

الخصائص المورفومترية لحوض تصريف وادي لبن بالمملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

عبدالحفيظ محمد سعيد سقا

أستاذ بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية
جامعة الملك عبدالعزيز، جدة - المملكة العربية السعودية

المستخلص. تتناول هذه الدراسة باستخدام رؤية الأقمار الصناعية
ونظم المعلومات الجغرافية التحليل الكمي لخصائص المتغيرات
المورفومترية في حوض تصريف وادي لبن، وسط المملكة العربية
السعودية. أظهرت هذه الدراسة تأثير كل من الخصائص التضاريسية
والمساحية والشكلية والخصائص المورفومترية لمجاري الشبكة المائية
في منطقة الدراسة بكل من الخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية
والمناخية (القديم والحديث). بالنسبة للخصائص التضاريسية يأخذ
الحوض النمط الأخدودي حيث تتميز منحدراته بالانحدار الشديد.
أظهرت قيمة المعامل الهيبسومتري المنخفضة المرحلة المتأخرة التي
وصلت إليها الدورة التحاتية للحوض. بالنسبة للخصائص المساحية
والشكلية نجد أن مساحة الحوض انعكست على متغيرات طوله
وعرضه ومحيطه وبالتالي أعداد مجاريه. وأظهرت الدراسة بعض
نتائج الدراسة الهيدرومورفومترية لتقدير حجم سيول الحوض، كما

اقترحت المنطقة المناسبة لإنشاء سد يحد من أخطار السيول التي تهدد منطقة الدراسة.

المقدمة

تعتبر الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف من الدراسات الهامة التي جذبت اهتمام العديد من الباحثين في حقول الجيومورفولوجيا والجيولوجيا والهيدرولوجيا منذ حوالي منتصف القرن الماضي. فمن وجهة نظر الجيومورفولوجيين تتناول دراسة مورفولوجية أحواض التصريف شكل الحوض والعمليات التي ساهمت في تشكيله وذلك في إطار كمي تحليلي (Gardiner, 1975). وفي ظل تطور برامج الحاسب الآلي والخرائط المتنوعة والصور المرئية الفضائية أصبحت دراسة الخصائص المورفومترية لحوض التصريف أكثر دقة مقارنة بالطرق التقليدية. هذا وتعتبر المناطق الجافة من أكثر المناطق التي تحتاج لهذا النوع من الدراسة وذلك لبناء قاعدة معلومات يستطيع من خلالها المخططون وضع أنسب الحلول لتنمية أي إقليم، مثل استصلاح المساحات الزراعية، وتحديد أنسب المواقع لإنشاء السدود بغرض حماية المياه المهددة، ودرء أخطار السيول التي تهدد الأرواح والمناطق الزراعية العمرانية.

هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة الخصائص المورفومترية لحوض تصريف وادي لبن. كما يهدف البحث إلى إنشاء قاعدة بيانات جغرافية تساعد المهتمين في الدراسات البيئية التطبيقية على تطور وتنمية حوض وادي لبن في جميع المجالات.

ويهدف البحث إلى ما يلي:

- ١- إجراء قياسات لشبكة المياه السطحية لحوض تصريف وادي لبن.
- ٢- إنشاء خرائط رقمية (DEM) للحوض مثل خرائط الانحدار والارتفاعات. والكنطور وشبكة تصريف المجاري المائية.
- ٣- دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية لحوض تصريف وادي لبن وأهم العوامل التي أدت إلى تشكيله.
- ٤- قياس مخاطر السيول في حوض وادي لبن والمساهمة في إيجاد أنسب الحلول من خلال وضع بعض التوصيات.

بيانات الدراسة

اعتمدت الدراسة على مصدرين رئيسيين من البيانات هما:

- ١- الصورة الفضائية رقم (p166/R43) (١)، والمأخوذة بالقمر الأمريكي لاندسات ٥ (Landsat TM5) لعام ٢٠٠٠م. ونظرًا لأن الصورة تغطي مساحة حوالي ١٨٥ X ١٨٥ كلم، فقد تم اقتطاع جزء من الصورة يغطي كامل امتداد حوض وادي لبن (شكل ١)، ويمثل القنوات الطيفية (spectral bands) ٢، ٣، ٤ كأفضل توليفة من القنوات لهذه المنطقة من الصورة الفضائية.

- ٢- بيانات الارتفاعات الرقمية (SRTM) (٢) (The shuttle radar topography mission) وبدرجة وضوح ٩٠ م للبكسل. كذلك بالنسبة لبيانات الارتفاع حيث اقتطعت المنطقة التي تمثل حوض الوادي كما يتضح في شكل (١).

معالجة البيانات

استخدم في هذه الدراسة عدة برامج وذلك للقيام بوظائف معينة على النحو

التالي:

- برنامج إيرداس إيماجن (ERDAS Imagine 9.1) وذلك للمعالجة التحسينية للصورة الفضائية، واختيار القنوات المناسبة لمثل هذا العمل بحيث يمكن إظهار شبكة مجاري المياه بوضوح، وأخيراً اقتطاع منطقة الدراسة.

- برنامج (Taudem) ويعمل كملحق مع برنامج (ArcGIS) لرسم المجاري المائية آلياً وتعيين حدود الحوض (خط تقسيم المياه).

- برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS 9.2) مع الملحقين (Arc Analyst و 3D Analyst) من خلال هذه البرامج تم رسم خطوط الكنتور وإجراء قياسات الانحدار والارتفاعات.

ومن خلال معالجة البيانات وإجراء التحليلات من خلال نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة ٩٠ متر عن طريق البرنامج (Taudem) تم عمل الخرائط التالية:

- خريطة الارتفاعات (شكل ٧)
- خريطة خطوط الكنتور (شكل ٨)
- خريطة درجة الانحدارات (شكل ٩)
- خريطة رتب شبكة التصريف (شكل ١٠).

- استخدمت طريقة سترالير (Strahler, 1952a) لتحديد الترتيب الهرمي لشبكة المجاري المائية. وقد اعتمدت هذه الطريقة لسهولة إضافتها إلى إمكانية مقارنة هذه الدراسة بنتائج مثيلاتها التي تمت بنفس الطريقة (آل سعود، ١٩٩٧م، وبوروية، ٢٠٠٢م، ٢٠٠٧م، وسلامة، ١٩٨٢م، وسليم، ١٩٧٨م، وسقا، ٢٠١٠م).

- استخدم في البحث خريطتان طبوغرافيتان إضافة إلى خريطتين جيولوجيتين توضحان موقع منطقة الدراسة (انظر قائمة المراجع).

الخصائص الجغرافية الطبيعية لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة، حوض تصريف وادي لبن، في الجنوب الغربي لمدينة الرياض (شكل ١). وتمتد بين دائرتي عرض $24^{\circ} 30' 58''$ و $24^{\circ} 39' 48''$ شمالاً وخطي طول $46^{\circ} 39' 12''$ و $46^{\circ} 18' 00''$ شرقاً. ويمتد حوض وادي لبن على مساحة تصريف تبلغ ٢٠٧,٣ كلم^٢ شرق سفوح جبال طويق.



شكل (١). خريطة موقع حوض تصريف وادي لبن.

المصدر: صورة فضائية رقم (P166/R43) القمر الصناعي الأمريكي لاندسات ٥ (Landsat5) لعام ٢٠٠٠م.

مناخ منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن المناخ المداري الجاف، ونظراً لبعدها عن المسطحات المائية فإنها تتبع نظام المناخ القاري. وتتميز منطقة الدراسة بشدة الحرارة صيفاً والبرودة شتاءً، بالإضافة إلى ندرة الأمطار، وارتفاع معدلات التبخر التي تفوق معدلات التساقط مع انخفاض معدلات الرطوبة النسبية. وتتأثر منطقة الدراسة بعدة ضغوط تؤثر على خصائصها المناخية من فصل لآخر وذلك خلال

العام الواحد. ففي فصل الصيف تتأثر المنطقة بمراكز الضغط المنخفض الآسيوي والإفريقي، حيث يسود الجفاف الشديد مع الارتفاع الشديد لدرجات الحرارة.

أولاً: الأمطار

أما في فصل الشتاء فتتأثر المنطقة بمراكز الضغط المرتفع وخاصة الآسيوي الذي يؤدي إلى الانخفاض الشديد في درجات الحرارة. كما تتأثر منطقة الدراسة، مثل بقية مناطق المملكة، بالضغط المنخفض المتمركز فوق شرقي البحر المتوسط والمسؤول عن سقوط الأمطار الشتوية. وفي الجزء القادم سوف ندرس الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة وذلك طبقاً لبيانات الحرارة والأمطار والتبخر والرطوبة في الفترة الزمنية الممتدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٠٨م.

يبلغ المتوسط السنوي للأمطار في منطقة الدراسة ٥٦،٥٥ ملم (مصلحة الأرصاد، ٢٠٠٨م). ويوضح الشكل (٢) وجدول (١) أن أعلى متوسطات الأمطار الشهرية في فصلي الشتاء والربيع، بينما يبلغ أدناها في فصل الصيف الذي يتصف بالجفاف التام. وكما هو الحال بالنسبة للأقاليم الجافة يتميز هطول الأمطار بالفجائية والكثافة. ففي شهور سقوط الأمطار تمتلئ الأودية بالمياه (ملحق صورة ١) ومع ارتفاع منسوب المياه الجارية السطحية تبدأ السيول وتمتد على مساحة التصريف للحوض المائي.

