخرى من التعرج عندما يزيد طول المجرى عن طول محور نطاق التعرج.

وقياس المجاري المائية الطبيعية، وكذا المجاري التي تحاكي في المعامل قد بيَّنت أن طول موجة التعريجة (L) ونصف قطر العقدة (rm) تتناسبان مع عرض المجرى (W) على النحو التالي:

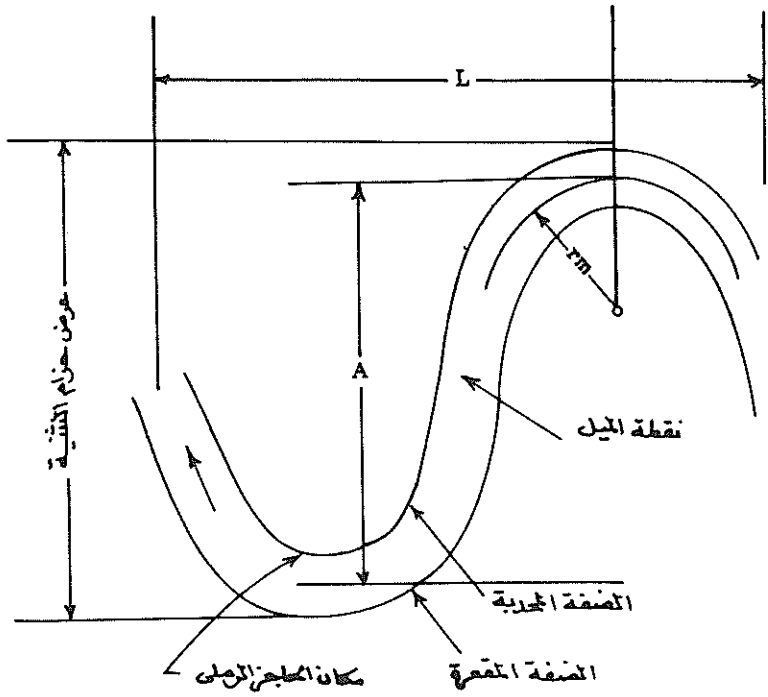
$$\frac{L}{w} = 7 \text{ to } 11$$

$$\frac{rm}{w} = 2 \text{ to } 3$$

(Cooke and Doornkamp, 1977, p. 86).

ولو أراد مهندس هيدروليكي أن يصنع تصميمًا لنظام معينَّ بحيث يصل لمرحلة التوازن (التي سنتكلم عنها لاحقًا) في النهاية فإن النسب بين الأبعاد المذكورة ينبغي ألا تتعدى الحدود السالفة الذكر (Ibid., p. 86).

ويتناسب طول موجة التعريجة مع كثير من المتغيرات الأخرى مثل التدفق والعرض ونصف قطر المنحنى (rm) والعلاقات بينها في كثير من الحالات علاقات خطية أو تكاد وتعكس المبادىء الميكانيكية الأساسية (شكل: ٦). وفي الحقيقة فإن أبعاد التعرج في الأنهار، ولو كانت ذات أحجام مختلفة، تتسم بالتشابه من حيث العلاقات الهندسية والهيدروليكية (جدول: ١).



شكل (٦) رسم توضيحي يبيّن العبارات الاصطلاحية المستخدمة في وصف السمات الهندسية لمجرى مائي متعرج.

المصدر:

Leopold, L. B. and Wolman, M. G., (1960), River Meanders, *Bulletin of the Geological Society of America,* vol. 71, pp. 768-94.

جدول (١) العلاقات التجريبية بين الخصائص التي تحدد التعرج.

طول التعريجة (L) لنصف قطر المنحنى (rm)	مدى التعريجة (A) لعرض المجرى (w)	طول التعريجة (L) لعرض المجري (w)
—	$A = 18.7w^{0.99}$	$L = 6.7w^{0.99}$
—	$A = 10.9w^{1.04}$	$L = 10.9w^{1.01}$
$L = 4.7rm^{0.98}$	$A = 2.7w^{1.1}$	

المصدر:

Leopold, L. B. and Wolman, M. G., (1960), River Meanders, *Bulletin of the Geological Society of America,* vol. 71, pp. 769-94.

ومن الممكن رؤية الارتباط عن طريق حل العلاقات الموجودة بالجدول السابق بالأقدام فمثلاً:

$$L = 10.9w^{1.01} = 4.7rm^{0.98}$$

فمع فرض أن معاملات القوة واحدة فإن نتيجة قسمة نصف قطر المنحنى على عرض المجرى (rm/w) هي كما يلي:

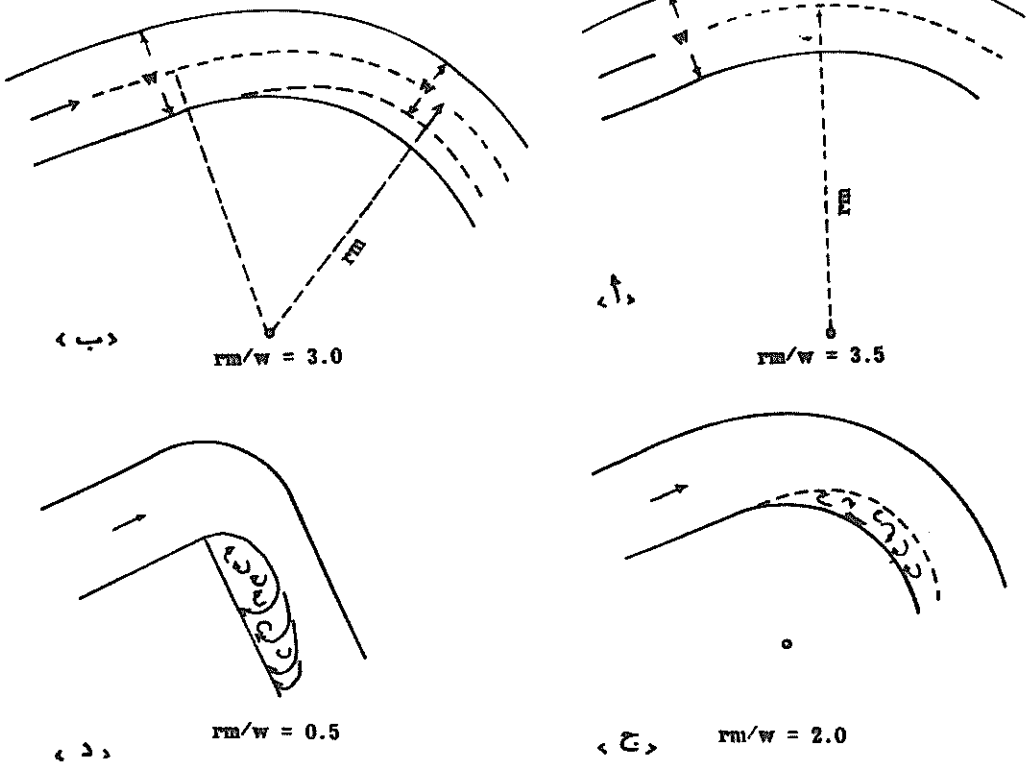
$$rm/w = \frac{10.9}{4.7} = 2.3$$

ويبين القياس الفعلي لهذه النسبة في ٥٠ عيِّنة من الأنهار أن الوسيط median يساوي (٢,٧) والمتوسط (٣,١) وثلثي العيِّنات وقعت بين (١,٥) و(٤,٣)، وربع العيِّنات وقعت بين (٢) و(٣) (Leopold & Wolman, 1960, p. 774).

وهذه النتيجة التي توصل إليها ليوبولد وولمان نتيجة قياساتهما لمجار نهرية ذات ظروف نهرية سائدة في منطقتهما ليست قاعدة عامة. فالعلاقات بين أبعاد عناصر الانحناءة النهرية تتغير باستمرار، خاصة مع تغير شكل الانحناءة وتطورها، وليس أدل على ذلك من تغير قيمة الأس مع تغير ثابت عرض وثابت نصف قطر الانحناءة النهرية في المثال المذكورة أعلاه.

وأظهر باجنولد Bagnold أنه عندما يتناقص نصف قطر المنحنى فإن الاتجاه الرئيسي للتدفق يميل ناحية الضفة الخارجية مسببًا تناقصًا مصاحبًا في مقاومة الثنية الداخلية للتدفق حتى تصل النسبة بين نصف قطر الانحناءة النهرية وعرض القناة النهرية إلى الدرجة الحرجة $\frac{(rm)}{w}$ حيث يصبح التدفق بطول الثنية الداخلية غير ثابت فيفلت من الحدود ويؤدِّي ذلك إلى تيارات معاكسة بطول الجانب الداخلي فتزيد درجة تبدد الطاقة، وتقل درجة المقاومة لتصل إلى حدها الأدنى (شكل: ٧). وفي معظم أنظمة السوائل fluid systems تبدأ التيارات عندما تبلغ نسبة الانحناء curvature ratio بين (٢) و(٣) (Bagnold, 1960, pp. 135-144; Ritter, 1978, p. 238).

والعرض (w) وخصائص التدفق.



شكل (٧) العلاقة في الرسم التوضيحي بين نصف قطر المنحنى (rm) الخاص باتجاه الماء، والعرض (w) وخصائص التدفق.

أ ـ منحنى بلا تفاوت ملحوظ في التدفق.

ب ـ عدم انتظام التدفق يؤدّي إلى وجود منطقة تتسم بالركود النسبي ولكنها ثابتة رغم ذلك، وإلى نقص في القيمة الفعلية لـ rm/w.

جـ ـ يفلت التدفق وعندئذ تصير المنطقة الراكدة غير ثابتة فتضيع الطاقة في صورة دوامات.

د ـ عندما يتقرب المنحنى من تشكيل زاوية قائمة في نهاية الأمر تكون المنطقة المضطربة قد كبرت وبرزت إلى حدٍّ كبير جدًّا.

المصدر:

Bagnold, R. A., (1980), Some Aspects of the Shape of River Meanders, *United States Geological Survey Professional Paper 282-E*, p. 138.

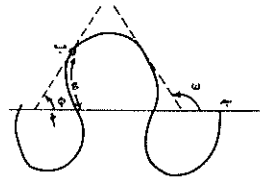
إن الاتجاه نحو التماثل في النسبة بين الانحناء والعرض ratio of curvature to width يجعل كافة الأنهار تبدو متماثلة تمامًا على الخرائط المساحية (planimetric) وحيث يتفحص المرء خريطة مساحية لنهر من الأنهار دون النظر إلى مقياس رسم لخريطة، لا يتضح له لأول وهلة هل النهر من الأنهار الكبيرة أو الصغيرة نظرًا لذلك الاتجاه للتماثل في النسبة بين نصف القطر والعرض بغض النظر عن حجم النهر (Leopold, 1960, p. 774).

هذا وقد وصف لانجبيان وليوبولد (١٩٦٦م) ثنية التعريجة الكاملة meander loop بأنها تشبه منحنى جيب الزاوية Sine-generated curve وقد علّلا ذلك بأنه إحصائيًا فإن هذا المنحنى هو الشكل الأكثر احتمالاً للتعرج لأنه يمثل أقل الأشكال تغييرًا في الاتجاه ومن ثم أقلها استهلاكًا للطاقة leastwork. بناء على ذلك فقد طورا طريقة لتطبيق الشكل الناتج عن المنحنى الجيبي على الشكل الهندسي لتعاريج الأنهار الطبيعية. ويتم رسم هذا المنحنى بالمعادلة التالية:

$$\phi = \omega \sin \frac{s}{M} 2\pi$$

حيث إن (ϕ) هي زاوية انحراف المماس tangent في نهاية مقطع جزئي (s)، و (ω) هي أكبر زاوية انحراف بين مجرى النهر المتعرج ومتوسط اتجاه النهر نحو المصب، و (M) هي جملة طول المجرى خلال تعريجة كاملة (شكل: ٨).

هذا وقد وجدا أن المنحنى الجيبي الناتج عن هذه المعادلة ينطبق بشكل كبير على بعض ثنيات التعاريج الطبيعية وفي شكل (٨) بعض الأمثلة التي ساقاها للتدليل على صحة افتراضهما (Lusting, 1969, p. 52 and Morisawa, 1985, p. 93). ولا شك في أن الظروف الطبيعية المحلية والتغيرات المناخية لا تتيح لنموذج واحد من التعرج ما يجعله ثابتًا لفترة طويلة، فعدم انتظام معظم تعرجات الأنهار يعكس إما وجود موانع محلية أو أن الأنهار نفسها في مرحلة انتقالية نحو التعرج الذي يتخذ شكل منحنى جيب الزاوية الذي ذكر المؤلفان أنه أكثر الأشكال ثباتًا.



$$\phi = \omega \sin \frac{s}{M} 2\pi$$

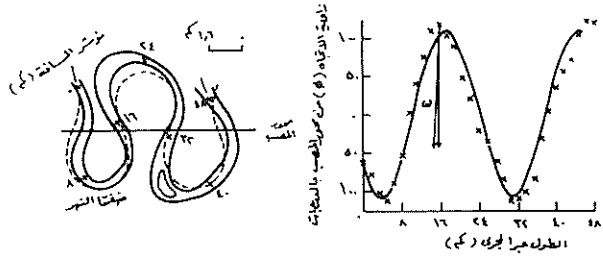
حيث إن ϕ = الزاوية بين خطي التماس عند نقطة (ب) و ا جـ

ω = أكبر زاوية انحراف من خط ا ب، s = مقطع جزئي ا ب

M = جملة طول المجرى خلال تعريجة كاملة.

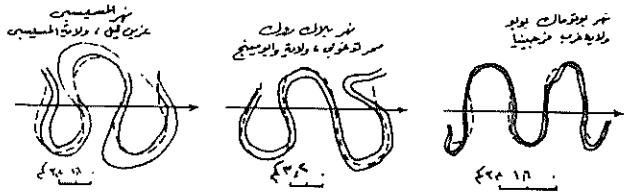
المصـدر:

Morisawa, M., (1985), *Rivers: Form and Process,* Longman, New York, p. 93.



المصـدر:

Morisawa, M., (1985), *Rivers: Form and Process,* Longman, New York, p. 94.



المصـدر:

Lusting, L. K., (1969), Quantitative Analysis of Desert Topography, *in* W. McGinnines, et al., (eds.), *Arid Lands in Perspectives,* University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 45-58.

شكل (٨) أمثلة لكيفية تطبيق مبدأ منحنى جيب الزاوية على التعرجات النهرية.

رابعاً: الأنماط الجيومورفولوجية لظاهرة التعرجات

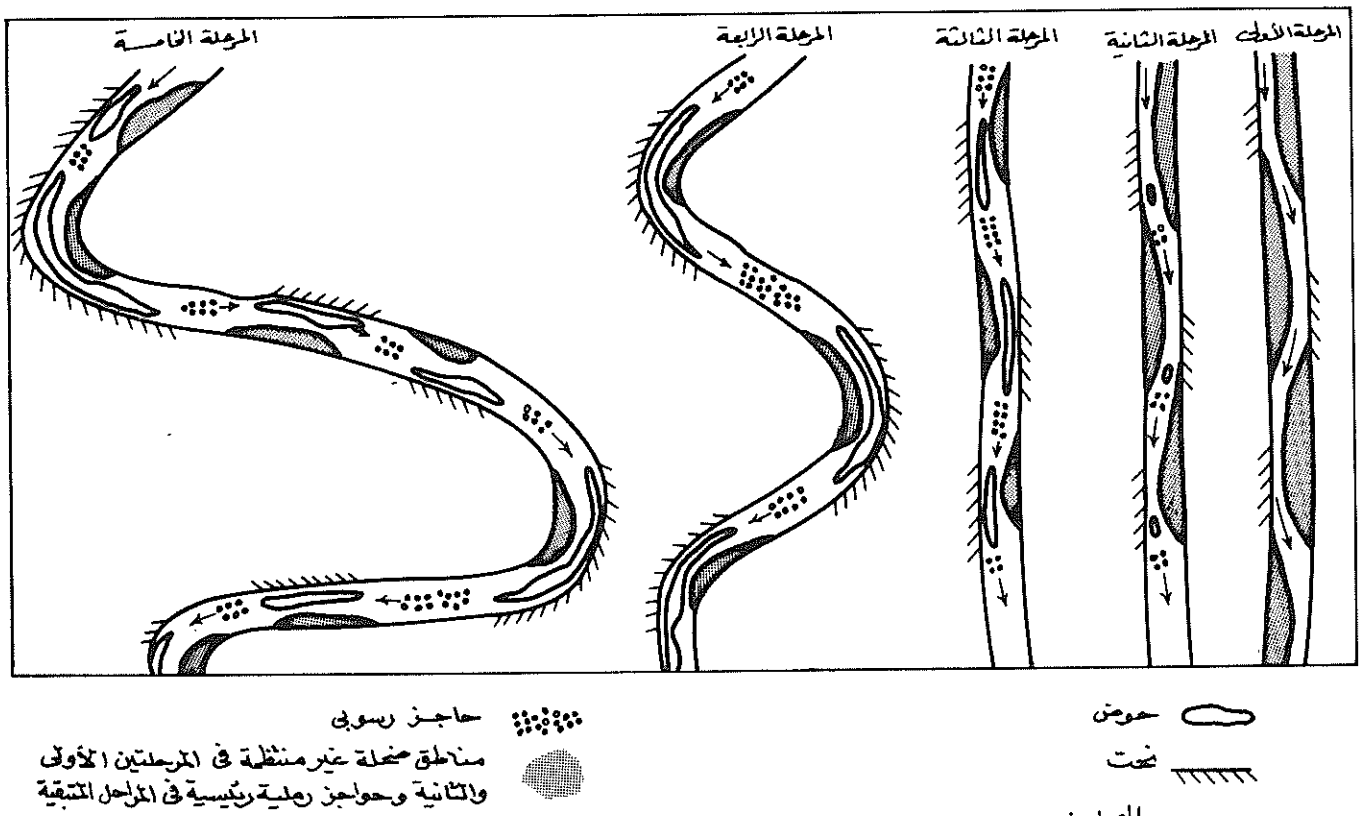
المجاري المائية المتعرجة:

في أحيان كثيرة نجد المجاري المائية تحتوي على تراكمات من مواد في الحوض تسمى عوائق تبادلية alternate bars توجد على التوالي بمجرى النهر على الجانبين. وثمة خط يربط أعمق أجزاء المجرى يسمى خط الوادي talweg ينتقل في القاع إلى الخلف وإلى الأمام، ومن الجانب الأيمن إلى الجانب الأيسر. وفي حالة الأنهار ذات الحمل غير المتجانس يتموج حوض النهر إلى مناطق ضحلة تسمى حواجز رسوبية riffles وإلى مناطق عميقة تسمى أحواضًا pools وهي تواجه الحواجز الرملية وتقع الحواجز الرملية عادة بين حوضين عميقين (الشكل: ٩) (Chorley, 1969, pp. 177-78). والحواجز الرسوبية ليست دائمًا رملية فقد تكون حصوية أو حصبائية أو مختلطة منها جميعًا. ومن أهم العوامل تأثيراً على تأصيل واستمرارية التعرجات في السهول الفيضية على ما يبدو هو ثبات المادة firmness of materials التي في حوض النهر وعلى ضفتيه. ولا بد أن يتوافر لحوض النهر وضفتيه من الثبات ما يتيح للنهر استمرارية انفتاح المجرى، بيد أنه لا بد أن يتمتع بقدر من الليونة أيضًا بحيث تتيسر عملية الحركة والانتقال بالنسبة للمجرى ذاته (Pitty, 1971, p. 276).

