نمذجة الخصائص التضاريسية
بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية
دراسة تطبيقية على وادي ملكان

أ / نوير مسري ناعم الحربي
قسم الجغرافيا ، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى

نمذجة الخصائص التضاريسية بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية دراسة تطبيقية على وادي ملكان

أ / نوير مسري ناعم الحربي
قسم الجغرافيا ، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى

ملخص البحث:

هدفت هذه الدراسة إلى إيجاد التكامل الوظيفي بين مجموعة من برامج نظم المعلومات الجغرافية، من اجل تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM، والخروج بنمذجة آلية (حاسوبية) لعدد كبير من القياسات التضاريسية لحوض تصريف وادي ملكان كنموذج تطبيقي لإمكانات نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية. وقد استخدمت الدراسة مجموعة من برامج نظم المعلومات الجغرافية والمتمثلة في كل من ArcGIS.9 ، و TauDEM، و WMS ، و TAS، و MicroDEM ، وGlobalMapper كبرامج أساسية في البحث، كما تم استخدام مجموعة من البرامج المساندة لها مثل 3DEM، و ERDAS IMAGINE 8.6، وXtool Pro، و Wilbur.

وقد اعتمدت هذه الدراسة على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ٣٠ متراً كبيانات أساسية بالإضافة إلى مجموعة من الخرائط والمرئيات الفضائية. وقد تبين من هذه الدراسة أن نظم المعلومات الجغرافية ذات نفع كبير في الدراسات الجيومورفولوجية خاصة فيما يتعلق بالتحليل ثلاثي البعد، أو التحليل المكاني، أو حساب متغيرات على أساس وحدة الخلية عوضاً عن الأساليب التقليدية التي تعتمد على قيم قليلة العدد، أو على أساس وحدة الحوض ككل.

كما توصلت هذه الدراسة إلى إمكانية إيجاد تكامل وظيفي مقبول بين هذه البرامج، والتي تم من خلالها حساب عدد كبير من المتغيرات التضاريسية لحوض التصريف. وكان من أهم نتائج الدراسة بناء قاعدة بيانات لمعظم المتغيرات المتعلقة بحوض تصريف وادي ملكان، والذي يعد أحد الأظهرة المائية الهامة لمدينة مكة المكرمة. كما اتضح من خلال هذه الدراسة أن حوض وادي ملكان يعتبر حوض متقدم في دورته التحاتية، حيث سويت ومهدت معظم تضاريسه، وخاصة في حوضيه الأوسط والأدنى، فيما تميز الحوض الأعلى بتعقيد تضاريسي واضح. وقد كان لطبيعة المنحدرات في الحوض تأثير على العمل الجيومورفولوجي على سفوح الجبال خاصة الجرفية منها.

المقدمة:

تعد الجيومورفولوجيا من أهم فروع الجغرافيا الطبيعية التي تهتم بوصف وتحليل أشكال سطح الأرض المختلفة، والتي مرت بعدة مراحل تطورية حتى وصلت إلى ما هي عليه الآن من اهتمام بمجالات التطبيق والقياس الكمي بدلا من الوصف النظري. ومن بين التطبيقات الجيومورفولوجية نجد أن الدراسات المورفومترية هي نقطة الارتكاز لكثير من المهتمين بعلوم موارد المياه وأشكال التضاريس والعلاقات المتبادلة بين المناخ والجيولوجيا والنبات والتربة في إطار بيئي له خصائص متميزة. ويبرز علم المورفومتري، وهو علم قياس الأشكال الأرضية، كأحد أهم العلوم التي تمكن من جمع خصائص علمية ذات دلالات جيومورفولوجية وهيدرولوجية ومناخية وكذلك جيولوجية عن العمليات السائدة في أحواض التصريف النهرية.

تعد دراسة الخصائص التضاريسية ذات أهمية كبيرة في دراسة الأحواض المائية وخصائصها المورفومترية، كونها تلقي الضوء على العديد من العمليات الجيومورفولوجية كالنحت والترسيب ومعرفة مدى استقرار السفوح، كما تسهم في فهم الدورة التحتية للأحواض المائية وتطور الشبكة المائية وعلاقتها بالمساحة الحوضية وخصائص شبكة التصريف المائي.

والتضاريس هي مؤشر على الطاقة المحتملة المتاحة في حوض التصريف، فبمقدار ما يكون الحوض متضرساً تكون طاقة عمليات التعرية التي تعمل فيه، كما أن التضاريس تحدد مقدار عنصر قوة الجاذبية في عملها على سفوح المنحدر وفي المجاري (Chorley, et al, 1985, p 324)، لذا فان مقدار عمليات الحت ونواتجها في مورفولوجية الحوض تتأثر بدرجة كبيرة بتضاريس الحوض وانحداره، ولذلك فإننا نجد أن معدل كثافة التصريف يرتفع مع زيادة تضرس الحوض وانحداره، وفي الوقت نفسه فان التضاريس وكثافة التصريف يحددان طول المنحدرات وميولها (Strahler, 1957, pp .915 - 916) .

وتؤثر التضاريس ودرجة الانحدار بشدة على حركة المياه

والرواسب، فهناك علاقة طردية قوية بين المعدل السنوي للإرسابات وبين معدل الانحدار (Shumm, 1977, pp. 20 – 21). ولهذا فانه مع انخفاض التضاريس نتيجة التقدم في عملية الحت فان مقدار حجم الرواسب يقل في نظم الأحواض (Ritter, 1986, p. 169 – 170).

ومن هنا فان تضرس حوض التصريف يمثل المحصلة النهائية لنشاط عمليات التعرية، وكذلك فإن دراسة تضرس الحوض تلقي الضوء على المرحلة الجيومورفولوجية التي يعيشها حوض التصريف (جودة وعاشور، ١٩٩١م ،ص٣٢٢).

و هناك اتجاهات حديثة لاستغلال إمكانات الحاسوب في معالجة المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية للحصول على التحليلات التضاريسية، وذلك لتعويض النقص في الخرائط الطبوغرافية التفصيلية عن طريق استخدام المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية والتي أصبحت متوفرة تجارياً لأي مستخدم بغض النظر عن جنسه ومعتقده. ثم ظهرت تقنية عالية ذات قدرة تحليلية متقدمة تتمثل في نظم المعلومات الجغرافية

Geographic Information Systems (GIS)

والتي ينظر إليها كأداة شديدة الفاعلية في التعامل مع مختلف أنواع البيانات للوصول إلى قرارات صائبة مستندة إلى مفاهيم علمية واضحة. و تعتمد نظم المعلومات الجغرافية كأداة تحليل على المنطق الرياضي من حيث الربط بين البيانات المتعددة Topology مع وضع قاعدة رياضية صحيحة للربط. وهي بهذا ذات شأن في بناء النماذج واختبارها وتحليل العلاقات المتبادلة.وبما أن معظم بيانات نظم المعلومات الجغرافية مكانية Spatial Data فلقد كان لاسمها من الجغرافيا نصيب واضح.

ومن هنا نجد أن أكثر المجالات العلمية التي تطبق فيها نظم المعلومات الجغرافية تخضع لعلم الجغرافيا بفروعه المختلفة، وهذا دليل على الصلة الوثيقة بينهما، فالجغرافيا تعد من العلوم الأولى التي استفادت من الثورة المعلوماتية، والتي بدأت مع نجاح تكنولوجيا الاستشعار عن بعد وما صاحب ذلك من تدفق سريع للمعلومات عن كوكب الأرض، مما ترتب عليه صعوبة الاعتماد على الطرق التقليدية في تحليل وتفسير وتصنيف هذه المعلومات، وخاصة إذا كانت هذه المعلومات عبارة عن بيانات رقمية سواء كانت هذه البيانات الرقمية مشتقة من مرئيات أو خرائط أو من العمل الحقلي، والتي بدورها تحتاج إلى تحليل آلي، و عليه أصبح من الضرورة بمكان استخدام تقنية التحليل الآلي للمعلومات والمتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية (عزيز، ١٩٩٨م، ص٤٤).

ويعرف الدويكات (٢٠٠٣م، ص ١٩) نظم المعلومات الجغرافية على أنها طريقة أو أسلوب لتنظيم المعلومات الجغرافية والوصفية بواسطة الحاسوب، وربطها بمواقعها الجغرافية اعتمادا على إحداثيات معينه Coordinates وبذلك نجد أن نظم المعلومات الجغرافية تتكون من ثلاثة أجزاء هي : نظم Systems والتي هي تقنية الحاسوب والبرمجيات المرتبطة به، والمعلومات Information وهي البيانات التي تتكون منها هذه النظم، وطرق إدارتها وتنظيمها واستخدامها، والجزء الثالث هو الصفة الجغرافية Geographic لهذه البيانات والتي تمثل العنصر المكاني في هذه النظم، وهو الأرض والعالم الحقيقي الذي توجد به تلك المعلومات.

كما عرفها دويكر Dueker بأنها حالة خاصة من نظم المعلومات والتي تحتوي على قواعد معلومات تعتمد على دراسة التوزيع المكاني للظاهرات، والنشاطات و الأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني كالنقط، أو الخطوط، أو المساحات، حيث يقوم نظام المعلومات الجغرافي بمعالجة المعلومات المرتبطة بتلك النقط أو الخطوط أو المساحات لجعل البيانات جاهزة لاسترجاعها لإجراء تحليلها أو الاستفسار عن بيانات من خلالها (عزيز، ١٩٩٨م، ص١٢).

وبذلك نجد أن نظم المعلومات الجغرافية هي تقنية تعتمد أساسا على استخدام الحاسوب في تجميع ومعالجة وعرض وتحليل البيانات، المرتبطة بمواقع جغرافية وذلك للحصول على معلومات ذات أهمية كبيرة في اتخاذ مجموعة من القرارات المتعلقة بموضوع الدراسة، وتمتاز نظم المعلومات الجغرافية بأنها تجمع بين عمليات الاستفسار والاستعلام الخاصة بقواعد البيانات، مع إمكانية المشاهدة والمعالجة لبيانات جغرافية عديدة سواء من خرائط أو صور جوية أو نماذج رقمية.

وقد استخدمت بيانات الارتفاعات الأرضية الرقمية وخاصة ما يعرف بنماذج الارتفاعات الرقمية (DEM Digital Elevation Model) في العديد من التطبيقات

العلمية، وأصبحت إحدى المكونات الأساسية لأنظمة المعلومات الجغرافية. كما أصبحت نماذج الارتفاعات الرقمية هامة جدا في عدد من التطبيقات وفي مختلف المجالات، ويعود ذلك إلى التقدم الكبير في التكنولوجيا وعلم المعلوماتية، وتعرف نماذج الارتفاعات الرقمية على أنها نمذجة عددية لتضاريس منطقة ما من خلال مجموعه من النقاط تم تعيين مواقعها المستوية (الطول - العرض) وارتفاعها، والتي يتم الحصول عليها من الخرائط الكنتورية، أو من الصور الجوية أو من مرئيات الأقمار الصناعية. وتستخدم هذه البيانات الرقمية في تحليل التضاريس من حيث الارتفاع وفي تحديد درجات الانحدارات ومعرفة اتجاهاتها، كما يمكن عن طريقها تحديد أنواع المحدبات والمقعرات، كذلك يمكن عن طريقها تحديد أحواض التصريف واستخلاص الشبكات المائية و تقديم تحليلات جيومورفولوجية متكاملة لأحواض التصريف (جزماتي، و مقديسي، ب ت، ص ١٥٠).

ومع التقدم السريع الذي نشهده في مجال نظم المعلومات الجغرافية ومدخلاتها من بيانات كنماذج الارتفاعات الرقمية، إلا أن استغلال هذه التقنيات المتقدمة في الدراسات الجيومورفولوجية في بلادنا العربية لا يزال محدوداً جداً. ومن ثم كان اتجاه الباحثة لتطبيق ما تقدمه هذه التقنيات الحديثة في دراسة تطبيقية انموذجية على حوض وادي ملكان بالمملكة العربية السعودية.

موضوع الدراسة وأهميته:

تفتقر دراسة الجغرافية الطبيعية بالمملكة العربية السعودية، إلى دراسات تطبيقية تعتمد على التقنيات الحديثة لدراسة خصائص التضاري ، من اجل الوصول إلى نموذج آلي يمثل أو يحاكي الواقع الطبيعي على سطح الأرض، وكذلك الوصول إلى دقة مقبولة لمخرجات الدراسة. وتعتبر الدراسات الجيومورفولوجية أحد أهم الدراسات التطبيقية التي تعتمد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية، متمثلة في تحليل العناصر التضاريسية تحليلا آليا يساعد على تحديد أهم المتغيرات المتحكمة في التباينات المكانية للمجاري المائية الحالية بأحواض التصريف. وفي هذا السياق تأتي هذه الدراسة الجيومورفولوجية كنموذج تطبيقي لنظم المعلومات الجغرافية في تحليل نماذج الارتفاعات الرقمية، لدراسة تضاريس حوض وادي ملكان بالمملكة العربية السعودية، بغية إبراز دور التقنيات الحديثة في توضيح الخصائص الجيومورفولوجية لأحواض التصريف والوصول إلى نمذجة آلية لجميع مخرجات الدراسة، بالاعتماد كلياً على بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية. وقد اختارت الباحثة حوض وادي ملكان لما له من أهمية حيث يعتبر من أهم الأودية التي تشكل أظهره مائية لمدينة مكة المكرمة، فقد أقيم فيه مشروع مياه وادي ملكان لتغذية دورات مياه الحرم المكي، والذي يعتبر من المشروعات الهامة التي وفرتها حكومة المملكة العربية السعودية، كمصدر لتلبية احتياجات مدينة مكة المكرمة وخاصة المسجد الحرام من المياه.

مشكلة الدراسة:

تتنوع الدراسات الجغرافية التقليدية التي تهتم بدراسة الخصائص الجيومورفولوجية للأودية الجافة، والتي بالتأكيد تحتاج إلى مجهود كبير في دراسة الخرائط الكنتورية والدراسات الحقلية الشاقة، وفي النهاية تعطي بيانات قد تتفاوت درجة دقتها حسب ما أتيح للباحث من بيانات، ووفقاً لقدرته في التعامل مع الخرائط الكنتورية، وعليه تتأثر النتائج بمجموعة من العوامل التي قد يكون لها الأثر البالغ في طبيعة مخرجات الدراسة.

وقد استفادت التطبيقات الجغرافية في الجيومورفولوجيا والموارد المائية مؤخراً من التقنيات الحديثة في العديد من المجالات البحثية، مما أسهم في تطوير النوعية البحثية والانتقال من الوصف والتحليل التقليدي إلى التصميم والتحليل والإخراج الآلي للموضوعات البحثية بشكل يحقق الدقة، والجودة وكذلك التماشي مع عصر المعلومات والتقنيات الحديثة.

ومع ذلك توجد ندرة شديدة لمثل هذا النوع من الدراسات في المنطقة العربية، على الرغم من شيوع مثل هذه التطبيقات في الأدبيات الأجنبية. لذلك تسعى الدراسة الحالية إلى الاستفادة من التقنيات الحديثة لسد الفجوة التطبيقية والرقي بمستوى الدراسات الجغرافية في مجال الجيومورفولوجيا التطبيقية التقنية.

أهداف الدراسة:

إن الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو استخدام النمذجة الآلية (الحاسوبية) القائمة على التكامل بين مجموعة من

برامج نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لتحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي من وجهة نظر جيومورفولوجية تطبيقية، للوصول إلى أهم القياسات التضاريسية الخاصة بأحواض التصريف آليا وتمثيل بعض ظواهرها، وذلك من اجل إبراز دور التقنيات الحديثة في مجال الدراسات الجيومورفولوجية لأحواض التصريف، وللوصول إلى الهدف الرئيس فان هناك مجموعة من الأهداف الأخرى سعت الباحثة لتحقيقها وهي على النحو الآتي:

١ - التحديد الآلي لجميع الخصائص التضاريسية للحوض .

٣- حساب القياسات المورفومترية التضاريسية للحوض آليا، ودراسة العلاقات فيما بينها.

٤- تحديد المدلول الجيومورفولوجي للمتغيرات التضاريسية بالحوض.

تساؤلات الدراسة:

إن أهم التساؤلات التي حاولت الدراسة الإجابة عليها هي كالآتي:

١- هل يمكن لنظم المعلومات الجغرافية أن توفر قاعدة بيانات صلبة لتضاريس أحواض التصريف؟

٢- ما هي الخصائص التضاريسية ودلالاتها الجيومورفولوجية بحوض وادي ملكان؟

٣- ما هي جوانب القصور في تطبيق التقنيات الحديثة في مجال الجيومورفولوجيا والتي توصي الباحثة بتطويرها أو التعمق في دراساتها؟

إجراءات الدراسة المنهجية:

ارتكزت هذه الدراسة على استخدام مجموعة من البرامج من اجل تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) للوصول إلى نمذجة آلية لحوض وادي ملكان، وذلك من حيث إيجاد تكامل بين البرامج المستخدمة من اجل الاستخراج الآلي لجميع متغيرات الدراسة، والتي تشتمل على متغيرات ونماذج تضاريسية لحوض التصريف

وذلك للحصول على مجموعة من القياسات آلياً. ومن ثم تفسير وتحليل المعطيات من اجل إبراز أهم العلاقات فيما بينها. و قد اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي لإجراء القياسات الآلية لمتغيرات الحوض وكذلك المنهج الاستدلالي لتحديد العلاقات المكانية بين هذه المتغيرات، كما اعتمدت أيضا على المنهج الوصفي وذلك لوصف وتفسير مخرجات نظم المعلومات الجغرافية.

أ - مصادر البيانات:

تعددت وتنوعت مصادر البيانات التي اعتمدت عليها هذه الدراسة، بما يتناسب وطبيعتها فقد تم جمع المعلومات والبيانات الوصفية Descriptive و الكمية Quantitative على النحو التالي:

١- الخرائط الطبوغرافية (الكنتورية):

كان توفر هذه الخرائط ضرورياً في البدء للتعرف على منابع الحوض ومخرجه والأحواض المجاورة له. وقد استخدمت الباحثة الخرائط الطبوغرافية ذات مقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠ والصادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية لعام ١٩٨٠م. وقد شملت لوحتي مربع مكة اللوحة رقم ١١-٣٧، ومربع الليث لوحة رقم ١٥ - ٣٧. كما استخدمت خرائط ذات مقياس ١:٥٠٠٠٠ لعام ١٩٧٨م وقد شملت ثلاث لوحات وهي بني دعد (٣٣-٤٠٢١)، وأم الراكة (٢٢- ٣٩٢١)، وادي عرنة (٢٣- ٣٩٢١)، وزارة البترول والثروة المعدنية، إدارة المساحة الجوية، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٢- المرئيات الفضائية:

تم في هذه الدراسة الاعتماد على مرئيات محسنة للاقط البانكروماتي المحمول على القمر الهندي IRS-IC بدقة ٥,٨ متر لعام (٢٠٠٠) للتأكد من صحة اختيار العتبة Threshold والتي تشكل النواة الأساسية في الدراسة، حيث كان لابد من وجود قاعدة للحكم على صحة تحديد مجاري الشبكة ومحيط الحوض. وحتى لا تكون المخرجات بعد ذلك فيها أي نوع من المبالغة أو القصور، ولذلك تم القيام بتحديد الشبكة المائية لأحد الأحواض الواقعة في شرق الوادي على هذه المرئية، والتي تعتبر أكثر دقة من الخرائط ومرئيات لاندسات (الغامدي، ٢٠٠٤م). كما استخدمت بيانات اللاقط أو الراسم الموضوعي للقمر لاندسات بدقة ٣٠ متر لعام (٢٠٠٢) للحصول على معلومات عن الغطاء النباتي في حوض وادي ملكان

٣- نموذج الارتفاع الرقمي:

استخدمت الباحثة في هذه الدراسة نموذج ارتفاع رقمي مصحح بدقة ٣٠ متر تم الحصول عليه من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية قسم نظم المعلومات الجغرافية. وهذا

النموذج يغطي ما يقرب مساحته من ٢٠ ألف كم٢، وقد تم اقتطاع نافذة منه تشمل منطقة الدراسة شكل (١).

٤- الخرائط الجيولوجية وتشتمل على:

خرائط جيولوجية ذات مقياس ١:٢٥٠٠٠٠ صادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية، طبعت في ١٩٨٦م-١٩٨٩م. وتغطى منطقة الدراسة في لوحتين هما: مربع مكة (٢١د) ، ومربع الليث (٢٠د) صادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية. وهذه الخرائط استخدمت في دراسة البناء الجيولوجي، ومعرفة التركيب الصخري للحوض.

٥- البيانات المناخية:

تم الاعتماد في هذه الدراسة على قياسات الأمطار للفترة من ١٩٨٥م - ٢٠٠٠م. وذلك حسب النشرة رقم ١١٣ الصادرة من وزارة المياه قسم الهيدرولوجيا.