ثانياً: الحرارة

تتبع منطقة الدراسة نظام المناخ القاري حيث يرتفع الفارق بين درجات الحرارة العظمى والصغرى (المدى الحراري). ويوضح الشكل (٣) وجدول (١) أن شهري يونية وأغسطس (٤٣،٧ درجة مئوية) يسجلان أعلى درجات الحرارة، بينما يبلغ أدناها في شهر يناير (١٤،٤ درجة مئوية). وتؤثر التغيرات الحرارية بشكل رئيس في عملية التبخر، وبالتالي في تغيرات الجريان السطحي لمياه الأمطار. كما

أن التغيرات الحرارية تلعب الدور الرئيس في عمليات التجوية الميكانيكية السائدة في منطقة الدراسة.

جدول (١). المتوسط الشهري لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية والتبخر والأمطار بمحطة الرياض (١٩٨٥-٢٠٠٨م)

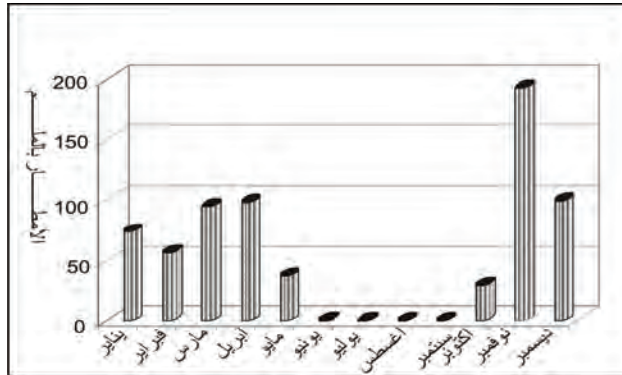
المتوسط السنوي	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط السنوي
درجة الحرارة العظمى (مئوية)	٢٠,٠	٢٣,٠	٢٧,٦	٣٣,٣	٣٩,٤	٤٢,٥	٤٣,٧	٤٣,٧	٤٠,٥	٣٥,٤	٢٨,٢	٢٢,١	٤٣,٧
درجة الحرارة الصغرى (مئوية)	١٤,٤	١٦,٠	٢٠,٤	٢٥,٩	٣١,٩	٣٤,٦	٣٥,٨	٣٥,٧	٣٢,٣	٢٧,٢	٢٠,٨	١٥,٢	٢٥,٨
الرطوبة النسبية (%)	٦٢	٣١	٢٢	٣٦	١٧	١١	١٠	١٧	١٣	١٦	٣١	٥٦	٢٦,٨٣
التبخر (مم)	١٢	١٨,٣	١٩,٧	٦٩,٦	١٢٨,١	٢٠٥,٠	٢١٣,٨	٢٠٤,٩	١٥٩,٤	٩٣,٤	٥٧,٥	٢٢,١	١٠٠,٣٢
الأمطار (مم)	٧٣,٦	٥٦,١	٩٤,٤	٩٧,١	٣٧,٠	٠,٢	-	-	-	٢٨,٩	١٩٢,٨	٩٨,٦	٥٦,٥٥

المصدر: بيانات النشرة المناخية، مصلحة الأرصاد، (٢٠٠٨م).

* تم استخراج متوسط التبخر من كتاب الجراش (١٩٨٩م).

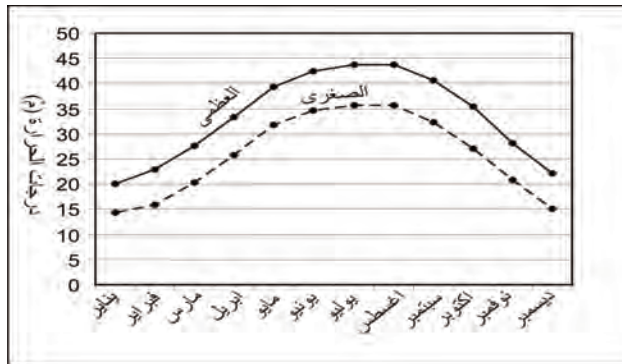
ثالثاً: التبخر والرطوبة النسبية

يبلغ المتوسط السنوي للتبخر في منطقة الدراسة ١٠٠,٣٢ ملم. وتعتبر درجة الحرارة العامل الأساسي في التحكم في ارتفاع وانخفاض التبخر في منطقة الدراسة. ففي فصل الصيف يبلغ التبخر أقصاه (شهر يولييه ٢١٣,٨ ملم) ويبلغ أدناه في فصل الشتاء (شهر يناير ١٢ ملم)، (شكل ٤). أما بالنسبة للرطوبة النسبية فنجد أنها تنخفض في منطقة الدراسة بصفة عامة وذلك بسبب بعدها عن المسطحات المائية حيث يبلغ المتوسط السنوي ٢٦,٨٣%. وتبلغ الرطوبة النسبية أدناها في فصل الصيف (شهر يولية ١٠%) أما في فصل الشتاء فتبلغ أقصاها (شهر يناير ٦٢%)، (شكل ٥). وتتحكم سقوط الأمطار في ارتفاع وانخفاض المتوسط السنوي للرطوبة النسبية في منطقة الدراسة.



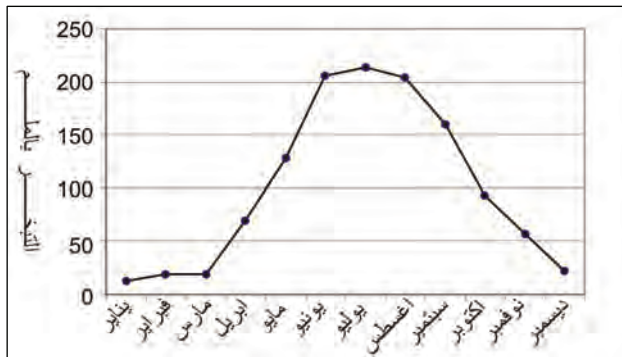
شكل (٢). معدل الأمطار الشهري (محطة الرياض).

المصدر: بيانات النشرة المناخية، مصلحة الأرصاد، ٢٠٠٨م.



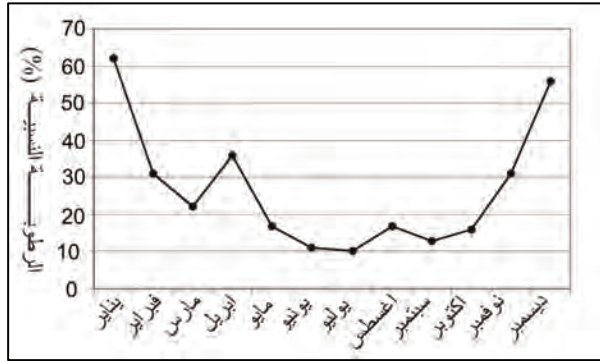
شكل (٣). المعدل الشهري لدرجات الحرارة (محطة الرياض).

المصدر: النشرة المناخية، مصلحة الأرصاد، ٢٠٠٨م.



شكل (٤). معدل التبخر الشهري (محطة الرياض).

المصدر: الجراش، ١٩٨٩م.

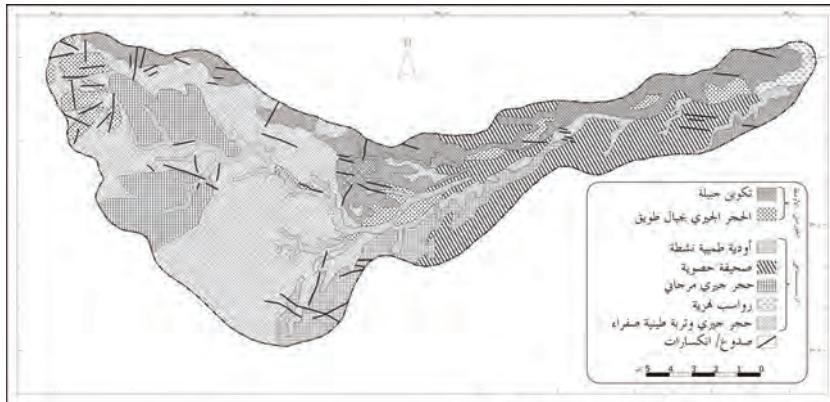


شكل (٥). المعدل الشهري للرطوبة النسبية (محطة الرياض).

المصدر: النشرة المناخية، مصلحة الأرصاد، ٢٠٠٨م.

ثالثاً: جيولوجية منطقة الدراسة

تتكون منطقة الدراسة من الصخور الرسوبية للرصيف القاري العربي. ويتشكل سطح حوض وادي لبن من عدة تكشّفات صخرية متعددة من حيث العمر الجيولوجي والتركيب الصخري. ويقطع الحوض مجموعة من الصدوع والانكسارات ويأخذ معظمها الاتجاه الشرقي الغربي أي أنها تأخذ اتجاهات أفقية. وتوضح الخريطة الجيولوجية للحوض التكوينات الجيولوجية للحوض على النحو التالي (شكل ٦):



المصدر: مربع هنوما لوحة رقم (241)، بمربع الرياض، لوحة رقم (241)، ١٩٩٢.

شكل (٦). الخريطة الجيولوجية لحوض تصريف وادي لبن.

١ - تكوينات الجوراسي الأوسط Middle Jurassic Formation

تكوين جبيلة

يتكون تكوين جبيلة في منطقة الدراسة من سحنات متعاقبة من الحجر الجيري التي تقع في مناطق متفرقة من الحوض وخاصة في جزءه الشمالي في مناطق تقسيم المياه (شكل ٦). وقد أدت عملية التجوية (كيميائية وميكانيكية) إلى تحطم وتكسر وتفتت وتحلل صخور تكوين جبيلة، ونتج عنها العديد من المواد مثل الرمل الجيري الخشن وكميات كبيرة من مفتتات الشعاب المرجانية، والكائنات البحرية وبعض المحارات والدلومايت. ويرجع وجود التكوينات الجيرية الدقيقة ذات الأصل البحري إلى ترسبها تحت ظروف بيئية بحرية حيث إن منطقة الدراسة كانت من ضمن المناطق التي كان يغطيها بحر تيثس (Tethys) القديم (Chapman, 1978).