ومن الخواص المميزة لعملية التدفق في التعريجة أنه يتسم بجانبية الحركة بصورة محددة وأكيدة، ومن المعروف أن الماء عندما يندفع إلى الضفة الخارجية للنهر في الجزء المقعر من التعريجة يرفع مستواه بصورة طفيفة مما يعطي التدفق حركة دائرية، ويتحرك الماء بطول السطح تجاه الضفة الخارجية التي تتعرض للنحت ثم بطول القاع إلى الحاجز الرملي الرأسي point bar تجاه الضفة الداخلية. وهذه الحركة اللولبية المسماة بالتدفق الحلزوني، تصل إلى أعلى سرعة لها عند الأحواض، ثم تنخفض السرعة في مجرى النهر حتى تتلاشى عند الاقتراب من الحواجز الرملية والحصوية (Ritter, 1978, p. 236). ومن هذه المنطقة إلى التي تليها في تعريجة المجرى تتزايد السرعة مرة أخرى، غير أن الحركة الحلزونية هي عكس الاتجاه السابق لأن التعرج قد غيَّر اتجاهه (انظر شكل: ١).

وتتفاوت درجة السرعة الجانبية ولكنها تكفي لنقل الرواسب التي يتم نحتها من ضفة النهر (Jackson, 1975, pp. 1511-22).

والأنهار المتعرجة تغير وضعها عبر قاع الوادي وذلك عن طريق النحت من الضفاف الخارجية لمنحنيات التعاريج وتقوم في ذات الوقت بالترسيب على الجانب المحدب من الثنيات (انظر شكلي: ١ و٩). وقد أثبت ليوبولد Leopold خلال ثلاثة أعوام من الملاحظة والقياس للمواد المرسبة في واتز برانش Watts Branch أن كمية المواد المترسبة كانت مساوية تقريبًا للكمية المنحوتة (Leopold, 1957, p. 92). ونظرًا لتغيير الأنهار لأوضاعها فإنه ينشأ عنها بعض المشكلات المتعلقة بالملكيات الخاصة إذ أن النهر يجنح إلى النحت من الجانب المقعر من الثنية حيث تتآكل بشكل سريع والإرساب في الجانب المحدب من الثنية حيث تكتسب مساحات جديدة. وفي مصر حاول المسئولون إيجاد حل لهذه المشكلة فقد استمر نهر النيل في مجراه الأدنى ينحت الجوانب المقعرة من الثنيات ويرسب ما ينجم من عمليات النحت عند الجوانب المحدبة. وحسب إحصاء ١٩٥٣م بلغ مقدار ما أكله النهر (٢٥٢٥٧) فدانًا بينما بلغ مقدار ما طرحه (٢٩٣٨٢) فدانًا. والزيادة في الطرح ربما نتجت عن حمولة النهر الإضافية التي تغذّت بها روافده من هضبة الحبشة وغيرها. ولهذا فقد صدر قانون ينظم المسألة سمي «بقانون أكل النهر وطرحه» عام ١٩٥٣م، وفيه يقرر أن المزارعين الذين يتضررون من أكل النهر عليهم تسجيل ذلك حتى يمكن أن يعوضوا من أراضي الطرح في أقرب جهة. وقد تم إنشاء مؤسسة طرح النهر لتعنى بتوزيع أراضي الطرح على صغار المزارعين حيث بلغت الأراضي التي وزعت حتى عام ١٩٦٢م ما مقداره (١٧٥١٥) فدانًا (صفي الدين، ١٩٧١م، ص ص ١٧٦ - ١٧٧). وهذا السجل الإحصائي لما أكله وطرحه نهر النيل يعد مدعمًا لملاحظات ليوبولد السابقة.



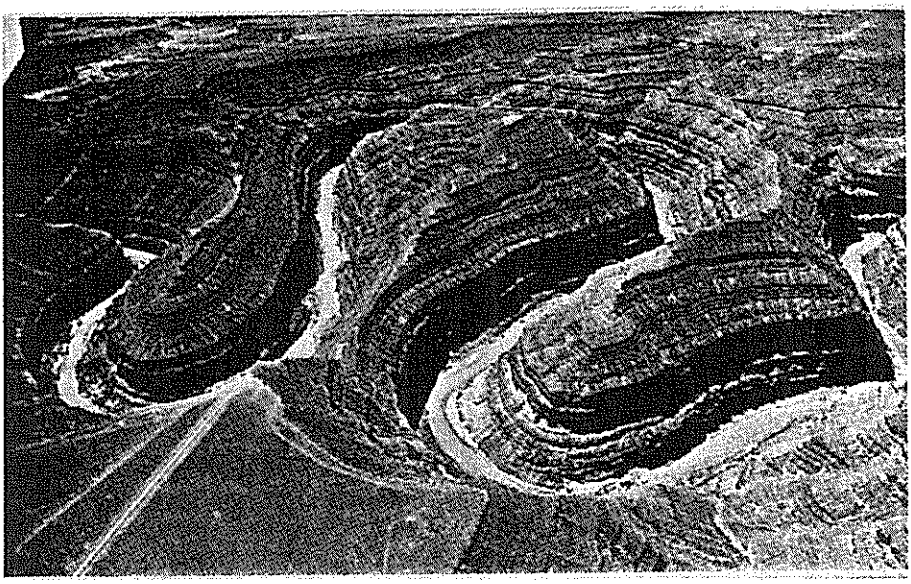
المصدر:

Morisawa, M., (1985), *Rivers: From and Process,* Longmah, New York, p. 89.

شكل (٩) مراحل توضح تحول مجرى مائي غريني من مستقيم إلى متعرج.

التعاريج المعمقة:

لاتزال الأنهار التي تشق منحنياتها المنتظمة في الصخر الصلد incised meanders تمثل مشكلة كبرى في البحث كالأنهار من قبيل نورث فورك North Fork في شيناندواه Shenandoah بفرجينيا Virginia والفرع الشمالي لـ سيسكوهانا Susquehanna بين تانكاهنوك Tankhannock وسكرانتون Scranton في ولاية بنسلفانيا Pennsylvania أو سان جوان San Juan في صخور تكوين يوتاه Utah (صورة : ٢) . فإذا شغلت الصخور عرض النهر كله، لم نجد أثرًا للحواجز الرملية في الجانب المحدب للثنيات . ومن العسير أن نتصور كيف يمكن للمجرى المائي المحافظة على انتظام نموذج تعرجي بينما يشق طريقه وسط طبقات من الصخر الصلد . ونظرًا لهذه الصعوبة لا نجد من الأبحاث التي تعالج هذه الظاهرة إلا القليل النادر. ومع ذلك، فمن المفترض أن النهر ربما بدأ في تعرجاته في الغطاء الرسوبي الذي ربما يكون قد تراكم فوق الطبقات الصخرية الصلدة وعندها يبدأ النهر في النحت المتعمق (Leopold, 1964, pp. 313-4). وهذا يعني أن النهر ربما كان متعرجًا من البداية ولهذا فإنه من المتوقع أن النحت كان موجهًا نحو القاع والجوانب في وقت واحد. كما أن البناء الجيولوجي له أثر كبير في الشكل الذي يتخذه مجرى النهر في مثل هذه الحالة فوجود الفواصل في منطقة ما قد يؤدي إلى جعلها سهلة النحت مما يجعل نمو التعريجة يسير في اتجاه الفواصل، ولهذا فإن الثنيات تنزع إلى الانحناء بزاوية قائمة كما هي الحال في الفواصل . وخلافًا لعملية التعرج المعتادة فإن التعرج المعمق يجنح إلى وجود أجزاء مستقيمة طويلة من المجرى ثم نفاجأ بانحناء النهر حوالي ١٨٠°م، كما أن كل تعريجة تختلف عن الأخرى من حيث مدى اتساع التعريجة (Morisawa, 1985, p. 103). وليس من الضروري أن تلتقي الفواصل أو تتقاطع في زوايا قائمة تجعل الأنهار والأودية تجنح إلى الانحناء بزاوية قائمة، وإنما ترتبط اتجاهات الانحناءات بالثنية بالاتجاهات الأكثر سيادة للفواصل .



صورة (٢) ثنيات عديدة في الصخور يقوم بها نهر سان جوان قرب مكسيكان هت في ولاية يوتاه.

المصدر:

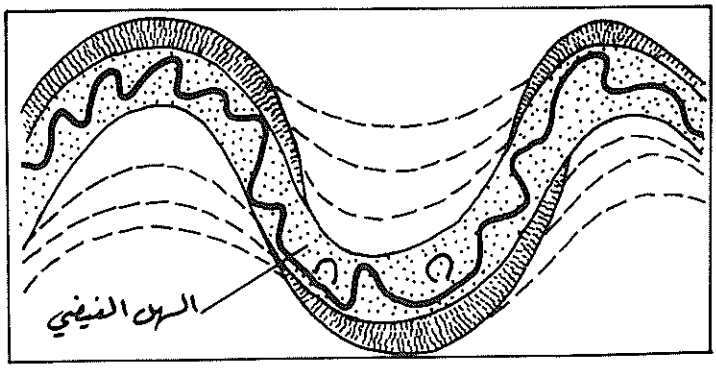
Chang, Howard H., (1988), *Fluvial Processes in River Engineering*, John Willey & Sons, New York, p. 27.

الأنهار والأودية الضامرة:

لقد لاحظ الجيومورفولوجيون أن بعض مجاري الأنهار لا تتناسب مع حجم الأودية التي تشغلها ولقد اصطلحوا على تسميتها بالأنهار الضامرة misfit streams ، وقد يكون تعرج النهر صغيراً جدًّا على حجم الوادي فيسمونه بالنهر العاجز أو الضامر underfit stream. وبما أن الأنهار تحاول جاهدة الوصول إلى حالة من الاتزان بين حجم التصريف والإرسابات المنقولة وبين شكل المجرى فإن أي تغير في هذه العلاقة يحدث تغيرات في شكل المجرى. وقد استخدمنا في هذا البحث مصطلح «الوادي الضامر» استقاء من البحوث التي أجريت على الأنهار دائمة الجريان، ورغم مخالفة بعض الجيومورفولوجيين لهذا الاتجاه فإن مما يبرر عملنا هذا هو أن الضمور في كلتا الحالتين ناتج عن نقص في حجم التصريف. وبما أن الأودية الرئيسية في المملكة العربية السعودية كانت أنهارًا تجري عبر مجاري محددة واضحة المعالم والسمات عندما

كانت شبه الجزيرة العربية تعيش فترة رطبة (انظر الوليعي، ١٤٠٨هـ)، فإن وضعها الحالي كأودية جافة غير منتظمة الجريان جعل السيول الحالية لا تنحدر في المجرى القديم نفسه، بل تحفر مجرى جديدًا في الرواسب السميكة في بطون هذه الأودية. ومن هنا جاء وصفها بالضمور.

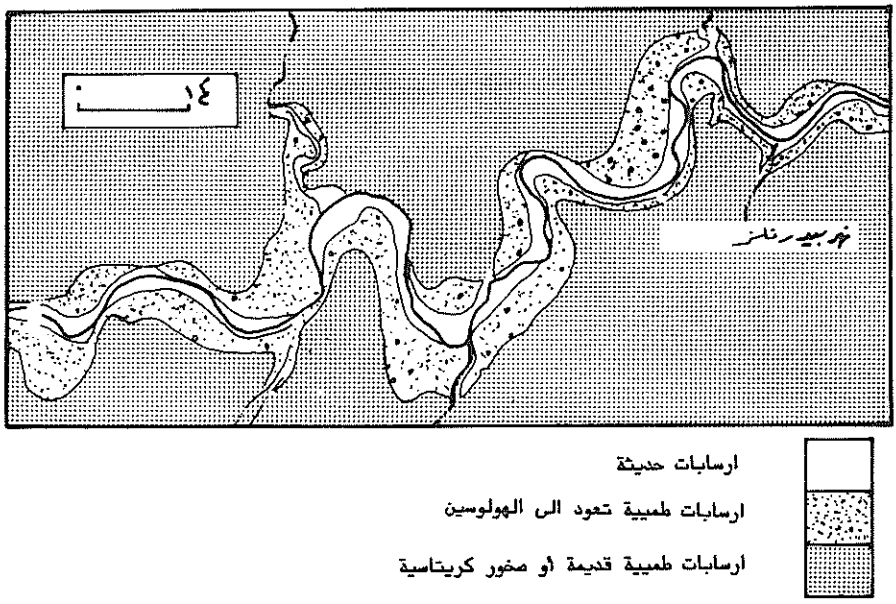
ويعتقد دوري Dury (١٩٧٧م) أن سبب ضمور الأنهار هو الاختلاف في تصريف النهر عما كان عليه في السابق. وهذا لا يمكن تفسيره إلا عن طريق تغير المناخ، فقد كانت الأمطار في معظم فترات البلايستوسين أكثر مما هي عليه الآن. وهو يرى أن الأودية المتعرجة بصفة عامة تم شقها بواسطة أنهار أكبر من الأنهار الحالية التي تجري فيها (شكل: ١٠). ولا شك أن هذه الأنهار الكبيرة قد تركت آثارها ظاهرة وواضحة؛ وهي ترجع في معظمها إلى عصر البلايستوسين عندما كان المناخ أكثر رطوبة، بالإضافة إلى ما تحصل عليه من الجليد الذائب (Leopold, et al., 1964, pp. 310-11). وقد لوحظ أن طول موجة تعريجة أودية الأنهار التي تم شقها في ظروف مناخية مختلفة ذات تصريف أكبر تعادل خمسة إلى عشرة أمثال طول موجة تعريجة الأنهار الضامرة التي تجري في هذه الأودية (Chorley, 1977, p. 186). ومن الأمثلة الكثيرة على ذلك نجد أن نهر بديرنيلز Pedernales في وسط تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية كان في الفترة ما بين ٤٥٠٠ إلى ١٠٠٠ سنة قبل وقتنا الحاضر نهرا نشيطا محملا بالرواسب الطمية وذا مجرى مملوءا بالحصى، وكانت نسبة العرض للعمق تبلغ ٣٥. ومنذ الألف سنة الأخيرة أصبح نهر بديرنيلز نهرا ضامرا نتيجة لتغير في المناخ فقد بدأ بحفر مجراه وصغرت نسبة العرض للعمق لتصبح ١٢ فقط، مع إرسابات ناعمة (شكل ١١). وقد أظهرت دراسة هذا النهر التي قام بها كل من بلوم وفالاسترو أن التغيرات المناخية مهما كان حجمها تستجيب لها الأنهار بتغيير نظمها النهرية وإن لم تكن بمثل التغيرات المناخية التي حدثت أثناء عصر البلايستوسين، فقد وجدا أن نهر بديرنيلز أصبح ضامرا نتيجة لتغير المناخ في الهولوسين (Blum and Salvatore, 1989).



شكل (١٠) شكل يبين حالة الأنهار الضامرة.

المصـدر:

Dury, G.H., (1977), Relation of Morphology to Runoff Frequency, in R. Chorley, (ed.), *Introduction to Fluvial Processes,* Methuen & Co. Ltd., London, pp. 177-188.



شكل (١١) صورة تبين حالة نهر بيدرنلز الضامر.

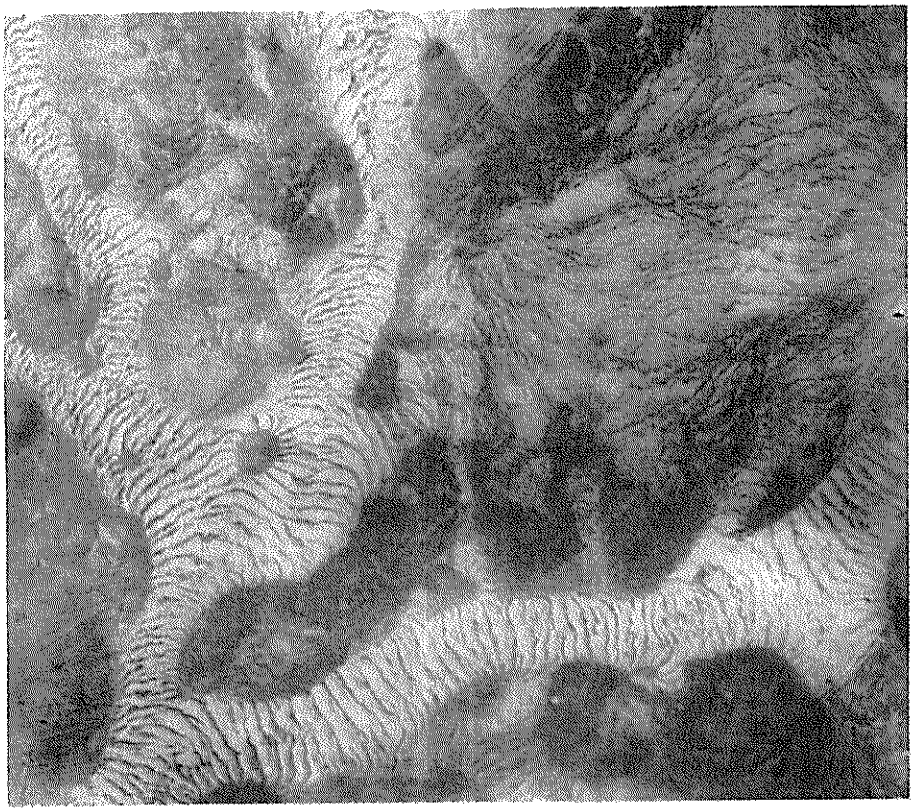
المصـدر:

Blum, M., and Salvatore, V., (1989), Response of the Pedernales of Central Texas to Late Holocene climatic change, *The Annals of the Association of American Geographers,* vol. 79 (3), pp. 435-456.

الأودية المقلوبة:

توجد في مناطق عديدة من الكرة الأرضية بقايا لبعض الظاهرات الجيومورفولوجية التي ليس لها صلة بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة في الوقت الحاضر وذلك مثل بقايا الركامات الجليدية التي تعود إلى فترات الجليد في عصر البلايستوسين في الزمن الرابع في شمال أوربا وشمال أمريكا. وفي المناطق الجافة توجد قشرة جيرية متصلبة duricrust تعود إلى تجمع المياه في منطقة ثم تبخرها بعد سحبها عبر الحاسة الشعرية، وبعد الجفاف تتكون هذه السطوح الصلبة. وقد وجد بعض الجيمورفولوجيين المهتمين بالجيمورفولوجيا التاريخية Paleogeomorphology بعض الآثار لشبكات تصريف قديمة كانت تجري خلال الفترات المطيرة التي سادت المناطق الجافة خلال عصورها الطويلة. وقد وجدت أمثلة لهذه الشبكات النهرية في صحراء سوريا (صورة ٣) (Wright, 1958) ، وفي الصحراء الكبرى في المغرب والجزائر وليبيا (Condora, 1963). وتبدو شبكات التصريف هذه لمن يشاهدها وكأنها ضلوع (تلال) إذ أن ما حولها قد حولته التعرية الهوائية والمائية أثناء عصور الجفاف إلى أرض منخفضة بينما بقيت بطون الأودية قائمة، وهي تمثل طبقة قشرة نتراتية (كلسية) Caliche صلبة قاومت عمليات التعرية فبقيت قائمة (انظر Thornbury, 1969, p. 512). ولكن كيف تكونت هذه القشرة الكلسية؟ يرى ميلر (Miller, 1937) وجلين (Glennie, 1970) أنها تكونت عن طريق تبخر المياه الجوفية المسحوبة للسطح عن طريق الحاسة الشعرية وترسب المادة الكلسية في المكان الذي تتوافر به أكبر كمية من المياه الجوفية وهي مجاري الأودية. وقد تصلبت هذه القشرة مع ازدياد الجفاف وشكلت صخورا صلبة مقاومة للتعرية. ومع الوقت نجحت عوامل التعرية المختلفة من إزاحة ما بين مجاري الأودية تاركة إياها واقفة وكأنها تلال وضلوع. ويرى مصطفى أن العمليات المسئولة عن تكوين القشرة تتطلب ظروفا مناخية خاصة، فالقشرة تتكون من نطاقين: نطاق سفلي تكون خلال ظروف رطبة يتم فيها تجميع كربونات الكالسيوم، ونطاق علوي تتراكم فيه كربونات الكالسيوم تحت الظروف نفسها ثم تتصلب وتتماسك في ظل ظروف جافة (مصطفى، ١٩٨٢م، ص٧٧). وقد قدر جودي Goudie كمية المطر السنوي اللازمة لتكوين هذه القشرة بحوالي ٢٠٠ إلى ٦٠٠ مللمتر، ولكن جيمس James يرى أن كمية

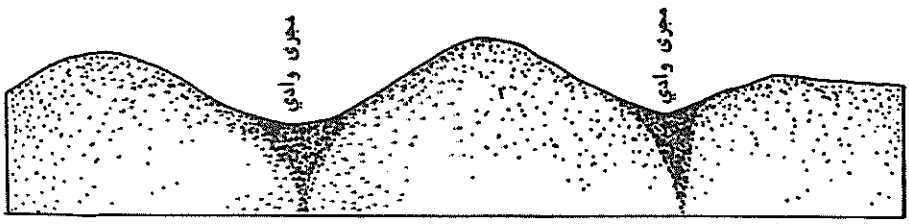
المطر ينبغي أن تكون أكبر من ذلك، مع ضرورة أن يفوق متوسط البخر السنوي كمية الأمطار الساقطة، وقد انتهى تشابمان Chapman إلى النتيجة نفسها بعد دراسته لمنطقة شدقم بالقرب من الخفوف (شكل ١٢).