ب - طرق تحليل البيانات:

استخدمت الخرائط الطبوغرافية في تحديد منابع الحوض ومصبه، ومن ثم محيطه. وباستخدام برنامج ArcGIS 9.0- تم اقتطاع جزءً من نموذج الارتفاع الرقمي يتوافق مع المحددات التي تم استخلاصها من الخرائط الطبوغرافية، ومن ثم استخدمت إضافة TauDEM دون تحديد نقطة المصب Outlet لكي يحدد البرنامج أحواض التصريف في منطقة الدراسة. ثم أعقب هذا الإجراء تحديد نقطة المخرج لحوض وادي ملكان، حيث عولج منفرداً منتجاً شبكة التصريف ومحيط الحوض والأحواض الجزئية على هيئة ملف shape file. هذا الملف استخدم في اقتطاع ما يتفق مع حدود ومحيط الحوض من مرئية لاندسات، تمهيداً لاستخدامها في جمع بعض المعلومات الأساسية عن الحوض خاصة فيما يتعلق بالنبات الطبيعي. ومن ملف الأحواض الجزئية حدد احد الأحواض لاقتطاع ما يقابله من مرئية اللاقط البانكروماتي (pan) للقمر الهندي IC IRS- بغية تمهيده لكي يكون أساسا لاختبار صحة استخراج شبكة التصريف للحوض ومحيطه، وقد استخدمت الباحثة أسلوب الترقيم على الشاشة on-screen-digitizing لتحديد مجاري هذا الحوض الجزئي ومحيطه، ومن ثم العمل على نفس الحوض ببرنامج TauDEM وقد أظهرت نتائج التحليل بكلتا الطريقتين تقارب نتائجهما. إلا أن طريقة الترقيم على الشاشة لا تخرج عن كونها طريقة تقليدية وان استخدمت فيها بيانات أكثر دقة من الخرائط الطبوغرافية كبيانات اللاقط البانكروماتي ، فهي تخضع كغيرها من الطرق التقليدية اليدوية إلى شخصية الباحث من حيث الخبرة والخلفية العلمية عما يراه الباحث في الصورة فقد يقوم شخصان بترقيم نفس حدود المنطقة ويختلفان في النتيجة من حيث عدد المجاري أو أطوالها. لذلك نجد أن الطريقة المثلى والتي لا يختلف عليها اثنان تكمن في استخدام برامج الحاسب الآلي والاستخلاص التلقائي لمجاري الشبكة وجميع متغيراتها، مما يضمن دقة المخرجات وبعدها عن التأثر بشخصية الباحث، كذلك تعطي عملية الاستخلاص الآلي دقة في المخرجات وتوفيرا كبير للوقت والجهد الذي قد يصل لمئات الأضعاف عند استخدام الطرق التقليدية. بالإضافة إلى إمكانية إجراء عدة تحليلات جيومورفولوجية داخل إطار مكاني واحد شكل (٢)

أما تحليل نموذج الارتفاع الرقمي لاستخراج شبكة التصريف وتحديد محيط الحوض واستخراج قيم القياسات التضاريسية المختلفة فقد كان لابد من الاستعانة بمجموعة من البرامج الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية (GIS)، أو الإضافات (Extension) التي تعمل عليها، وذلك من اجل القيام بعمل تكاملي لهذه البرامج في تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) للوصول إلى الهدف من هذه الدراسة، وهو كما سبق الوصول إلى نمذجة آلية لجميع متغيرات الدراسة.

والبرامج التي استخدمت في هذه الدراسة قد صممت أصلا للتعامل مع نماذج الارتفاعات الرقمية بالإضافة إلى أي نوع من البيانات الرقمية الأخرى. وهي على النحو التالي:

١- برنامج ((Terrain Analysis: TauDEM Using Digital Elevation Models

٢ - برنامج (Terrain Analysis System: TAS)

٣- برنامج :Watershed Modeling System ((WMS 7.0

٤- برنامج MICRODEM:

٥- برنامج Global Mapper:

٦- الإضافة x tool pro:

٧- برنامج ERDAS IMAGINE 8.6:

٨- برنامج ArcGIS.9 :

وقد سعت الباحثة عن طريق استخدام البرامج التي سبق ذكرها لعمل نمذجة جيومورفولوجية لحوض تصريف وادي

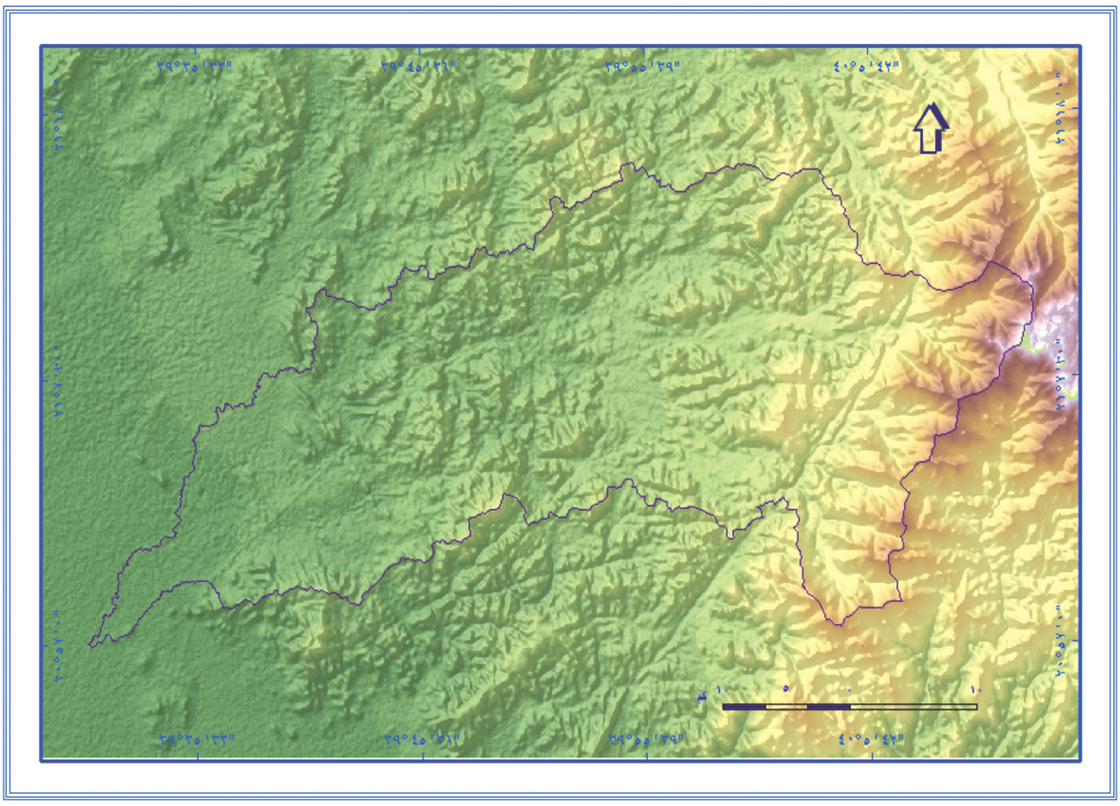
ملكان والذي يشكل وحدة جيومورفولوجية متكاملة تتصف بخصائص ذات تأثير متبادل من حيث الارتباط الوثيق بين عوامل النشأة والتطور لكل وحدة جيومورفولوجية معينة.وقد وضعت الباحثة لحدود سعيها إطاراً علمياً يرتكز نمذجة التحليل التضاريسي Terrain Modeling لحوض وادي ملكان وأحواضه الجزئية. والتي تم من خلالها حساب العديد من القياسات التضاريسية، كحساب نسبة التضرس Relief Ratio، والتضاريس النسبية Relative Ratio، وقيمة الوعورة Ruggedness Value، والمعامل الهبسومتري Hypsometric Index، وكذلك معدلات الانحدار Slope ودرجاته، كما تم تحليل تقوس Curvatureالحوض من حيث استخدام مجموعة من أنواع التقوس على مستوى الحوض. ومن ثم تحديد دور هذه الخصائص التضاريسية في تحديد شبكة التصريف المائي لحوض وادي ملكان وأحواضه الجزئية.

التعريف بمنطقة الدراسة

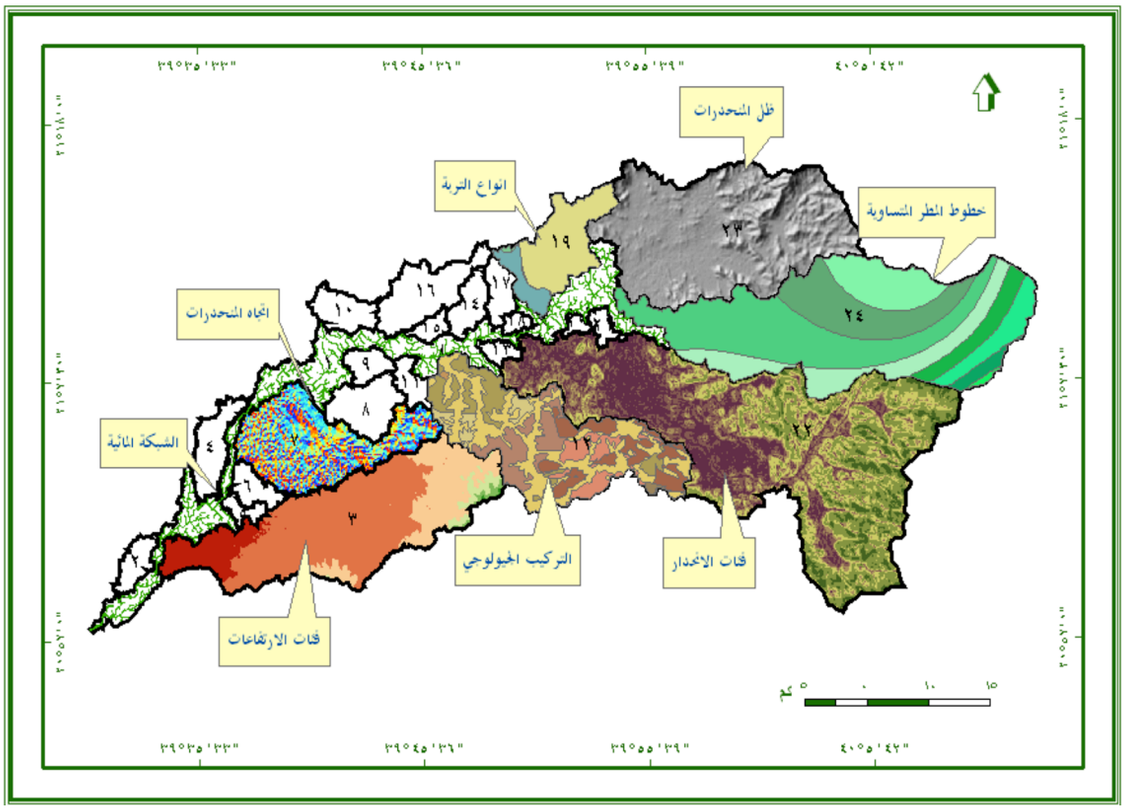
يقع وادي ملكان جنوب مكة على بعد (٦٠كم). و لوادي ملكان تاريخ عريق، فهو قديم من أيام نزول جرهم في جزيرة العرب، وقد سمي وادي ملكان على اسم ولده ملكان بن جرهم (مندر، ١٩٩٧م، ص ٦٤).

وتبلغ مساحة حوض وادي ملكان ١٣١٣,١٥ كم٢، حيث يمتد بطول يصل إلى ٧٨,١ كم باتجاه شرقي غربي، ثم ينحرف قليلاً إلى الجنوب الغربي ويمكن تحديد إحداثيات حوض ملكان بين دائرتي عرض ٢٠´٥٠ً و ١٨´ ٢١ً شمالاً وخطي طول ٢٥´ ٣٩ً و ١٥´ ٤٠ً شرقا ً(شكل ٣).

ومن حيث التكوينات الجيولوجية وتوزيعها في حوض تصريف وادي ملكان فان الشكل رقم (٤) يبين توزيع التكوينات الجيولوجية في الحوض، ومعظم هذه التكوينات تعود إلى الزمنين الثالث والرابع، ويتكون ثلثا الحوض تقريباً من معقد نعمان وتكوينات الزمن الرابع كما أن هناك



شكل رقم (١) نموذج الارتفاع الرقمي لحوض وادي ملكان مسقطا عليه حدود محيط الحوض
المصدر: الباحثة

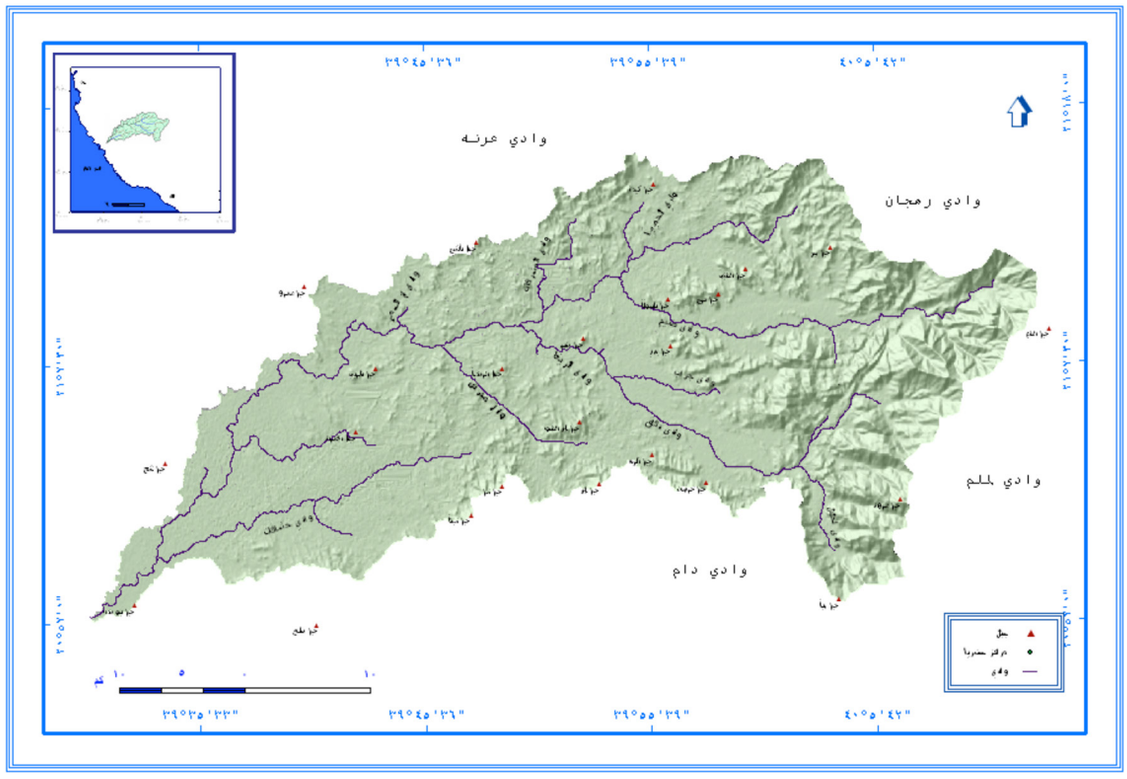


شكل رقم (٢) يوضح قدرة نظم المعلومات الجغرافية في إمكانية إجراء عدة تحليلات في حوض التصريف الواحد
المصدر: الباحثة اعتمادا على مجموعة من البيانات

مجموعة واسعة من التكوينات الجيولوجية الأخرى التي امتدت في حوض وادي ملكان، والتي بدورها سيكون لها تأثير كبير وواضح على شبكة التصريف وأنماطها المختلفة، سواء في الحوض الرئيس أو الأحواض الجزئية. كما تأثر الحوض بالبنية الجيولوجية بأشكالها الرئيسة: الطيات والصدوع و القواطع و الفواصل.

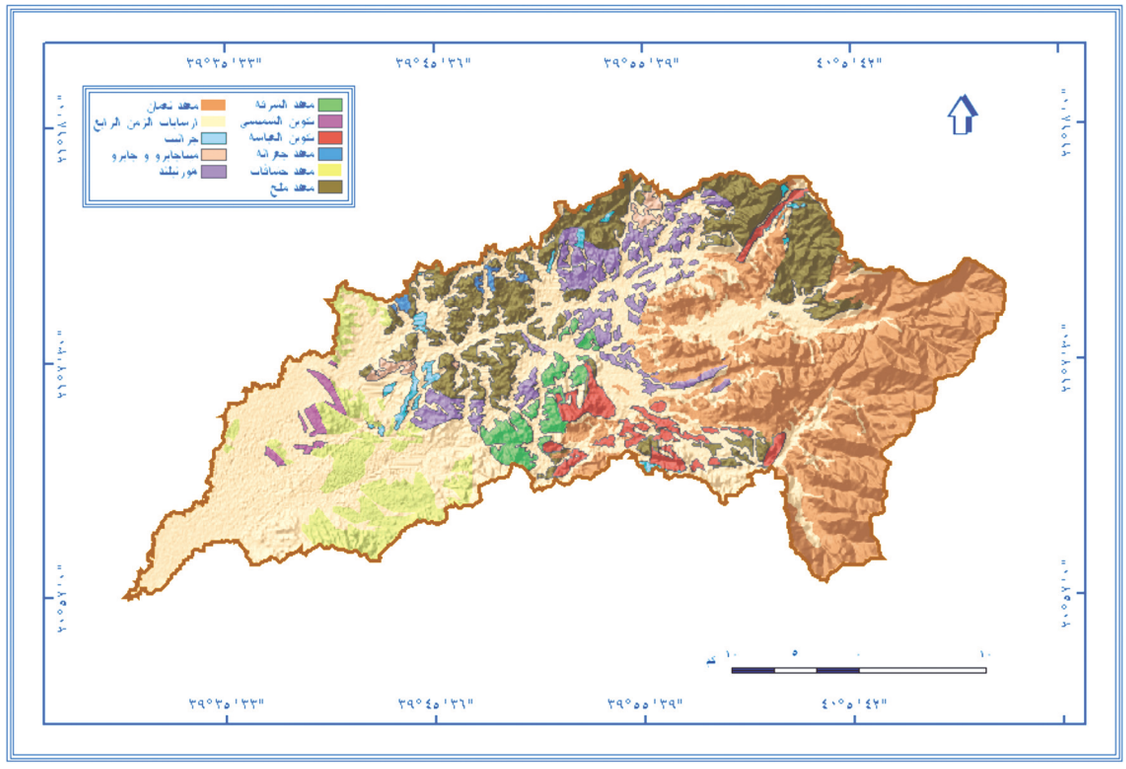
وتتصف منطقة الدراسة بالتباين في التضاريس، حيث يبلغ أقصى ارتفاع بالحوض ٢٥٩١متراً فوق مستوى سطح البحر في منطقة جبال الأديم، ويبلغ ارتفاع الحوض عند مصبه ٣٢ متراً. ولوادي ملكان روافد عديدة منها وادي ضيم والذي يبلغ طوله ٣٣ كم ، وينبع من جبال الأديم عند ارتفاع ٢٥٩١م، مكوناً بذلك المنابع العليا لوادي ملكان. والى الجنوب منه يمتد حوض وادي الريغا بطول يصل إلى ٣٤م، حيث ينبع من ارتفاع ١٩٧٧م غرب جبال الأديم، كما يمتد إلى الشمال من وادي ضيم احد الروافد لحوض وادي ملكان وهو وادي الحميدية، والذي يمتد بطول يبلغ٢١م حيث يبلغ ارتفاع منابعه العليا ٩٢٢م، والذي يشكل عند التقائه مع حوض وادي ضيم بداية تكون الرتبة السابعة للحوض. بالإضافة إلى مجموعة من الروافد الأخرى .

و تتفاوت درجة التضرس والوعورة في أجزاء الحوض، فتنكشف الصخور على المنحدرات الحادة في الجانب الشرقي من الحوض، وترتفع درجة الانحدارات في الجانب الأعلى لتصل إلى ٧٠ درجة في أعلى الحوض، ومن ثم تبدأ تستقر القيم المتوسطة للانحدارات في الحوض الأوسط من الوادي، وما تلبث التضاريس أن تتصف بالهوادة لتظهر السفوح المستوية، الممتدة على أجزاء الحوض الأدنى، مما يؤثر على الأشكال الجيومورفولوجية السائدة في بيئة الحوض.