٢ - الحجر الجيري لجبال طويق

يتكون الحجر الجيري لجبال طويق في شمال غرب الحوض ويتكون من طبقات متعددة من الصخر الكلسي ومفتتات الرمل الجيري الخشن، ومفتتات من الهياكل المرجان إضافة لمفتتات الصخور الكربونية. وتتنوع كتل الصخور المرجانية على شكل هضاب دائرية صغيرة التي تعرضت لعمليات التعرية المختلفة مما أدى إلى تراكم المفتتات عند قاعدتها.

٣ - رواسب العصر الرباعي Quaternary Deposits

تنتشر رواسب العصر الرباعي في جميع مناطق الحوض. وتعتبر هذه الرواسب نتاجاً لعمليات التجوية المختلفة، والتعرية المائية التي مرت على منطقة الدراسة سواء القديمة أو الحالية. وتتألف رواسب الرباعي من الرواسب الطميية النشطة التي تشغل المجرى الرئيس للحوض وجميع روافده. وقد كونت هذه الرواسب في بعض المناطق المصاطب النهرية. كما تنتشر الرواسب الحصوية وبعض مفتتات الصخور الصغيرة الحجم وتتميز الرواسب الحصوية بأشكالها شبه

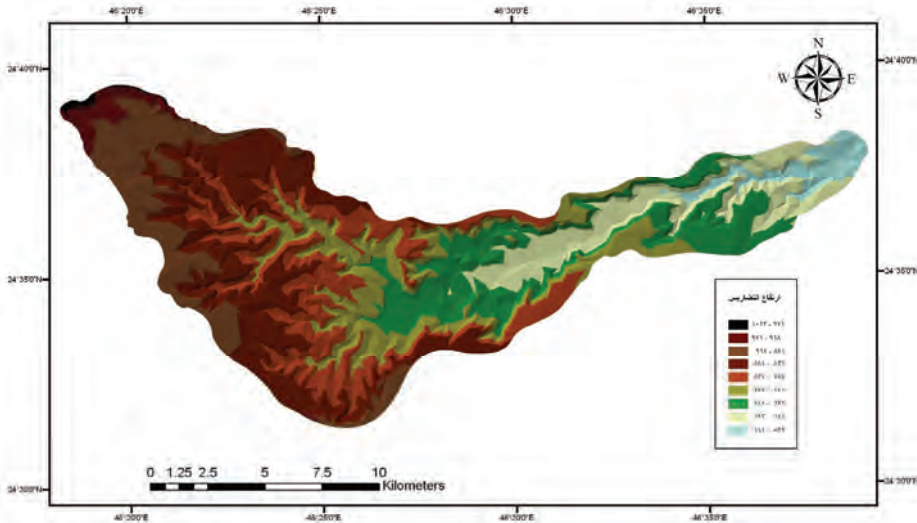
المستديرة، أما الأخرى فتتميز بأشكال ذات زوايا أو مزواة الشكل. كما تنتشر رواسب الحجر الجيري المرجاني ورواسب الحجر الجيري والترتبة الطينية الصفراء ويشغلان معظم مساحة الحوض. وتوجد الرواسب النهرية في أدنى منطقة في الحوض حيث نقلتها المسيلات المائية ورسبتها في هذه المنطقة (شكل ٦).

رابعًا: جيومورفولوجية منطقة الدراسة

يمتد حوض تصريف وادي لبن على مساحة تبلغ ٢٠٧,٣ كلم^٢ شرق المنحدرات الشرقية لجبال طويق. ويتراوح ارتفاع الحوض ما بين ٥٩٩ إلى ١٠٢٤ مترًا وتقع المناطق الأكثر ارتفاعًا في الجزء الشمالي الغربي، وتندرج في الانخفاض اتجاه الشرق حيث يوجد المصب (شكلي ٧ و ٨). وتتميز المناطق المرتفعة وخاصة في أقصى شمال غرب الحوض أنها على شكل كويستات تتحدّر سطوحها بصفة عامة نحو الشرق. ويأخذ الحوض شكل المنخفضات والخنادق وذلك بفعل عمليات التقطيع التي مارسها التعرية المائية الكثيفة والمتعاقبة، خلال العصور المطيرة المتعاقبة التي مرت على منطقة الدراسة (جودة، ١٩٧٨م، ومصطفى، ١٩٨٢م). فقد أدت هذه العمليات إلى تقطيع الهضاب وظهور الأخاديد العميقة ذات الانحدارات الشديدة. ويقطع سطح الحوض العديد من المجاري المائية وتبلغ ١٢٨٤ مجرى مكونة شبكة مجاري مائية ذو خمس رتب. أما بالنسبة للانحدار فيبلغ متوسط درجة انحدار الحوض ٤٢,٥ درجة، ويتباين ما بين ٠,٥ إلى ٨٥ درجة. ولا يوجد هناك علاقة بين درجة الانحدار وتباين ارتفاعات سطح الحوض. فمن الخرائط (أشكال ٧ و ٨ و ٩) نلاحظ أن الانحدارات الشديدة توجد في كل من المناطق المرتفعة والمنخفضة. وقد كان لنوعية صخر المنطقة الدور الأساسي في زيادة فاعلية عمليات التعرية المائية حيث إن الصخور الجيرية تعتبر أقل أنواع الصخور مقاومة للتعرية المائية. وقد عملت المياه السطحية والجوفية في منطقة الدراسة على تشكيل بعض الأشكال مثل الكهوف (الملحق: صورة ٢). أما المياه الجوفية فقد كونت بعض الحفر التي تعرف بالدحول (sink holes).

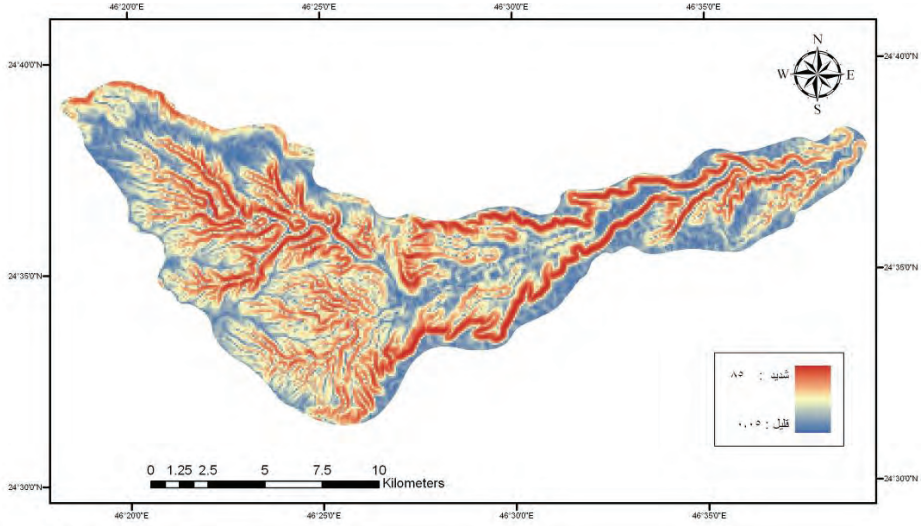
وتنتشر على طول منحدرات حوض وادي لبن طبقات سميكة من المفتتات الناتجة عن عملية التجوية الكيميائية والميكانيكية وعمليات التعرية المائية وخاصة الكارستية (الملحق: صورة ٣). وتتميز هذه الرواسب بتباينها الكبير من حيث الحجم حيث توجد كتل الحجر الجيري الضخمة في المناطق العليا من المنحدرات وتندرج إلى رواسب أقل حجماً أسفل المنحدرات. وتظهر المنحدرات في بعض المواقع على شكل مراوح فيضية. وتتشط عمليات التعرية الريحية في منطقة الدراسة حيث عملت على حت وتآكل بعض المنحدرات وكونت بعض الأشكال (الملحق: صورة ٤). ويوجد في قيعان المنخفضات المجاري المائية لوادي لبن والتي اختفت بعض مجاريها حيث ملأت الرواسب قيعانها.

ويغطي أرضية الحوض الرواسب النهرية (الحصى والرمل والطيني) التي نقلتها المجاري المائية من المناطق المرتفعة ورسبتها في المناطق المنخفضة. وتنتشر بعض التلال في المناطق المنخفضة من الحوض حيث عملت على تعرج بعض مجاري الأودية على طول الحوض.



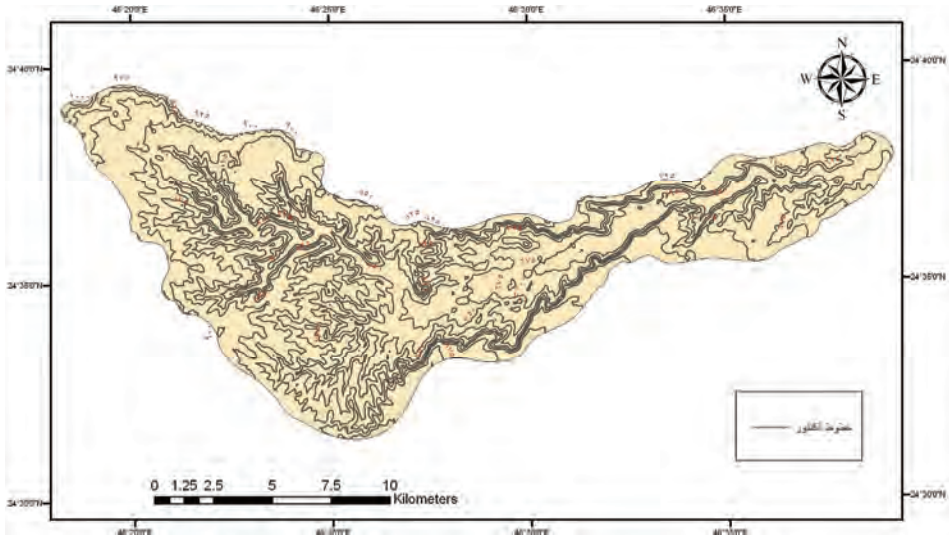
شكل (٧). خريطة الارتفاعات لحوض تصريف وادي لبن.

المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).



شكل (٨). خريطة الانحدار لحوض تصريف وادي لبن.

المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).



شكل (٩). خريطة خطوط الكنتور لحوض تصريف وادي لبن.

المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).

الخصائص المورفومترية لحوض وشبكة المجاري المائية لحوض وادي لبن

أولاً: الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن

٥-١ الخصائص التضاريسية

تتأثر كل من الخصائص المساحية والشكلية ومورفومترية الشبكة المائية لحوض التصريف بالخصائص التضاريسية. فالخصائص التضاريسية لحوض التصريف والتي تتمثل في درجة انحداره وتضرسه ووعورته ما هي إلا نتاج عمليات التجوية المختلفة، وعمليات التعرية المائية التي مارست وما زالت تمارس عملها في تخفيض سطح الحوض حتى يصل إلى مستوى القاعدة. ويشمل هذا الجزء دراسة الخصائص التضاريسية لحوض تصريف وادي لبن والتي تشمل كلاً من نسبة التضرس ورقم الوعورة والمعامل الهيبسومتري.

٥-١-١ نسبة التضرس Relief Ratio

تعتبر نسبة تضرس الحوض من المؤشرات المهمة التي توضح مدى تأثيره بالعمليات الجيومورفولوجية التي عملت على تضرسه. إضافة إلى ذلك يعتبر من المعايير المهمة التي تتحكم في مستوى قمم الفيضان. مكلما ارتفعت نسبة التضرس والانحدارات بالحوض ارتفع زمن تركيز جريان المياه السطحي، وبالتالي ترتفع قمة الفيضان (Horton, 1945; Strahler, 1964). وتحسب نسبة التضرس طبقاً للمعادلة التالية:

الفرق بين أعلى نقطة وأدنى نقطة في الحوض

أقصى طول للحوض (Schumm, 1956)

جدول (٢). الخصائص المورفومترية للخصائص التضاريسية والشكلية والمساحية لحوض تصريف وادي لبن.

٢٠٧,٣	مساحة الحوض (كلم)
٩٠,٤	محيط الحوض (كلم)
٣٩,٦١	طول الحوض المائي (كلم)
٤٧,٦٣	طول المجرى الرئيس (كلم)
١٠,٥٣	عرض الحوض (كلم)
٠,٤١	نسبة الاستطالة
٠,٣٢	معامل الاستدارة
٠,١٣	معامل الشكل
١٠٢٤	الارتفاع الأقصى للحوض (متر)
٥٩٩	الارتفاع الأدنى للحوض (متر)
٢١٢	الارتفاع المتوسط (متر)
٤٢,٥	متوسط الانحدار (درجة)
١٠,٧٠	نسبة التضرس (م/كلم)
٣٣,٦٠	رقم الوعرة
٢,١٣	المعامل الهيبسومتري

وتبلغ نسبة تضرس حوض وادي لبن ١٠,٧٠ م/كلم، ويرجع انخفاض نسبة التضرس في الحوض إلى كبر طوله (٣٩,٦١ كلم). وعلى ذلك نجد أن طول الحوض يلعب دوراً مهماً في نسبة التضرس، فكلما زاد طول الحوض فإن نسبة التضرس تنخفض والعكس صحيح. وبالمقارنة مع بعض الأحواض في المملكة نجد أن نسبة تضرس حوض نساخ تبلغ ٠,٣٧ م/كلم، ولعل هذه القيمة المنخفضة ترجع إلى عظم طول الحوض البالغ ١٣١,٩ كلم (آل سعود، ١٩٩٧م). كما وجد بوروبه (بوروبه، ٢٠٠٢م) أن نسبة تضرس الأجزاء العليا من حوضي يخرف وعركان (رافدي وادي بيش جنوب غرب المملكة) تبلغان ٩٤ م/كلم و ١٥,٨ م/كلم

على التوالي. وعلل ذلك إلى أنهما أكثر أجزاء الحوض ذات الفروق الكبيرة في الارتفاعات وقصر أطوالهما نسبياً.

٥-١-٢ رقم الوعورة Ruggedness Number

يعتبر رقم الوعورة مؤشراً مهماً يلخص التفاعل بين التضرس وسطح حوض التصريف، كما أنه مقياساً مفيداً للربط بين الخصائص المورفومترية لحوض التصريف وقمة تصريف الفيضان (Patton and Barker, 1979). ويستخرج رقم الوعورة طبقاً للمعادلة التالية:

$$\text{كثافة التصريف} \times \text{نسبة التضرس} \\ \text{طول محيط الحوض (Strahler, 1958)}$$

ويبلغ رقم الوعورة في حوض تصريف وادي لبن ٣٣,٦٠. وتعطي هذه القيمة المرتفعة دلالة على ارتفاع كل من قيم كثافة التصريف ونسبة التضرس في الحوض. وبمقارنة رقم الوعورة بحوض تصريف وادي لبن ببعض الأحواض الأخرى، ينخفض رقم الوعورة بدرجة كبيرة في حوض وادي خليص (جبال الحجاز غرب المملكة) حيث يبلغ ٠,٠١٤. وتعكس هذه القيمة المنخفضة انخفاض قيم كثافة التصريف، ونسبة التضرس وكبر مساحة الحوض (سقا، ٢٠٠٩م).

٥-١-٣ المعامل الهيبسومتري Hypsometric Index

يعبر المعامل الهيبسومتري عن العلاقة النسبية بين الارتفاع النسبي والمسافة النسبية لأي ارتفاع بحوض التصريف (Strahler, 1952b). كما يعتبر مقياساً زمنياً يوضح مرحلة الدورة التحاتية التي يمر بها الحوض. كما يوضح كمية المواد الصخرية التي فقدتها الحوض والكمية التي تنتظر دورها للإزالة بواسطة عمليات التعرية المختلفة. ويستخرج المعامل الهيبسومتري طبقاً للمعادلة التالية:

الارتفاع النسبي

(النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور مختار إلى أقصى ارتفاع في الحوض)

المساحة النسبية

(النسبة بين المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض)
(Strahler, 1952b; Chorley and Morley, 1959; and Hann and Jonhson, 1966)

يبلغ المعامل الهيسومتري لحوض وادي لبن ٢,١٣٪ أي أن الحوض أتم حوالي ٩٨٪ من دورته التحاتية. وتتوافق هذه النسبة المرتفعة مع نسبة تضرس الحوض المرتفعة ٣٣,٦٠ م/كلم. وكما سبق الإشارة إليه، فقد تأثر حوض وادي لبن لعمليات التعرية المائية التي توالى عليه خلال العصور المطيرة، مما أدى إلى انخفاض سطحه. إضافة إلى ذلك فقد كان لنوعية الصخر (صخور رسوبية) دور مهم في نشاط عمليات التعرية المائية في الحوض. وبمقارنة المعامل الهيسومتري في حوض وادي لبن ببعض الأحواض الأخرى وجد أن أحواض التصريف في الأردن التي تتكون من الصخور البازلتية يرتفع معاملها الهيسومتري حيث يبلغ ٩١,٩٩٪ بينما ينخفض إلى حده الأدنى في الأحواض الجرانيتية حيث يبلغ ٦٠,٧٥٪ (سلامة، ١٩٨٠م). وترتفع قيم المعامل الهيسومتري في بعض أحواض الجزء الغربي من المملكة حيث توجد صخور الدرع العربي الأكثر صلابة ومقاومة لعوامل التعرية. ففي جنوب غرب المملكة يبلغ المعامل الهيسومتري في حوضي وادي يخرف وعركان ٧٠,٨٪ و ٦٧,٤٪ على التوالي (بوروبه، ٢٠٠٢م) وفي حوضي وادي صيبا وقصي ٥٧,٨٠٪ و ٣٣,٣٩٪ على التوالي (سقا، ٢٠٠٨م).

٢-٥ الخصائص المساحية والشكلية

تعتبر الخصائص المساحية والشكلية لحوض التصريف نتاج عمليات التعرية المائية التي مر بها الحوض. كما تتأثر هذه الخصائص بنوع الصخر والتحكم البنائي للحوض.

٥-٢-١ مساحة الحوض Area of Basin

مساحة الحوض هي كامل المساحة التي يحددها خط تقسيم المياه ويصرفها النهر. وترتبط معظم الخصائص المساحية والشكلية بحوض التصريف بمساحته. فعلى سبيل المثال نجد أنه كلما زادت مساحة الحوض، زادت أعداد وأطوال مجاريه المائية. وتبلغ مساحة حوض تصريف وادي لبن ٢٠٧,٣ كلم^٢. وقد تأثرت مساحة حوض وادي لبن بالعديد من العوامل التي أدت إلى اتساعه، مثل طبيعة الصخر، والانكسارات، والظروف المناخية التي مرت بالحوض.