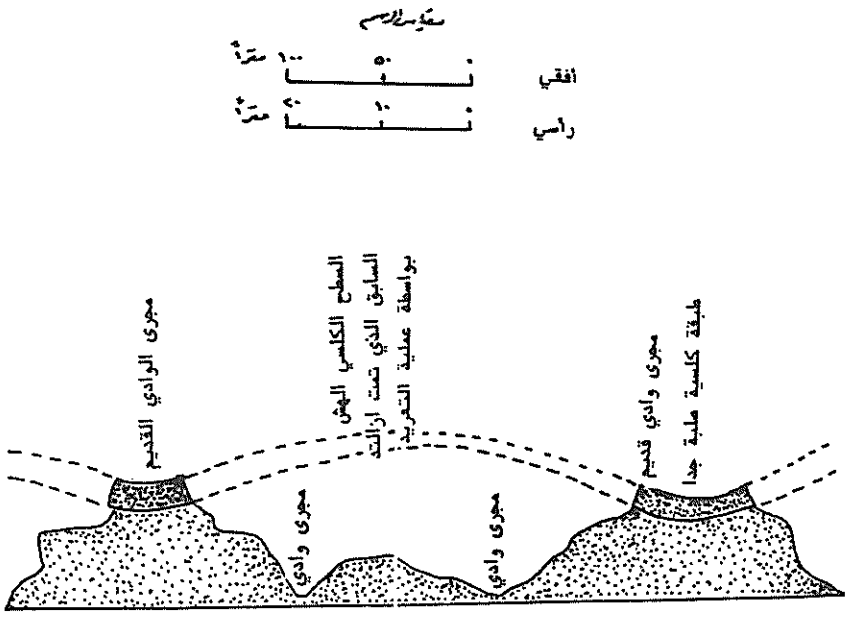
صورة (٣) الشبكة النهرية القديمة في وادي حوران بصحراء غرب العراق، قرب مدينة الرطبة.

المصـــدر:

Wright, H.E., Jr., (1958), An extinct wadi system in the Syrian Desert, *Journal of Research Council of Israel,* vol. 7G, pp. 53-59.



(١) الوضع السابق



(٢) الوضع الحالي

شكل (١٢) مراحل تطور الأودية المقلوبة.

المصـــدر: معدل جزئيًا عن:

Miller, Robert P., (1937), Drainage lined in bas-relief, *Journal of Geology*, vol. 45 (4), pp. 432-438.

وهناك أسماء عديدة أطلقت على مثل هذه الظاهرة من قبل باحثين عدة، فقد سماها ميلر (Miller, 1937) في شبه الجزيرة العربية شبكة المجاري الشجرية المعلقة "Suspended dendritic drainage" وسماها رايت (Wright, 1958) في صحراء سوريا بالأودية المنقرضة "extinct wadis" ، بينما سماها كوندورا (Condora, 1963) في الصحراء الكبرى بالمجاري الحفرية "fossil drainage" ، وسماها بوتزر وهانسن (Butzer & Han-sen, 1968) في مصر بالأودية الضلعية Wadi ridges والأودية الجاثمة perched wadis ، وسماها جلين (Glennie, 1970) في سلطنة عمان ودولة الإمارات العربية المتحدة بضلوع حصى الأودية البلايستوسينية (؟) المنبوشة ridges of exhumed Pleistocene wadi gravels (?) ، كما ذكرت ميزيل Maizels أسماء أخرى مثل التي ذكرها كنج (King, 1942) في جنوب أفريقيا وسماها بالضلوع المغطاة بحصى دولومايتي gravel-capped dolomite ridges ، والتي ذكرها كنتش (Knetsch, 1954) في شرق المملكة العربية السعودية وسماها الاسكرات الكاذبة pseudo-eskers ، وسمتها جوديت ميزيل (Maizels, 1988) بالمجاري المرفوعة "raised channels". وكل الأسماء السابقة تصف ظاهرة واحدة وتؤدي الغرض الذي صيغت من أجله. وفي هذه الدراسة اقترح اسم جديد لها هو الأودية المقلوبة "inverted wadis". فهي فعلا قد انقلب وضعها في بيئتها فأصبحت ضلوعا مرتفعة بينما تجري من حولها أودية جافة عديدة.

خامسا: نماذج جيومورفولوجية تطبيقية لظاهرة التعرجات لبعض أودية المملكة الجافة

الأودية الجافة:

لا تشذ الأودية الصحراوية في المناطق الجافة عما يحدث في الأنهار دائمة الجريان فنجد فيها ظاهرات التعرج بدرجاته المختلفة (صورة ٤)، والسهول الفيضية ذات المصطبات التي تعد عادة دليلا على تغير في المناخ، كما نجد فيها أمثلة للأودية الضامرة misfit streams التي لا تكفي كمية المياه الجارية فيها حاليا لملء مجاريها السابقة فتكتفي بالجريان داخل الوادي تاركة آثار المجرى السابق واضحة، مما يعد أيضا دليلا على تغير

في المناخ. وينبغي ألا يفهم من هذا أننا نقارن بين مجاري المياه في الأودية الجافة، وهي مجار غير دائمة الجريان، وبين المجاري النهرية دائمة الجريان. فمن المعروف أن النظام الهيدرولوجي وخصائص التدفق وقياسات التعرج في كل منهما مختلفة عن الأخرى، وإنما هدفنا من مقارنتهما هو مناقشة ظاهرة التعرج التي تتبعها كل أنظمة السوائل بما فيها الأودية الصحراوية الجافة. وبعد مراجعة لمجموعة من الصور الجوية تم اختيار مجموعة أودية في المملكة العربية السعودية من الدرع العربي الذي يتميز بصخوره النارية والمتحولة ومن الرف العربي الذي تسود فيه الصخور الرسوبية وذلك كأودية ممثلة للأودية الجافة المتعرجة. وفيما يلي استعراض لها مع شرح لطبيعة المجرى الجيولوجية والطبوغرافية.

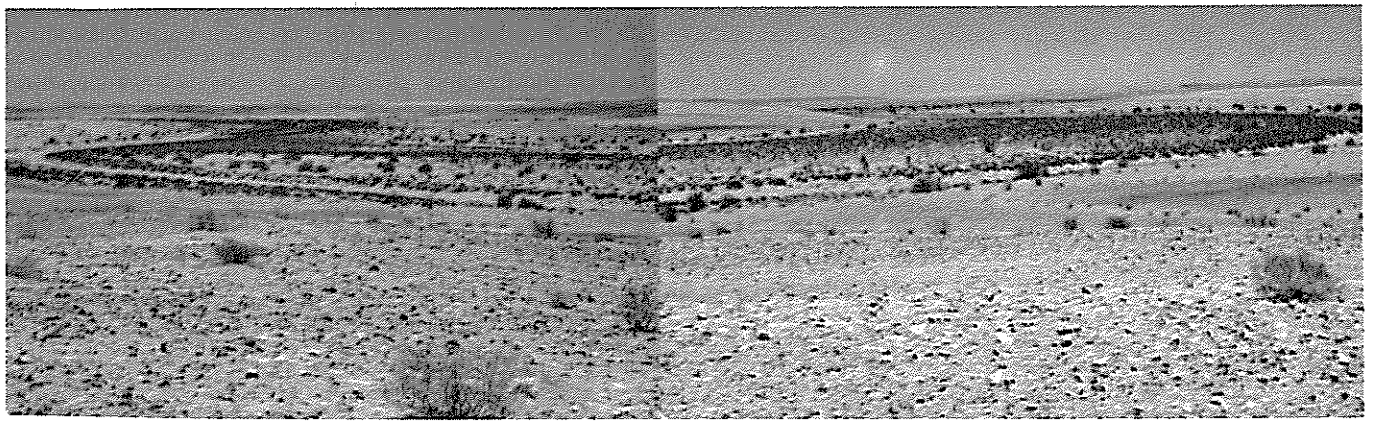
١ ـ وادي ضم

التكوين الجيولوجي:

يجري وادي ضم من خط طول ٣٦° شرقا في أرض تتكون في مجملها من تكوين تبوك الذي يشتمل في معظمه على الحجر الرملي الباليوزوي (أردوفيشي أدنى إلى ديفوني أدنى) ذي الألوان المتعددة والنسيج المتنوع. ويغطي هذا التكوين مجموعات من الرواسب السطحية مثل الطمي والحصى وبعض الرواسب الشبيهة بكربونات الكلس التي تحمل الجص في بعض المنخفضات رديئة التصريف. ومن أكبر مناطق توضعات الطمي هو قاع شروراء الذي ينتهي به وادي ضم (شكل ١٣ ب) (الخريطة الجيولوجية رقم I ـ ٢٠٠ A).

الموقع والسمات الطبوغرافية:

يجري وادي ضم في سهل واسع بعد أن ينحدر وفروعه من جبال مويرغات مصري (١١١٤ مترا) وجبال البيدي (٩٦١ مترا) وجبال أم جبا (١٠٠٨ مترات)، ويتجه في مساره نحو الشمال الشرقي في مجرى متعرج حتى تصده جبال شروراء عند خط طول ٣٠′ ٣٦° شرقا فيغير اتجاهه إلى الجنوب الشرقي باتجاه قاع شروراء حيث ينتهي هناك. ويقطع مجراه الطريق المزفت الذي يربط تبوك بحالة عمار شمال مدينة تبوك بحوالي ٢٥ كيلومترا (شكل ١٣أ).



صورة (٤): ثنية عظيمة في وادي الرشيدة جنوب حرة الحرة (الموقع ٤١" ٣٢ ' ٣٠° شمالا و٥٧" ٥٢ ' ٣٨° شرقا).

هذا ويبلغ معدل انحدار الجزء الواقع بين خط طول ٣٦° ٠٠ ٠٥ شرقا ونهاية المجرى حوالي ٢٦٦/١ مترا. فمن خلال شكل (١٣ج) الذي يوضح قطاعا طوليا في مجري الوادي وشكل (١٣د) يتضح أن طول المجرى الذي تم قياسه يبلغ ٥٣,٢٥ كم. ومن هنا فقد تم حساب معدل الانحدار بقسمة الفاصل الرأسي على المسافة الأفقية. ومن خلال هذا المعدل فإنه يمكن القول إنه انحدار بسيط وبطيء بحيث لا يكاد يُشعَر به من خلال التفحص المجرد للمجرى.

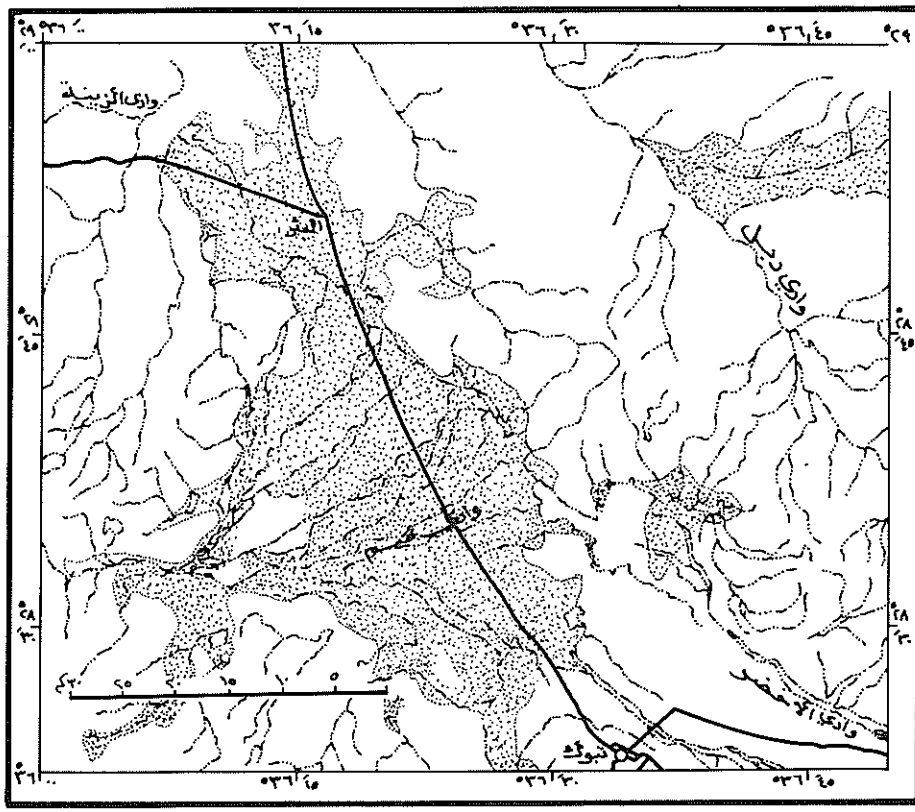
ومن خلال شكل (١٣د) الذي تم رسمه من الصورة الجوية رقم (١) في الملحق فقد أمكن استخراج بعض القياسات اللازمة لاستخراج مؤشر التعرج وطول الموجة، وذلك كما يلي:

- طول المجرى = ٥٣,٢٥ كم
- طول محور التصريف = ٤٢,٠٠ كم
- مؤشر التعرج = ١,٢٦٨ كم
- متوسط طول الموجة = ٨٥٠ مترا[1]

ومن خلال مؤشر التعرج هذا يمكن القول أن وادي ضم من نوع المجاري المتعرجة الانتقالية حسب تصنيف شوم Schumm السالف الذكر الذي ورد فيه أن المجاري الانتقالية هي التي يبلغ فيها مؤشر التعرج (١,٢). وبما أن وادي ضم بلغ مؤشر تعرجه حوالي (١,٣) فإنه فعلا في مرحلة انتقالية يتوقع أن يصل بعد فترة ليست بالبعيدة إلى مرحلة المجرى المتعرج المنتظم التي يصل فيه مؤشر التعرج إلى (١,٥).

---

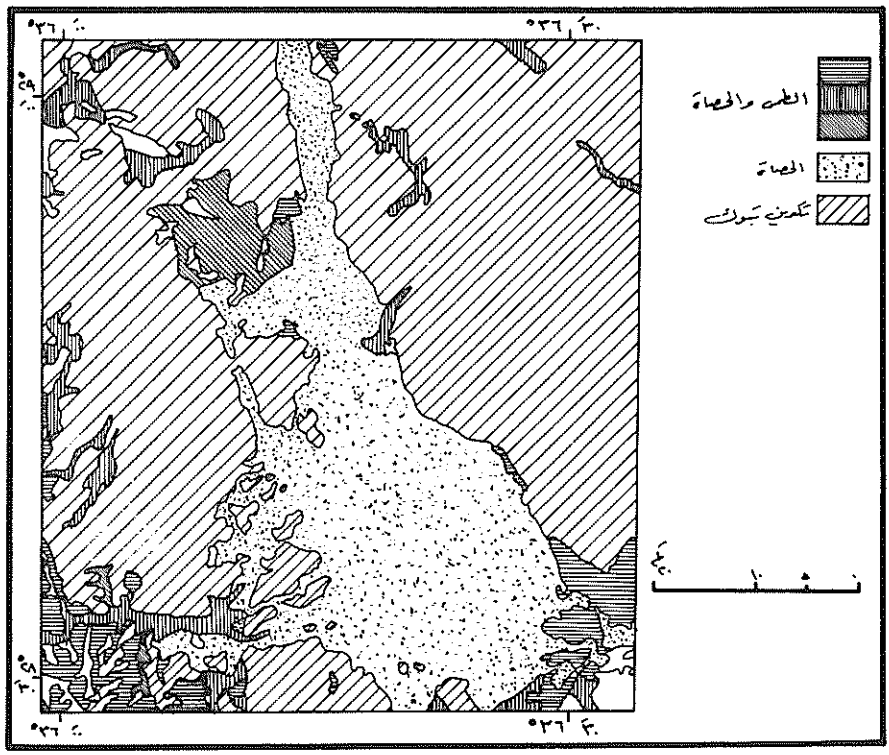
(١) لمعرفة كيف تم حساب هذه المؤشرات يرجى الرجوع إلى موضوع قياس الأنهار المتعرجة في هذا البحث.



شكل (١٣ ا): السمات الطبوغرافية لوادي ضم.

المصـــدر:

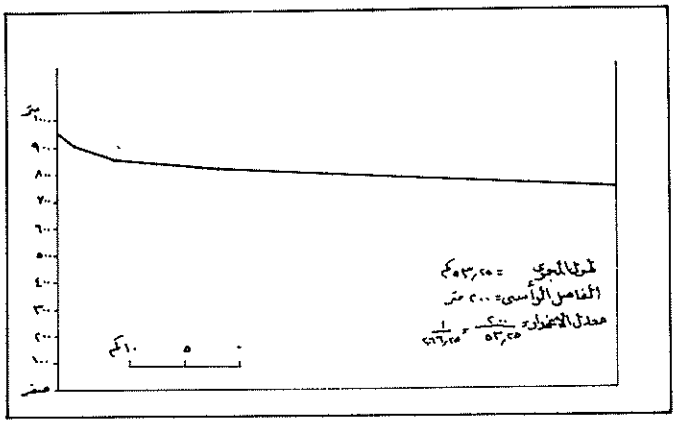
إدارة المساحة الجوية (١٩٧٠م)، *لوحة تبوك مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ١٣ ـ NH ٣٧*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



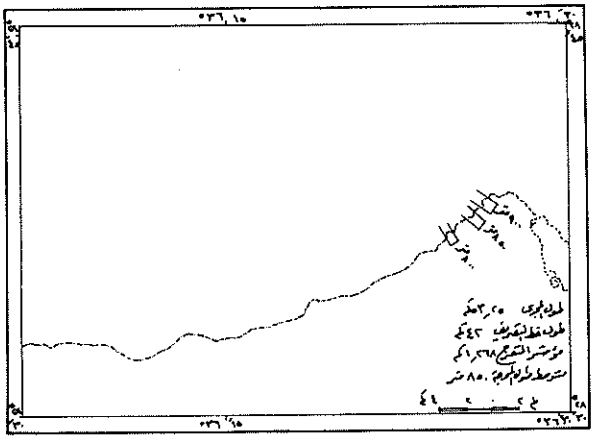
شكل (١٣ ب): السمات الجيولوجية لوادي ضم.