شكل رقم (٣) حوض وادي ملكان

المصدر: الباحثة اعتمادا على الخرائط الطبوغرافية ١: ٢٥٠٠٠٠ لمربعي مكة والليث



شكل رقم (٤) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي ملكان

المصدر: الباحثة اعتمادا على الخريطة الجيولوجية لمربعي مكة والليث، وزارة البترول والثروة المعدنية

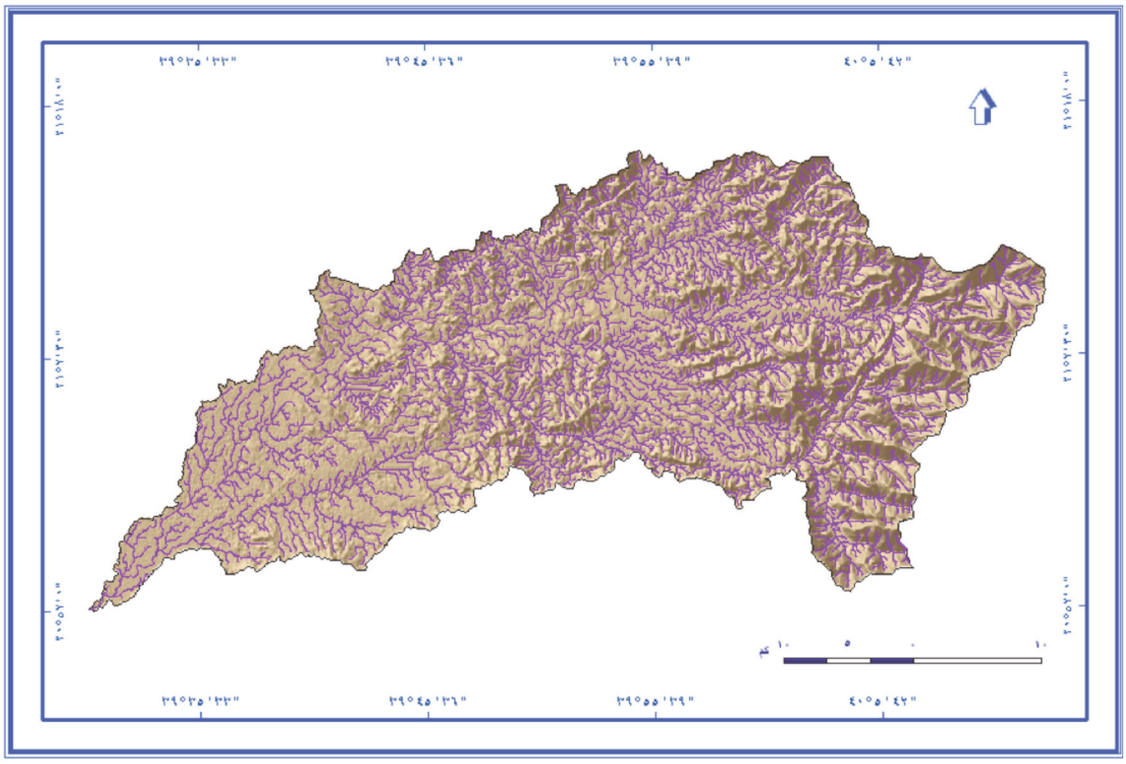
ولعل التباين الطبوغرافي للمنطقة قد أسفر عن تنوع في الأشكال الجيومورفولوجية، وزاد من حدة الأخطار المرتبطة بها، حيث تزداد الأخطار الطبيعية في المناطق الوعرة، وذات الانحدار الحاد والتي تتقارب عندها خطوط الكنتور، حيث نجد تقارب شديد لخطوط الكنتور في الجزء الأعلى من الحوض، وخاصة في الأجزاء الشرقية، وهذا بدوره يزيد من درجة انحدار السطح في هذه المنطقة، وبالتالي زيادة سرعة الجريان، وانخفاض زمن التركيز، ومن ثم زيادة احتمال حدوث الفيضانات في هذه المنطقة مقارنة بأجزاء الحوض الأخرى، والتي تتباعد بها خطوط الكنتور لدرجة يكاد يستوي فيها السطح.

- الخصائص التضاريسية العامة لحوض وادي ملكان:

تتباين الخصائص التضاريسية في حوض وادي ملكان تبايناً واضحاً ما بين المنابع والمصب، حيث نتبين من خلال شكل رقم (٥) أن الحوض قد تطورت فيه شبكة معقدة أدت إلى تقطيع سطحه بشدة، وخاصة في منطقة المنابع والوسط، حيث نلاحظ من خلال الشكل السابق مدى التقطع الواضح على سطح الحوض وخاصة من ارتفاع ٢٥٩١ متر حتى ٥٠٠ متر، والتي يبدأ عندها الحوض بتمهيد تضاريسه، حيث تصبح شبه مستوية حتى ارتفاع ٣٢ متراً مع استمرار التقطع من قبل المجاري المائية للحوض، هذا بالإضافة إلى وجود الصدوع التي عملت على تشكيل كثير من تضاريس القسم الشرقي من حوض وادي ملكان.

كما نجد أن الحافات الجبلية والمناطق الجرفية في أقصى شرق منطقة الدراسة لازالت متماسكة، وان تكونت بها خوانق عميقة نتيجة أعمال النحت الرأسي بحيث تبدو كالضلوع الجبلية المتوازية من الشمال إلى الجنوب في تلك المنطقة، مما أدى إلى وجود مجموعة من المراوح الفيضية، والتي ساعد على وجودها صدع دام، مماأدى إلى خروج حمولة الأودية بشكل فجائي إلى منحدرات قائمة تقريباً في أسفل الصدع فتصب تلك الحمولة على هيئة مخاريط.

ويظهر صدع دام كحد فاصل بين تلك المناطق الشديدة التضرس شرقاً وبين المناطق التي خفضت تضاريسها وقلت انحداراتها غرباً، ويتراوح عرض هذا الصدع مابين ٧٥ متراً إلى حوالي ٣كيلومترات ويبلغ امتداده في حوض وادي ملكان قرابة ٢٥ كم. على أن بعض الحافات في غربه مباشرة ترتفع إلى حوالي ١٠٢٠م وفي شرقه مباشرة يصل ارتفاعها إلى ١١٠٠م. ويتراوح ارتفاع هذه المناطق الشرقية الشديدة التضرس مابين ٧٠٠م إلى أكثر من ٢٠٠٠م، وهي في مجموعها لا تزيد عن ١٥ ٪ من مساحة الحوض. وكما



شكل رقم (٥) مدى تقطع سطح حوض وادى ملكان بالشبكة المائية

المصدر: الباحثة

نشاهد من خلال شكل رقم (٦) أن صدع دام يبدو كخانق يفصل بين الحافات العالية في شرقه وغربه.

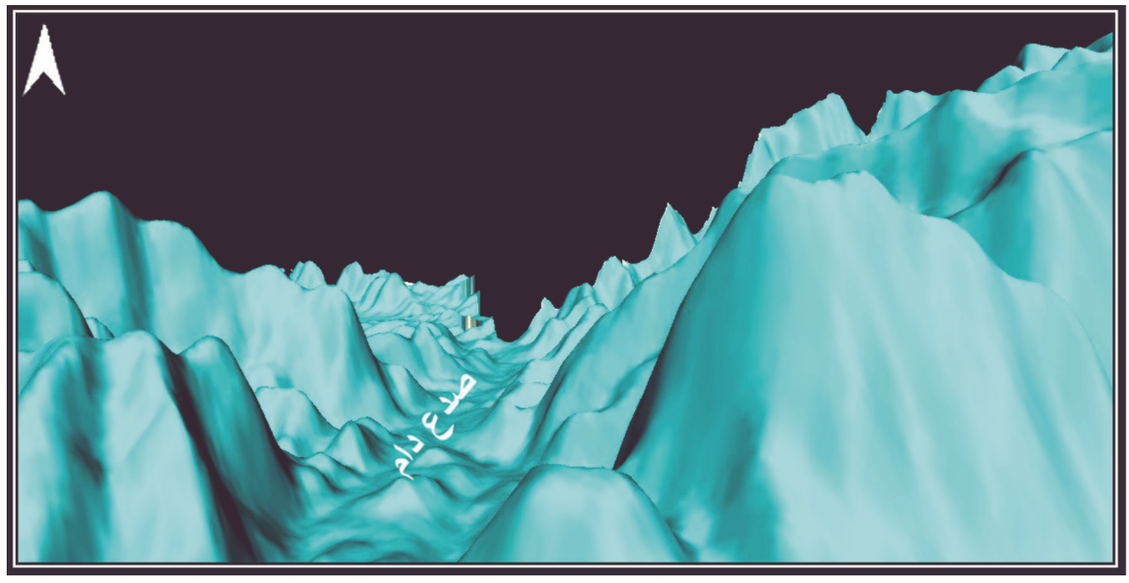
ونجد أن اثر الصدوع يظهر جلياً في هذه المنطقة من الحوض، حيث اتخذت المجاري المائية هذه الصدوع كمنافذ طبيعية لها باتجاه وسط الحوض (شكل رقم ٧).

أما بقية أجزاء الحوض فقد سويت تضاريسها تقريباً بحيث أن حوالي ٥٥ ٪ من مساحة الحوض يقل ارتفاعها عن ٣٠٠ متر تقريباً، وقد بلغ معدل ارتفاع الحوض ٤١١متر. وتلخص النماذج المجسمة في (شكل رقم ٨) تلك الأوضاع التضاريسية المتباينة ما بين قمم عالية وأودية خانقية، ومنحدرات شديدة في المجسم الأعلى والذي يمثل جزءاً من تضاريس شرق منطقة الدراسة، والمتمثلة في تضاريس أقصى الشرق من حوض تصريف وادي ملكان حيث شدة التضرس، و وعورة السطح بالإضافة إلى الانحدارات الشديدة المتمثلة في هذا القسم من حوض التصريف المائي. وما بين تضاريس قليلة التنافر وخفيفة الانحدار في الجزء الأوسط من منطقة الدراسة والتي يمثلها النموذج الأوسط في الشكل، حيث نلاحظ من خلاله قلة تضرس الحوض في هذا الجزء والذي يمثل منطقة الهضاب وبعض الجبال قليلة الارتفاع، كما يتميز هذا الجزء من الحوض بانحدارات متوسطة ساعدت على تخفيف وعورة السطح وقلة تضرسه.

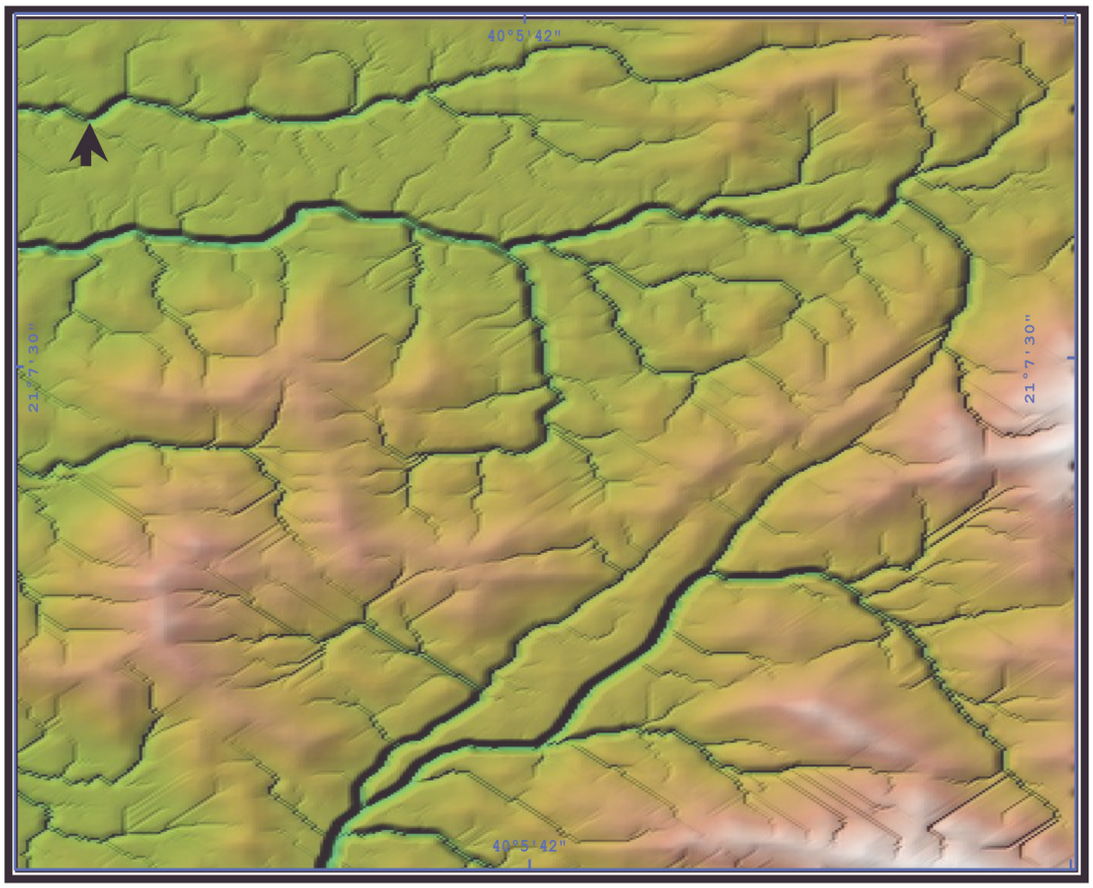
أما النموذج الأخير من الشكل السابق والذي يبين تضاريس يغلب عليها الانخفاض والاستواء في غرب منطقة الدراسة وبعض الأجزاء من وسط الحوض، حيث تمتاز هذه الأجزاء بقلة انحداراتها وبالتالي قلة تضرسها، حيث يبدو من الشكل السابق مدى الاستواء والتمهيد الذي حصل في هذه المنطقة من حوض التصريف.

ومن خلال مقارنة هذه النماذج الثلاثة يتضح لنا أن جزءاً كبيراً من التضاريس العامة لحوض وادي ملكان قد خفضت وسويت، وهذا يدل على أن الحوض يمر بمرحلة متقدمة في دورته التحاتية. كما يدل النموذج الأعلى من النموذج السابق على طبيعة التعقيد التضاريسي في أعلى حوض تصريف وادي ملكان، خاصة في أقصى شرقه حيث تقف التضاريس العالية كحافة انكسارية قافزة تقف شاهدة على ما أحدثته المجاري المائية السريعة الجريان من نحت في أعلى الحوض ووسطه أو تسوية في الحوض

الأدنى، ولمزيد من التوضيح حول مناسيب الارتفاعات في حوض تصريف وادي ملكان، ولتكوين صورة واضحة عن تضاريسه فقد قسمت الباحثة تضاريس حوض تصريف وادي ملكان من حيث الارتفاع إلى سبع فئات متساوية مدى كل منها ٤٠٠ متراً (شكل رقم ٩)، وذلك بالاعتماد على تحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM بواسطة المحلل المكاني Spatial Analyst على برنامج ArcGIS وباستخدام برنامج MicroDEM، **ومن خلال ذلك فقد توصلت الباحثة إلى المعطيات التالية:**



شكل رقم (٦). التضاريس المحيطة بصدع دام من الشرق والغرب.
المصدر: الباحثة.



شكل رقم (٧). امتداد شبكة المجاري في منطقة صدع دام حيث يتضح تأثير الصدوع على اتجاهات المجاري.
المصدر: الباحثة.

– أن الحوض ذو تضرس شديد في حوضه الأعلى خاصة. وهو يمتد على مستويات متباينة من الارتفاعات، إذ يبلغ أعلى منسوب للحوض ٢٥٩١ متراً فوق مستوى سطح البحر في منطقة جبال الأديم، في حين بلغ أدنى منسوب ٣٢ متراً فوق مستوى سطح البحر عند مصب وادي ملكان، وذلك غرب جبل أبو شداد في أقصى الغرب من الحوض. بينما تراوح معدل ارتفاع التضاريس في الأحواض الجزئية ما بين ٥١ متراً في الحوض رقم ٢ وذلك في الحوض الأدنى من وادي ملكان، و٨٠٣,٩٦ متراً في الحوض رقم ٢٤ (حوض وادي ضيم) في الحوض الأعلى لوادي ملكان.

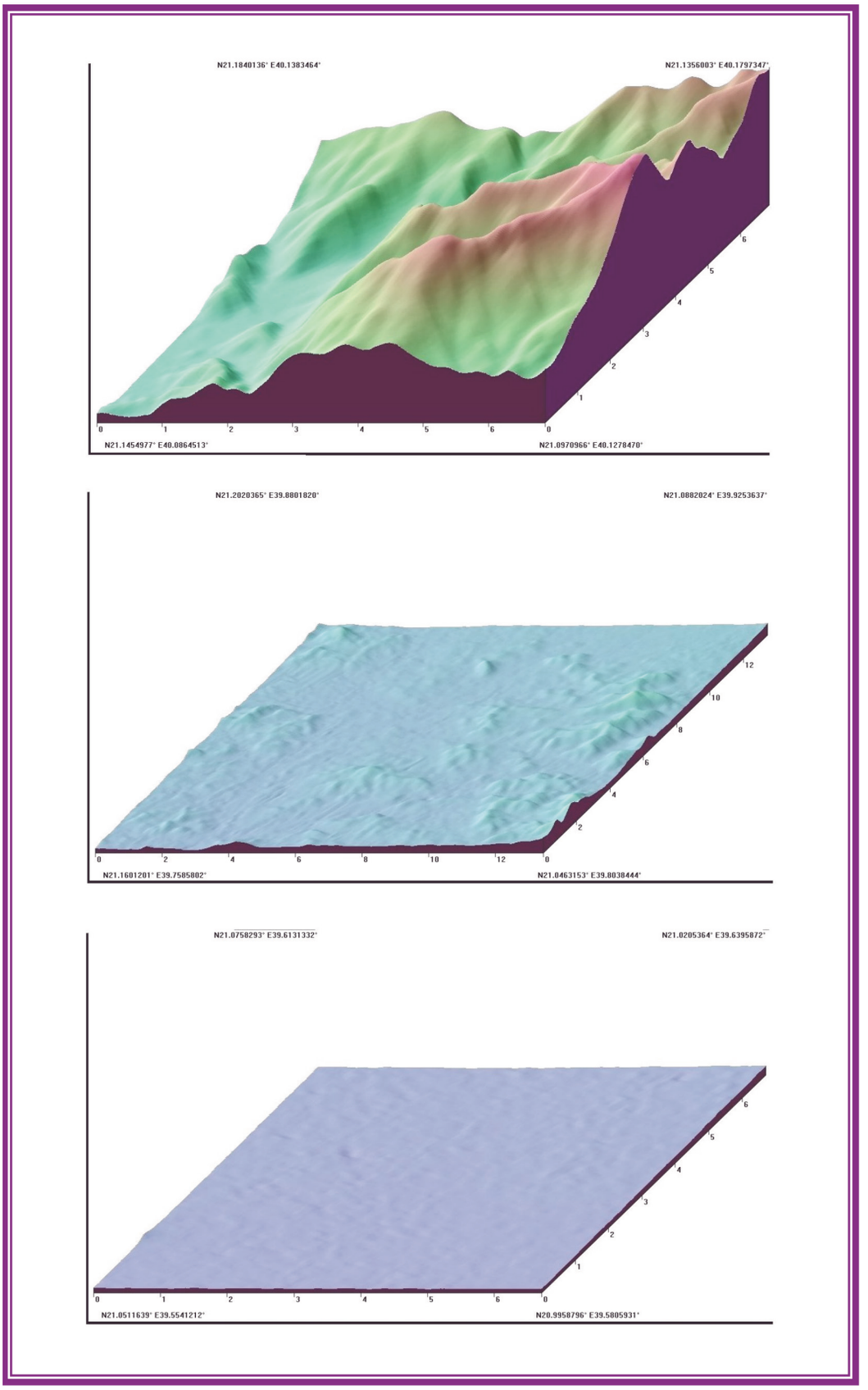
– أن ثلاثة أرباع تضاريس حوض وادي ملكان تقريباً لم يتجاوز منسوبها ٤٠٠ متر حيث قدرت نسبتها بحوالي ٦٤,٢٥ ٪، وهي نسبة مرتفعة تدل على انخفاض السطح وتسويته وهذا ما يؤكد تقدم الحوض الأدنى في دورته التحاتية حيث سويت المناطق تقريباً، كما هو ملاحظ من القطاع البانورامي (ج) في شكل رقم (١٠)، والذي نرى من خلاله قلة البروزات في هذا الجزء من الحوض وبالتالي استواء السطح إلى حد كبير.

–أن الفئة الثانية والتي يتراوح ارتفاعها ما بين ٤٠٠ – ٨٠٠ متر قد بلغت مساحتها ٢٧٦,٨١ كم٢ ، أي ما نسبته ٢١,٠٨٪ من مساحة .

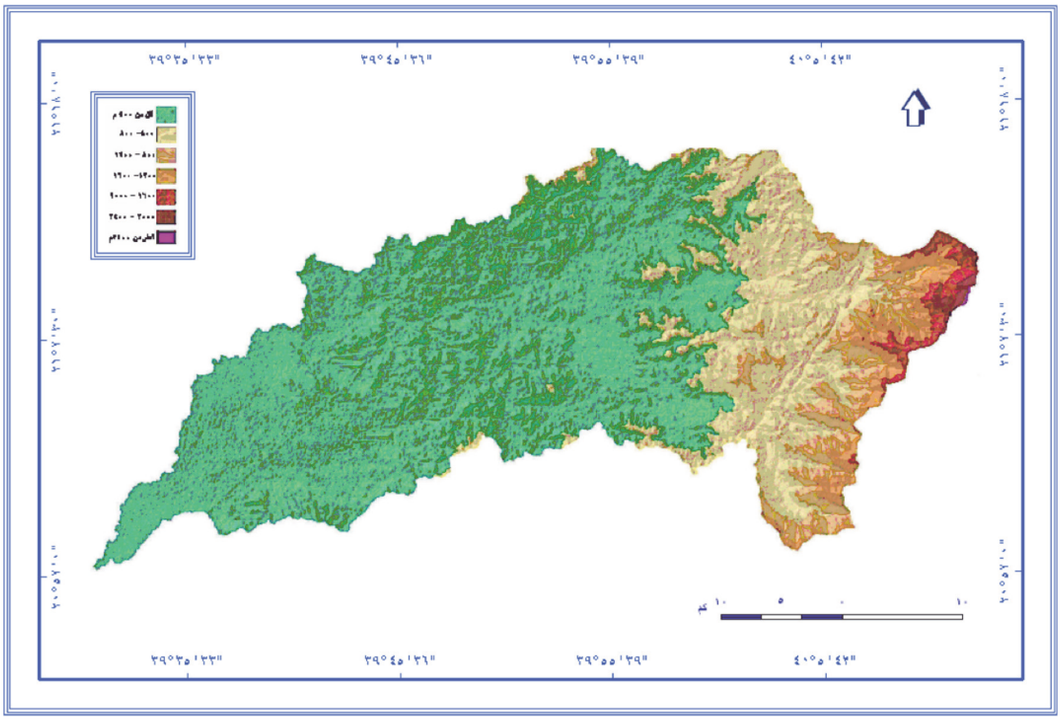
– تضم الفئة الثالثة الارتفاعات التي تتراوح ما بين ٨٠٠ – ١٢٠٠ متر وقد بلغت مساحتها ٨١,٠٧ كم٢ أي ما نسبته ٦,١٧ ٪ من مساحة الحوض، وتمتد في أسفل الحوض الأعلى من وادي ملكان.