٥-٢-٢ محيط الحوض Basin Perimeter

محيط الحوض هي المنطقة المرتفعة التي تفصل بين الأحواض المجاورة وتعرف بخطوط تقسيم المياه. ويبلغ محيط حوض تصريف وادي لبن ٩٠,٤ كلم. ويرتبط طول محيط الحوض مع مساحته إضافة إلى شدة تعرجه.

٥-٢-٣ عرض الحوض Width of Basin

تم قياس عرض الحوض كما يلي:

أ - تقسيم الخط الذي يمثل طول الحوض إلى مسافات متساوية

ب- يقام عند كل نقطة عمود تقسيم يصل إلى محيط الحوض على

الجانبين

ج- يمثل طول العمود عرض الحوض عند هذه النقطة، وعرض الحوض

هو متوسط أطوال الأعمدة المقامة عند نقط التقسيم (مسطفي، ٢٠٠٠م،

ص ٢٦١). ويبلغ متوسط عرض حوض تصريف وادي لبن ١٠,٥٣ كلم.

٥-٢-٤ طول الحوض Length of Basin

تم قياس طول حوض تصريف وادي لبن بقياس أعلى نقطة في منطقة تقسيم المياه إلى أدنى نقطة (Smart and Surkan, 1967). ويبلغ طول حوض وادي لبن ٣٩,٦١ كلم.

٥-٢-٥ معامل الاستدارة Circularity

تم استخراج معامل استدارة الحوض طبقاً للمعادلة التالية:

مساحة الحوض

مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض نفسه (Miller, 1953)

يبلغ معامل استدارة حوض تصريف وادي لبن ٠٠,٣٢ ويمكن تفسير انخفاض استدارة الحوض إلى شدة تعرج خطوط تقسيم المياه إضافة إلى كبر مساحة الحوض. وتعتبر أحواض التصريف الأكثر استدارة أكثر عرضة لأخطار الفيضانات حيث إن زمن التركيز يكون متماثلاً على السفوح مما يعجل بوصول مياه الجريان السطحي في نفس المدة الزمنية، مما يؤدي إلى ارتفاع سريع في منسوب مياه الأودية وحدوث السيول الفجائية التي لها أخطار جسيمة في تلك المناطق. وقد أظهرت كثير من الدراسات أن الأحواض الكبيرة المساحة غالباً ما تكون منخفضة الاستدارة حيث تصل إلى المرحلة الجيومورفولوجية المتقدمة، على عكس الأحواض الصغيرة المساحة التي تميل إلى الاستدارة (Chorely, 1969; and Morisawa, 1958).

٥-٢-٦ نسبة الاستطالة Elongation Ratio

تستخدم نسبة الاستطالة لتحديد مدى اتخاذ الحوض الشكل المستطيل أو القريب منه وذلك طبقاً للمعادلة التالية:

طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض

أقصى طول للحوض (Schumm, 1956)

تبلغ نسبة استطالة حوض تصريف وادي لبن ٠,٤١. وتدل هذه القيمة أن الحوض يميل للاستطالة أكثر منه للاستدارة. وقد كان لتباين الارتفاعات ودرجة انحدار السطح واتجاهية البنيات الانكسارية في منطقة الدراسة تأثير كبير في استطالة الحوض. وترتبط الأحواض الأكثر استطالة غالبًا بتصريف مائي أقل كمية مقارنة بالأحواض المستديرة. كما أن مياه الجريان السطحي تكون أكثر تعرضًا للتبخّر أو التسرب داخل التربة، وذلك لطول المسافة بين المنابع والمصب (سلامة، ١٩٨٢م). وتعتبر أحواض التصريف الناتجة عن الانكسارات أو التي تشكل فيها الانكسارات نسبة كبيرة أكثر الأحواض استطالة (آل سعود، ١٩٩٧م؛ Hammad *et al.*, 1989; Engstrom, 1989; and McArther and Hope, 1993). وعمومًا فقد أكد بعض الباحثين أن الأحواض الكبيرة ذات قيم الاستطالة المرتفعة تدل على وصولها إلى مرحلة متقدمة من دورتها التحاتية (Chorely, 1969; and Morisawa, 1958).

٥-٢-٧ معامل الشكل Shape Factor

يوضح معامل الشكل مدى تناسق الشكل العام لأجزاء الحوض المختلفة وذلك طبقاً للمعادلة التالية:

مساحة الحوض

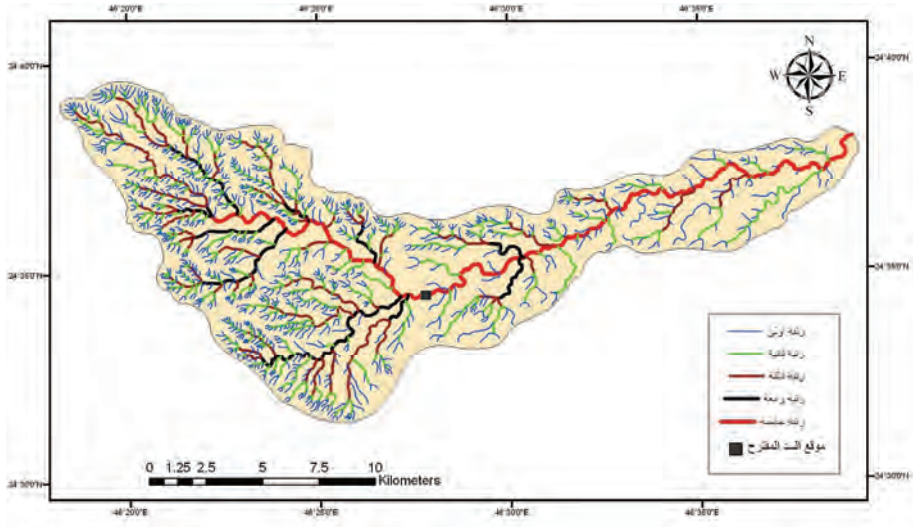
(أقصى طول للحوض)^٢ (Horton, 1945)

ويبلغ معامل الشكل لحوض تصريف وادي لبن ٠,١٣. تدل هذه القيمة المنخفضة على أن الحوض بعيد كلية عن الشكل المتناسق. كما تدل هذه القيمة المنخفضة لمعامل الشكل أنه لا يوجد تجانس بين مساحة التصريف وامتداد المجاري المائية فوق السفوح. ففي المناطق المرتفعة جهة الغرب يأخذ الحوض نسبيًا الشكل الدائري، بينما في المناطق المنخفضة، اتجاه المصب، يأخذ الشكل المستطيل (شكل ٦).

٥-٣ خصائص شبكة التصريف

تتأثر خصائص شبكة التصريف في حوض التصريف بالخصائص التضاريسية والجيولوجية والخصائص المساحية والشكلية إضافة إلى المناخ والنبات الطبيعي. يُصنف حوض وادي لبن في الرتبة الخامسة بعد اقتران مجاري الرتبة الرابعة بمجرى الرتبة الخامسة (شكل ١٠). ويبلغ عدد المجاري المائية في حوض وادي لبن ١٢٨٤ مجرى تتوزع على النحو التالي:

- مجاري الرتبة الأولى وتبلغ ٩٨٠ مجرى أي ما يعادل ٧٦,٣٢٪ من مجموع المجاري المائية بالحوض.
- مجاري الرتبة الثانية وتبلغ ٢٣٩ مجرى أي ما يعادل ١٨,٦١٪ من مجموع المجاري المائية بالحوض.
- مجاري الرتبة الثالثة وتبلغ ٥٣ مجرى أي ما يعادل ٤,١٣٪ من مجموع المجاري المائية بالحوض.



شكل (١٠). خريطة الترتيب الهرمي لشبكة المجاري المائية لحوض تصريف وادي لبن.

المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).

- مجري الرتبة الرابعة وتبلغ ١١ مجرى أي ما يعادل ٠,٨٦٪ من مجموع المجاري المائية بالحوض.

- مجرى الرتبة الخامسة ويبلغ مجرى واحد أي ما يعادل ٠,٠٨٪ من مجموع المجاري المائية بالحوض.

وفيما يلي أهم خصائص مجاري الشبكة المائية لحوض تصريف وادي لبن:

٥-٣-١ كثافة التصريف Drainage Density

تعتبر كثافة التصريف من المؤشرات الهامة التي توضح مدى تأثر الحوض لعمليات التعرية المائية، كما أنها تعكس الظروف المناخية التي مرت على الحوض سواء الظروف القديمة أو الحالية إضافة إلى خصائص التكوينات الصخرية ونسبة التسرب وطبوغرافية الحوض بما فيها درجة انحداره. وقد استخدم الباحثين كثافة التصريف للمقارنة بين أحواض التصريف المختلفة (Montgomery and Dietrich, 1989; Melton, 1957; and Ghose *et al.*, 1969) وتستخرج كثافة التصريف طبقاً للمعادلة التالية:

مجموع أطوال المجاري المائية في الحوض

مساحة الحوض (Horton, 1945)

تبلغ كثافة التصريف في حوض وادي لبن ٣,١٤ كلم/كلم^٢. وقد كان لشدة انحدار الحوض أثر في التقليل من تأثير فقدان مياه الجريان السطحي فوق صخور الحوض ذات النفاذية المرتفعة (الحجر الجيري). كما كان لخصائص التكوين الصخري التأثير الكبير في زيادة عمليات نشاط التعرية المائية (صخور جيرية) وزيادة أعداد وتشعب المجاري المائية في الحوض. إضافة إلى ذلك فقد كان لانكشاف السطح، والمنحدرات الشديدة، وخلوها من النبات الطبيعي تأثير كبير في زيادة كثافة المجاري المائية في حوض تصريف وادي لبن. وعموماً فقد

وجد كثير من الباحثين أن كثافة التصريف ترتفع في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتميز بارتفاع كمية وكثافة الأمطار وندرة الغطاء النباتي وشدة الانحدار وتفكك مواد السطح (Gregory and Willing, 1973; Danial, 1981).