المصـــدر:

وزارة البترول والثروة المعدنية (١٩٦٣م)، *الخريطة الجيولوجية لوادي السرحان مقاس ١/٥٠٠٠٠٠* رقم *A* ٢٠٠ ـ *I*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



شكل (١٣ جـ):



من عمل الباحث

شكل (١٣ د):

٢ ـ واديا دابس وأبونجيلة:

التكوين الجيولوجي:

يجري واديا دابس وأبونجيلة في أرض تكوينها الجيولوجي بسيط فهو يتكون من الحجر الرملي العائد لتكوين تبوك، وهو ذو ألوان متعددة ونسيج متنوع من ناعم إلى خشن. وفي الشمال الشرقي لمجرى وادي أبونجيلة يوجد عضو حجر رملي الطويل التابع لتكوين تبوك والذي يحتل قمة التكوين. كما توجد بعض الرواسب الطينية والحصى وبعض الرمال المنقولة بواسطة الرياح في أماكن متفرقة على طول مجراهما (انظر شكل ١٤ب) (الخريطة الجيولوجيةرقم A ٢٠٠ ـ I).

الموقع والسمات الطبوغرافية:

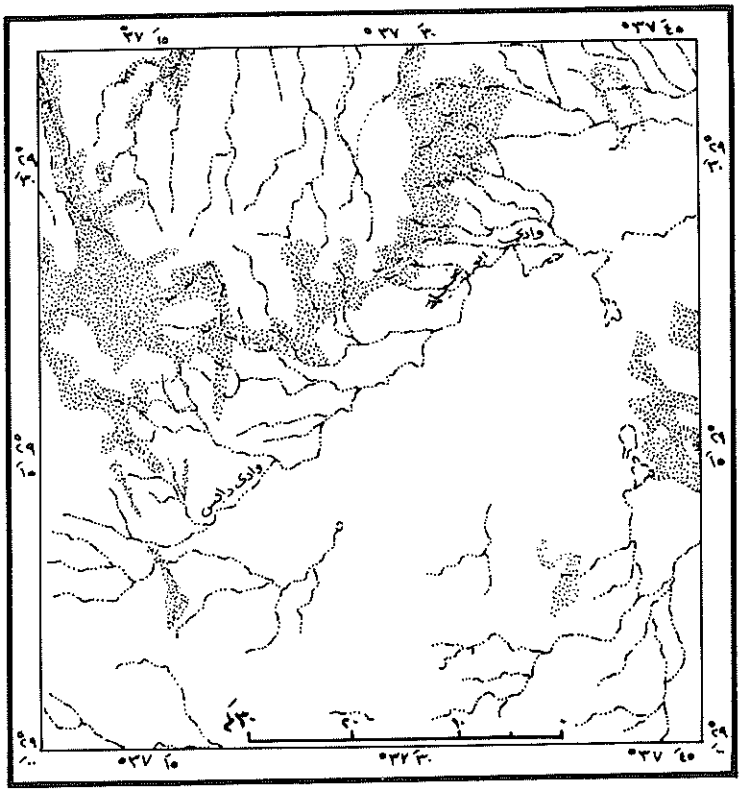
ينحدر وادي دابس من جبال دابس (١١١٥م) ويجري باتجاه الشمال الشرقي بمحاذاة الحافة الجنوبية لجبال الطبيق وجبال الشهيباء التي تنحدر منها روافد عديدة تغذي هذا الوادي. ويلتقي وادي دابس مع وادي أبونجيلة شرق خط طول ٣٠ ′ ٣٧° شرقا ليكونا واديا واحدا يستمر في اتجاهه نحو الشمال الشرقي حتى ينتهي عند بئر البديعة عند خط طول ٤٥ ′ ٣٧° شرقا وخط عرض ٢٥ ′ ٢٩° شمالا (شكل ١٤أ).

هذا ويبلغ معدل انحدار مجرى الواديين حوالي ١/ ١٤٠ مترا، إذ أن طول المجرى الذي تم رسم قطاع طولي له بلغ ٥٦ كم والفاصل الرأسي حوالي ٤٠٠ متر. ومعدل انحدار الواديين بسيط فهما يجريان في سهل منبسط كبير لا يقطع رتابته سوى مشارف جبال الطبيق إلى الشمال منه (شكل ١٤ج).

وقد تم رسم شكل (١٤ د) من الصورة الجوية رقم (٢) وأخذت بعض القياسات اللازمة لمعرفة مؤشر التعرج وطول الموجة كما يلي:

ـ طول المجرى = ٥٦,٠٠ كم
ـ طول محور التصريف = ٤٩,٠٠ كم
ـ مؤشر التعرج = ١,١٦١ كم
ـ متوسط طول الموجة = ٧١٧ مترا

ومن خلال هذا المؤشر لواديي دابس وأبونجيلة الذي بلغ حوالي ١,١٦١ فإنهما يقعـان ضمن المجـاري الانتقالية حسب تصنيف شوم Schumm. ونتوقع أنه في فترة لاحقة قد تكون فيها نسبة ما يسقط من الأمطار أكثر مما يسقط الآن ستزيد نسبة تعرج هذه الأودية بسهولة فهي تجري في سهول ليس من الصعب عليها توسيع مجاريها عن طريق الحت الجانبي ومن ثم زيادة طول موجة التعريجة.

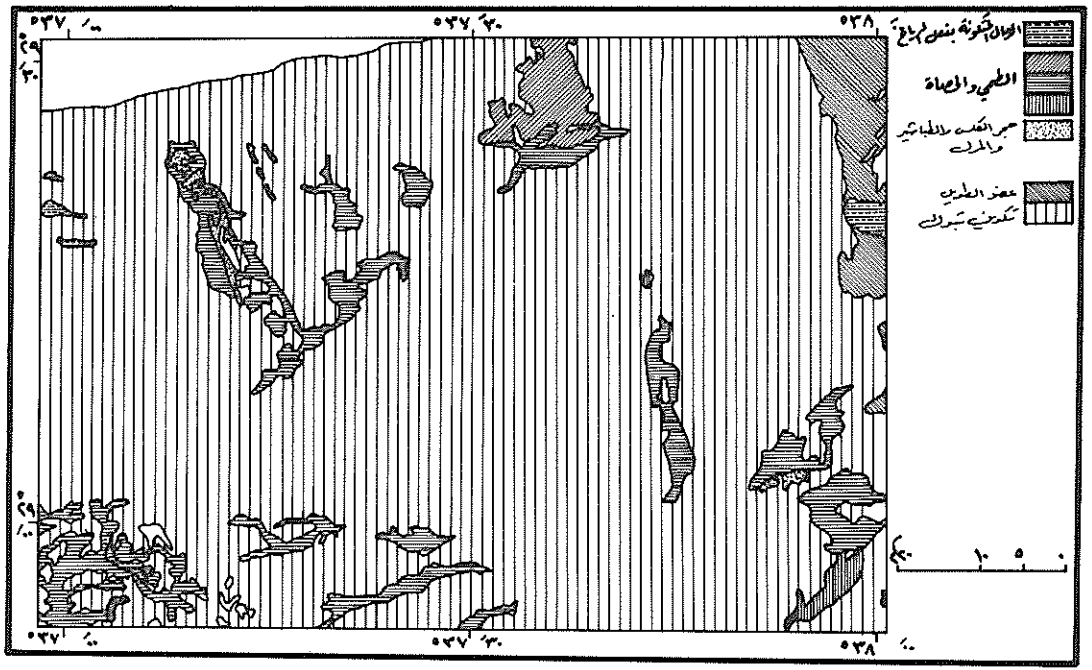


شكل (١٤ أ) السمات الطبوغرافية لواديي دابس وأبو نجيلة.

المصـدر:

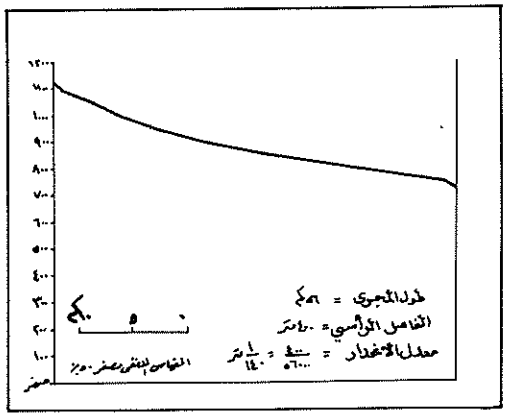
إدارة المساحة الجوية، (١٩٧٠م)، *لوحة جبال الطبيق مقاس ١/٢٥٠٠٠٠* رقم ٩ ـ *NH ٣٧*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

إدارة المساحة الجوية، (١٩٧٠م)، *لوحة البسيطاء مقاس ١/٢٥٠٠٠٠* رقم ١٠ ـ *NH ٣٧*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

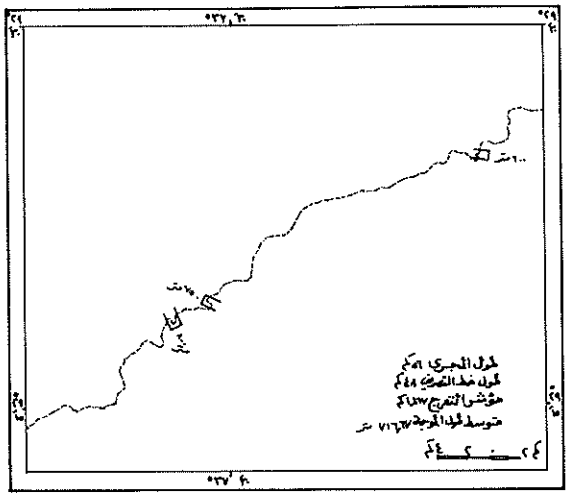


شكل (١٤ب) السمات الجيولوجية لواديي دابس وأبو نجيلة.

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٦٣م)، *الخريطة الجيولوجية لوادي السرحان مقاس* ١/٥٠٠٠٠٠ رقم *A* ٠٠ ـ *I*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



شكل (١٤ جـ)



شكل (١٤ د)

٣ ـ شعبان جعلة:

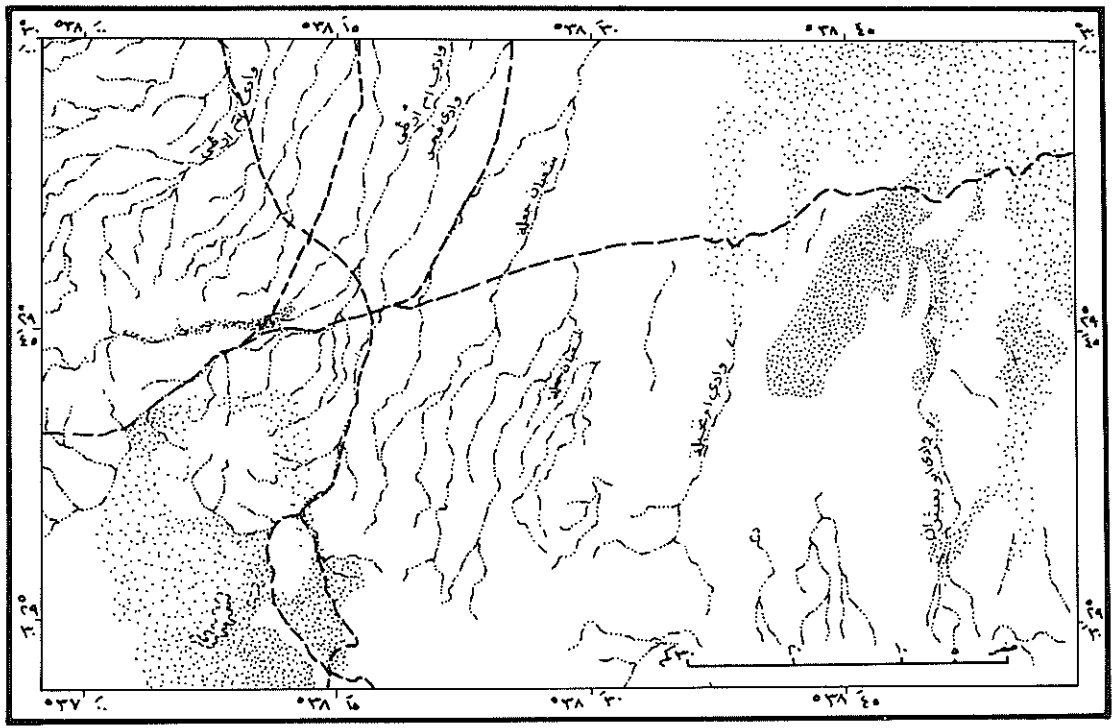
التكـوين الجيولوجي:

تجري شعبان جعلة في منطقة البسيطاء في أرض منبسطة من نوع الحماد وهي سهول حصوية اشتقت من الصخور المجاورة والظاهرة فوق سطح الأرض. وتتكون جبـال جعلة وجعلة السوداء التي تنحدر منها بعض الشعبان في جزء منها من الحجر الرملي التابع لعضو الطويل الذي يحتل قمة تكوين تبوك، أما جبال الشهباء التي تبدأ منها أعالي الشعبان فهي من حجر الكلس والطباشير العائد للعصر الأيوسيني من الزمن الثلاثي. ويوجد في أماكن متفرقة من المنطقة خاصة المنخفضة بعض إرسابات الرمال المتكونة بفعل الرياح (شكل: ١٥ب) (الخريطة الجيولوجية رقم A ٢٠٠ ـ I).

الموقع والسمات الطبوغرافية:

تنحدر شعبان جعلة من جبال جعلة السوداء (٨٠٣م) وجعلة الشهباء وجبال الجعلة (٧٧٦م) وتسير في اتجاه شمالي مع انحناء ناحية الشرق في مجرى متعرج حتى تنتهي شمال خط عرض ٣٠° شمالاً. هذا ويحاذيها من جهة الغرب وادي فجر المشهور في المنطقة الشمالية فهو طريق مشهور كان يسلكه المسافرون من تيماء شمالاً (شكل: ١٥أ).

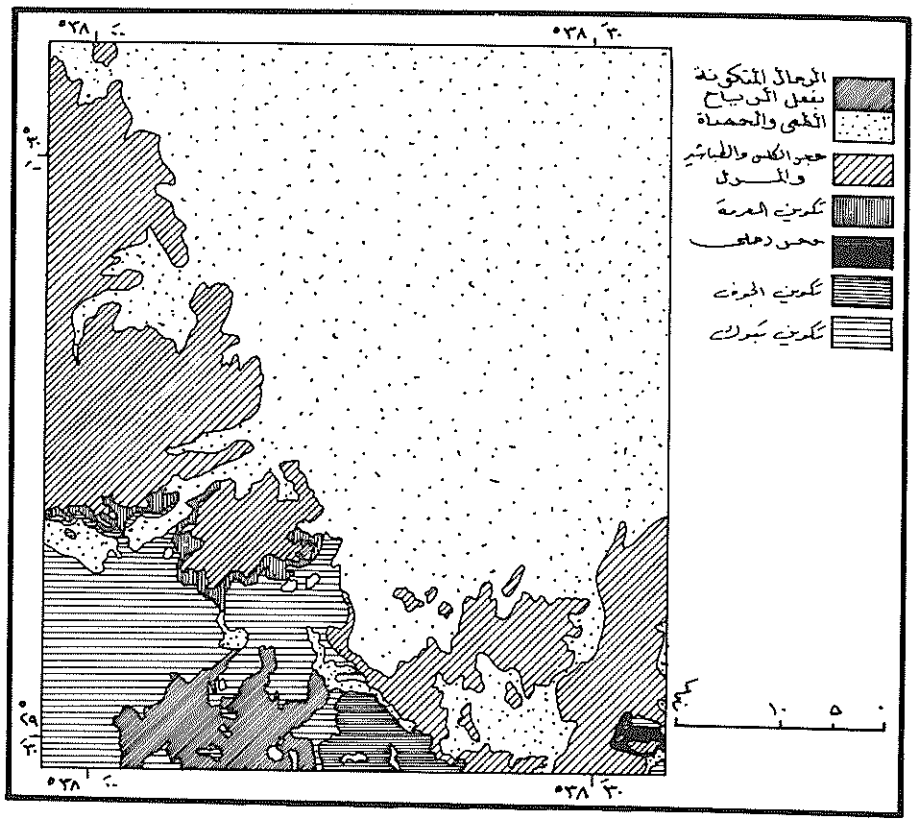
وقـد بلغ معـدل الانحدار لشعبان جعلة من خلال القطاع الطولي للمجرى (شكل: ١٥ج) حوالي ١/ ٢٩٠ مترًا، وبلغ طول المجرى الذي تمَّ التعامل معه حوالي ٥٨كم وطول محور التصريف ٥٠كم ومن هنا فقد تم استخراج مؤشر التعرج الذي بلغ ١,١٦، ومتـوسط طول المـوجـة ٨٨٧,٥ مترًا. وشعبان جعلة بهذا تشبه في سماتها الطبوغرافية واديي دابس وأبو نجيلة فمؤشر تعرجهما متطابق حوالي (١,١٦). فكلها تجري في سهول منبسطة ذات انحدار بطيء وخالية من أية مؤثرات جيولوجية بنوية كالصدوع والدحول وغيرها من الظاهرات الكارستية التي تؤثِّر في استمرار تدفق الأودية.



شكل (١٥ أ) السمات الطبوغرافية لشعبان جعلة.

المصـدر:

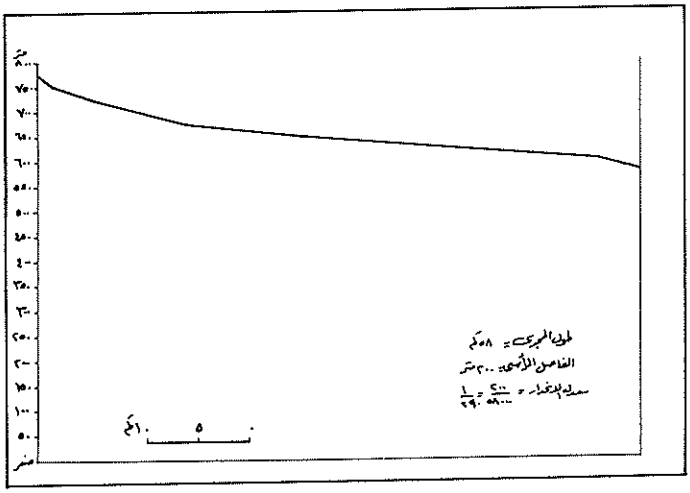
إدارة المساحة الجوية، (١٩٧٠م)، *لوحة البسيطاء* مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ١٠ ـ ٣٧ *NH* ، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



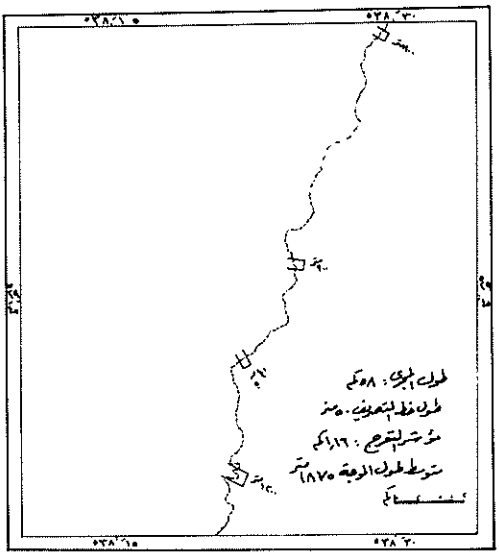
شكل (١٥ب) السمات الجيولوجية لشعبان جعلة.

المصدر:

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٦٣م)، *الخريطة الجيولوجية لوادي السرحان مقاس ١/٥٠٠٠٠٠* رقم A ٢٠٠ ـ I ، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



شكل (١٥ جـ)



شكل (١٥ د)

من عمل الباحث

وتندرج شعبان جعلة ضمن الأودية المتعرجة الانتقالية حسب تصنيف شوم فمؤشر تعرجها (١,١٦) يجعلها أقرب للمرحلة الانتقالية. وينطبق عليها ما سبق ذكره فيما يتعلق بأنها بإمكانها الوصول إلى مرحلة الأودية المتعرجة المنتظمة بشرط انتظام سقوط الأمطار أو زيادتها نتيجة تحولات في المناخ ولو بدرجة بسيطة.