– يتراوح ارتفاع الفئة الرابعة ما بين ١٢٠٠ – ١٦٠٠ متر وقد بلغت مساحته ٤٥,٩٨ كم٢ أي ما نسبته ٣,٥٠ ٪ من مساحة حوض وادي ملكان والتي تتركز في شرق الحوض الأعلى لوادي ملكان على شكل سلاسل جبلية متصلة وكأنها حاجز تطل على غرب الحوض . كما هو ملاحظ من القطاع البانورامي (أ) في شكل (١٠).

– أما الفئات الخامسة والسادسة والسابعة فهي تشكل ما نسبته ٥ ٪ تقريباً من مساحة حوض التصريف. وهي تشكل معاً تلك القمم الجبلية العالية التي تنحدر منها الروافد



شكل رقم (٨). تباين التضاريس في حوض وادي ملكان بين القسم الأعلى من الحوض (أ)، ووسطه (ب)، وأدناه (ج).
المصدر: الباحثة.



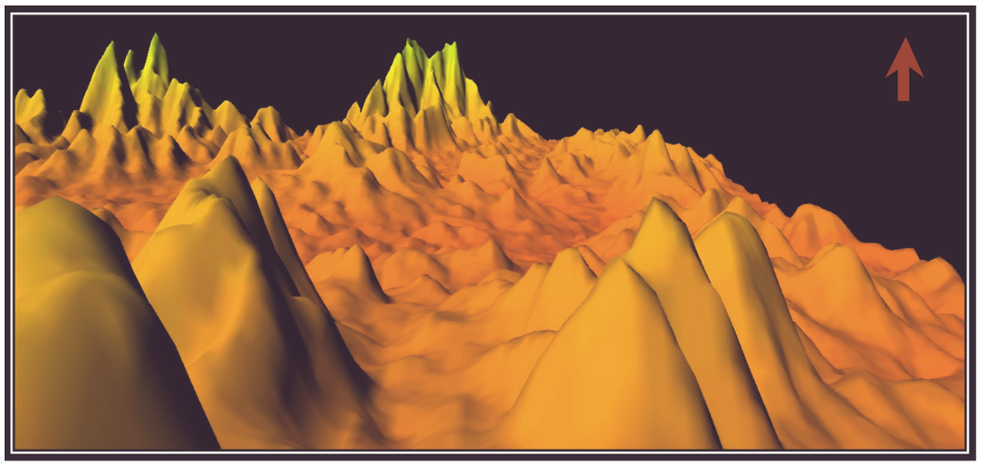
شكل رقم (٩). فئات الإرتفاع فى حوض ملكان.

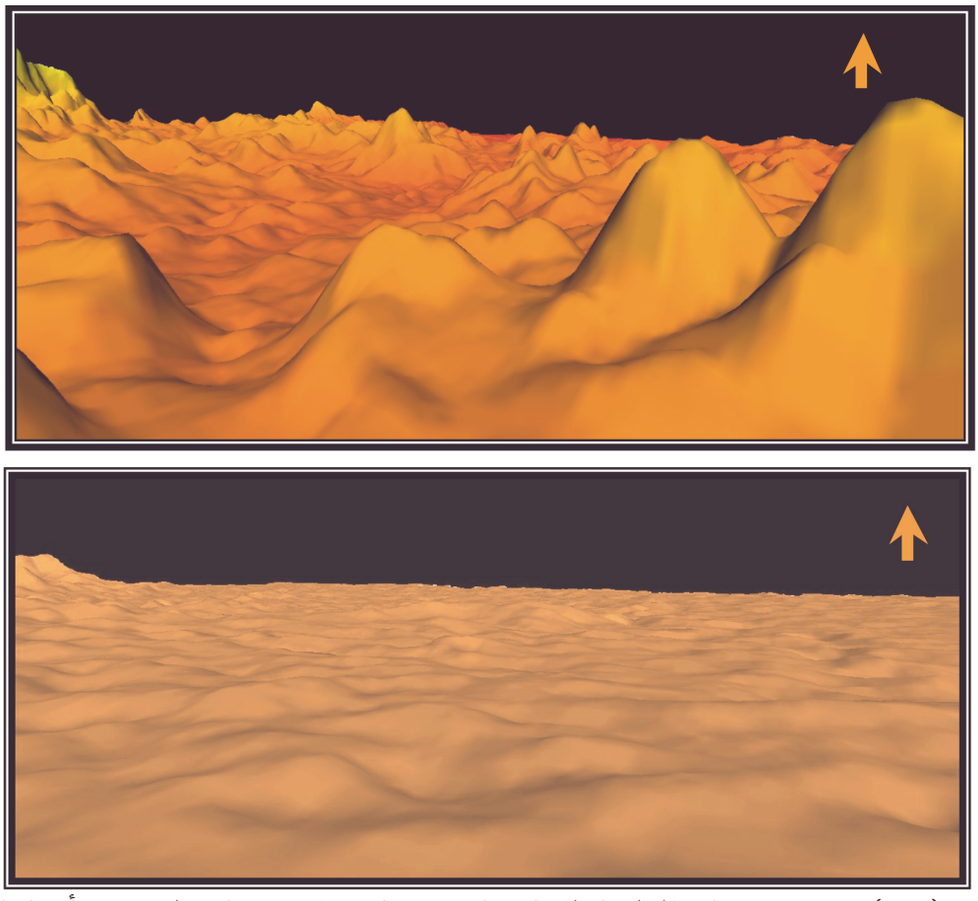
المصدر: الباحثة اعتمادا على بيانات نموذج الإرتفاع الرقمى

العليا (شكل رقم١١).ومن ذلك نجد أن هناك اختلافات متباينة لسطح حوض وادي ملكان من منطقة المنابع إلى المصب كما يوضحها الشكل رقم (١٢).

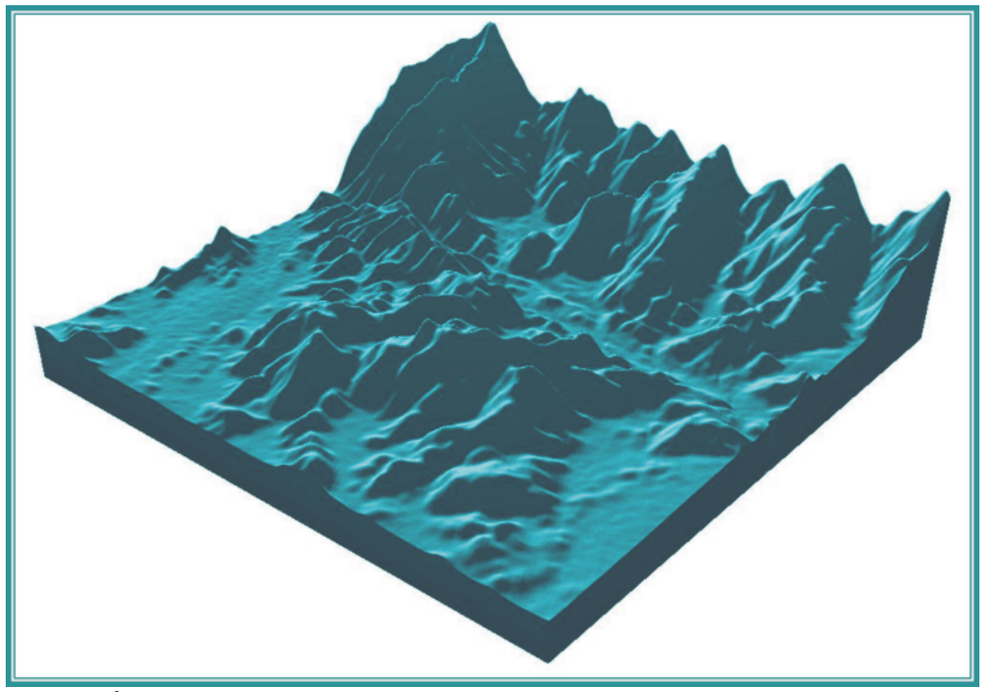
٢- القطاعات التضاريسية:

القطاع هو خط بياني يمثل الشكل العام لسطح الأرض ومناسيبه على خط ما. والقطاع التضاريسي عبارة عن صورة جانبية لمنطقة معينة على طول خط محدد يسمى خط القطاع، والقطاعات التضاريسية لها أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية فهي تعطي فكرة واضحة عن شكل الأرض على طول خط القطاع، وكذلك شكل المنحدرات ودرجاتها (جاد، ١٩٧٨م، ص٦٥). وتتعدد اتجاهات الخطوط التي تمثل القطاعات، أما بالنسبة لامتداد هذه الخطوط فقد تكون على استقامة أو متعرجة وقد تكون مركبة أو بانورامية، فلكل منها غاية وهدف، ومن أهم أنواع القطاعات التضاريسية المستخدمة في بيئة الأحواض المائية ما يعرف بالقطاع الطولي للوادي والقطاعات العرضية له بالإضافة إلى القطاعات البانورامية وهذا ما سوف نتناوله في هذا الجزء.

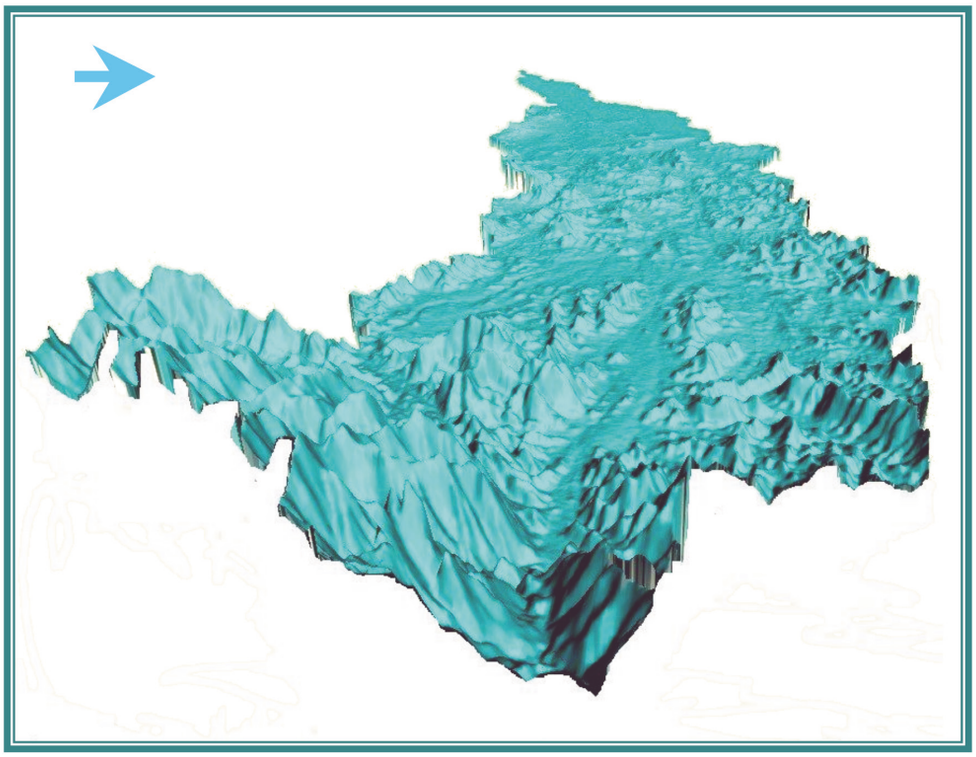




شكل رقم (١٠). مجموعة من القطاعات البانورامية التي تبين اختلاف تعقيد التضاريس بين أجزاء الحوض المختلفة. القطاع (أ) هو لجزء في أعلى الحوض، والقطاع (ب) وهو للجزء الأوسط من الحوض للناظر من أعلى الحوض، والقطاع (ج) هو لجزء في أدنى الحوض.



شكل رقم (١١). منظر ثلاثي البعد يوضح جزءً من الفئات الخامسة والسادسة والسابعة في أعلى الحوض حيث تبدو تلك المنحدرات الشديدة التي تنحدر منها الروافد العليا لوادي ملكان.
المصدر: الباحثة.



شكل رقم (١٢). منظر ثلاثي البعد يوضح جزءً من الفئات الخامسة والسادسة والسابعة في أعلى الحوض حيث تبدو تلك المنحدرات الشديدة التي تنحدر منها الروافد العليا لوادي ملكان.
المصدر: الباحثة.

أ- القطاعات الطولية لحوض وادي ملكان وبعض أحواضه الجزئية:

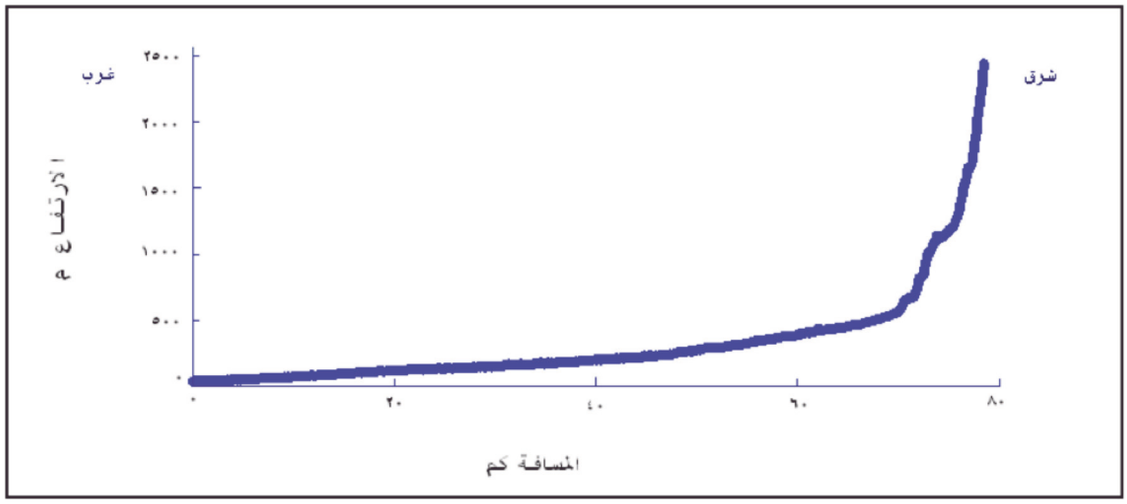
يعرف القطاع الطولي للحوض المائي على انه رسم تخطيطي على طول المجرى الرئيسي للوادي من منطقة المنبع إلى المصب، فقد كان الهدف من عمل القطاع الطولي لوادي ملكان هو الاطلاع على تدرج الارتفاعات في بيئة الحوض من منطقة المنبع إلى المصب،

وذلك نظرا للارتباط الوثيق بين انتظام القطاع الطولي للوادي وتطور الدورة الحتية للحوض. حيث انه كلما تقدمت الدورة الحتية فان الوادي يستطيع أن يزيل معظم العقبات والعوائق التي تحد من اندفاعه على طول مجراه، (التوم،١٩٩٠م،ص١٤٣).

ويمثل شكل رقم (١٣) قطاعاً طولياً لحوض وادي ملكان ممتداً من شرق الحوض إلى غربه لمسافة ٧٨ كم تقريباً، ويلاحظ من خلاله ذلك الانحدار الشديد مابين الارتفاعات التي تزيد عن ٢٠٠٠متر، وما بين منسوب ٥٠٠ متر. كما نلاحظ بعض النقاط شديدة الانحدار في أعلى القطاع ولعل ذلك يعود إلى التكوينات البنيوية للمنطقة، كما لا يخلو خط القطاع من بعض الشذوذ في جزئه الاوسط والذي يدل على وجود بعض القمم الجبلية والتي تعتبر خطوط تقسيم للأحواض الجزئية، أما في جزئه الأدنى وخاصة من ارتفاع ٢٥٠متر فاقل فيتميز القطاع بالميل للاستواء العام وانحدارات طفيفة حيث يبدأ السهل الفيضي بالظهور.

أما بالنسبة للقطاعات الطولية لبعض الأحواض الجزئية فنجد أن هناك اختلافاً بين هذه القطاعات، حيث نلاحظ عدم انتظام القطاع الطولي لهذه الأحواض، مع عدم وصوله لمرحلة التعادل. فنجد أن القطاع الطولي لوادي ضيم (شكل١٤)، والذي يبدأ من ارتفاع ٢٥٩١م عن منابع الوادي في الشرق على سفوح جبال الأديم، يبدأ بانحدار شديد حتى ارتفاع ١٢٠٠م حيث يبدأ عندها القطاع بمتتابعات من المحدبات والمقعرات إلى أن يصل إلى ارتفاع ٥٠٠م، حيث يمتد بعدها القطاع بشكل شبه مستوي إلى مصب الوادي عند ارتفاع ٢٤٣م.

أما وادي الريغا والذي يمتد إلى الجنوب من وادي ضيم فلا يكاد يختلف كثيراً عن سابقه، فالقطاع الطولي (شكل١٥) الممثل لوادي الريغا يمتد من ارتفاع ١٩٧٧م عند منابع الوادي، حيث يبدأ بانحدار شبه قائم حتى يصل إلى ارتفاع ٥٠٠ م عندما يتعامد على صدع دام، وبعدها يشكل



شكل رقم (١٣). القطاع الطولى لحوض ولدى ملكان.

تحدب بسيط ثم يمتد بشكل شبه مستوٍ، حتى يصل إلى نقطة المصب.

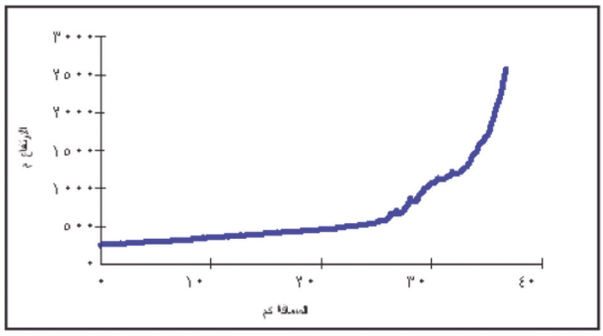
ويبين الشكل رقم (١٦) القطاع الطولي لوادي الحميدية، والذي يبدأ من منابع الحوض عند ارتفاع ٩٢٢م، ويسير بانحدار شديد حتى ارتفاع ٥٠٠ م حيث يبدأ القطاع بالتقعر قليلاً ثم ما يكاد يصل ارتفاع ٣٨٠م حتى يسير بشكل شبه مستوٍ إلى أن يصل إلى مصبه عن ارتفاع ٢٣٩م.

أماً وادي حشافات والذي يقع في الجزء الجنوبي من الحوض الأدنى لملكان فهو لا يكاد يختلف عن الأودية السابقة إلا انه يتميز بقلة انحداره (شكل ١٧) فهو يمتد من ارتفاع ٥٥٩م من منبع الوادي، إلى أن يصل إلى نقطة المصب عند ارتفاع ٥٢م، ونحد أن هذا القطاع قليل الانحدار وشبه مستوي وهذا ما يدل على تقدم الأحواض الدنيا في دورتها التحاتية.

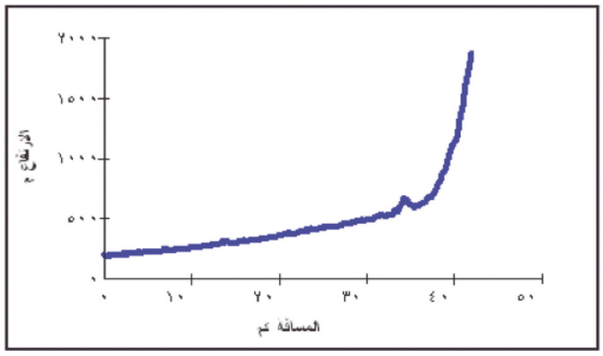
ب- القطاعات العرضية لحوض وادي ملكان:

يعرف القطاع العرضي على انه رسم تخطيطي متعامد على القطاع الطولي للوادي، ويمكن من خلاله إعطاء صورة دقيقة عن الشكل الخارجي للبيئة النهرية والعمليات الحتية الفاعلة ودرجة تطورها. وتكمن أهمية المقاطع العرضية للأودية في أنها تعكس الخصائص الانحدارية لجوانب الأودية و إبراز علاقتها بتنوع العمليات الجيومورفولوجية من تجوية وانزلاقات وتساقط صخري وانجراف للتربة وعلاقتها بزيادة كمية الرواسب التي ينقلها الوادي، والحد من عمليات الترسيب بسبب زيادة الانحدار (البقور، ١٩٩٩م،ص٨٩).

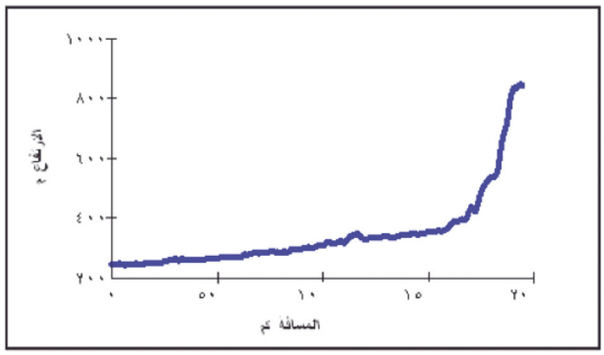
كما تفيد القطاعات العرضية للأودية في التعرف على المرحلة التطورية لأحواض التصريف، حيث يدل شكل الوادي على المرحلة التي يمر بها فإذا كان شكل الوادي من خلال القطاع العرضي يميل إلى شكل الحرف V دل ذلك على أن الوادي يمر بمرحلة الشباب، أما إذا كان شكل الوادي يميل إلى الحرف U فان ذلك يدل على مرور الوادي بمرحلة النضج، بينما يدل التباعد بين جانبي الوادي وقلة الانحدار على مرور ا لوادي بمرحلة متأخرة من دورته التحاتية.