٥-٣-٢ تكرارية المجاري Stream Frequency

يستخرج تكرار المجاري المائية لحوض التصريف طبقاً للمعادلة التالية:

$$\frac{\text{عدد المجاري بجميع رتبها}}{\text{مساحة الحوض (Horton, 1945)}}$$

جدول (٤). الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لمجاري الشبكة المائية لحوض تصريف وادي لبن.

المتغير	الرتبة الأولى	الرتبة الثانية	الرتبة الثالثة	الرتبة الرابعة	الرتبة الخامسة	الحوض المائي
عدد المجاري (مجرى)	٩٨٠	٢٣٩	٥٣	١١	١	١٢٨٤
مجموع أطوال المجاري (كلم)	٣٢٢,٧	١٥٢١,١	٨٤,٨	٥٣,٥	٣٨,٣	٦٥١,٤
متوسط أطوال المجاري (كلم)	٠,٣٣	٠,٦٥	١,٦٠	٤,٨٦	٣٨,٣	٠,٥١
مساحة التصريف (كلم ^٢)	٧٠,١٦	٧٧,٥٤	١٠٩,٨٥	١٢٧,٤١	٢٠٧,٣	٢٠٧,٣
متوسط مساحة التصريف (كلم ^٢)	٠,٠٧٢	٠,٣٢	٢,٠٧	١١,٥٨	٢٠٧,٣	٠,١٦
كثافة التصريف (كلم/كلم ^٢)	٤,٤٠	١,٩٦	٠,٧٧	٠,٤٢	٠,١٨	٣,١٤
تكرار المجاري (مجرى/كلم ^٢)	١٣,٩٧	٣,٠٨	٠,٨٤	٠,٠٩	٠,٠٠٥	٦,١٩
نسبة التشعب	—	٤,١٠	٤,٥٠	٤,٨٢	١١	٦,١٠
معدل النسيج الطبوغرافي	—	—	—	—	—	١٤,٢٠
زمن التركيز (ساعات)	—	—	—	—	—	٣,٨
زمن الاستجابة (ساعات)	—	—	—	—	—	٢,٥١
التدفق الأفصى للسيول (م ^٣ /ثانية)	—	—	—	—	—	٥٣٦,٨٣
معامل الفيضان	—	—	—	—	—	٤٣,٨٦

يعتبر تكرار المجاري من المؤشرات المهمة التي توضح مقدرة الحوض على تجميع مياه الانسياب السطحي. كما يعتبر مقياساً لنسيج أحواض التصريف حيث يعطي عدد المجاري في كل كيلومتر مربع. ويبلغ تكرار مجاري حوض وادي لبن ٦,١٩ مجرى/كلم. وتوضح هذه القيمة المرتفعة، كما بالنسبة لكثافة التصريف، مدي نشاط عمليات التعرية المائية في نحت السطح وتكوين المجاري المائية. كما ترتبط القيمة المرتفعة لتكرار المجاري المائية في حوض وادي لبن بعدد المجاري المائية (١٢٨٤ مجرى) إضافة إلى مساحة الحوض. وبمقارنة تكرار المجاري المائية في حوض وادي لبن ببعض الأحواض الأخرى وجد في حوض تصريف وادي نساح، المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية، أن هناك علاقة عكسية عند مقارنة تكرار المجاري مع مساحات الروافد (آل سعود، ١٩٩٧م). كما وجد في حوض وادي الدومي، أحد أودية وادي النيل بجمهورية مصر العربية، أن تكرار المجاري المائية يبلغ ٣,٣ مجرى/كلم^٢، وفُسرَت هذه القيمة إلى ارتفاع عدد المجاري المائية (٣٤٧ مجرى)، وصغر مساحة الحوض (حوالي ١٠٥ كلم^٢) (مصطفى، ١٩٧٨م). كما يتأثر تكرار المجاري بالتركيب الجيولوجية، حيث بلغ متوسط تكرار مجاري بعض أحواض منطقة المنيا جنوب جمهورية مصر العربية ٧,٥٩ مجرى/كلم^٢ (El-Shemi et al., 1995).

٣-٣-٥ نسبة التشعب Bifurcation Ratio

تستخرج نسبة التشعب بقسمة عدد المجاري المجاري المائية في الرتبة الأدنى على عدد المجاري المائية في الرتبة الأعلى (Horton, 1945). وتعتبر نسبة التشعب مؤشراً جيداً يوضح خطر الفيضانات في الحوض. فقد وجد أن الأحواض التي يقل فيها نسبة التشعب يزداد فيها خطر الفيضانات والعكس صحيح (McCligh, 1978). ويبلغ متوسط نسبة تشعب حوض وادي لبن ٦,١٠، حيث يبلغ أداها بين الرتبتين الأولى والثانية (٤,١٠) وأقصاها بين الرتبتين الرابعة

والخامسة (١١). ومن مقارنة نسبة التشعب في حوض وادي لبن ببعض الأحواض الأخرى وجد أن نسبة التشعب تكون منخفضة في الرتب الكبرى في أحواض مرتفعات المنطقة الغربية من المملكة. فقد وجد أن قيم نسبة التشعب تتناقص مع تزايد رتب المجاري المائية في حوضي صيبا وقصي (سقا، ٢٠٠٨م)، وحوض وادي ضمد (سقا، ٢٠١م)، وحوض وادي خليص (سقا، ٢٠٠٩م)، وحوضي وادي عركان ويخرف (بورويه، ٢٠٠٢م). ويمكن تفسير ذلك بأن أحواض تصريف المنطقة الغربية السابقة الذكر تقع رتبها الكبرى في المناطق المنخفضة القريبة من ساحل البحر الأحمر ذات المنحدرات البسيطة. أما بالنسبة لحوض وادي لبن فنجد أن جميع مناطق الحوض تتميز بوجود انحدارات شديدة في منطقة الرتبين الرابعة والخامسة (شكلي ٨ و ٩) وبالتالي زيادة كفاءة عملية النحت الرأسى، وزيادة تشعب المجاري المائية في تلك المنطقة من الحوض. إضافة إلى ذلك فقد فسر ستريلر (Strahler, 1964) الارتفاع الكبير الغير طبيعى لنسبة التشعب في أحواض التصريف التي تتميز بميل طبقات الوادي الشديدة والتي يحدها هضاب حادة القمة ذات انحدارات شديدة، وهذا ما ينطبق بالفعل على تضاريس حوض وادي لبن.

٥-٣-٤ معدل النسيج الطبوغرافي (نسبة التقطع) Texture Ratio

يستخرج معدل النسيج الطبوغرافي طبقاً للمعادلة التالية:

$$\frac{\text{عدد المجاري المائية بجميع الرتب}}{\text{طول محيط الحوض (Smith, 1950)}}$$

يوضح معدل النسيج الطبوغرافي مدى تقطع حوض التصريف بالمجاري المائية. وتتحكم التكوينات الجيولوجية والتضاريس والمناخ ونوع التربة ودرجة التسرب في قيم معدل النسيج الطبوغرافي. وتبلغ قيمة معدل النسيج الطبوغرافي في حوض وادي لبن ١٤,٢٠ مجرى/كلم. وتوضح هذه القيمة المرتفعة أن حوض وادي لبن يقع ضمن الأحواض ذات النسيج الطبوغرافي الناعم حسب تصنيف

سميث (١٩٥٠م). كما يتوافق هذا التصنيف مع المعامل الهيسومتري للحوض الذي يوضح أن منطقة الدراسة تعرضت لعمليات تعرية مائية شديدة خلال العصور المطيرة المتعاقبة عليها مما جعلها في مرحلة متقدمة من دورتها التחתية.

جدول (٤). معدل النسيج الطبوغرافي حسب تصنيف سميث.

التصنيف	معدل النسيج الطبوغرافي (مجرى / ميل)
نسيج طبوغرافي خشن	يقبل عن ٤ مجرى / ميل
نسيج طبوغرافي متوسط	٤ - ١٠ مجرى ميل
نسيج طبوغرافي ناعم	

سادساً: الخصائص الهيدرولوجية لسيول حوض وادي لبن

نظراً لعدم وجود محطات هيدرولوجية لقياس الجريان السطحي لمياه الأمطار في منطقة الدراسة فقد استخدم نموذج سنايدر (Snyder's Model) في تقدير حجم السيول (Raghunath, 1991). وهى كما يلي:

٦-١ زمن التركيز Time of Concentration

ويقصد بزمن التركيز هو قياس يعبر عن الفترة الزمنية لتحول مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية لوصولها من أبعد نقطة من الحوض إلى مصبه. ولذلك نجد أن زمن التركيز يقيم قدرة الحوض على تحويل مياه الأمطار إلى مياه جريان سطحية ومياه السيول. ويستخرج زمن التركيز في حوض وادي لبن طبقاً لمعادلة جيندوتي Giandotti (Jaton, 1980) التالية:

$$T_c = \frac{75 (\sqrt{4.S + 1.5 L})}{\sqrt{h}}$$

بحيث تمثل:

T_c = زمن التركيز (دقيقة)

S = مساحة حوض التصريف للحوض المائي (كلم^٢)

h = الارتفاع المتوسط للحوض المائي (متر)

L = طول المجرى الرئيس (كلم)

يبلغ زمن التركيز في حوض وادي لبن ٣ ساعات و ٨ دقائق. ومن مقارنة زمن التركيز في حوض تصريف وادي لبن ببعض الأحواض الأخرى نجد أن حوض وادي عتود، الذي يقع في نطاق إقليم الدرع العربي جنوب غرب المملكة، يبلغ زمن التركيز ١٧,١ ساعة.