٤ ـ وادي الرمة:

التكوين الجيولوجي:

يمثل الجزء الذي تم اختياره من وادي الرمة إلى الغرب من الرس جزءًا من الدرع العربي الذي يتكون في مجمله من الصخور النارية والمتحولة. ويجري الوادي في الجزء الظاهر في الخريطة في منطقة تغطيها صخور الجرانيت وصخور الإردواز والشست العائدة لتكوين منطقة مردمة وهي كلها تعود لزمن ما قبل الكمبرى. وبالإضافة لهذا توجد بعض الرواسب التابعة للعصر الرباعي مثل الكثبان الرملية كنفود العريق وبعض الإرسابات في مجرى الوادي نفسه والطمي والحصى في مجرى الوادي الواسع (شكل: ١٦ب) (الخريطة الجيولوجية رقم ج م ـ ١٢٠٦).

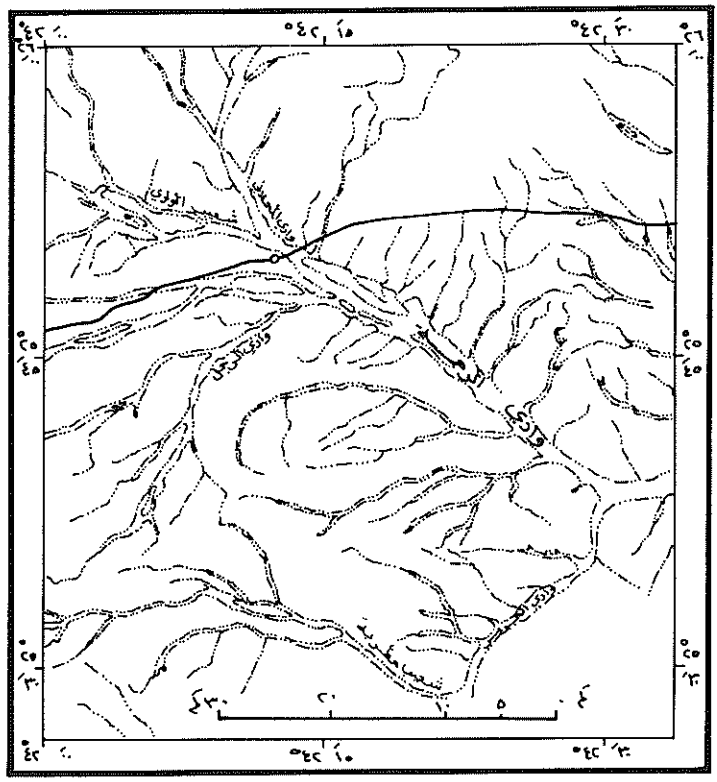
الموقع والسمات الطبوغرافية:

وادي الرمة من أودية شبه الجزيرة العربية العظيمة فهو يجري من مشارف المدينة المنورة وينتهي عند نفود السر ونفود صعافيق قرب مزارع الركية والربيعية بالقصيم، وفي الماضي أثناء العصور المطيرة كان يصل إلى الخليج العربي عبر وادي الباطن. والجزء الذي تمت دراسته هو الظاهر بالخريطة (شكل: ١٦أ) من عماير النجادي (١٨٥م) ابتداء عبر الرافد المسمى بوادي المحلاني ثم امتداده مع وادي الرمة حتى حوالي خط طول ٣٣′ ٤٢° شرقًا.

هذا ويبلغ معدل انحدار الجزء المذكور من واقع القطاع الطولي (شكل: ١٦ج) حوالي ٤٠٨/١ مترات. ومما لا شك فيه أن مجرى وادي الرمة في منطقة القصيم سهل الانحدار جدًا. ومجرى الوادي الواسع جدًا يشير إلى أنه قد تكون في ظروف مناخية أفضل فهو عندما يجري الآن يبدو ضامرًا misfit بحيث يسير متعرجًا داخل المجرى الأم.

هذا ومن خلال شكل (١٦د) الذي تم رسمه من الصورة الجوية رقم (٤) في الملحق تم استخراج بعض القياسات وهي كما يلي:

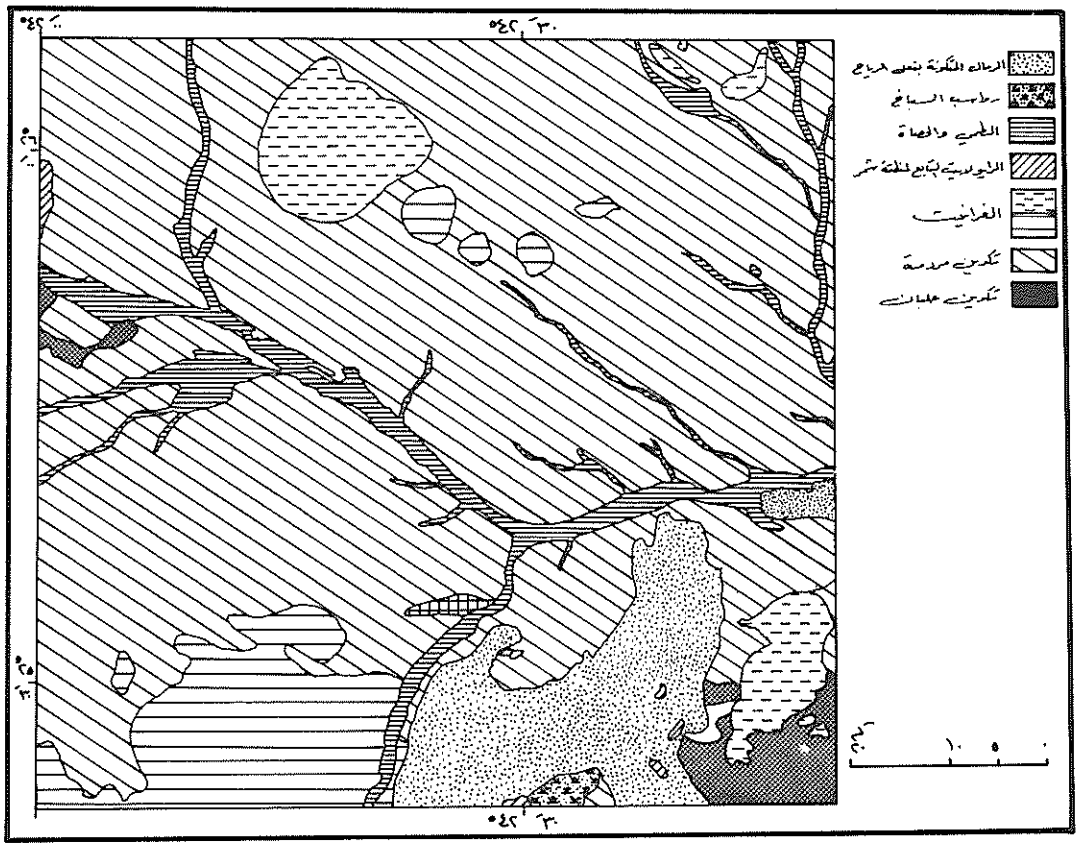
- طول المجرى = ٥١,٠٠ كم
- طول محور التصريف = ٤٩,٠٠ كم
- مؤشر التعرج = ١,٠٤١ كم
- متوسط طول الموجة = ٨٣٧,٥ مترا.



شكل (١٦ أ) السمات الطبوغرافية لوادي الرمة.

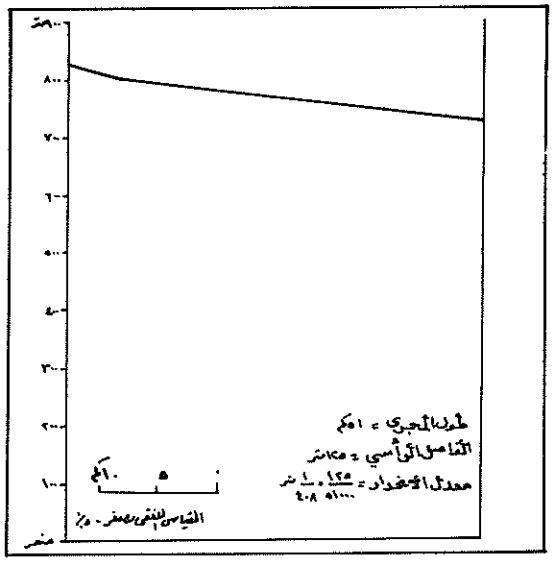
المصـدر:

إدارة المساحة الجوية (١٩٨٣م)، *لوحة الرس مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ٩ ـ ٣٨ NG*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

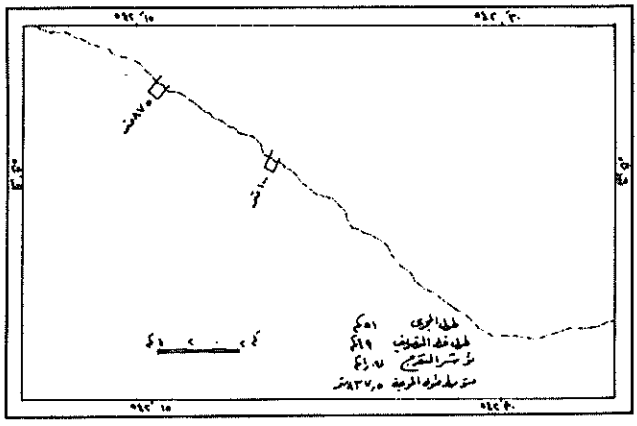


المصدر: شكل (١٦ب) السمات الجيولوجية لوادي الرمة.

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٨٣م)، *الخريطة الجيولوجية لوادي الرمة مقاس ١/٥٠٠٠٠٠* رقم ج م - ١٢٠٦، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



شكل (١٦ جـ)



شكل (١٦ د)

من عمل الباحث

هذا ومن خلال تصنيف شوم الأنماط المجاري المائية المتعرجة فإن هذا الجزء من وادي الرمة يقع في مرحلة أعلى من مرحلة الاستقامة التي يبلغ مؤشر التعرج فيها إلى (١,٠).

٥ ـ وادي ترج:

التكوين الجيولوجي:

يجري وادي ترج في جبال عسير ذات الصخور النارية والمتحولة والتي تتكون في معظمها من الجرانيت والجرانوديورايت والدايورايت. وتتميز منطقة المجرى بوجود صدوع متقطعة أو خطوط انفصال قد تؤثّر على شكل المجرى واتجاهه (شكل١٧ب) (الخريطة الجيولوجية رقم ج م ـ ١٢١٧)، فقد ترفع جزءًا من المجرى فيحدث هناك نقطة تجديد أو قد تؤدي إلى تغير في الاتجاه بزاوية قدرها ٩٠°. ولهذا فتعرج الأنهار في مناطق الصدوع ينبغي دراستها بحذر فقد تكون الانثناءات نتيجة لوجود الصدوع وليس لعمل النهر، فهي تحتاج إلى دراسة حقلية لمعرفة اتجاهات الصدوع والشقوق والفواصل المرتبطة بها، وكذلك اتجاهات المجرى لمعرفة ما إذا كانت الانثناءات تعود إلى هذه التراكيب الجيولوجية أم هي من الفعل الجيومورفولوجي للمياه الجارية.

الموقع والسمات الطبوغرافية:

يجري وادي ترج ورافده وادي رنمة ابتداء من شرق بلال آل الشيخ عند خط العرض ٢٧ ′ ١٩° شمالاً ودرجة الطول ٠٣ ′ ٤٢° شرقًا حيث يبدأ وادي رنمة ثم يسير نحو الشمال الشرقي بمجرى متعرج، وعند جبال الفحم (١٤٦١م) يتحول اسم الوادي إلى وادي ترج الذي يستمر في مجراه شمالاً حتى يلتقي بوادي بيشة عند بلدة الحيفة (شكل١٧أ).

هذا ويبلغ معدل انحدار وادي ترج في الجزء الذي تمت دراسته ١/٤٩ مترًا، وهو انحدار كبير (شكل١٧ج). وقد تم حساب مؤشر التعرج ومتوسط طول الموجة من شكل (١٧د) وهي كما يلي:

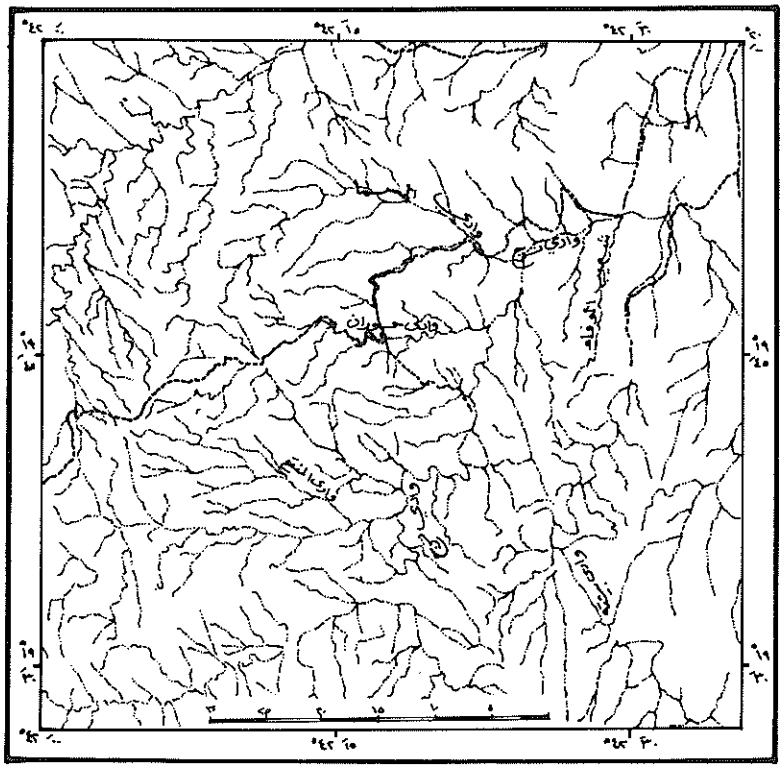
ـ طول المجرى = ١٠١,٠٠ كم

ـ طول محور التصريف = ٤٩,٠٠ كم

ـ مؤشر التعرج = ٢,٠٦١ كم

ـ متوسط طول الموجة = ١٥٨٧,٥ مترًا.

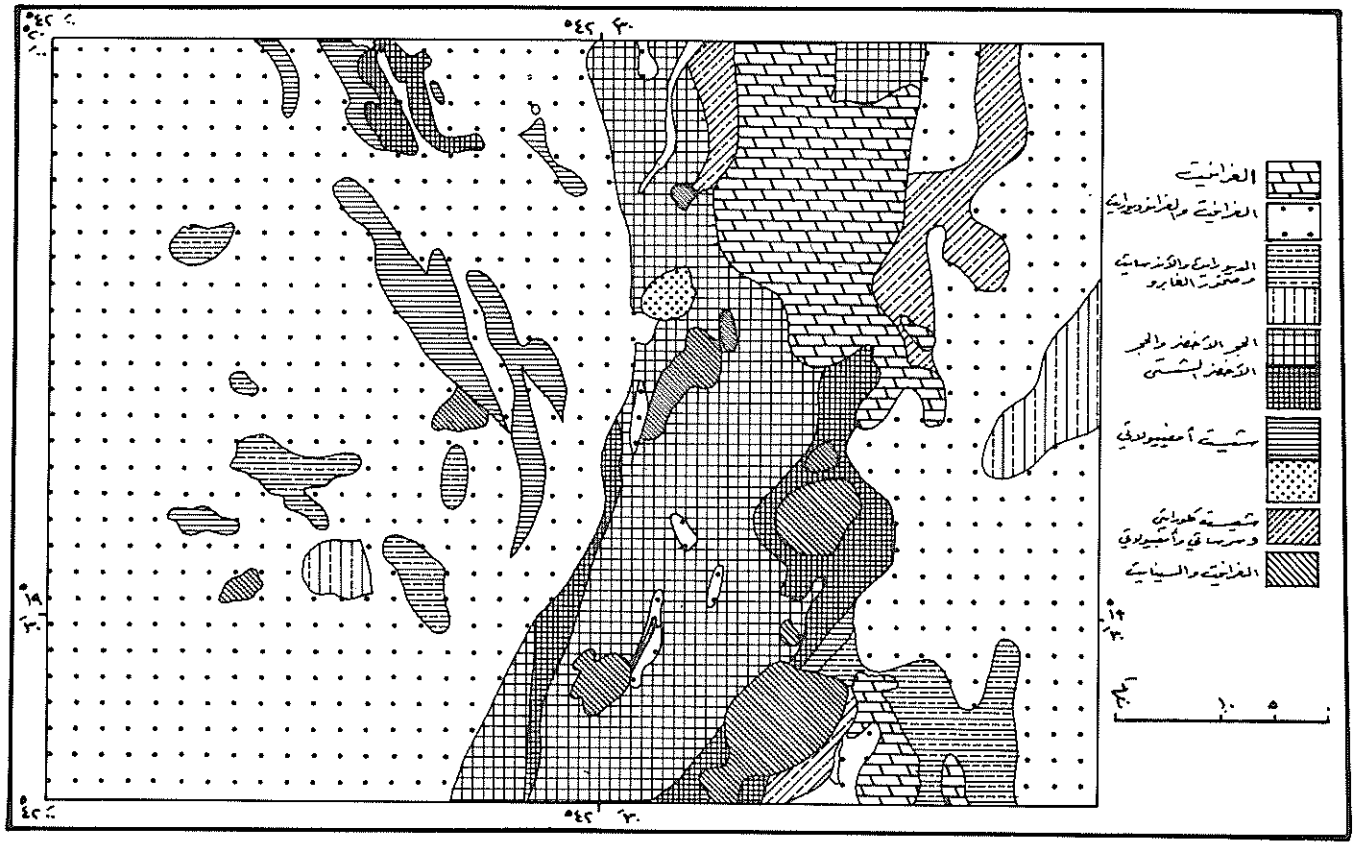
هذا وحسب تصنيف شوم لأنماط الأنهار المتعرجة فإن وادي ترج يعد من ضمن الأودية المتعرجة ذات النمط بين غير المنتظمة (١,٧) والمتعرجة (٢,٧).



شكل (١٧ أ) السمات الطبوغرافية لوادي ترج.

المصدر:

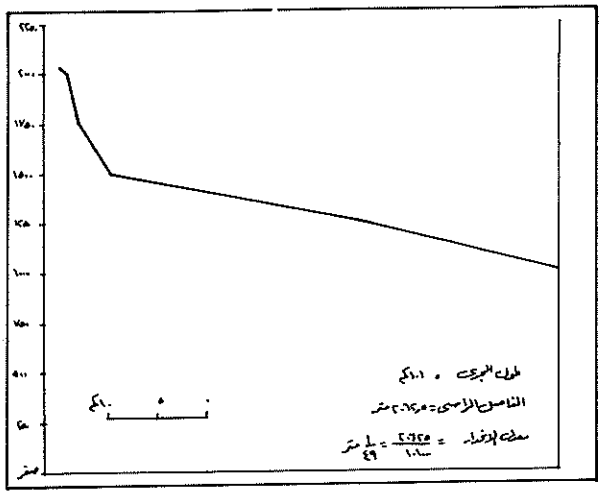
إدارة المساحة الجوية (١٩٧٠م)، *لوحة النماص مقاس* ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ١ ـ ٣٨ *NE*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



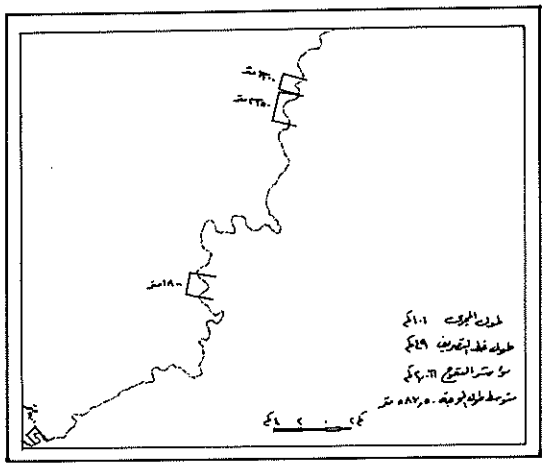
شكل (١٧ب) السمات الجيولوجية لوادي ترج.