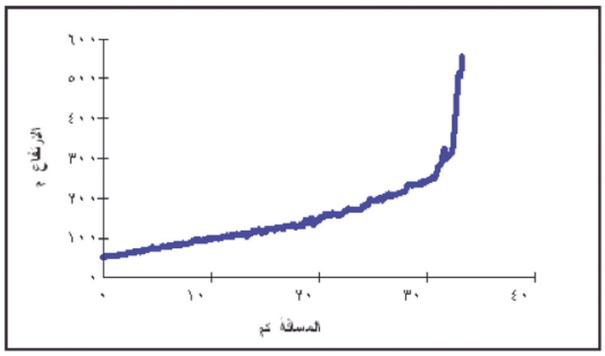
شكل رقم (١٤) . القطاع الطولى لحوض وادى ضيم



شكل رقم (١٥) . القطاع الطولى لحوض وادى الريغا



شكل رقم (١٦) . القطاع الطولى لحوض وادى الحميدية



شكل رقم (١٧) . القطاع الطولى لحوض وادى حشافات

ومن الملاحظ من خلال القطاعات العرضية الثلاثة لوادي ملكان (شكل ١٨) والتي يمثل كل منها قسماً من أقسام الحوض الرئيسة (الأعلى، والأوسط، والأدنى)، أن القطاع الأول والذي يمثل قطاعاً عرضياً في منطقة المنابع قد امتاز بقمم جبلية عالية، وكذلك نجد أن القطاع اتخذ الشكل V وهذا يدل على أن الحوض مازال في مرحلة الشباب وذلك في جزئه الأعلى، كما نلاحظ أن المنحدرات الشمالية للحوض اشد انحداراً من المنحدرات الجنوبية. بينما نلاحظ من خلال القطاع العرضي الخاص بمنطقة وسط الحوض انه بدأ يتخذ شكل الحرف U وهذا دليل على أن هذا الجزء من الحوض يميل إلى النضج وربما النضج المتأخر. أما لمنطقة المصب فكما نلاحظ من الشكل السابق أن هناك تباعداً بين جانبي الوادي واتساع في الوسط مما يدل على وجود تسوية للسطح وقلة انحدار.

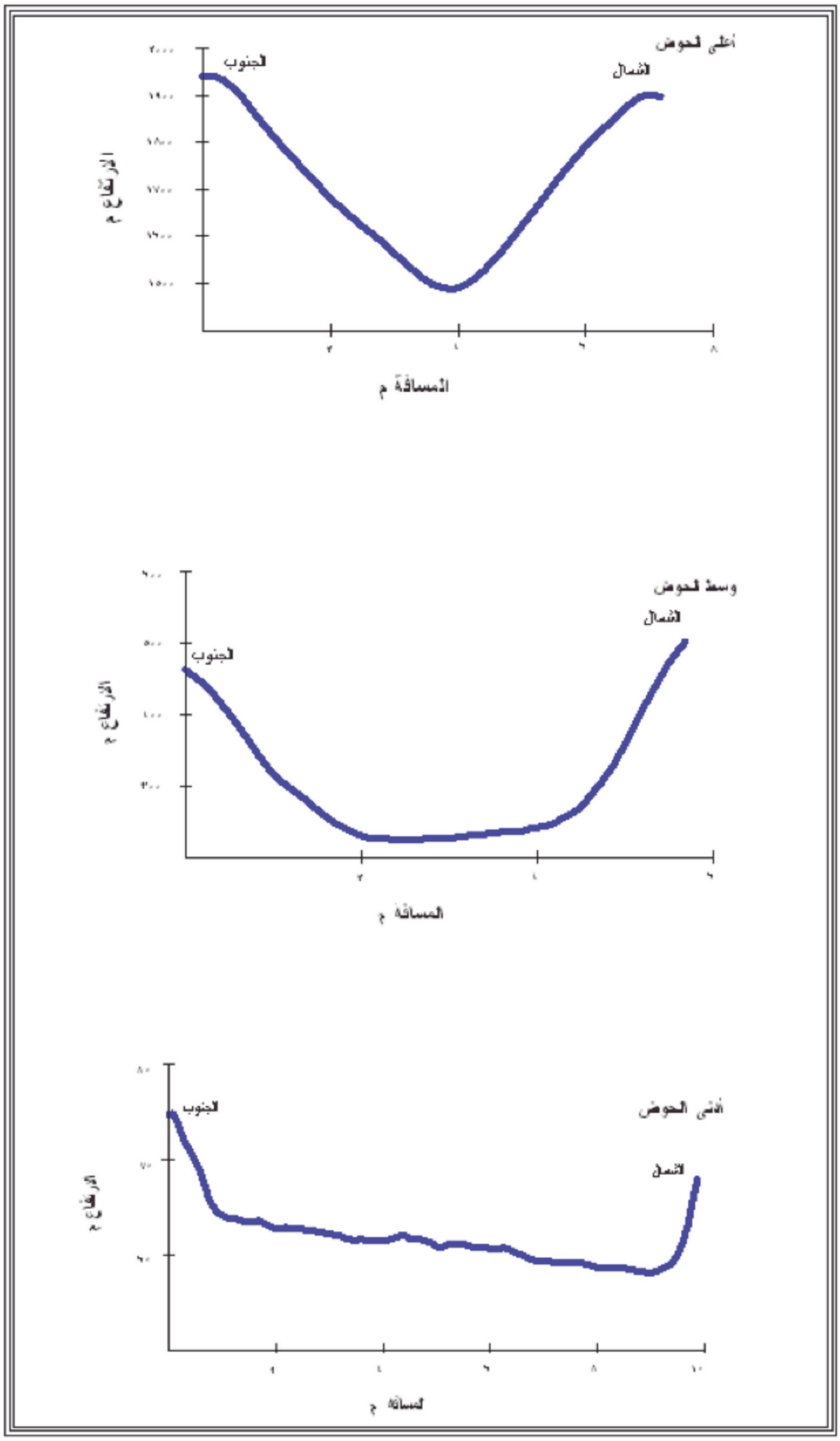
ومن ذلك نجد أن القطاع العرضي لوادي ملكان يتميز بعدم تماثل أبعاده الهندسية، من حيث معدل انحدار الجوانب واتساع القاع على طول الوادي، حيث امتاز الوادي بضيق القطاع الأعلى وذلك لشدة انحدار قطاعه الطولي في هذه المنطقة والمعززة لعملية الحت الرأسي، ثم يميل القطاع في الجزء الأوسط والأدنى من الحوض إلى الانفراج حيث يبدأ قاع الوادي بالاتساع على حساب تراجع الجوانب وقلة الانحدار. ولذلك علاقة مع طبيعة التعرج النهري، إذ ينتج عن فقدان الوادي لخاصية الاستقامة التي ميزته في قطاعه الأعلى وميله إلى التعرج في جزئه الأدنى زيادة في طول القناة ، مما أدى لتخفيف شدة الانحدار، وبالتالي قلت عملية النحت الرأسي ونشطت عملية النحت الجانبي.

ج - القطاعات البانورامية:

ترسم القطاعات البانورامية في صورتها التقليدية من الخرائط الكنتورية كقطاعات متداخلة مع إزالة الجزء السفلي من كل قطاع مما يختفي خلف القطاع الذي أمامه، بحيث يراعى عند الرسم اختيار اقل القطاعات ارتفاعاً و البدء به ثم بما يليه من ارتفاعات، لذلك هذه الطريقة لا تصلح إلا للمناطق المتدرجة في الارتفاعات الواضحة (جاد، ١٩٧٨م، ص٨١). كما يحتاج رسم مثل هذه القطاعات إلى نوع من الدقة والتمييز بين أهم الارتفاعات، للحصول على الشكل المناسب منها حسب الهدف المرجو من رسمها، إلا انه ومع وجود البرمجيات الحاسوبية المتقدمة من نظم المعلومات الجغرافية فان رسم مثل هذه القطاعات أصبح أمرا ميسراً، حيث يمكن رسم العديد من القطاعات البانورامية لآلاف الكيلومترات المربعة وخلال بضع ثواني.

وقد ذكر جاد (١٩٧٨م، ص٨١) أن مثل هذه القطاعات توضح الشكل العام للأجزاء العليا لأراضي ما بين الأودية و شكل القمم، أما قيعان الأودية فهي لا تظهر لان بعض الأجزاء المنخفضة تمحى عند الرسم . إلا أن برامج نظم المعلومات الجغرافية وما تقدمة من تحليل دقيق يمثل جميع الخلايا التي يشتمل عليها نموذج الارتفاع الرقمي تعطي تصويراً واضحا لجميع مناطق الحوض وتدرجاتها من المنبع إلى المصب، ومن هذا المنطلق فقد قدمت الباحثة نموذجا لهذا القطاع (شكل رقم ١٩) والذي نشاهد من خلاله التدرج الواضح للتضاريس في القطاعات البانورامية المختارة في خمس مناطق مختلفة من شرق الحوض إلى غربه.

حيث نشاهد مدى الاختلاف في الارتفاعات والبروازات التضاريسية كما نجد كذلك الاستواء الواضح في الأجزاء الدنيا من الحوض. ومن خلال ذلك الشكل نلاحظ أن المنحدرات التي تمثل بيئة المنابع تمتاز بالانحدار الشديد مما أدى إلى تقليل عملية الترسيب وتفعيل عمليات التجوية، وذلك ربما يعود إلى توفر الرطوبة وبذلك تضعف بها



شكل رقم (١٨) . القطاعات العرضية لحوض وادى ملكان.

استقرارية السفوح وتكثر الانزلاقات الأرضية والتساقط الصخري. أما الجزء الأوسط والأدنى من الحوض فيمتاز بانحدار متوسط إلى خفيف مما يزيد من إمكانية عمليات الترسيب.**وفيما يلي توضيح لأهم مميزات مناطق هذه القطاعات البانورامية:**

- يمثل المقطع البانورامي (أ)، مناطق أدنى حوض تصريف وادي ملكان والتي لا يزيد ارتفاعاها عن ٢٠٠ متر عن سطح البحر، حيث تتصف هذه الأجزاء من الحوض بقلة الارتفاع فهي شبه مستوية في معظمها، كما أن درجات انحدارها لا تتجاوز ١٠ درجات.

- بينما يشكل المقطع البانورامي (ب)، مناطق قليلة الارتفاع حيث تراوح ارتفاعها عن سطح البحر ما بين ٢٠٠ - ٣٠٠ متر، كما أن درجة انحدارها لم تتجاوز ١٨ درجة وهي تمثل مناطق وسط الحوض وأجزاء من الحوض الأدنى لوادي ملكان.

- بينما يمثل المقطع البانورامي (ج)، أدنى الحوض الأعلى لوادي ملكان مع أجزاء من الحوض الأوسط، حيث تراوح الارتفاع في هذه المنطقة ما بين ٢٥٠ - ٤٠٠ متر عن مستوى سطح البحر، أما درجة الانحدار فقد تراوحت ما بين ٠ - ٣٠ درجة.

- يمثل المقطع البانورامي (د)، منطقة وسط الحوض الأعلى لوادي ملكان، حيث تراوح الارتفاع في هذه المنطقة ما بين ٥٠٠ - ١٥٠٠ متر عن مستوى سطح البحر، فيما تراوحت درجات الانحدار ما بين ٠- ٤٥ درجة.

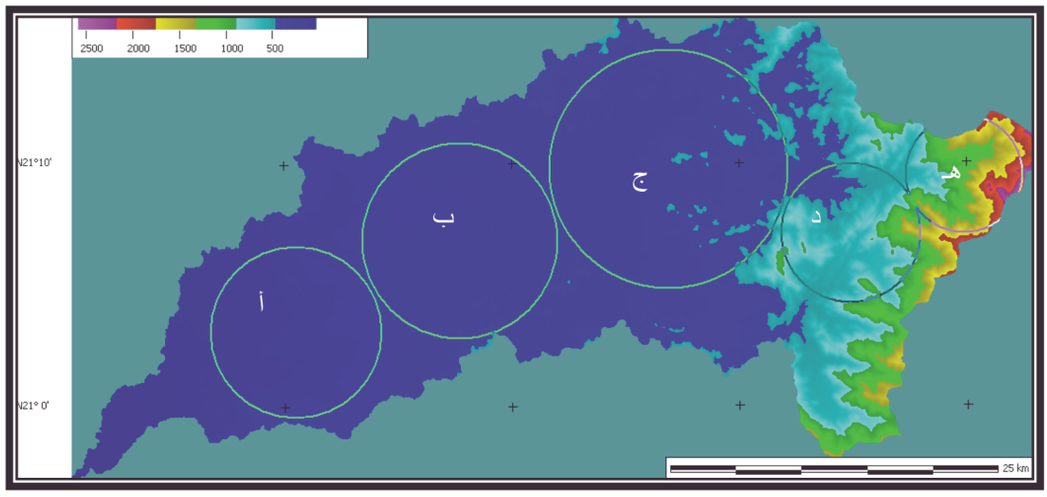
- وأخيراً يمثل المقطع البانورامي (هـ)، المناطق التي تمثل بيئة المنابع والتي تمتاز بالانحدارات الشديدة حيث تراوحت درجات الانحدار بها ما بين ٠ - ٧٠ درجة، بينما تراوح الارتفاع في هذه المنطقة ما بين ١٠٠٠ - ٢٥٩١ متر فوق مستوى سطح البحر.

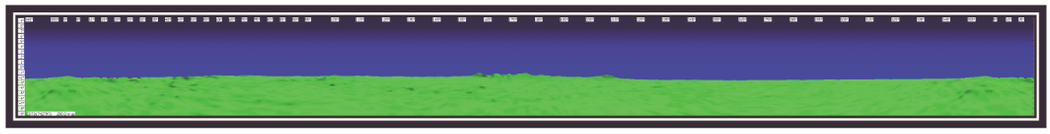
ثانياً: أهم القياسات المورفومترية الخاصة بتضرس الحوض:

لاستكمال ما تقدم سابقاً عن تضاريس الحوض من حيث تباين تضاريسه وقطاعات أوديته، فان الباحثة رأت حساب بعض المؤشرات المورفومترية التي تلخص الصورة العامة لتضاريس الحوض بقيمة واحدة. و تهيئ نظم المعلومات الجغرافية الوسيلة المثالية لاستخلاص هذه القيم من آلاف الخلايا لنموذج الارتفاع الرقمي وبدقة عالية من الصحة، وهذا ما لجأت إليه الباحثة عن طريق استخدام برامج TAS، و MicroDEM و وظيفة المحلل المكاني (Spatial Analyst) لبرنامج ArcGIS. وفيما يلي شرح لهذه المؤشرات المورفومترية الخاصة بتضاريس حوض وادي ملكان والتي لخصت حساباتها في جدول رقم (١٠) .

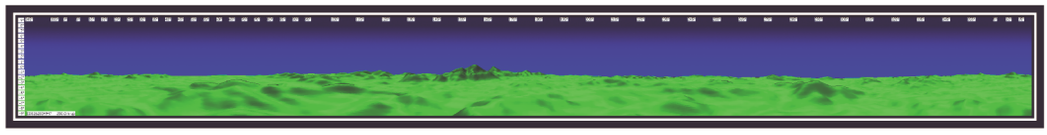
١- نسبة التضرس Relief Ratio:

تبرز أهمية دراسة تضرس الحوض كمحصلة لنشاط عمليات التعرية وقوتها، وإلقاء الضوء على العوامل التي ساهمت في نشأة الحوض، إلى جانب تحديد المرحلة التي قطعها النظام النهري في رحلته التحاتية، وتتناسب قيمة هذا المعامل تناسباً طردياً مع درجة تضرس الحوض (العرومي،٢٠٠٢، ص١٦٤). ويعد هذا المعامل من أهم المعاملات المورفومترية التي تقيس تضرس سطح الحوض وهو يشير لمدى تضرس الحوض بالنسبة لطوله، وترتفع قيمة هذا المعامل بزيادة الفرق بين أعلى نقطة وأقل نقطة في الحوض.

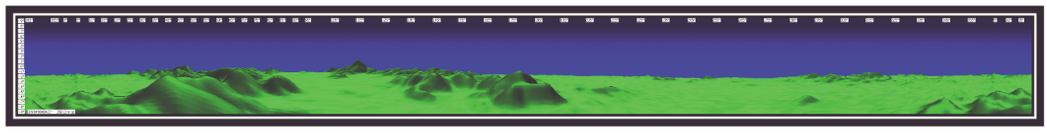




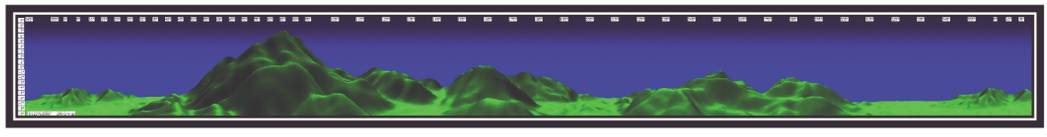
أ



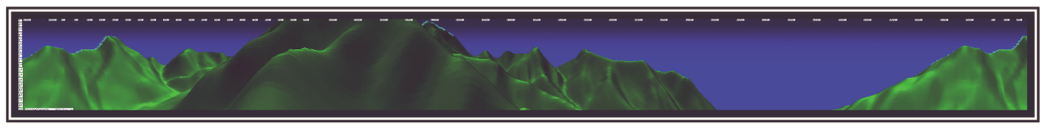
ب



ج



د



شكل رقم (١٩) . مجموعة من القطاعات الباتورامية فى حوض وادى ملكان.

جدول رقم (١). مؤشرات التضرس في حوض وادي ملكان وفقاً للأحواض الجزئية.

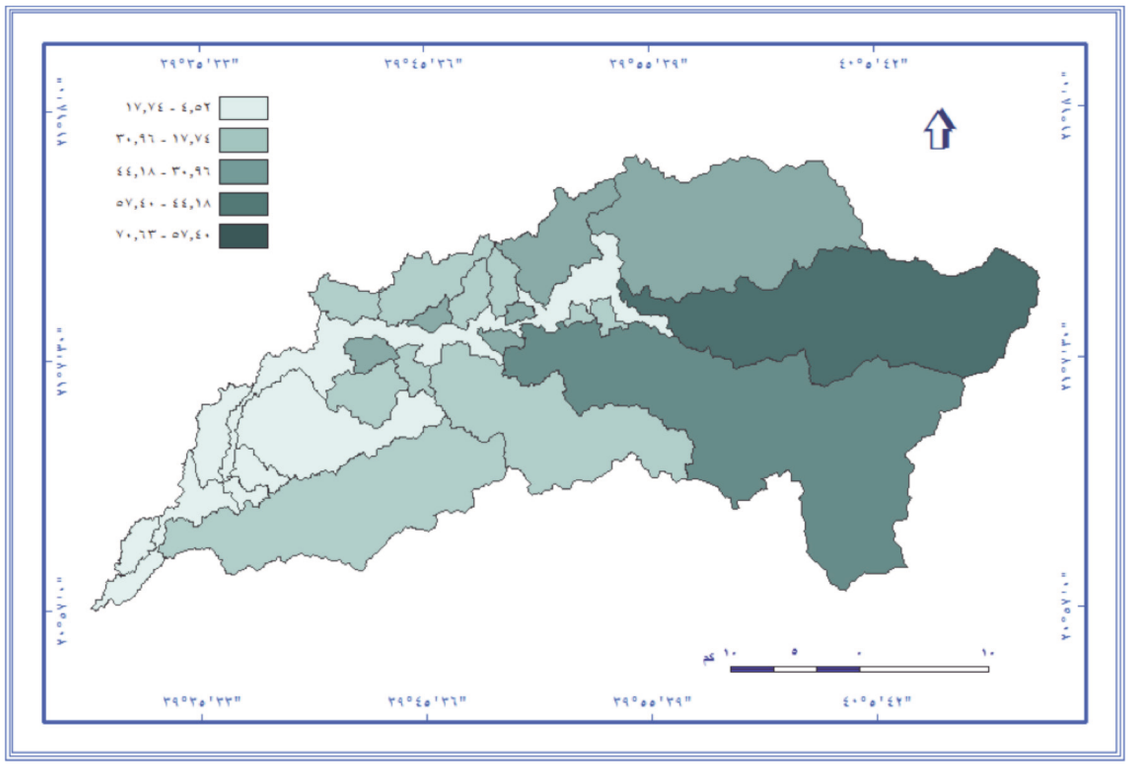
الحوض	متوسط الارتفاع م	نسبة التضرس م/كم	قيمة الوعورة	التضاريس النسبية م/كم	المعامل الهبسومتري ٪	معدل الانحدار
١	١٦٢,٣٢	٧,٩١	١,١٤	٢,٠٢	٣٥,٤١	٢,٢٨
٢	٥١,٦٤	٤,٥٢	٠,٠٧	١,٤٢	٥١,٦١	٠,٨٩
٣	١٧٢,٥٣	١٨,٤٢	١,٨٣	٦,١٩	٤٣,٦٧	٣,٥٩
٤	٨٨,٠٣	٦,٤٦	٠,١٧	١,٩٨	٥٤,٤٧	١,٥٢
٥	٨٨,٧٢	١٢,٧٩	٠,١٦	٣,٦٩	٤٤,٩١	١,٩٤
٦	٩٥,٣١	١٢,٣٧	٠,٢١	٣,٦٢	٤٩,٢٣	٢,٢٨
٧	١٤٥,٢٣	١٤,١١	٠,٧٥	٤,٣٢	٤٩,٥١	٢,٤٧
٨	١٧٢,٣٠	٢٧,٣١	٠,٤٦	٦,٥٥	٤٦,٥٤	٣,٧١
٩	١٦٦,٩٩	٣٥,٧٣	٠,٣٩	١٠,٣٣	٤٣,٥١	٣,٦٨
١٠	١٧٠,١٩	٢٠,٢٦	٠,٣١	٤,٨٨	٤٧,٤٧	٢,٥٦
١١	٢٠٧,٦١	٢٢,٥٩	١,٥٢	٨,٢٤	٥٥,٦٥	٤,١١
١٢	٢٧٢,٨٨	١٩,٠٧	١,٠٧	٥,٨٧	٤٥,٦٤	٥,٨١
١٣	٢١٤,٥٧	٣٣,١٦	٠,٣٤	١١,٤٠	٤٥,٩١	٣,٥٤
١٤	٢٣١,٠٧	٢٨,٢٢	٠,٤٨	٩,٩٨	٤٥,٣٧	٤,٧٢
١٥	٢٠٣,١٢	٣٢,٤٥	٠,٣٧	١١,٠٨	٤٥,١٩	٤,٦٣
١٦	٢١٣,٦٥	٢٩,٠٢	٠,٨٥	٨,٥٠	٤٢,١٢	٤,٩٢
١٧	٢٤٧,٢٨	٢٦,٩٨	٠,٤٥	٩,٣٩	٤٩,١١	٥,٦٠
١٨	٢٢٦,١٥	٣٥,٤٨	٠,٢٨	١١,٢٥	٤٩,٢٦	٥,٠٨
١٩	٢٩٩,٤١	٣١,٨٣	٠,٩٧	٨,٨٥	٣٩,٣٥	٧,٦٦
٢٠	٢٣٩,١٨	٢٥,٢٣	٠,١٤	٦,٧٠	٤٩,٠١	٢,٧٥
٢١	٢٥٥,٣١	١٧,٧٥	٠,٢٠	٥,٣١	٤٨,٥٢	٢,١٦
٢٢	٦٠٤,٤٦	٥٢,٣١	٤,٨٨	١٣,٩٥	٥٠,٧٧	١١,٩٣
٢٣	٣٨٥,٨٤	٣٢,٣٨	١,٩٣	٩,٦٩	٤٧,٥٢	٨,٩٤
٢٤	٨٠٣,٩٦	٧٠,٦٣	٦,١٨	٢٥,٢١	٦٢,٨٦	١٤,٩١
وادي ملكان	٤١١,٢٠	٣٢,٧٩	١,٥٢	١٠,٠٥	٣٧,٢٣	٧,٨٦

المصدر: الباحثة.