٦-٢ زمن الاستجابة Lag Time

المقصود بزمن استجابة الحوض هي الفترة الزمنية بين ذروه هطول الأمطار وذروه التدفق على هيدرغراف السيل (بوروبه، ٢٠٠٧م، ص ٥٥). ويستخرج زمن الاستجابة طبقاً للمعادلة التالية:

$$t_p(\text{hr}) = C_t (L_b L_{ca})^{0.3}$$

حيث تمثل:

$t_p(\text{hr})$ = زمن استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة)

C_t = معامل خاص بطبيعة الحوض وانحداره تتراوح قيمته بين ٠,٢ - ٢,٢

L_b = طول المجرى الرئيس (كلم)

L_{ca} = المسافة بين مصب الحوض ومركز ثقله (كلم)

ويبلغ زمن الاستجابة (للمعامل ٢,٢) في حوض وادي لبن ٢,٥١ ساعة.

٦-٣ كمية التدفق الأقصى للسيول

ويقصد بكمية التدفق الأقصى للسيول هي عندما تبلغ مياه الجريان السطحي أقصاها وتبلغ ذروه تدفقها مما ينتج عنها السيول. تستخرج كمية التدفق الأقصى للسيول طبقاً للمعادلة التالية:

$$Q_p (\text{m}^3/\text{s}) = \frac{C_p A}{t_p (\text{hr})}$$

بحيث تمثل:

$$Q_p = \text{كمية التدفق الأقصى للسيول بالحوض المائي (م}^3/\text{ثانية)}$$

$$A = \text{مساحة الحوض المائي (كلم}^2\text{)}$$

$$t_p (\text{hr}) = \text{فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة)}$$

$$C_p = \text{معامل يرتبط بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه ويتراوح قيمته بين ٢,٠ و ٦,٥.}$$

وتبلغ كمية التدفق الأقصى للسيول (للمعامل ٦,٥) في حوض وادي لبن $٥٣,٨٣ \text{ م}^3/\text{ثانية}$.

٦-٤ معامل الفيضان

يستخرج معامل الفيضان طبقاً للمعادلة التالية:

$$\text{كثافة تصريف الحوض} \times \text{تكرار مجاري الرتبة الأولى (Jaton, 1980)}$$

ويبلغ معامل الفيضان في حوض وادي لبن $٤٣,٨٧$. وهذه القيمة تفوق بعض المناطق في المملكة العربية السعودية حيث وجدت قيمة معامل الفيضان في حوض وادي لبن، وادي خليص $٠,٠٧$ (سقا، ٢٠٠٨م)، وفي حوض وادي عركان $٦,٥$ (بوروية، ٢٠٠٢م) ولعل ارتفاع معامل الفيضان في حوض وادي لبن يعطينا دلالة على شدة تضرر، والانحدار الشديد، وارتفاع عدد مجاري الرتب الأولى، وكثافة التصريف أدى إلى تحويل مياه الأمطار إلى مياه جريان سطحي وسيول غزيرة في حوض وادي لبن.

يتعرض حوض وادي لبن خلال موسم سقوط الأمطار إلى مخاطر السيول والفيضانات التي تهدد المناطق الزراعية والسكنية وطرق المواصلات (الملحق: صورة ٥، ٦). ونظراً أن وادي لبن يعتبر ضمن مناطق الامتداد العمراني لغرب مدينة الرياض (شكل ١) فإن نتائج دراسة الخصائص الهيدرولوجية لسيول الأودية

بالحوض والمتمثلة في معامل الفيضان، زمن التركيز، زمن الاستجابة، وقيمة التدفق الأقصى للسيول يمكن أن تكون بمثابة قاعدة معلومات يستفاد منها المخططون في تنمية وتطوير هذه المنطقة الهامة من مدينة الرياض. فمن خلال دراسة خصائص المورفومترية للشبكة المائية لحوض وادي لبن يرى الباحث أن أنسب المناطق لإنشاء سد يحمي المناطق الغربية لمدينة الرياض من السيول الفجائية والفيضانات هي المنطقة التي تقع عند منسوب ٧١٢ مترًا والإحداثيات $28^{\circ} 34' 24''$ شمالاً و $44^{\circ} 27' 46''$ غرباً. ففي هذه المنطقة تلقت معظم روافد حوض وادي لبن التي تتحدر من المناطق المرتفعة (منطقة المنابع) والتي تمثل سفوح المنحدرات الشرقية لجبال طويق. ومما يجدر ذكره في هذا الصدد أن هناك دراسة شاملة تناولت بعض الحلول لمعالجة الأضرار البيئية (أضرار بيئية طبيعية وأضرار بيئية بشرية) حيث تمثل الأولى السيول والثانية مكبات النفايات ومخلفات البناء والحفر الغائرة.

وقد استخدمت في هذه الدراسة برنامج نظم المعلومات الجغرافية مع استخدام مرئية فضائية للقمر الصناعي (Ikonos) بوضوح مكاني (١ متر) وبيانات الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة ٢٠ متر. كما تم في هذه الدراسة استخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن والتي على ضوء نتائجها تم استخراج النتائج الخاصة بخصائص السيول في الحوض (الغيلان، ٢٠٠٨م).

وأخيراً يرى الباحث أن هذا النوع من الدراسة يعتبر في غاية الأهمية في الأقاليم الجافة بصفة عامة وفي المملكة بصفة خاصة. فمن الناحية المناخية تقع المملكة العربية السعودية ضمن نطاق المناخ المداري الجاف، إضافة إلى ذلك لا توجد أنهار دائمة الجريان ولذلك أصبحت الموارد المائية في المملكة شحيحة للغاية. ففي فصل الشتاء تتعرض معظم مناطق المملكة، كما تتعرض منطقة جنوب غرب المملكة للأمطار الشتوية والصيفية معاً، وتسبب هذه الأمطار السيول

الفجائية التي تسبب الأخطار الجسيمة في الممتلكات والأرواح إضافة إلى فقدانها، بعد تحولها إلى مياه جريان سطحي، إما عن طريق التبخر أو إلى مياه البحر. فمثل هذا النوع من الدراسة يمكن إجراءه لبقية الأحواض والمناطق التي تعاني من أخطار السيول وذلك بتقديم بعض التوصيات التي تساهم في التنمية الاقتصادية لهذه الأقاليم.

الخلاصة

يقع وادي لبن جنوب غرب مدينة الرياض، وتكمن أهميته في أنه يعتبر ضمن مناطق الامتداد العمراني غرباً. وقد تم في هذا البحث دراسة الخصائص المورفومترية للحوض، وعلاقتها بالخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية. وقد تم بناء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية للحوض وذلك من خلال استخدام مرئية فضائية لمنطقة الدراسة ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) مع استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية. وتتلخص نتائج هذا البحث فيما يلي:

١- من الناحية الجيولوجية يقع حوض وادي لبن في الرف العربي، نطاق الصخور الرسوبية. ويغلب على الحوض شكل الأخاديد والمنخفضات التي قطعتها التعرية المائية خلال العصور المطيرة المتتالية التي مرت على منطقة الدراسة. ولعبت الصدعات والفوالق ونوعية صخور الحوض الدور الرئيسي في تحديد شكل الحوض. وتتكون صخور الحوض من تكوين جبيله والحجر الجيري بجمال طويق ويتبع الجوراسي الأوسط إضافة إلى تكوينات الرباعي.

٢- من الناحية الجيومورفولوجية يتميز حوض وادي لبن بطبيعته الاخدودية وذلك بسبب تأثره بنوعية الصخر (صخور رسوبية) والصدعات والانكسارات وعمليات التعرية التي أدت إلى تقطع سطحه خلال العصور المطيرة المتعاقبة التي مرت عليه. ويتميز الحوض بالانحدارات الشديدة حيث يبلغ متوسط الانحدار (٤٢,٥ درجة). أما بالنسبة للخصائص التضاريسية فتبلغ نسبة التضرس

(١٠,٧٠ م/كلم) و رقم الوعورة (٣٣,٦٠) و المعامل الهيبسومتري (٢,١٣) والذي يشير أن الحوض وصل إلى مرحلة متقدمة من دورته التحاتية.

٣- تأثرت الخصائص المساحية الشكلية بعامل مساحة الحوض (٢٠٧,٣ كلم^٢) والذي تأثر بدوره بالعديد من العوامل كطبيعة الصخر والانكسارات.

٤- أثرت كل من الخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية، خاصة الانحدار، والخصائص المساحية والشكلية في تحديد الخصائص المورفومترية للحوض.

٥- تم استخراج بعض نتائج الخصائص الهيدرولوجية لتقدير حجم سيول الحوض. كما تم اقتراح أنسب موقع لإنشاء سد يحد من مخاطر السيول والفيضانات التي تهدد منطقة الدراسة. وتعتبر هذه النتائج بالإضافة إلى النتائج الأخرى بمثابة قاعدة بيانات جغرافية يمكن أن يستفاد منها من قبل المخططين لتنمية هذه المنطقة.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

آل سعود، مشاعل بنت محمد بن سعود بن عبد الرحمن (١٩٩٧م) التحليل المورفومتري لشبكة التصريف المائي السطحي بحوض شعيب نساح، الرياض، المملكة العربية السعودية (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض.

بورويه، محمد فضيل (٢٠٠٢م) دراسة مورفومترية تطبيقية مقارنة لحوضي وادي عركان ووادي يخرف (وادي بيش) بالمملكة العربية السعودية، بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، العدد ٥٣، جامعة الملك سعود، الرياض.