المصدر:

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٦٣م)، *الخريطة الجيولوجية للدرب زبيدة مقاس ١/٥٠٠٠٠٠* رقم ٢٠٢A ـ *أ*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



شكل (١٧ جـ)



شكل (١٧ د)

من عمل الباحث

ولو تفحصنا جدول (٢) الذي يبيِّن لنا ملخصًا لطبيعة المجرى المتعرج لبعض الأودية في المملكة العربية السعودية فإننا سنجد أن متوسط مؤشر التعرج لكل الأودية سواء ما يجري منها في الجزء الرسوبي من المملكة أو ما يجري منها في منطقة الدرع العربي يبلغ (١,٣٣). وهذا يجعلها في المرحلة الانتقالية غير المستقرة التي تجنح إلى تغيير شكل مجراها وتطمح إلى الوصول إلى مرحلة التوازن grade التي يحاول فيها النهر أن يحافظ على أكبر قدر من الطاقة أو التقليل من استهلاكها قدر الإمكان. ولم تصل هذه الأودية إلى هذه المرحلة إذ هي في مرحلة وسط في طريقها إلى المرحلة المنتظمة وهي ما يصل فيها مؤشر التعرج إلى (١,٥). ومن النادر أن نجد نهرًا أو واديًا قد وصل لمرحلة التوازن وذلك لما يحدث من تغييرات مستمرة في حالة البيئة التي يجري فيها من تغير في المناخ نحو مزيد من الرطوبة أو نقص فيها أو ارتفاع أو انخفاض جزء من المجرى. وبالنسبة للأودية في المناطق الجافة فإن تذبذبات الأمطار تجعل الوادي في صراع مرير مع الإرسابات التي يضطر إلى نقلها في كل مرة يسيل فيها من مكان إلى مكان وتشكيلها حسب قوة التدفق، ولهذا السبب فإنه من غير المحتمل أن يصل أي واد في الأراضي الجافة إلى حالة التوازن المذكورة نتيجة عدم انتظام حجم المياه المتدفقة في مجراه وموسمية سقوطها غير المؤكد. وهذا ينقلنا إلى موضوع يستحق الدراسة وهو نظام الجريان السيلي للأودية في المملكة العربية السعودية في الظروف المناخية الحالية مما لم نتطرق إليه في هذا البحث.

الأودية الضامرة والمقلوبة:

الأودية الضامرة:

توجد أمثلة كثيرة في المملكة العربية السعودية للأودية الضامرة، منها الأودية الكبيرة كوادي الدواسر ووادي الرمة ووادي حنيفة ووادي السرحان ووادي الجزل (انظر الصورة الجوية رقم ٧ في الملحق) وغيرها من الأودية كالتي تجري في الدرع العربي كوادي بيشة (انظر الصورة الجوية رقم ٦ في الملحق)، أو المتجهة نحو البحر الأحمر كوادي حلي ويبا وقنونة. ووادي لبن، أحد روافد وادي حنيفة، يمكن عده مثالاً جيِّدًا للأودية الضامرة؛ فالمياه الجارية الحالية في هذا الوادي لا تتبع المجرى القديم المطمور بالإرسابات السميكة، وإنما قد حفرت مجرى جديدًا في تلك الإرسابات التي تم إرسابها

سابقًا (صورة ٥ : ا و ب). وقد بلغ تعمق الوادي في هذه الإرسابات في بعض أجزائه إلى حوالي تسعة أمتار (صورة: ٦ أ و ب).

جدول (٢) طبيعة المجرى المتعرج لبعض الأودية في المملكة العربية السعودية(*).

اسم الوادي	طول المجرى (كم)	طول محور التصريف (كم)	مؤشر التعرج (كم)	متوسط طول الموجة (متر)	معدل الانحدار (متر)
وادي الرمة (قرب الرس)	٥١	٤٩	١,٠٤١	٨٣٧,٥	١:٤٠٨
واديا دابس وأبو نجيلة (البسيطاء)	٥٦	٤٨	١,١٦١	٧١٦,٦٧	١:١٤٠
وادي نكب (النماص)	٧٨,٥	٦٢	١,٢٦٦	٧١٦,٦٧	١:٧٧
وادي الجزل (أبو راكة)	٥٧	٤٢	١,٣٥٧	١٠١٦,٦٧	١:٥٧
شعيب جعلة (البسيطاء)	٥٨	٥٠	١,١٦	٨٨٧,٥	١:٢٩٠
وادي ترج (النماص)	١٠١	٤٩	٢,٠٦١	١٥٨٧,٥٠	١:٤٩
وادي قراقر (أبو راكة)	٤٢	٣٧	١,٣٥١	١٠٧٥	١:٣٤
وادي ضم (تبوك)	٥٣,٢٥	٤٢	١,٢٦٨	٨٥٠	١:٢٦٦
المتوسط			١,٣٣	٩٦٠,٩٤	

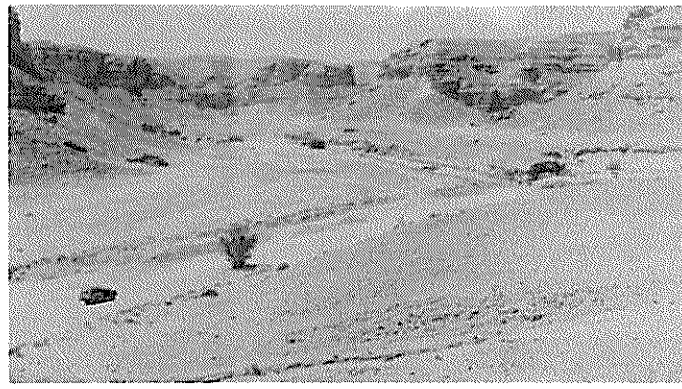
* لقد تم أخذ هذه القياسات من عدد من الصور الجوية لعدد من مجاري الأودية.

الأودية المقلوبة:

مقدمة:

توجد ظاهرة الأودية المقلوبة في المملكة العربية السعودية في مناطق عديدة وخاصة في شرق وشمال المملكة، فقد ذكر هولم Holm (١٩٦٠م) أن مثل هذه الأودية موجودة في شمال شرق المملكة وبالذات في هضبة الدبدبة وسماها الضلوع الحصوية gravel ridges. وعدَّ منها ما أسماه بضلع الوريعة الحصوي الذي يمتد حوالي ١٠٠ كم من الغرب إلى الشرق ويبلغ عرضه ١ إلى ٢ كم. وكان يمثل معضلة كبيرة بالنسبة له، "quite a puzzle" كما قال. ويقع هذا الضلع على طول الحد الجنوبي لهضبة الدبدبة، وقد حماه من التعرية وجود حصى وجلاميد على سطحه الذي يرتفع حوالي ١٠ إلى ٢٠ مترًا عما حوله. وقد استنتج هولم أنه ربما يكون مجرى لنهر قديم كان يجري نحو الشرق.

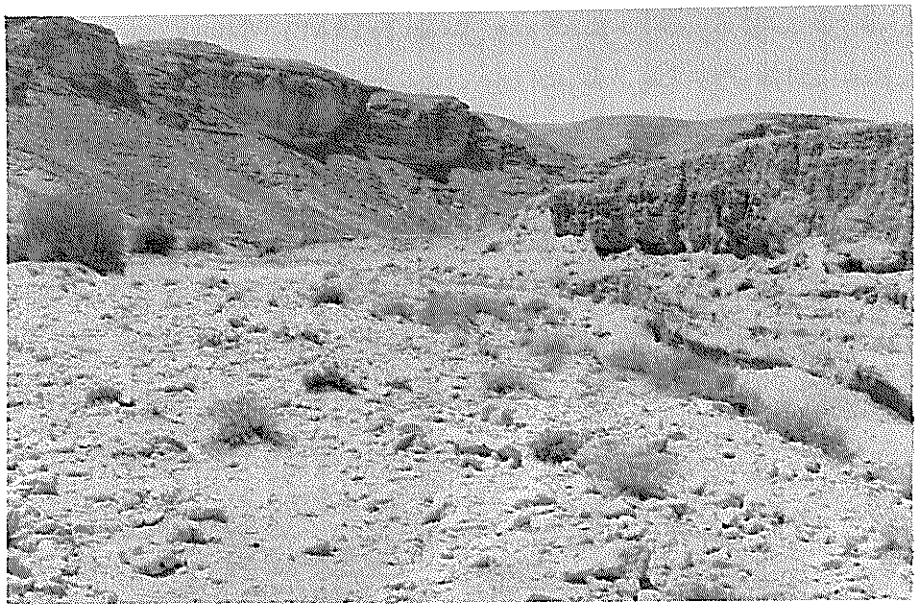
كما ذكـر ويتني Whitney (١٩٨٣م) أن مثل هذه الضلوع الحصوية توجد على طول الطريق من وادي الدواسر إلى واحة يبرين، وأن التعرية الريحية خلال فترات الجفاف البلايستوسينية قامت بخفض منسوب المناطق التي حول هذه الضلوع بحوالي ٥ إلى ٢٠ مترًا تاركة قطارات من الحصى المتصلب نتيجة تراكم كربونات الكالسيوم وتصلبها في هذه السهول التي لولاها لظلت هذه السهول بدون معالم تضاريسية بارزة. وهي كما سبق أن ذكر أودية حفرية قديمة ويماثلها في طريقة التكوين مراوح فيضية في مناطق متفرقة من المملكة أظهرها ما هو موجود في سفوح الجبال الواقعة غرب مدينة تبوك. هذا وقـد تمت دراسـة الجزء الواقع في منطقة الهذاليل في هضبة الحجرة في شمال المملكة العربية السعودية.



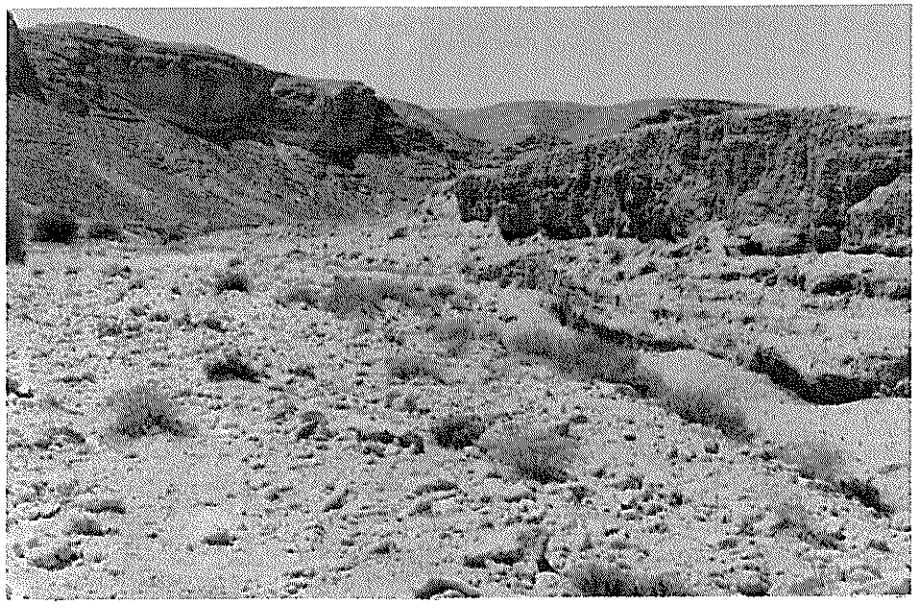
(أ)

(ب)

صورة (٥) وادي لبن غرب مدينة الرياض من الأودية الضامرة.



(ا)



(ب)

صورة (٦) مجرى وادي لبن الحالي وقد قام بحفر الإرسابات السميكة القديمة التي أرسبها الوادي أثناء الفترات المطيرة.

الموقـــع :

تقع هذه المنطقة في شمال المملكة بين خطي طول ٣٠ ′ ٤٣ ° و ٠٠ ′ ٤٥ ° شرقًا وخطي عرض ٢٠ ′ ٢٨ ° و ٣٠ ′ ٢٩ ° شمالاً . أو بعبارة أخرى بين مدينة رفحا غربًا وقريبًا من حفر الباطن شرقًا، وبين الدهناء جنوبًا والحدود العراقية شمالاً .

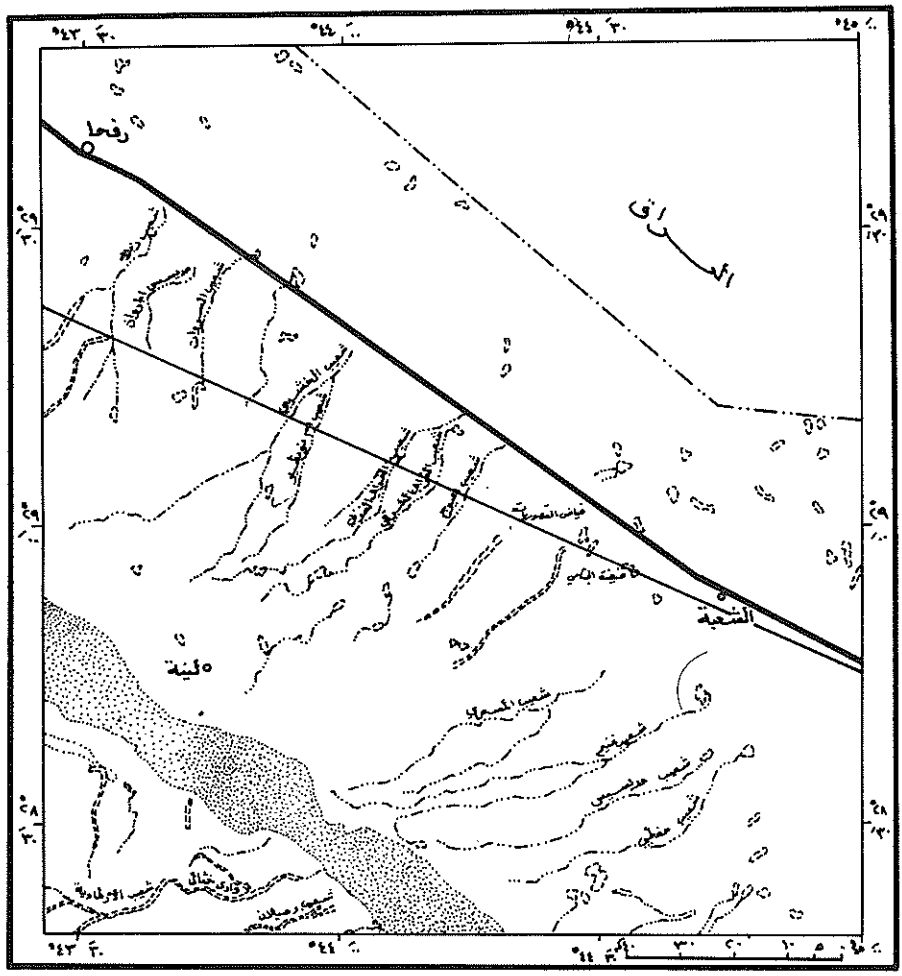
التكوين الجيولوجي :

تتكون معظم هذه المنطقة من تكوين أم رضمة الذي يعود لعصر الباليوسين من الزمن الثالث وهو يمتد امتدادًا عظيمًا من الحدود العراقية ـ الأردنية في الشمال إلى جنوب وادي الدواسر، وتغطي رمال الدهناء أجزاء كبيرة من منكشف التكوين . وهو يقع فوق تكـوين العـرمـة الـذي يتكـون من الأحجار الجيرية والدولومايت والطفل (عثمان، ١٩٨٣م) . وتكوين أم رضمة تتكون صخوره من حجر الكلس المتداخل معه طبيقات من حجـر الكلس المـارلي ومن الـدولومايت المرلي، وفي جزئه الأعلى يوجد الكلس الطباشيري . وتوجد في أجزاء متفرقة من المنطقة إرسابات من الطمي والحصى خاصة من حصباء حجر الكلس (شكل : ١٨ب) (الخريطة الجيولوجية رقم ٢٠٢ A ـ L) .

الوصف الطبوغرافي :

تعـد هذه المنـطقة جزءًا من هضبة الحجرة التي يتكون سطحها من الصخور الجيرية وبعض الصخور الرملية، ويقطع هذه الهضبة العديد من الأودية التي تجري نحو الشمال والشمال الشرقي باتجاه العراق . ويتراوح ارتفاعها بين ٤٠٠ و٥٧٠ مترًا . والأودية والشعاب التي تجري في المنطقة هي ما يلي مرتبة من الغرب إلى الشرق : وادي فيحان وله أربعة روافد هي شعيب رميلان وشعيب الأفضخ وشعيب الدميثي وخور الوجاج، وشعيب زبالا نسبة إلى هجرة زبالا وله رافدان هما شعيب الناشي وشعيب أبا الرمم، ومديسيس أبا رواث وشعيب الرواث، وشعيب المصندق، وشعيب الخشيبي ولـه رافـدان هما شعيب الحفيرة وشعيب أم نويطير، وشعيب الغرابي الغربي وشعيب الغـرابي الشرقي، وشعيب أم عمارة، وشعيب أعيوج، وشعيب الصور، وشعيب أبو شظاظ، وشعيب المسعـري ورافـده شعيب القـرائن، وشعيب غنيم ورافده شعيب

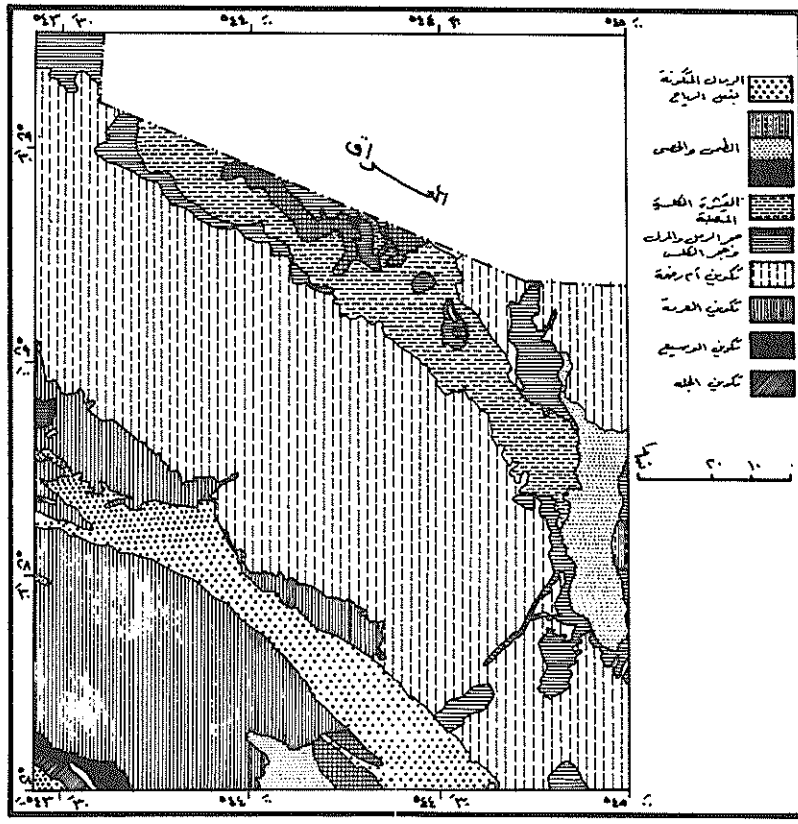
الخشيبية، وشعيب مديسيس، وشعيب مغطي (شكل: ١٨أ). ومعظم هذه الشعاب يقع بينها ضلوعٌ طولية؛ هي ما أسميناه بالأودية المقلوبة.



شكل (١٨ أ) السمات الطبوغرافية لمنطقة الأودية المقلوبة.