وقد تم حساب نسبة التضرس في برنامج TAS والذي يقوم بحساب مجموعة من المعاملات التضاريسية عن طريق قائمة تحليل التضاريس Terrain Analysis التي تحتوي على عدد من الأوامر لحساب متغيرات الشكل والتضاريس (Shape and Relief indices). ومن بين المخرجات، وجد أن نسبة التضرس في حوض وادي ملكان بلغت ٣٢,٧٩ م لكل كم، وهي نسبة مرتفعة وربما يرجع ارتفاع هذه النسبة إلى فارق الارتفاع والذي بلغ ٢٥٥٩م على حساب أقصى طول للحوض والذي لم يتجاوز ٧٨,١ كم.

وتعد هذه النسبة مرتفعة نسبياً إذا ما قورنت ببعض أحواض هضبة نجد مثل وادي الحسية ٨,٣٦ م/ كم٢، ووادي لبن ١٨,٧ م/ كم٢، و وادي الركبة ١١ م/ كم٢، ووادي المهدية ٢٠,٢٦ م/ كم٢ ، ووادي الشعبة ١٢,٩ م/ كم٢ (محسوب، ١٩٨٧م، ص ١١)، ولكنها تعتبر مقاربة لنسبة التضرس المحسوبة لبعض أودية غرب المملكة وخاصة الأودية القريبة من منطقة الدراسة، مثل وادي محسر والذي بلغت نسبة تضرسه ٤٥,٤٠ م/ كم٢، ووادي اللاحجة ٣١,٦٢ م/ كم٢، وكذلك وادي إبراهيم والذي بلغت نسبة تضرسه حوالي ٢٣,١٦ م/ كم٢، أما وادي الزاهر فقد بلغ معامل تضرسه ١٣,٥١ م/ كم٢ (البارودي ومرزا، ٢٠٠٥م، ص ٢١٧). وبذلك ترجع الباحثة سبب ارتفاع نسبة التضرس بوادي ملكان إلى الطبيعة الانكسارية للحوض ووجود بعض القمم الجبلية في أقصى الشرق والتي أدت بدورها إلى ارتفاع الفارق الرأسي، وبذلك ارتفاع نسبة تضرس الحوض وكذلك ارتفاع بعض المعاملات المورفومترية الأخرى المرتبطة بها.

وبدراسة نسبة التضرس على مستوى الأحواض الجزئية (شكل٢٠)، فقد بلغ معدل نسبة التضرس ٢٥,١٧ م/كم حيث نجد أن أعلى قيمة لنسبة التضرس بلغت ٧٠,٦٣ وذلك في حوض وادي ضيم (حوض رقم ٢٤) وهي نسبة عالية تشير إلى شدة تضرس هذا الحوض الجزئي، والذي يحتوي على أعلى نقطة منسوب والمتمثلة في منطقة المنابع للوادي الرئيس، والتي تبلغ ٢٥٩١م، مما اثر على ارتفاع نسبة التضرس في هذا الحوض الجزئي، بينما بلغت اقل نسبة ٤,٥٢ وذلك في الحوض رقم ٢ والذي تميز بفارق رأسي منخفض يصل إلى ٢٤متراً فقط، وهذه النسب تعكس مدى الاختلاف والتفاوت الكبير في شدة التضرس بين الأحواض الجزئية، نظراً لتفاوت الظروف البنيوية على أجزاء الحوض.



شكل رقم (٢٠). فئات نسبة التضرس فى الأحواض الجزئية.
المصدر: الباحثة.

و قد بلغ عدد الأحواض التي تقل عن المعدل العام ١١ حوضاً وذلك بنسبة ٤٥,٨٣٪ من إجمالي عدد الأحواض، أما الأحواض التي تزيد عن المعدل العام فقد بلغ عددها ١٣ حوضاً وذلك بنسبة ٥٤,١٧٪ من إجمالي عدد الأحواض. و هذا يدل على أن أكثر من نصف الأحواض الجزئية تزيد فيها نسبة التضرس عن المعدل العام.

٢- التضاريس النسبية Relative Relief:

يعد برنامج TAS هو البرنامج الوحيد الذي يحسب التضاريس النسبية من بين البرامج الحاسوبية المستخدمة في هذه الدراسة، ويتم حساب التضاريس النسبية في هذا البرنامج عن طريق قائمة مؤشرات تحليل التضاريس (Terrain Analysis) ومنه نختار مورفومترية الحوض (Basin Morpometry) ومنها نختار مؤشرات الشكل والتضاريس (Shape and Relief indices)، وبذلك نحصل على جدول يضم في محتوياته قيمة التضاريس النسبية.

و تساعد هذه النسبة على إدراك قيمة التضرس النسبي للحوض بغض النظر عن نسيجه الطبوغرافي، ويشير انخفاض قيم التضاريس النسبية إلى كبر المساحة الحوضية مما يدل على نشاط عملية النحت و على التقدم في دورة التعرية، وعلى العكس من ذلك فإن الأحواض العالية في نسبة تضرسها تكون صغيرة المساحة، ونشطة في عملية النحت في ظل ظروف تضرس مرتفع، ويعني هذا أنها مازالت في المراحل الأولى من دورة التعرية النهرية (المومني، ١٩٩٧م، ص١٣١) كما توضح هذه النسبة العلاقة بين التضاريس القصوى ومقدار محيط الحوض في صورة نسبة تشير إلى درجة تضرس الحوض.

وبدراسة التضاريس النسبية لحوض وادي ملكان وأحواضه الجزئية نجد أن هذه القيمة قد بلغت في الحوض الرئيس (ملكان) ١٠,٠٦م/كم وهي قيمة تشير إلى انخفاض التضاريس النسبية بالحوض، وبالتالي التقدم في دورة التعرية.

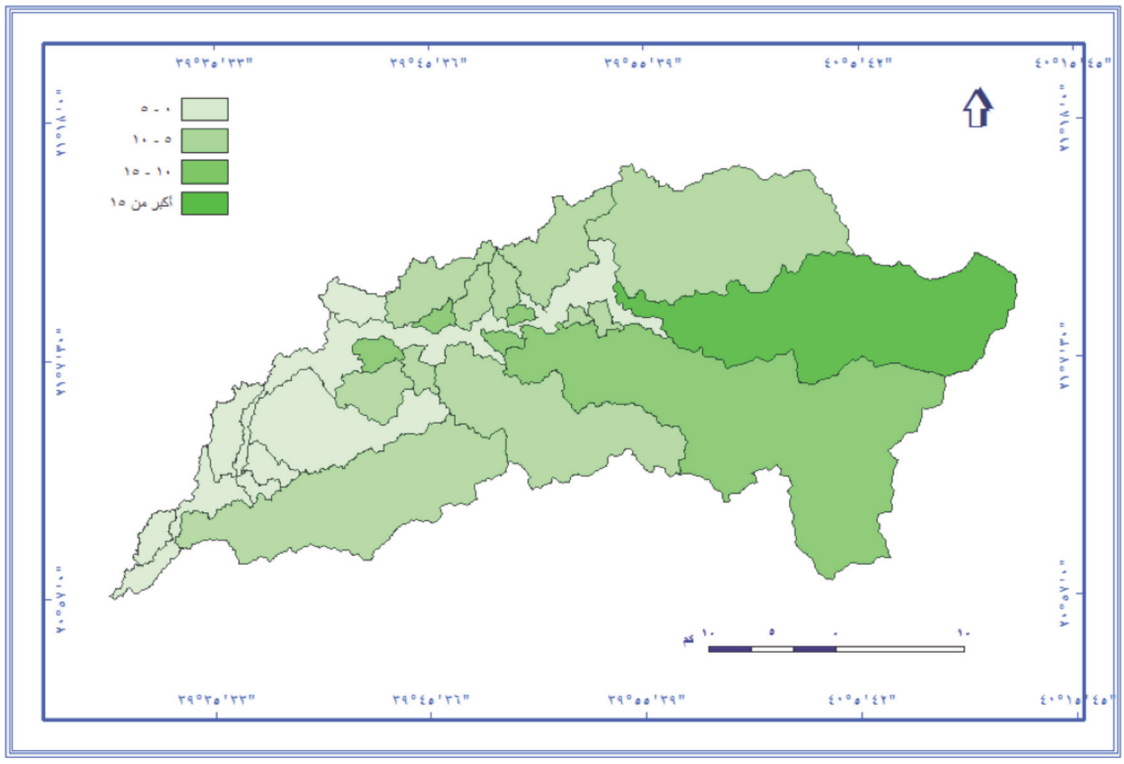
وبدراسة هذه النسبة على مستوى الأحواض الجزئية (شكل ٢١)، فقد بلغ المعدل العام للتضاريس النسبية ٧,٩٤ م/كم، ونجد أن أعلى قيمة لها بلغت٢٥،٢١م/كم وذلك في حوض وادي ضيم وهي نسبة عالية تشير إلى تضرس هذا الحوض، وربما يرجع ذلك إلى كبر الفارق الرأسي في هذا الحوض كما اشرنا سابقاً والذي يحتوي على أعلى نقطة منسوب والمتمثلة في منطقة المنابع للوادي الرئيسي والتي تبلغ ٢٥٩١م. بينما بلغت اقل نسبة ١,٤٣ م/كم وذلك في الحوض رقم ٢ والذي تميز بفارق رأسي منخفض يصل إلى ٢٤متراً، كما سجل هذا الوادي اقل نسبة تضرس. وقد بلغ عدد الأحواض التي تقل عن المعدل العام ١٢ حوضاً وذلك بنسبة ٥٠٪ من إجمالي عدد الأحواض، أما الأحواض التي تزيد عن المعدل العام فقد بلغ عددها ١٢ حوضاً وقد تركزت في الحوض الأعلى من الوادي وكذلك في أجزاء من الحوض الأوسط وقد شكلت ما نسبته ٥٠٪ من إجمالي عدد الأحواض.

٣- قيمة الوعورة Ruggedness Value:

وهي توضح درجة تقطع سطح حوض الوادي الناتج عن نحت المجاري المائية، وهي مؤشر جيد على درجة قمة تصرف الفيضان (نعمان، ٢٠٠٠م، ص٨٣). وترتفع قيمة الوعورة عند زيادة التضرس الحوضي إلى جانب زيادة أطوال المجاري على حساب المساحة، وقد أوضح سترالر عند دراسته لقيم درجات الوعورة لمجموعة من أحواض الولايات المتحدة الأمريكية، أنها تتفاوت ما بين ٠,٠٦ للأحواض قليلة التضرس، وأكثر من الواحد الصحيح للأحواض شديدة التضرس (جودة وعاشور، ١٩٩١م، ص٣٢٩).

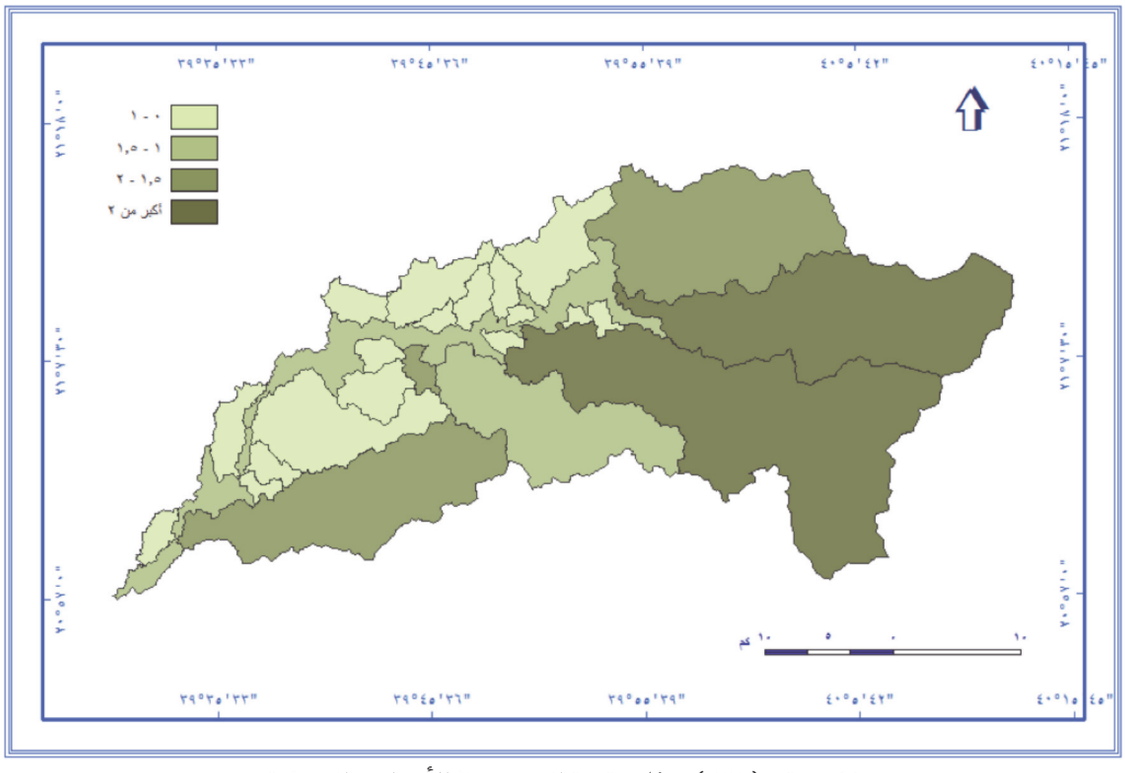
وحسب علم الباحثة لا يوجد برنامج يقوم بحساب قيمة الوعورة بطريقة مباشرة كما تم في باقي المعاملات التضاريسية، ولذلك عمدت الباحثة إلى الاستفادة من مجالات التحليل في نظم المعلومات الجغرافية حيث تم استخدام الإضافة (Spatial Analyst) في برنامج (ArcGIS / ArcMap)، ومن ثم استخدام وظيفة Raster Calculator للحصول على قيمة الوعورة للحوض الرئيس والأحواض الجزئية.

و بدراسة قيم الوعورة في حوض وادي ملكان واحواضه الجزئية، وجد أن قيمة الوعورة في الحوض الرئيس بلغت ١,٥٢ وهي نسبة مرتفعة ويرجع ارتفاع قيمة الوعورة في الحوض الرئيس إلى زيادة فارق الارتفاع به، وبالتالي زيادة نسبة تضرسه، أما المعدل العام لقيمة الوعورة فقد بلغ ١,٠٥.وقد تراوحت قيم الوعورة في الأحواض الجزئية ما بين ٠,٠٧ في حوض رقم ٢ وهي اقل قيمة في الأحواض الجزئية وقد سجل الحوض رقم ٢ اقل قيمة في نسبة



شكل رقم (٢١). فئات التضاريس النسبية فى الأحواض الجزئية.

المصدر: الباحثة.



شكل رقم (٢٢). فئات قيمة الوعورة في الأحواض الجزئية.

المصدر: الباحثة.

التضرس. و ٦,٨٨ وهي أعلى قيمة وعورة في الأحواض الجزئية والتي سجلها حوض وادي ضيم (حوض رقم ٢٤)، والذي سجل أعلى نسبة تضرس على مستوى الأحواض الجزئية ومن الملاحظ أن قيمة الوعورة لم تتجاوز ١,٩٣ في جميع الأحواض الجزئية (شكل ٢٢)، باستثناء حوضي رقم (٢٢ و ٢٤) حيث بلغت على التوالي لكلا الحوضين (٤,٨٠-

٦,١٨)، واللذان يقعان في أقصى الشرق من الحوض حيث شدة التضرس والوعورة.

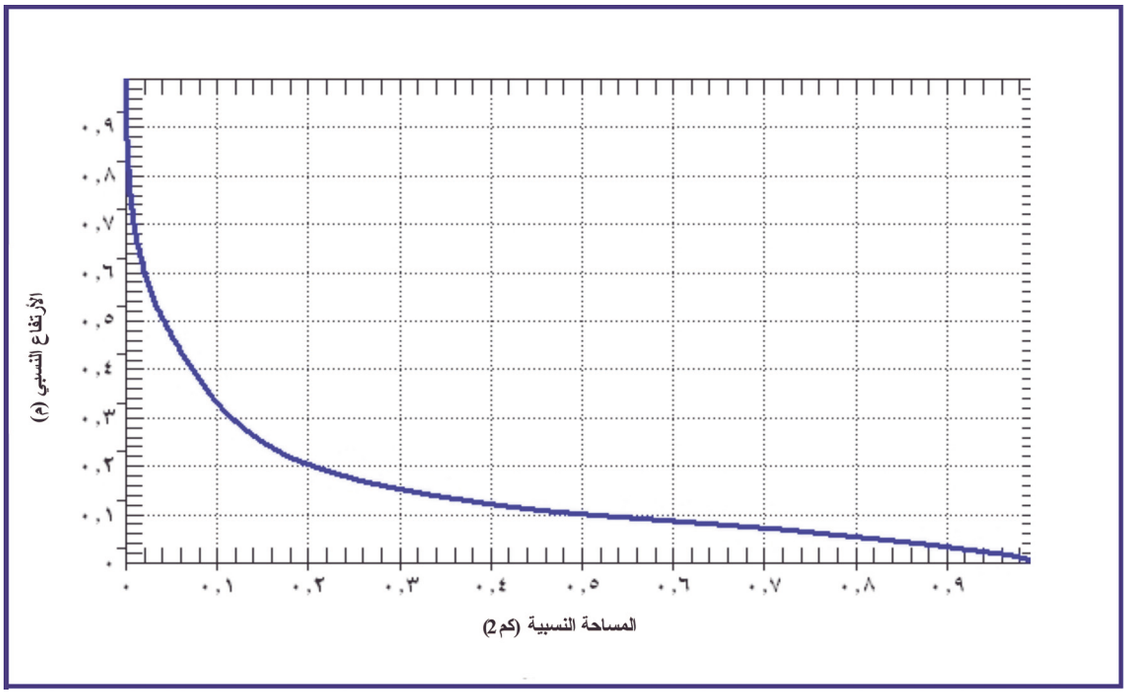
ومن الملاحظ أن معظم الأحواض التي تزيد فيها قيمة الوعورة تتميز بزيادة الفارق الرأسي، وتناقص المسافات الأفقية، وهذا يعكس بدوره العلاقة ما بين قيمة الوعورة وانحدارات السطح، وبدراسة العلاقة بين معامل قيمة الوعورة ومعدل انحدار الحوض نجد أن معامل الارتباط بينهما بلغ ٠,٨٨ وهي علاقة قوية وطردية، تشير إلى زيادة وعورة السطح مع شدة انحداره والعكس صحيح. كما بلغ معامل الارتباط بين قيمة الوعورة ونسبة التضرس ٠,٧٤ وهي أيضا علاقة طردية تشير إلى زيادة تضرس الأحواض مع ارتفاع معدلات وعورتها والعكس صحيح.