بورويه، محمد فضيل (٢٠٠٧م) دراسة هيدرولوجية لتقدير حجم سيول وادي عتود بالمملكة العربية السعودية، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية، العدد ٢١، جامعة الكويت، الكويت.

الجرش، محمد العبدالله (١٩٨٩م) قيم عناصر الميزان المناخي المائي في المملكة العربية السعودية، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة.

سقا، عبدالحفيظ محمد سعيد (٢٠٠٨م) الخصائص المورفومترية لحوضي وادي صبيا ووادي قصي بالمملكة العربية السعودية، مجلة كلية الآداب، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، العدد ٥٨.

سقا، عبدالحفيظ محمد سعيد (٢٠٠٩م) الخصائص المورفومترية لحوض تصريف وادي خليص بالمملكة العربية السعودية: دراسة جيومورفولوجية، مجلة الإنسانيات، كلية الآداب فرع دمنهور، جامعة الإسكندرية (تحت النشر).

سقا، عبدالحفيظ محمد سعيد (٢٠١٠م) الخصائص المورفومترية لحوضي وادي جورة ووادي جربوت رافدي وادي ضمد، جنوب غرب المملكة العربية السعودية، مجلة مركز البحوث، جامعة الملك سعود، الرياض (تحت النشر).

سلامة، حسن رمضان (١٩٨٠م) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية بالأردن، دراسات العلوم الإنسانية، مجلد ٧، عدد ١: ٩٧-١٣٢.

سلامة، حسن رمضان (١٩٨٢م) الخصائص الشكلية وولادتها الجيومورفولوجية سلسلة بحوث جغرافية، العدد ٤٣، إصدارات الجمعية الجغرافية الكويتية، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت.

سليم، محمد صبري محسوب (١٩٨٧م) مورفولوجية الأراضي بمنطقة أبها الحضرية من خلال الملاحظات والقياسات المورفومترية، الندوة الثالثة لأقسام الجغرافيا بجامعة المملكة العربية السعودية، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، كلية العلوم الاجتماعية، الرياض.

الغيلان، حنان عبداللطيف حسن (٢٠٠٨م) دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض.

مصطفى، أحمد أحمد (١٩٧٦م) وادي النيل بين إفكو وإسنا، دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الإسكندرية.

مصطفى، أحمد أحمد (١٩٨٢م) حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية: دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة الإسكندرية.

مصطفى، أحمد أحمد (٢٠٠٠م) *الخرائط الكنتورية، تفسيرها وقطاعاتها*، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.

مصلحة الأرصاد (٢٠٠٨م) *النشرة المناخية (١٩٨٥-٢٠٠٨م)*، الرئاسة العامة للأرصاد، إدارة تلبية الطلبات المعلوماتية.

الخرائط:

- ١- خريطة طبوغرافية، مربع الرياض جنوب غرب، رقم لوحة (١٣-٤٦٢٤)، مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠، الإدارة العامة للمساحة العسكرية، وزارة الدفاع والمفتشية العامة، (١٤٠٢هـ).
- ٢- خريطة طبوغرافية، مربع وادي لبن، لوحة رقم (٤٢-٤٦٢٤)، مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠، الإدارة العامة للمساحة العسكرية، وزارة الدفاع والمفتشية العامة، (١٤٠٢هـ).
- ٣- خريطة جيولوجية، مربع الرياض، لوحة رقم (٢٤١)، مقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠، وزارة البترول والثروة المعدنية، المديرية العامة للثروة المعدنية، (١٩٩١م).
- ٤- خريطة جيولوجية، مربع ضرما، لوحة رقم (٢٤ H)، مقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠، وزارة البترول والثروة المعدنية، المديرية العامة للثروة المعدنية، (١٩٨٥م).

ثانياً: المراجع الإنجليزية

- Chapman, R.W. (1978) General information on the Arabian Peninsula In: Quaternary Period in Saudi Arabia. Edited by Al-Sayari, S.S. and Zotl, J.G., Springer-Verlag & Wien New York, pp: 4-9.
- Chorley, R. (1969) *The drainage basin as the fundamental geomorphic unit*. In: R.J. Chorley (ed.), *Water, Earth and Man*, London, pp: 77-100.
- Chorley, R. and Morley, L. (1959) A simplified approximation for the hypsometric integral, *Journal of Geology*, pp: 566-571.
- Daniel, J.R.K. (1981) Drainage density as an index of climate geomorphology. *Journal of Hydrology*, **50**: 147-154.
- Gardiner, V. (1975) Drainage basin morphometry. British Geomorphological Research Group Technical Bulletin 14, Norwich: GeoAbstracts.
- Ghose, B., Panday, S. and Singh, S. (1969) Quantitative geomorphology of the drainage basin in semi-arid environment, *Annals of Arid Zone*, **8**(1): 37-44.
- Hammad, F.A., Eweida, E.A. and El Fakharany, M.A. (1989) Structure and drainage lineation analysis of the Quseir area, *Egypt. J. Geol.*, **33**(1-2): 325-546.
- Hann, C. and Johnson, H. (1966) Rapid determination of hypsometric curves, *Geol. Soc Amer. Bull.*, **77**: 123-126.
- Horton, R.E. (1945) Erosion al development of streams and their drainage basins: hydrophysical, Approach to quantitative morphology, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **56**: 275-370.
- Jaton, J.F. (1980) *Hydrologie de surface; Ecoulement de surface et debits des crues*, Ecole Polytechnique, Institute De Génie Rural, Lausanne.

- McArthur, D.S. and Hope, A.S.** (1993) A physiographic stream flow model for small Sierra Nevada basins, *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers*, Oregon State University Press, Corvallis, Ore, USA, **55**: 66-75.
- McCullagh, P.C.** (1978) *Modern Concepts in Geomorphology*, Science in Geography, Oxford University Press.
- Melton, M.A.** (1957) *An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology*, Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389-042: Technical Report 11, Columbia University.
- Miller, V.C.** (1953) *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee*, Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389-042, Tech.Rept. 3, p. 30.
- Montgomery, D.R. and Dietrich, W.E.** (1989) Source areas, drainage density and channel initiation. *Water Resour. Res.*, **25**: 1907-1918.
- Morisawa, M.E.** (1958) Measurement of drainage basin outline form, *J. Geology*, **66**: 587-591.
- Patton, P.C. and Baker, V.R.** (1976) Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. *Water Resour. Res.*, **12**: 941-952.
- Raghunath, H.M.** (1991) *Hydrology, Analysis and Design*, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Schumm, S.A.** (1954) The relation of drainage basin relief and sediment loss, *Int. Assoc. Sci. Hyd. Pub.*, **36**: 216-219
- Schumm, S.A.** (1956) The evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Bulletin of the Geological Society of America*, **67**: 597-646.
- Smart, J.S. and Surkan, A.J.** (1967) The relation between main stream length and area in drainage basins, *Water Resources Research*, **3**: 963-974.
- Smith, K.G.** (1950) Standards for grading texture of erosional topography, *American Journal of Science*, **248**: 655-668.
- Strahler, A.N.** (1952a) Dynamic basis of geomorphology, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **63**: 923-938.
- Strahler, A.N.** (1952b) Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **63**: 1117-42.
- Strahler, A.N.** (1958) Dimensional analysis applied to fluvially eroded landform, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **69**: 279-300.
- Strahler, A.N.** (1964) *Quantitative geomorphology of basins and channel networks*, In: **V.T. Chow**, Editors, *Handbook of Applied Hydrology*, Mcgraw Hill Book Company, New York.

ملحق



صورة (١). المجاري المائية في حوض تصريف وادي لبن بعد سقوط الأمطار.

المصدر: الغيلان (٢٠٠٨ م).



صورة (٢). أحد الكهوف التي تكونت بفعل التعرية الكاستية في حوض تصريف وادي لبن.

المصدر: الغيلان (٢٠٠٨ م).



صورة (٣). آثار التعرية المائية في حوض تصريف وادي لبن.

المصدر : موقع بوابة حائل.



صورة (٤). أحد مظاهر التعرية الريحية في حوض تصريف وادي لبن.

المصدر : موقع بوابة حائل.



صورة (٥). السيول الفجائية في حوض تصريف وادي لبن.

المصدر: موقع منتديات الخيمة الشعبية (سيل وادي لبن ١٤٣٠/٤/١ هـ).



صورة (٦). مظاهر أخطار السيول الفيضانات في حوض تصريف وادي لبن التي تسبب أضرار جسيمة في الممتلكات.

المصدر: الغيلان (٢٠٠٨ م).

Morphometric Characteristics of Wadi Laban in Central Saudi Arabia: Geomorphologic Study Using GIS

Abdulhafiez Mohamed Saeed Sagga

*Department of Geography and Geographic Information Systems,
Faculty of Arts and Humanities, King Abdulaziz University
Jeddah, Saudi Arabia*

Abstract. In this study Wadi Laban, in central Saudi Arabia, has been studied, its morphometric characteristics in terms of quantitative analysis by using satellite images and geographical information system (G.I.S). This study has shown that the geological, geomorphological and climate (paleo and recent) characteristics have an effect on relief, area, form and stream networks characteristics of the drainage basin. In terms of relief the basin acquired its graben pattern which is characterized by deep slopes. Hypsometric index has indicated that the basin has reached a late stage of erosion. In terms of area and form characteristics, the basin area has reflected on its length, width and perimeter and in turn its stream numbers. This study has shown some results concerning hydro-morphometric estimation of flood volume in Wadi Laban drainage basin, in addition a recommendation has been stated to build a dam in order to control and protect the area from flood hazards.