المصدر:

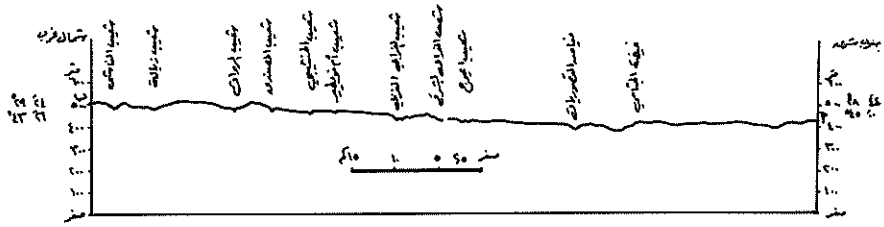
إدارة المساحة الجوية (١٤٠٦هـ)، *لوحة رفحا* مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم *NH ٣٨ ـ SW*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



شكل (١٨ب): السمات الجيولوجية لمنطقة الأودية المقلوبة.

المصـدر:

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٦٣م)، *الخريطة الجيولوجية للدرب زبيدة مقاس ١/٥٠٠٠٠٠* رقم ٢٠٢A ـ *أ*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.



شكل (١٨ جـ)

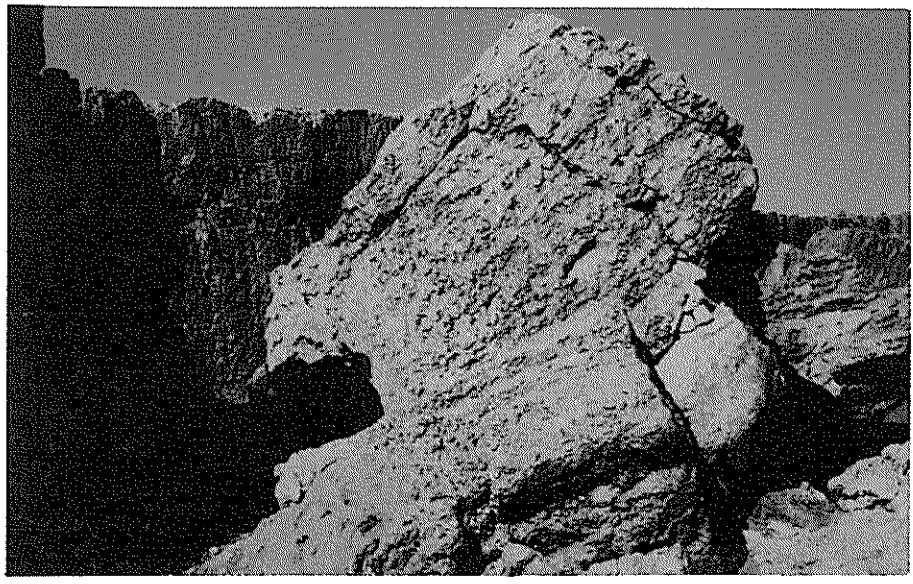
وقد أدت رمال الدهناء إلى عزل مجموعة الشعاب التي تقع جنوبها عن هذه الشعاب التي تقع إلى شمالها. ويبدو أن مجموعة الشعاب الشمالية كانت تمثل امتدادًا لمجموعة الشعاب الجنوبية، فلو دققنا النظر في الخريطة مرة أخرى لوجدنا أن هناك انخفاضًا تدريجيًا في الارتفاع من الجنوب نحو الشمال وأن الأودية جنوب الدهناء يكاد عددها يماثل ما هو موجود في شمالها.

وليس هناك جبالٌ بالمعنى المتعارف عليه في هذه المنطقة الهضابية المظهر (شكل: ١٨ج)، ولكن هناك تلالٌ تكونت نتيجة لعوامل التعرية مثل تلال الهذاليل. و«هذاليل» جمع «هذلول» ويعرفه الناس هناك بأنه تل مستطيل متعرج يجاوره في الغالب شعيب أو وادي. وفي الخرائط القديمة من إنتاج مصلحة المساحة الأمريكية ورد مسمى الهذاليل لهذه المنطقة، بالإضافة إلى تسمية الشعاب باسم «هذاليل». فتجد مثلاً هذلول أعيوج بدلاً من شعيب أعيوج كما هو الحال عليه في خرائط إدارة المساحة الجوية بوزارة البترول والثروة المعدنية الحديثة. وقد ورد تعريف «هذلول» في خريطة مصلحة المساحة الأمريكية بأنه «الشعيب الذي تجاوره مجاري مقلوبة».

أشكال الأودية المقلوبة:

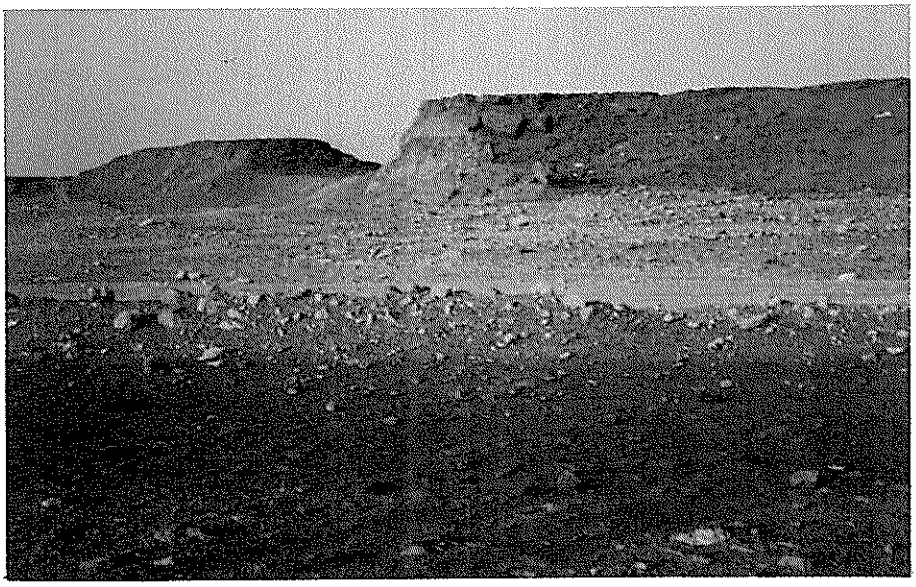
يصف ميلر (Miller, 1937, pp.432-3) الذي يعد أول شخص يكتب عن هذه الظاهرة في المملكة الأودية المقلوبة وما حولها فيقول: «إن القشرة الكلسية Caliche formation لا يتعدى سمكها في الغالب ثلاثة أمتار وهي تغطي التلال الطولية المنتشرة هنا وهناك. وهي طبقة صلبة تتكون من أحجار جيرية ورملية وجيرية رملية بلون بني فاتح ورمادي، أو هي بلون بني مشوب بحمرة نشأت فوق أحجار رملية جيرية وكونجلوميرات (صورة: ١٧أ و ب). وفي هذه المنطقة التي تحولت فيها بطون الأودية إلى تلال نتيجة لتصلبها (صورة: ٨أ و ب) تبدو من الطائرة وكأن الصورة مقلوبة مثلما يحدث للناظر إلى صور جوية رأسية حينما تبدو الأودية وكأنها تلال والتلال وكأنها أودية. وفي الواقع فإن ما يبدو أنه أودية هو في الحقيقة سطوح التلال الطولية التي لا يزيد ارتفاعها في الغالب عما حولها على ١٢ مترًا).

(أ)



(ب)

صورة (٧) الطبقة الكلسية الصلبة جدًا التي تغطي سطوح الأودية المقلوبة (الموقع ٢٨" ٣٣' ٢٩° شمالاً و١٤" ٣٩' ٤٣° شرقًا.



(ا)

(ب)

صورة (٨) المظهر العام لمنطقة الأودية المقلوبة حيث تظهر التلال التي كانت في الماضى بطون أودية (الموقع ٢٨″ ٣٣′ ٢٩° شمالاً و١٤″ ٣٩′ ٤٣° شرقًا).

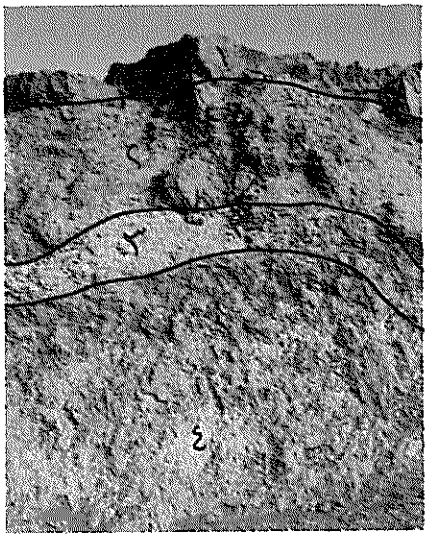
ومن تفحص لمقطع في أحد هذه الأودية المقلوبة تبين أنه يتكون من أربع طبقات واضحة. فالطبقة العليا تتكون من حجر جيري صلب جدًا Caliche formation بسمك يبلغ ٤٠سم، والطبقة الثانية تتكون من حجر طيني جبسي وسمكها ١٢٠سم، أما الطبقة الثالثة فهي من الحجر الطيني سهل التفتت الذي قد يعزى لندرة المواد اللاحمة في هذا المستوى وسمكها ٤٠سم، وتتكون الطبقة الأخيرة كذلك من الحجر الطيني المشوب بحمرة وسمكها حوالي ٢٥٠سم (انظر شكل: ١٩ لمزيد من التفصيل).

أعمارها:

لم أستطع أن أجري تقديرًا لأعمار تلك الإرسابات عن طريق إحدى الطرق الراديوكاربونية المتبعة* رغم حصولي على عينات من الطبقات الأربع المذكورة آنفًا، ولهذا لجأت إلى سبيل مراجعة ما كتب عن ظاهرات مماثلة أو عن المناخ القديم لشبه الجزيرة العربية لأنها ربما تكون قد تكونت في الفترات نفسها فقد قامت ميزيل (Maizels, 1988, pp. 95-111) بدراسة إرسابات الأودية القديمة في سلطنة عمان ووجدت أن إرسابات الأودية القديمة تشكل منظومة معقدة من التلال المرفوعة raised channels والمتعرجة على خطوط طولية، مع غطاءات عريضة من الحصى والحصباء ترتفع عما حولها بحوالي ١٠ إلى ٢٠مترًا. كما درست مجموعة من المرواح الفيضية التي تكلست قشرتها فأصبحت صلبة مثل ما حدث في الأودية المقلوبة في المملكة العربية السعودية. وقدرت ميزيل أن هذه الأنظمة القديمة ترجع إلى الفترات الرطبة في عصري البلايوسين والبلايستوسين الأدنى.

* لقد لجأت إلى قسم الجيولوجيا بجامعة الملك سعود أملاً في إجراء هذه التقديرات العمرية للعيِّنات التي قمت بجمعها من المنطقة فاتضح أن ليس لديهم هذه الإمكانية في الوقت الحاضر.

الطبقة	السمك	التكوينات الجيولوجية
١	٤٠ سم	حجر جيري ذو لون صفراوي إلى قشدي مشوب بصفرة . وحجر جيري رملي صلب جدا قد يكون به حفريات ولكنها غير واضحة، له صفة الكونجلوميرات ويحتوي على قطع كلسية متناثرة .
٢	١٢٠ سم	حجر طيني ذو لون بني مشوب بصفرة وهو سهل التفتت مع احتوائه على بعض القطع الصلبة، والجبس سهل التفتت، وقليل من الجير.
٣	٤٠ سم	حجر طيني ذو لون أبيض رمادي متصلب فيه قليل من الجبس والمواد الجيرية .
٤	٢٥٠ سم	حجر طيني ذو لون بني مشوب بحمرة سهل التفتت وبه بعض الرمال والجبس، كما يحتوي على بعض المواد السوداء التي قد تكون مواد عضوية .



شكل (١٩) قطاع طبقي «ستراتجرافي» في أحد الأودية المقلوبة
الموقع : ٢٨" ٣٣' ٣٩° شمالاً ١٤" ٣٩' ٤٣° شرقًا

وفي المملكة العربية السعودية حيث أجريت بعض البحوث قدر هوتزل وزملاؤه (Hotzl, et al., 1978, p. 70) أن الفترات الرطبة في الأحساء في وادي السهباء ترجع إلى البلايوسين الأعلى والبلايستوسين الأدنى. كما ذكر أنتون (Anton, 1984) أن الفترة الرطبة التي تعود إلى البلايوسين الأعلى والبلايستوسين الأدنى كان لها دور كبير في تكون الإرسابات الحصوية في عدد من الأودية في المملكة العربية السعودية، وذلك بعد دراسته لعدد من إرسابات الأودية الرئيسية مثل وادي رنية ووادي الدواسر ووادي الباطن ووادي الرمة ووادي السهباء.

ومن هنا نرى أن تكوّن تلك الأودية؛ أي نشأة نظم الأودية، قد يكون حدث في أواخر البلايوسين وأوائل البلايستوسين وأن الفترات الجافة التي حدثت بعد ذلك قد تكون مسئولة عن تكوّن القشرة الجيرية المتصلبة من ناحية، وتعرية أراضي ما بين الأودية وتخفيض سطحها تاركة بطونها المحمية بالقشرة الصلبة واقفة. ولا يمنع هذا أن تكون الفترات الرطبة التالية مثل التي حدثت في البلايستوسين الأعلى مسئولة عن حشو الأودية وردم الأراضي التي انخفض منسوبها على جانبي البطون المحمية بالقشرة والتي أصبحت ضلوعًا مرتفعة، كما أنها المسئولة عن جريان بعض الأودية بجانب هذه الأودية المقلوبة مما قد يكون السبب في تقطيع معظمها وتخريب مظهرها الشجري المتعرج المعقد. وفي الفترة الرطبة التابعة للهولوسين زاد نمو القشرة الكلسية إلى أسفل وذلك بزيادة سمكها، و نشأ جيل ثان من القشرة الكلسية المتصلبة.

سادسا: نتائج البحث وتوصياته

لقد ظهر لنا من خلال هذا البحث أن الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية هي في المرحلة الانتقالية التي تتسم بعدم الاستقرار، ولم تصل إلى المرحلة المنتظمة التي يصل فيها مؤشر التعرج إلى (١,٥). وقد ذكرنا أنه سيكون نادرًا جدًّا إن لم يكن مستحيلاً أن يصل أي واد أو نهر لمرحلة التوازن بسبب التغير المستمر في الأحوال البيئية، خاصة في المناطق الصحراوية وفي ظل الظروف المناخية الجافة السائدة. ولكن رغم هذا

فقد تبين لنا أن الأودية الجافة تتعرج مجاريها وتبتعد عن الاستقامة بمعدلات مختلفة تعتمد على ما يستقبله حوضها من أمطار مما يجعل من الفرض القائل إن الأودية الجافة لا تشذ عن الأنهار دائمة الجريان أو أنظمة السوائل عامة في اتخاذ النمط المتعرج شكلاً لمجاريها صحيحًا ومقبولاً بشكل عام، مع الأخذ بعين الاعتبار ما سبق أن ذكرناه من أن النظام الهيدرولوجي وخصائص التدفق وقياسات التعرج للأودية الجافة ستختلف حتمًا عن الأنهار دائمة الجريان.

وقد تم ذكر بعض بقايا لظاهرات جيومورفولوجية تعكس أوضاعًا مناخية تعود للزمن الرابع مثل الأودية المقلوبة والأودية الضامرة. ورغم أن هذا البحث درسها دراسة وصفية فقط، فهي ظاهرات مهمة ومن الممكن استخدام النتائج التي نحصل عليها بعد دراستها دراسة دقيقة في إعادة بناء الأحوال المناخية السالفة؛ كتقدير حجم التصريف الذي كان يجري عبر تلك المجاري القديمة باستخدام معادلات هيدرولوجية معروفة (انظر تفصيلاً لهذه المعادلات في ميزيل Maizels ص١٠٦ وما بعدها).

وبما أن هذه الدراسة هي دراسة استطلاعية فإنه يسعد كاتبها أن يدعو الباحثين إلى استكمالها عبر دراسة الموضوعات التالية:

١ - دراسة المراوح الفيضية المقلوبة في السفوح الواقعة غرب مدينة تبوك. ومن الممكن اتباع منهج جوديت ميزيل Maizels نفسه التي درست المراوح الفيضية المقلوبة في رمال وهيبة في سلطنة عمان دراسة شاملة.

٢ - دراسة ضلع الوريعة الحصوي الذي ذكره هولم Holm ويقع على الحد الجنوبي لهضبة الدبدبة ويمتد لمسافة ١٠٠كم من الغرب إلى الشرق.

٣ - دراسة القطارات الحصوية أو الضلوع الموجودة بين وادي الدواسر وواحة يبرين التي ذكرها جون ويتني، وهي الظاهرة التضاريسية البارزة في سهول عديمة التضاريس.

٤ ـ استكمال دراسة الأودية المقلوبة المذكورة في هذه الدراسة، وهي تقع بين مدينة رفحا شمالاً ومدينة لينة جنوبًا في منطقة الهذاليل.

٥ ـ استكمال دراسة ظاهرة تعرج الأودية بالمملكة عبر قياسات مباشرة من الميدان، ومشاهدات حقلية لأطوال مختلفة من أودية عديدة أو لمجرى متكامل من واد واحد مع روافده، مع استكمال دراسة خصائص التدفق ودور السيول الكبيرة في تشكيل المجرى أو إعادة تشكيله.

المراجـع

المراجع العربية:

إدارة المساحة الجوية، (١٩٧٠م)، *لوحة البسيطاء مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ١٠ ـ ٣٧ NH*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

إدارة المساحة الجوية، (١٩٧٠م)، *لوحة تبوك مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ١٣ ـ ٣٧ NH*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

إدارة المساحة الجوية، (١٩٧٠م)، *لوحة جبال الطبيق مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ٩ ـ ٣٧ NH*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

إدارة المساحة الجوية، (١٩٨٣م)، *لوحة الرس مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ٩ ـ ٣٨ NG*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

إدارة المساحة الجوية، (١٤٠٦هـ)، *لوحة رفحا مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم SW ـ ٣٨ NH*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

إدارة المساحة الجوية، (١٩٧٠م)، *لوحة النماص مقاس ١/٢٥٠٠٠٠ رقم ١ ـ ٣٨ NE*، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

عثمان، مصطفى نوري، (١٩٨٣م)، *الماء ومسيرة التنمية*، مطبوعات تهامة، جدة.

صفي الدين، محمد، (١٩٧١م)، *جيمورفولوجية قشرة الأرض*، دار النهضة العربية، بيروت.

مصطفى، أحمد أحمد، (١٩٨٢م)، *حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية، دراسة جيومورفولوجية*، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الاسكندرية.

محمد، عبدالفتاح فهمي، (١٩٦٦م)، *الأيدروليكا النهرية*، (مترجم)، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، *صور جوية مجمعة (موازييك) اللوحات* ١٨، ٥٢، ٥، ٨٠، ١٦٠، ١٢، ١٦٢، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٦٣م)، *الخريطة الجيولوجية لدرب زبيدة مقاس* ١/٥٠٠٠٠٠ رقم ٢٠٢A ـ أ، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٦٣م)، *الخريطة الجيولوجية لوادي السرحان مقاس* ١/٥٠٠٠٠٠ رقم ٢٠٠A ـ I، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٧٩م)، *الخريطة الجيولوجية لمربع عسير مقاس* ١/٥٠٠٠٠٠ رقم ج م ـ ١٢١٧، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

وزارة البترول والثروة المعدنية، (١٩٨٣م)، *الخريطة الجيولوجية لوادي الرمة مقاس* ١/٥٠٠٠٠٠ رقم ج م ـ ١٢٠٦، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض.

الوليعي، عبدالله بن ناصر، (١٤٠٨هـ)، تغيرات المناخ في المناطق الجافة: دراسة حالة المملكة العربية السعودية، *الكتاب الجغرافي السنوي*، جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية بالرياض، مجلد ٤ (٤)، ص ص ٣١ ـ ٨٥.