٤- المعامل الهبسومتري Hypsometric coefficient :

يهدف المعامل الهبسومتري إلى محاولة إيجاد مقارنة تكاملية بين حجم التضاريس الحالية وحجم التضاريس القديمة للحوض الواحد، وهو أحد المعاملات التي توضح العلاقة بين المساحة النسبية و الارتفاع النسبي للحوض، ويقصد بالارتفاع النسبي النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور وبين أعلى قمة للكنتور في الحوض المائي. بينما تدل المساحة النسبية على المساحة المحصورة بين أي خط كنتور ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية للحوض (نعمان، ٢٠٠٠م، ص ٨٤)، وهو من أدق المعاملات في تمثيل الفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحاتية للأحواض التصريفية. حيث يعتبر من أفضل المعاملات المورفومترية لقياس درجة تضرس سطح الحوض، فهو يشير إلى كمية أو نسبة المواد الصخرية التي لا تزال تنتظر دورها في العملية الحتية.

ويبين الشكل رقم (٢٣) حساب برنامج MICRODEM للمنحنى الهبسومتري لحوض وادي ملكان. ومنه نجد أن قيمة المعامل الهبسومتري في وادي ملكان بلغت ٣٧ ٪ وهذا يدل على أن الحوض قد أتم أكثر من نصف دورته الحتية، أي فقد ٦٣ ٪ من كمية ما أشتمل عليه من مواد صخرية قابلة للحت. وان ٣٧ ٪ من المواد الصخرية القابلة للحت مازالت تنتظر دورها في الدورة الحتية.

أما على مستوى الأحواض الجزئية والذي توضحه الأشكال في ملحق (ب) فقد بلغ المعدل العام ٤٧,٦١٪ .كما نجد أن أعلى قيمة لهذا المعامل بلغت ٦٢,٨٦٪ وذلك في حوض وادي ضيم رقم (٢٤)، وهي نسبة عالية تشير إلى شدة تضرس هذا الحوض والذي يحتوي على نسبة تضرس عالية بلغت كما اشرنا سابقاً ٧٠,٦٣م/كم. بينما بلغت اقل قيمة ٣٥,٤١٪ وذلك في الحوض رقم ١، أي أن هذا الحوض قد أتم ٦٤,٥٩٪ من دورته الحتية، بمعنى أن ٦٤,٥٩ ٪



شكل رقم (٢٣) المنحنى الهبسومتري لحوض وادي ملكان

من المواد الصخرية القابلة للحت قد فقدها الحوض، وان ٣٥,٤١ ٪ من المواد القابلة للحت ما زالت تنتظر دورها في الدورة الحتية.

وقد ذكر سترالر حدوداً رقمية تمثل بالتقريب الجزء المتبقي من السفح بعد عملية النحت لكل مرحلة من مراحل سطح حوض التصريف (القيشاوي، ١٩٩١م، ص ٧٢) وهي:

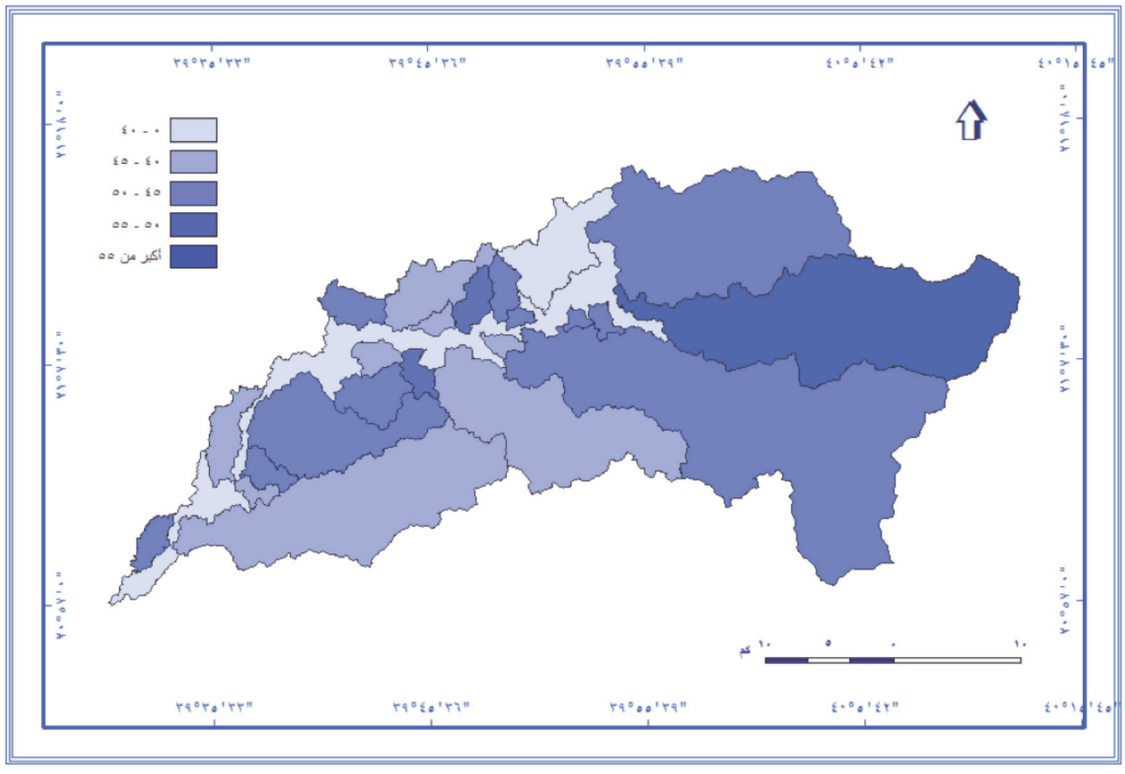
١- مرحلة الشباب اكبر من ٦٠ ٪

٢- مرحلة النضج ما بين ٦٠ ٪ - ٣٥ ٪

٣- مرحلة الشيخوخة اقل من ٣٥ ٪

وبتقسيم الأحواض الجزئية وفقاً لتقسيم سترالر السابق (شكل٤٤) نجد أن هناك حوضاً واحداً فقط يمر بمرحلة الشباب وهو الحوض رقم (٢٤)، حيث سجل أعلى قيمة للمعامل الهبسومتري والتي بلغت ٦٢,٨٦ ٪، ويرجع السبب في ارتفاع هذه القيمة وبقاء الحوض في مرحلة الشباب إلى التكوينات الجيولوجية وكذلك إلى البنية الجيولوجية التي أثرت في سطح هذا الحوض وأدت إلى ارتفاع تضاريسه وصلابتها مقارنة بغيره من الأحواض، كما تدخل باقي الأحواض الجزئية في مرحلة النضج حيث تتراوح قيمها ما بين ٣٥,٤١ - ٥٥,٦٥ وهي بذلك تؤكد وصول حوض وادي ملكان إلى مرحلة النضج المتأخر نسبياً.

ووفقاً لريتر (Ritter, 1978, p.170) فان قيمة المعامل الهبسومتري في الأحواض الطبيعية يتراوح ما بين ٢٠ ٪ - ٨٠ ٪، حيث تشير القيم العالية إلى أن نسبة كبيرة من الحوض الأصلي لم تتحول إلى منحدرات، بينما تشير القيم المنخفضة إلى أن معظم الحوض قد أصبح قليل الارتفاع بالنسبة للارتفاعات الأصلية للحوض. ونجد أن هذه الدراسة جاءت مؤكدة لدراسة ريتر حيث تراوحت قيم المعامل الهبسومتري ما بين ٣٥ ٪ و ٦٢ ٪.



شكل رقم (٢٤). فئات المعامل الهبسومتري في الأحواض الجزئية.
المصدر: الباحثة.

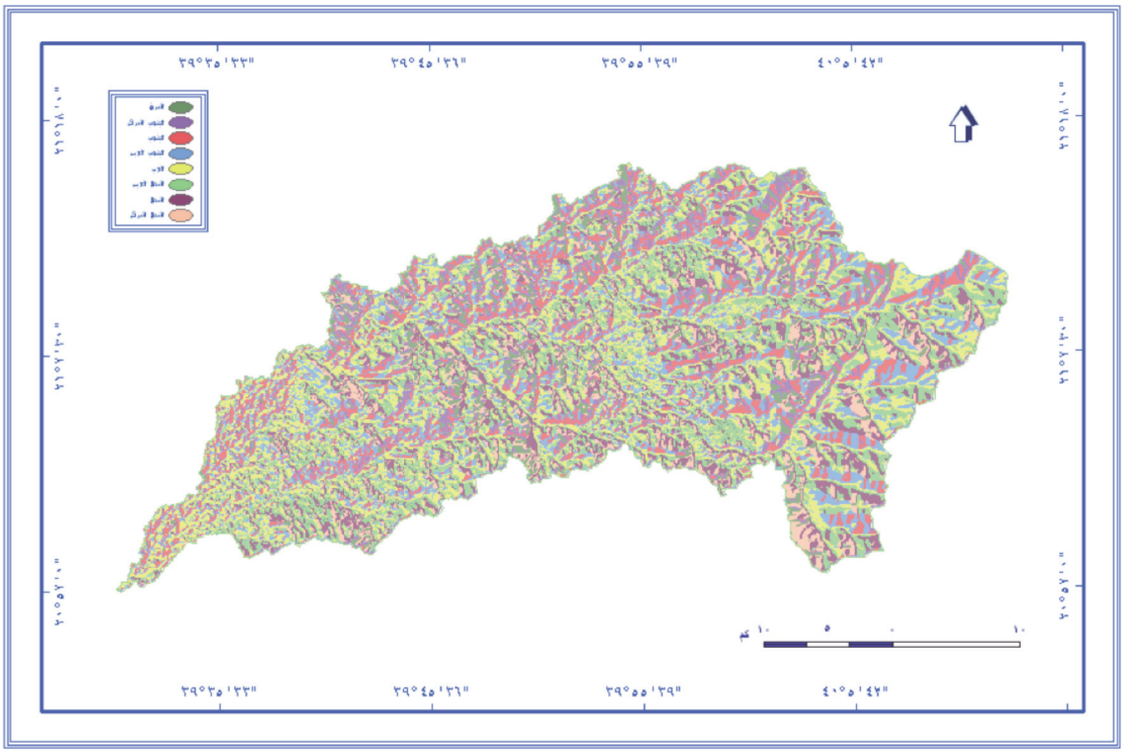
ثالثاً: تحليل الانحدارات Slope Analyzes :

المنحدر slope هو سطح من الأرض ينحدر عن المستوى الأفقي لسطح الأرض بدرجة لا تزيد عن ٤٠، فإذا زاد عن ذلك أصبح حافة أو جرف (أبو العينين، ١٩٧٩م، ص٣٣٥). وتعتبر المنحدرات من العناصر المهمة في الحوض المائي، فهي مصدر مهم لتزويد الحوض المائي بالمياه أثناء تساقط الأمطار ومصدر للحمولة الرسوبية. كما تعد الخصائص الانحدارية المتمثلة في درجة انحدار وأطوال المنحدرات ودرجة انتظامها من العوامل الرئيسة التي تحدد نشاط المجرى المائي وقدرته على ممارسة الحت والنقل والترسيب، إذ أن الزيادة في درجة الانحدار يتبعها زيادة في سرعة الجريان وكمية التصريف المائي بسبب قلة الحمولة الرسوبية، وبالتالي فان زيادة الانحدار تؤدي إلى حدوث الانهيارات الأرضية (البقور، ١٩٩٩م، ص ٨٢).

كما تعد الانحدارات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية لأنها تسهم في تحليل مظاهر سطح الأرض وعلاقتها بالنشاط البشري بأشكاله المختلفة، حيث يعتمد الاستغلال الجيد للسفوح على طبيعة انحدارها وتكويناتها والعمليات التي تتعرض لها تلك السفوح (الدليمي، ٢٠٠١م، ص ١٠٣). ويأخذ الانحدار أشكالاً متنوعة بناءً على عدة متغيرات متداخلة كالتضاريس، والمناخ، والتكوينات الجيولوجية، والتربة والعمليات الجيومورفولوجية. و يهدف أسلوب تحليل المنحدرات إلى محاولة إبراز الخصائص الانحدارية وخصائص معدلات التقوس للأشكال الأرضية بالمنطقة، بهدف التعرف على عوامل وعمليات تشكيلها ومراحل تطورها (شعلة، ب ت، ص ٦٠).

أما اتجاه المنحدرات slope Aspect فهو اتجاه وجه المنحدر، وله عدة منافع منها تحديد المواقع المستوية في المناطق الجبلية الوعرة الصالحة لهبوط الطائرات العمودية. كما تفيد في دراسة الاختلافات في البيئة الحيوية الناتجة عن اختلاف كمية وتركز الإشعاع الشمسي (Lembo, 2006). أما فيما له صلة بهذه الدراسة فهو مفيد في تحديد اتجاهات السفوح.

وقد استخدمت الباحثة المحلل المكاني Spatial Analyst لبرنامج ArcGIS بالإضافة إلى استخدام برنامج MicroDEM، لتحليل انحدارات السطح في حوض وادي ملكان وأحواضه الجزئية، واستخراج اتجاهات المنحدرات. حيث قسمت الباحثة اتجاهات المنحدرات إلى ثمانية اتجاهات (أنظر شكل رقم ٢٥)، بالإضافة لجدول رقم (٢) وقد وجد أن معظم



شكل رقم (٢٥). اتجاهات السفوح في حوض وادي ملكان.

المصدر: الباحثة.

جدول رقم (٢). اتجاهات المنحدرات في حوض وادي ملكان.

اتجاه المنحدر	فئات الدرجات	المساحة كم٢	النسبة المئوية
مستوية	-١ - ٠	٤٤,٧٨	٣,٤١
الشمال	٠ - ٢٢,٥ ٣٣٧,٥ - ٣٦٠	١٣٣,٨٢	١٠,١٩
الشمال الشرقي	٢٢,٥ - ٦٧,٥	١٣٨,٣١	١٠,٥٣
الشرق	٦٧,٥ - ١١٢,٥	١١٣,١٨	٨,٦٢
الجنوب الشرقي	١١٢,٥ - ١٥٧,٥	١١٦,٥٩	٨,٨٨
الجنوب	١٥٧,٥ - ٢٠٢,٥	١٤٥,٩٨	١١,١٢
الجنوب الغربي	٢٠٢,٥ - ٢٤٧,٥	٢٠٧,٤١	١٥,٧٩
الغرب	٢٤٧,٥ - ٢٩٢,٥	٢١١,٧٩	١٦,١٣
الشمال الغربي	٢٩٢,٥ - ٣٣٧,٥	٢٠١,٢٩	١٥,٣٣
المجموع		١٣١٣,١٥	١٠٠

المصدر: الباحثة.

منحدرات الحوض تأخذ الاتجاه الغربي بنسبة (١٣,١٦)، ثم الاتجاه الجنوبي الغربي بنسبة (١٥,٧٩)، يليه الاتجاه الشمالي الغربي بنسبة (١٥,٣٣)، ثم باقي الاتجاهات بنسب متقاربة.

كما تبين للباحثة أن متوسط انحدار السطح في حوض وادي ملكان يبلغ ٧,٨٦ درجة، و قد بلغت اقل درجة انحدار صفر، أما أعلى درجة انحدار فقد بلغت ٧١ درجة والتي تمثل بعض الجروف في أقصى الشرق من حوض وادي ملكان، على السفوح الغربية لجبل الأديم. وقد تراوح معدل الانحدار في الأحواض الجزئية لوادي ملكان مابين ٠,٨٩ درجة والمتمثلة في الحوض رقم (٢) في أقصى غرب وادي ملكان قريباً من منطقة المصب، بينما بلغ أعلى معدل للانحدار ١٤,٩١ درجة في حوض وادي ضيم في أقصى شرق وادي ملكان، حيث شدة التضرس والوعورة في منطقة المنابع وهذا ما يؤكد قيم المعاملات السابقة لحوض وادي ضيم والذي يمر بمرحلة من الشباب أو النضج المبكر حيث سجل الحوض أعلى نسب في التضرس والوعورة والانحدار، وبذلك نجد أن هناك تباين في معدلات الانحدار بين الأحواض الجزئية (شكل ٢٦) ولعل ذلك يعود إلى اختلاف التكوينات والبنية الجيولوجية.

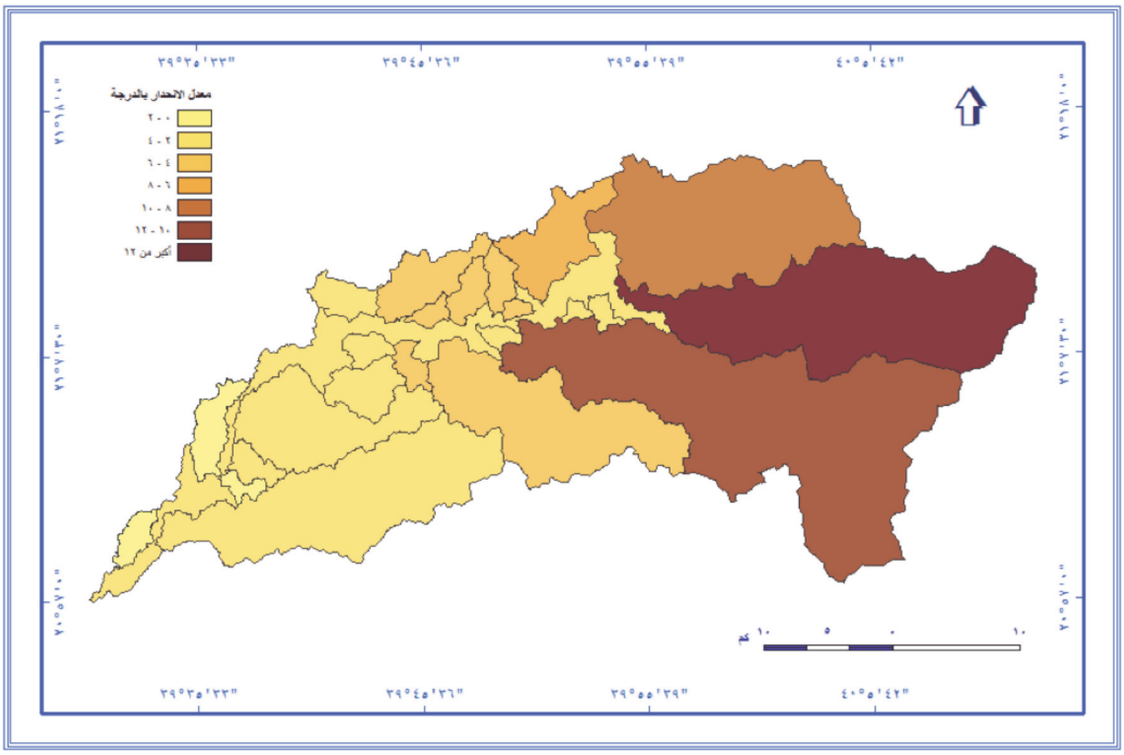
ويمكن استعراض خصائص منحدرات حوض وادي ملكان من خلال دراسة العناصر التالية:

١- تصنيف درجات الانحدار واتجاهاته:

وقد استخدمت الباحثة تصنيف يونج (Young, 1972, p. 173)، وهو من أكثر تصنيفات الانحدار علاقة بالعمليات الجيومورفولوجية كما ذكر ذلك يونج بنفسه، وهناك سبع فئات رئيسة في تصنيف يونج للانحدارات كما يبين الجدول رقم (٣) أهم هذه الفئات وفيما يلي عرض لأهم هذه الفئات (شكل ٢٧) وأماكن وجودها في حوض وادي ملكان:

١- انحدار شبه مستو إلى خفيف جداً. ويتراوح الانحدار في هذه الفئة ما بين (٠ - ٢°)، وقد شكلت هذه الفئة حوالي ٢٨,٠٦ ٪ من مساحة حوض وادي ملكان، ويمتد هذا الانحدار في بطون الأودية وذلك على امتداد تكوينات الزمن الرابع، أما من حيث الاتجاه العام لهذا الانحدار فإننا نجد أن هذه الفئة تتخذ جميع الجهات سواء الرئيسة أو الفرعية إلا أن معظمها يتجه إلى الشمال والشمال الشرقي والشرق ثم باقي الجاهات بنسب اقل.

٢- انحدار خفيف وتتراوح درجات انحداره مابين (٢° - ٥°) وتمتد هذه الفئة على شكل خطوط محيطة بالفئة السابقة وهي تشكل ما نسبته ٢٧,٢١٪ من مساحة الحوض. وقد أخذت هذه الفئة عدة اتجاهات ولكن الاتجاه السائد بها هو الميل إلى جهتين رئيستين وهما الشرق ثم تليها جهة الغرب، وتتدرج باقي الجهات بنسب متقاربة.



شكل رقم (٢٦).معدل الإنحدار فى الأحواض الجزئية

المصدر: الباحثة.

جدول رقم (٣). فئات الانحدار في حوض وادي ملكان.