المراجعة الإنجليزية:

Anton, D., (1984), Aspects of geomorphological evolution: paleosols and dunes in Saudi Arabia. *in* Jado, A.R. and Zotl, J.G., (eds)., *Quaternary Period in Saudi Arabia,* Vol. 2, pp. 275-296, Springer-Verlag, New York.

Bagnold, R.A., (1960), Some Aspects of the Shape of River Meanders, *United States Geological Survery Professional paper 282-E,* pp. 135-144.

Blum, M. and Salvatore, V., (1989), "Response of the Pedernales of Central Texas to Late Holocene climatic change", *The Annals of the Association of American Geographers,* Vol. 79 (3), pp. 435-456.

Butzer K.W. and Hansen, C.L., (1986), *Desert and River in Nubia,* University of Chicago Press, Chicago.

Chang, Howard H. (1988). *Fluvial Processes in River Engineering,* John Willey & Sons, New York.

Chorley, R.J., (ed), (1977), *Introduction to Fluvial Processes,* Methuen & Co. Ltd., London.

Chorley, R.J., (ed), (1979), *Water, Earth and Man,* Methuen & Co. Ltd., London.

Condra, C., (1963), Fossil drainage in the Sahara, Estrata da Italmaps, *Erica Chronicle,* Vol. 8, pp. 59-62.

Cooke, R.U. & Doornkamp, J.C., (1977), *Geomorphology in Environmental Management,* Clarendon Press, Oxford.

Dury, G. H., (1977), Relation of Morphology to Runoff Frequency, in R. Chorler, (ed.), *Introduction to Fluvial Processes,* Methuen & Co. Ltd., London, pp. 177-188.

Fairbridge, R. W., (ed.), (1968), *The Encyclopedia of Geomorphology,* Reinhold Book Co., New York.

Glennie, K. W., (1970), *Desert Sedimentary Environment,* Elsevier Publishing Company, New York.

Holm, D. A., (1960), "Desert Geomorphology in the Arabian Peninsula", *Science,* Vol. 132 (3437), pp. 1369-1379.

Hooke, J. M., (1984), "Applicable and Applied Geomorphology of Rivers", *Geography,* Vol. 71 (310), pp. 1-13.

Hotzl, H., et al., (1978), "Geological history of the Al Hassa area since the Pliocene", *in* Al-Sayari, S. S. and Zotl, J. G., (eds.), *Quaternary Period in Saudi Arabia,* Springer-Verlag, New York, Vol. 1, pp. 58-77.

Jackson, R. G., (1975), "Velocity-bed-form-texture patterns of meander bends in the lower Wabash River of Illinois and Indiana", *Bulletin of the Geological Society of America,* Vol. 86, pp. 1511-21.

King, L. C., (1942), *South African Scenery,* Oliver and Boyd ltd., London. (Maizels ذكر في ميزيل).

Knetsch, G., (1954), "Allgemein-geologische Beobachtungen aus Agypten (1950-53)", *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaeontologie Abhandlugn,* vol. 99, pp. 287-197. (Maizels ذكر في ميزيل).

Leopold, L. B. and Wolman, M. G., (1960), "River Meanders", *Bulletin of the Geological Society of America,* Vol. 71, pp. 769-94.

Leopold, L. B. and Wolman, M. G., and Miller, J. P., (1964), *Fluvial Processes in Geomorphology,* W. H. Freeman, San Francisco.

Lusting, L. K., (1969), "Quantitative Analysis of Desert Topography", *in* W. McGinnines, et al., (eds.), *Arid Lands in Perspectives,* University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 45-58.

Maizels, Judith K., (1988), "Palaeochannels: Plio-Pleistocene raised channel systems of the Western Sharqiyah", *Journal of Oman Studies,* Special report No. 3, pp. 95-112.

Miller, Robert P., (1937), Drainage Lines in Bas-Relief, *Journal of Geology,* Vol. 45 (4), pp. 432-438.

Monkhouse, F. J., (1978), *A Dictionary of the Natural Environment,* Edward Arnold Ltd., London.

Morisawa, M., (ed.), (1973), *Fluvial Geomorphology,* State University of New York, Binghamton, New York.

Pitty, A. F., (1971), *Introduction to Geomorphology,* Methuem & Co. Ltd., London.

Ritter, D. F., (1978), *Process Geomorphology,* Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa.

Schumm, S. A., (1963), "Sinuosity of Alluvial Rivers on the Great Plains", *Bulletin of the Geological Society of America,* Vol. 74, pp. 1089-1100.

Schumm, S. A., (1973), "Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems", *in* M. Morisawa, (ed.) *Fluvial Geomorphology,* State University of New York, Binghamton, New York, pp. 299-310.

Sparkers, B. W., (1972), *Geomorphology,* William Cløwes & Sons, Limited, London.

Thornbury, W., (1969), *Principes of Geomorphology,* John Wiley & Sons, Inc., New York.

Twidal, C. R., (1968), *Geomorphology,* Thomas Nelson Limited, London.

Yang, C. T., (1971), "On River Meanders," *Journal of Hydrology,* Vol. 13, pp. 251-53.

Whitney, John W., (1983), *Erosional History and Surficial Geology of Western Saudi Arabia,* Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Open-File Report, USGS-TR-04-1, Jeddah.

Wright, H. E., Jr., (1958), "An extinct wadi system in the Syrian Desert", *Journal of Research Council of Israel,* Vol. 7G, pp. 53-59.

ملحق الصورة الجوية

صورة (١) وادي ضـم.

المصـدر:

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، صور جوية مجمعة (موزاييك) لوحة رقم (١٨)، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.

صورة (٣) شعبان جعلة.

صورة (٢) واديا دابس وأبو نجيلة.

المصـدر:

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، صور جوية مجمعة *(موزاييك) لوحة رقم (٥)*، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.

المصـدر:

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، صور جوية مجمعة *(موزاييك) لوحة رقم (٥)*، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.

صورة (٤) وادي الرمة.

المصـدر:

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، صور جوية مجمعة *(موزاييك) لوحة رقم (٥)*، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.

صورة (٥) وادي ترج.

المصـدر:

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، صور جوية مجمعة (موزاييك) لوحة رقم (٥٢)، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.

صورة (٦) وادي بيشة.

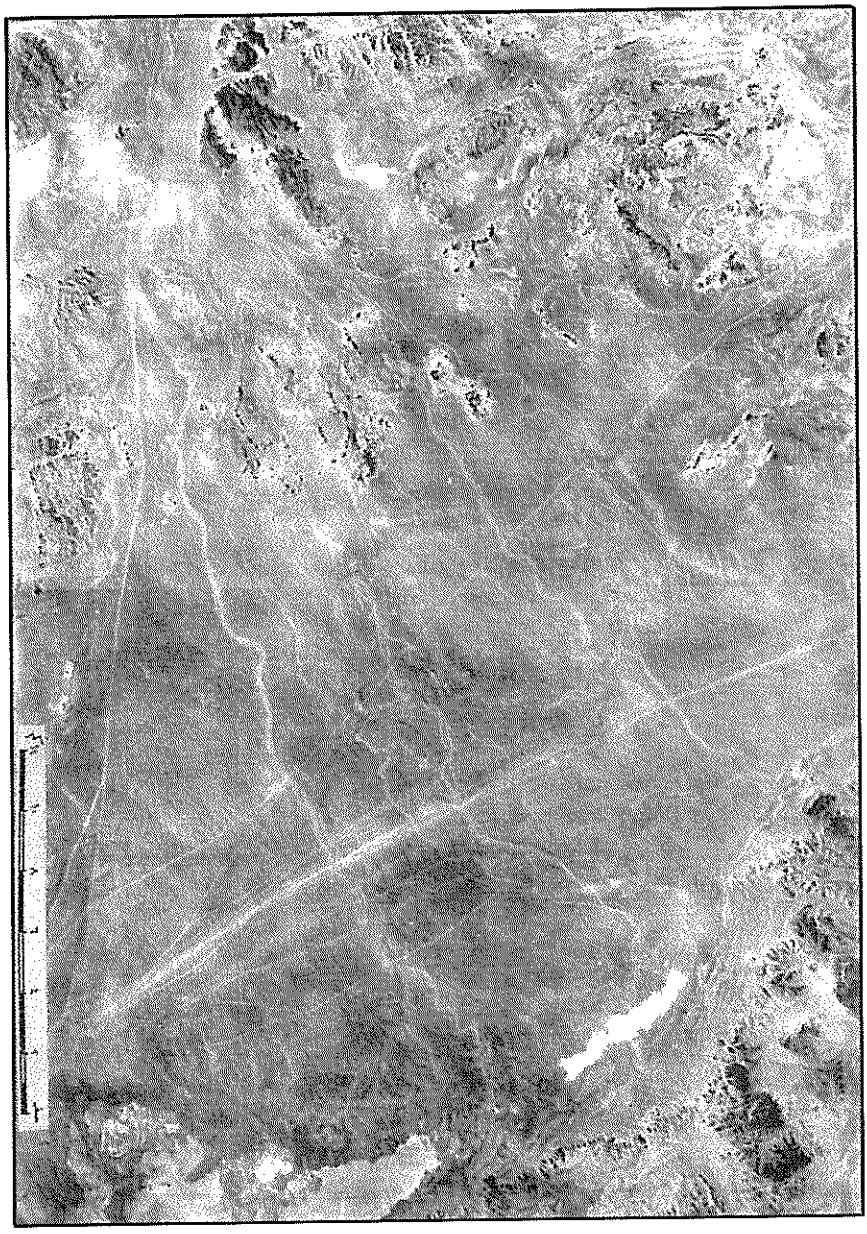
المصـدر:

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، صور جوية مجمعة *(موزاييك) لوحة رقم (١٦٣)*، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.

صورة (٧) وادي الجزل.

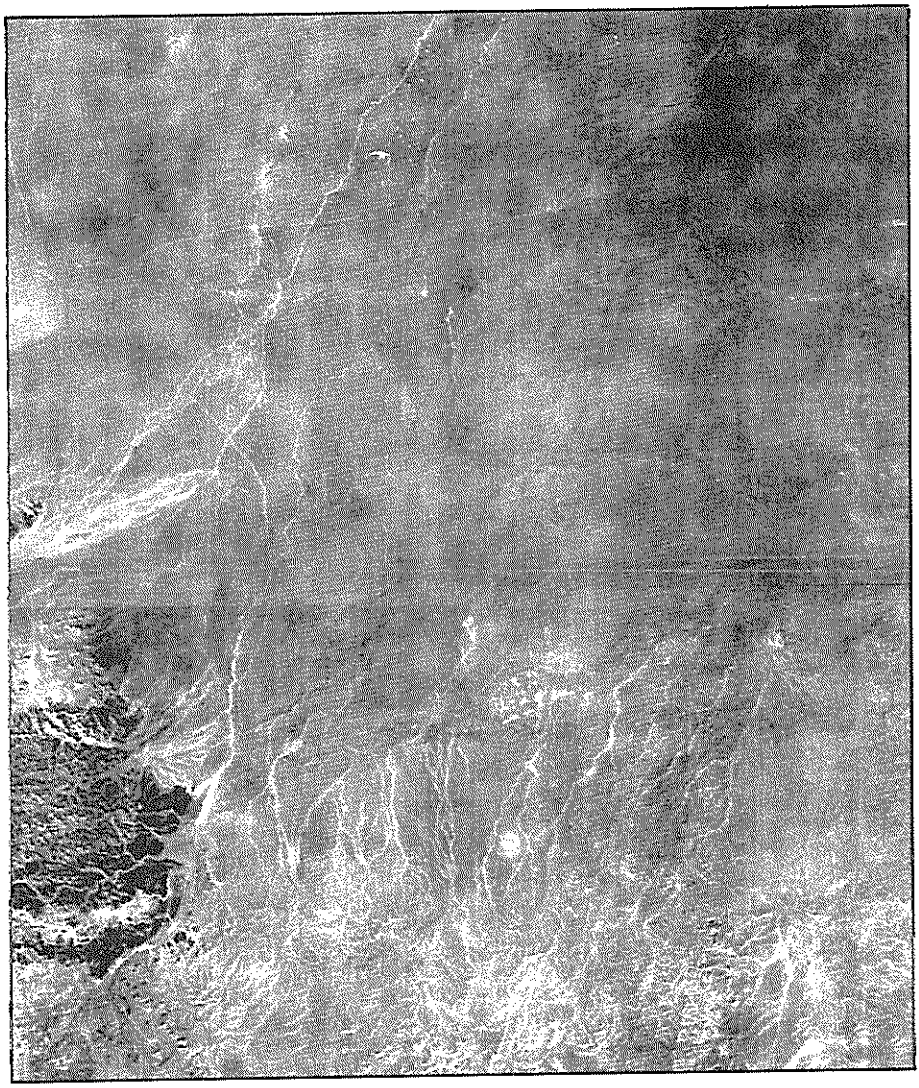
المصـدر:

وزارة المالية والاقتصاد الوطني، (١٩٥٩م)، صور جوية مجمعة *(موزاييك) لوحة رقم (٨٠)*، وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الرياض.



صورة (١) وادي ضـم .

صورة (٢) واديا دابس وأبو نجيلة .



صورة (٣) شعبان جعلة.

صورة (٤) وادي الرمة.

صورة (٥) وادي ترج.

صورة (٦) وادي بيشة.

صورة (٧) وادي الجزل.

الإصدارات السابقة

١ ـ نموذج لتوقيع الكتابة العربية على الرموز في الخرائط العامة والطبوغرافية	د. ناصر بن محمد عبدالله سلمي
٢ ـ تقدير عدد سكان المدن السعودية الصغيرة باستخدام الصور الجوية	د. خالد بن محمد العنقري
٣ ـ الحرارة وتكاليف تمديد موسم إنتاج الطماطم في البيوت المحمية المكيفة في واحة الأحساء	د. عبدالله أحمد سعد الطاهر
٤ ـ The Utility of Sand grain size in distinguishing Between various depositional environments	د. محمد سعيد سقا
٥ ـ خصائص ومشكلات إنتاج الخضراوات بالبيوت المحمية من وجهة نظر المزارعين في منطقة الرياض الإدراية	د. عبدالله بن سليمان الحديثي
٦ ـ الصناعات الغذائية في مدينة الرياض خصائصها الجغرافية ومستقبلها	عبدالعزيز إبراهيم الحرة
٧ ـ خدمات هواتف العملة في مدينة الرياض دراسة جغرافية في الخصائص والتوزيع	د. صبحي بن أحمد قاسم السعيد
٨ ـ نمط توزيع محطات وقود السيارات في مدينة الرياض، عام١٤٠٩هـ/١٩٨٨م	د. عبدالرحمن بن صادق الشريف
٩ ـ تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: دراسة جغرافية تحليلية	د. خالد بن ناصر المديهيم
١٠ ـ نوايا الهجرة والمفاضلات السكانية لطلبة الجامعة السعوديين	د. محمد بن عبدالعزيز القباني
١١ ـ التحليل المكاني للخدمات التنموية في وادي تندحة ـ منطقة عسير	د. محمد بن مفرح بن شبلي القحطاني
	د. حسين سناف ريماوي

أسـعار البيع :

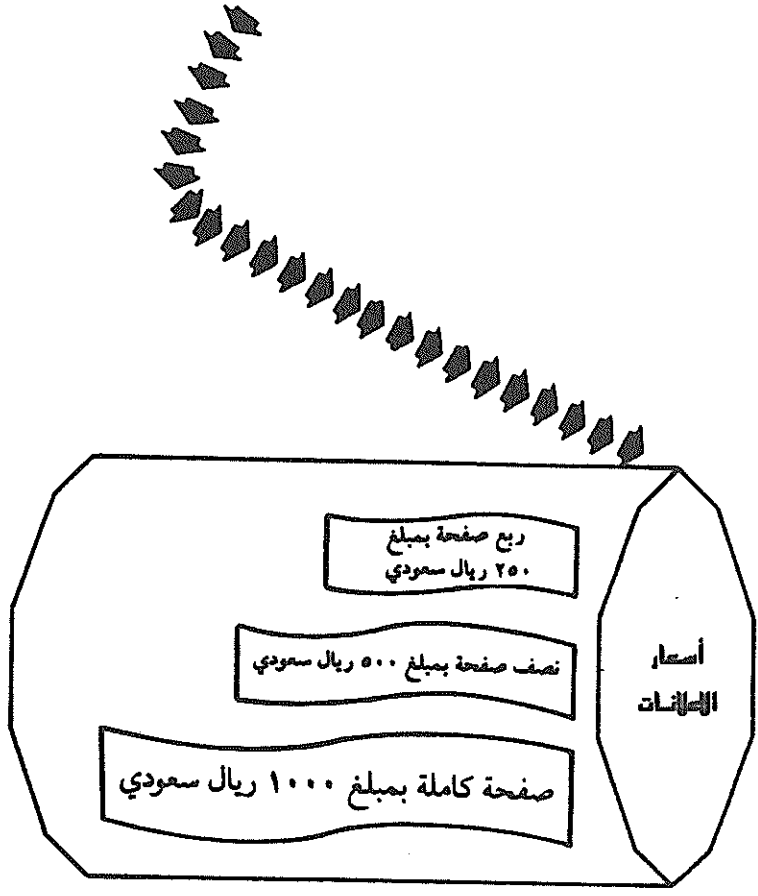
- سعر النسخة الواحدة للأفراد : ١٠ ريالات سعودية
- سعر النسخة الواحدة للمؤسسات : ١٥ ريالاً سعوديًا.
- تضاف إلى هذه الأسعار أجرة البريد.

Price Listing Per Copy:

- Individuals 10.00 S.R.
- Institutions 15.00 S.R.
- Handling & Mailing Charges are added on the above listing

صفحة الإعلانات

عزيزي الباحث وصاحب العمل والمؤسسة تتيح لك الجمعية الجغرافية السعودية فرصة التعريف بإنتاجك العلمي وأجهزتك التي يمكن أن تخدم الجغرافيين والجغرافيا بأسعار رمزية.



ABSTRACTS

Meandering is the most common form that rivers and wadis alike appear to take. This phenomenon is often reflected in the curved and sinuous flow of either perennial rivers or ephemeral wadis. Experimentally; if a sand basin of adequate dimensions is set up and the water is permitted to flow over it, meandering will eventually take place. Straight rivers or wadis are regarded as in a state of disequilibrium from which they depart to sinuosity as the norm; not the exception.

Various theories and hypotheses concerning the origin of meandering and its relations with equilibruim are reveiwed in the present paper. Selected examples of ephemeral wadis in Saudi Arabia were analyzed and were found to conform with the accepted notion of sinuousity common to most fluid systems. Climatic changes and their wadis, and inverted wadis were also discussed. Several aspects of meandering were found in great need of further research undertakings. This study was supported by various figures, plates, airphotos, and measurements tables.

Administrative Board of The Saudi Geographical Society

Abdulaziz A. Al-Asheikh	(Ph.D.) Board Chairmam
Abdullah S. Al-Zahrani	(Ph.D.) Vice-Chairman
Abdulmohsen A. Al-Hijji	(Ph.D.) Secretary General
Ibraheem S. Al-Dousary	(Ph.D.) Treasurer
Rashood/ M. Al-Kharayyef	(Ph.D.) Research Unit Supervisor
Mohammad A. Al-Ruwaithy	(Ph.D.) Member
Abdullah/ A. Saneea	(Ph.D.) Member
Mohammad A. Al-Saleh	(Ph.D.) Member
Mohammad T. Al-Yussif	(Ph.D.) Member

RESEARCH PAPERS IN GEOGRAPHY

12

River And Wadi Meandering: An Applied Geomorphological Study Of Some Ephemeral Wadis In The Kingdom Of Saudi Arabia.

Dr. Abdullah N. Alwelaie

1413A.H

1992A.D

OCCASIONAL PAPERS PUBLISHED BY THE SAUDI GEOGRAPHICAL SOCIETY
KING SAUD UNIVERSITY - RIYADH
KINGDOM OF SAUDI ARABIA