الفئات بالدرجات	المساحة كم٢	النسبة المئوية	نوع الانحدار
٠ - ٢	٣٦٨,٤٦	٢٨,٠٦	شبه مستوي
٢ - ٥	٣٥٧,٣١	٢٧,٢١	خفيف
٥ - ١٠	١٩٨,٥٥	١٥,١٢	متوسط
١٠ - ١٨	١٧٧,٦٧	١٣,٥٣	فوق المتوسط
١٨- ٣٠	١٦٨,٤٨	١٢,٨٣	شديد
٣٠ - ٤٥	٤٢,١٥	٣,٢١	شديد جدا
اكبر من ٤٥	٠,٥٣	٠,٠٤	جرفي

المصدر: الباحثة.

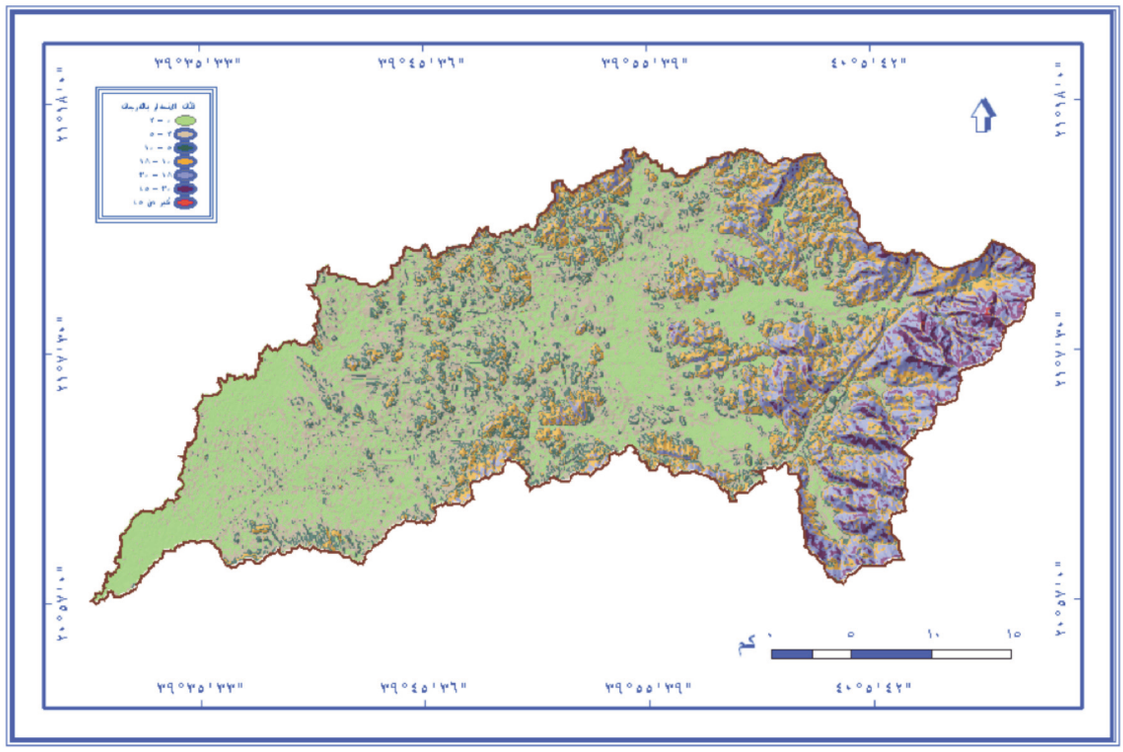
٣- انحدار متوسط وتتراوح درجاته مابين (٥° -١٠) ويمتد في مساحات مختلفة من الحوض مشكلاً ما نسبته١٢,١٥ ٪ من مساحة حوض وادي ملكان ويسود هذا النوع من الانحدارات الاتجاه الغربي.

٤- انحدار فوق المتوسط وهو الذي تتراوح درجات انحداره ما بين (١٠°- ١٨°)، وقد شكلت هذه الفئة ما نسبته ١٣,٥٣ ٪ من مساحة الحوض وهي ذات اتجاه غربي في معظمها وتتركز هذه الفئة في شمال الحوض وأجزاء متناثرة من جنوبه.

٥- انحدار شديد وهي تلك المناطق التي تتراوح درجات انحدارها ما بين (١٨° - ٣٠°)، والتي شكلت ١٢,٨٢٪ من مساحة حوض وادي ملكان حيث تنتشر في الحوض الأعلى من وادي ملكان وأجزاء من جنوبه ويغلب على هذه الفئة الاتجاه نحو الشرق و الغرب ولعل السبب في هذا يعود إلى أن هذه الفئة تشكل مناطق جبلية تمتد إلى الشرق والغرب من صدع دام مما أدى إلى وجود هاتين الجهتين للانحدار في اعلي الحوض.

٦- انحدار شديد جدا وهو الذي تتراوح درجاته ما بين (٣٠° - ٤٥°) وهو يمتد على شكل سلاسل جبلية في شرق الحوض وهي امتداد لجبال الأديم مكونة ما نسبته ٣,٢١٪ من مساحة الحوض ويغلب على هذه الفئة الاتجاه نحو الجنوب الغربي.

٧- منحدرات جرفية وهي تلك المنحدرات التي تزيد درجات انحدارها عن (٤٥°)، والتي تكون القمم الجبلية في أقصى الشرق من حوض وادي ملكان وتحديدا في منطقة



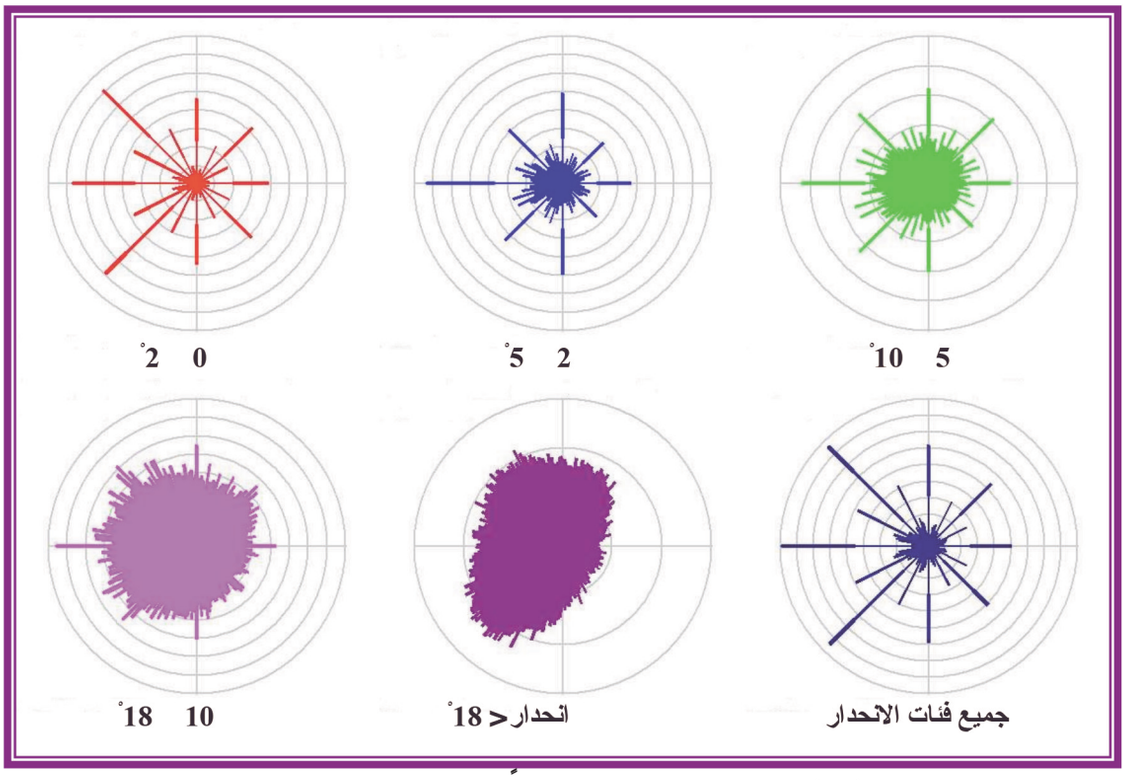
شكل رقم (٢٧). فئات الانحدار في حوض وادي ملكان حسب تصنيف يونج ١٩٧٢.
المصدر: الباحثة.

المنابع حيث شكلت هذه الفئة ما نسبته ٠,٠٤ ٪ من مساحة الحوض وقد ساد هذه الفئة الاتجاه الشرقي.

ومن الملاحظ أن حوالي ٥٥,٢٧ ٪ من مساحة حوض وادي ملكان تغطيها انحدارات خفيفة تتراوح درجاتها من (٠-٥°)، وتأخذ هذه الانحدارات اتجاهات متعددة، إلا أن الاتجاه السائد على هذه الفئة من الانحدارات هو الاتجاه الغربي ، ثم الجنوبي الغربي ، ثم الاتجاه الشمالي الغربي ثم باقي الاتجاهات بنسب متقاربة (انظر شكل رقم ٢٨). كما نجد أن هذه الاتجاهات الثلاث هي السائدة في حوض التصريف ككل وذلك ما نجدة من خلال المدرج التكراري لاتجاه المنحدرات في حوض وادي ملكان (شكل ٢٩) والذي يوضح اتجاهات المنحدرات في الحوض حسب الدرجات حيث تتراوح من صفر إلى ٣٦٠ درجة، ولو نظرنا إلى هذا المدرج لوجدنا أن أعظم الاتجاهات تكراراً هي الغرب، والجنوب الغربي، والشمال الغربي (أنظر دلالات الأرقام لهذا الشكل في جدول رقم ٢). وبذلك نجد أن ما يقارب نصف مساحة الحوض هي مناطق مستوية إلى خفيفة الانحدار . أما المنحدرات المتوسطة إلى المنحدرة فإنها تشكل حوالي ٤١,٤٧ ٪ من مساحة الحوض. بينما تشكل الفئة الشديدة الانحدار والتي يزيد انحدارها عن ٣٠° ما يقارب ٣,٢٥ ٪ فقط وهي تمثل قمم الجبال الحادة ذات الانحدار الشديد في أقصى الشرق من وادي ملكان وتحديدا على سفوح جبال الأديم.

٢- تحليل التقوس: Curvature Analysis

عرف يونج (young ،1972) التقوس على انه معامل التغير في زاوية الانحدار مع المسافة الأرضية في اتجاه الانحدار الحقيقي، ويعبر عنه بالدرجات لكل ١٠٠م. كما عرف ليمبو (Lembo, 2006) التقوس بأنه انحدار أو ميل السطح في اتجاه المنحدر.



شكل رقم (٢٨). وردات اتجاه المنحدرات تبعاً للميل في حوض تصريف وادي ملكان.
المصدر: الباحثة.

وهو مهم في توضيح الخصائص الطبيعية لأحواض التصريف بغية فهم عمليات التعرية والجريان السطحي والتقوس بشكل عام على نوعين. فهناك ما يسمى بتقوس المقطع profile Curvature وهو تقوس التضاريس كما ترى من مقطع متعامد على خط الكنتور، ولهذا فان هذا النوع من التقوس قد يسمى بالتقوس العمودي Vertical Curvature، وبتعبير آخر فان هذا النوع من التقوس هو تغير في الانحدار عبر مسافة في الاتجاه الأفقي نحو المنحدر. وهو ذو دلالة جيومورفولوجية من حيث أن القيم الموجبة لهذا التقوس هي مؤشر على التحدب Convex، والقيم السالبة دلالة على التقعر Concave، أما قيمة الصفر فهي تدل على الاستواء أو الاستقامة Straight. ومن ذلك نجد أن مثل هذا النوع من التقوس ذو دلالة هيدرولوجية واضحة فالمحدبات دائما تدل على تسارع الجريان، بينما المقعرات تدل على تناقصه.

أما النوع الثاني من التقوس فهو التقوس الأفقي أو السطحي Curvature Plan وهو مقطع عرضي ملامس لخط الكنتور، وهو ذو دلالة هيدرولوجية هامة حيث تدل القيم الموجبة لحساب التقوس على تفرق الجريان Divergence Flaw ، والقيم السالبة تدل على تجمع الجريان وتركزه Concentrated. وتحسب هذه القيم من المعادلة التالية:

DX2 / DZ

حيث DX المسافة في الاتجاه الأفقي و DZ الزيادة في الارتفاع، أي حساب الزيادة في الارتفاع أو نقصانه على طول المسافة في الاتجاه الأفقي (Hilpert, et ,al., 2002). وطريقة حسابه في DEM يتم عن طريق تمرير نافذة بمقدار ٣ × ٣ خلية حيث ينظر إلى انحدار كل خلية مقارنة بالخلايا الثمان المجاورة لها. وبدراسة نوعي التقوس في حوض وادي ملكان نتوصل إلى الآتي:

أ- يبين شكل رقم (٣٠) أن هناك ثلاث مجموعات للتقوس العمودي على النحو التالي:

- المجموعة الأولى: سالبة وتضم العناصر المقعرة في الحوض، ويبلغ مجموع أطوالها نحو ٩٢١٠,٩٠ كم وهي تشكل ما نسبته ٢١,٠٤ ٪ من مجموع الأطوال المقاسة في الحوض، وتتراوح درجات التقوس لهذه المجموعة بين -٨,٢ درجة /١٠٠م إلى -٠,١١ درجة/ ١٠٠م.

شكل رقم (٣٣). حالات التقوس ودلالتها الهيدرولوجية.
المصدر: الباحثة اعتماداً على http://www.ffp.csiro.au/nfm/mdp/topo/over.htm.

– المجموعة الثانية موجبة وتضم العناصر المحدبة في الحوض، وقد بلغ مجموع أطوالها نحو ٢٠٣٧٧,٦٨ كم وهي تشكل ما نسبته ٤٦,٥٥ ٪ من مجموع الأطوال في حوض التصريف، وتتراوح درجات تقوسها ما بين ٠,١١ درجة /١٠٠م إلى ٩,٠٣ درجة / ١٠٠م.

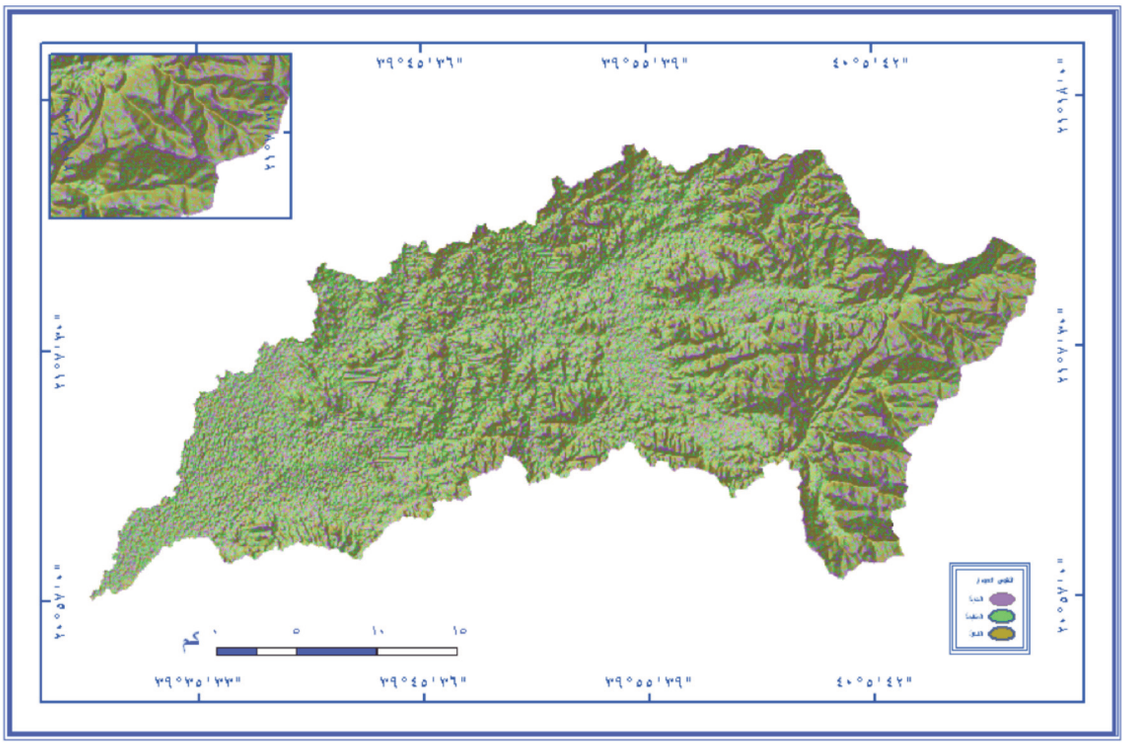
– المجموعة الثالثة وتشمل الأقسام المستقيمة وتتمثل عند درجة الصفر، وقد بلغ مجموع الأطوال التي تشكل هذه المجموعة نحو ١٤١٨٣,٢٥ كم، وذلك بنسبة ٣٢,٤١ ٪ من جملة الأطوال في حوض وادي ملكان.

ب– أما النوع الثاني فهو التقوس الأفقي (شكل٣١). ونجد أن هناك ثلاث مجموعات من التقوس الأفقي في حوض وادي ملكان وهي كالتالي:

– المجموعة الأولى: وتضم العناصر المقعرة والتي تمثل مجموعة التقوس السالب، والتي تراوحت درجات تقوسها مابين –٩,٤٥ درجة/١٠٠م إلى –٠,١١ درجة / ١٠٠م، وقد شكلت ما مجموعة ٨٠٧١,١٤ كم أي ما نسبته ١٨,٤٤ ٪ من مجموع الأطوال المقاسة في الحوض.

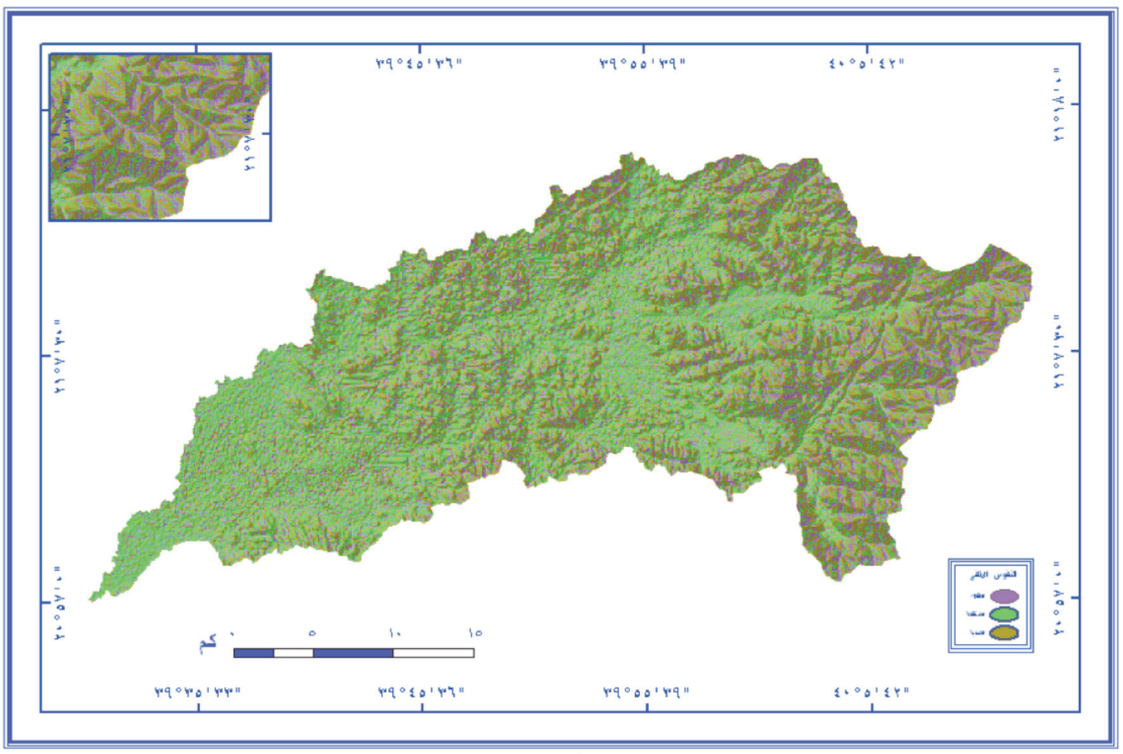
– أما المجموعة الثانية والتي تضم العناصر المحدبة أي ذات التقوس الموجب فقد بلغ مجموع أطوالها نحو ١٧٥٨١,٨٦ كم وهو ما يشكل ٤٠,١٧ ٪ من مجموع الأطوال المقاسة في الحوض التصريف، وتتراوح درجات تقوسها مابين ٠,١١درجة/١٠٠م إلى ٦,٧٥ درجة / ١٠٠ م.

– بينما المجموعة الثالثة والتي تمثلت في الأجزاء المستقيمة حيث درجة التقوس صفر، قد وصل مجموع أطوالها نحو ١٨١١٨,٨٣ كم أي ما نسبته ٤١,٣٩ ٪ .



شكل رقم (٣٠). التقوس العمودي بحوض وادي ملكان.

المصدر: الباحثة.



شكل رقم (٣١). التقوس الأفقي بحوض تصريف وادي ملكان.

المصدر: الباحثة.

ومن ذلك نجد أن نسبة أطوال العناصر المحدبة في حوض وادي ملكان تزيد عن نسبة العناصر المقعرة، حيث تبلغ النسبة بين أطوال العناصر المحدبة إلى المقعرة في التقوس العمودي ٢,٢١: ٠,٤٦، بينما تبلغ نسبة أطوال العناصر المحدبة إلى العناصر المقعرة في التقوس الأفقي ٢,١٨: ٠,٤٦، ونلاحظ مدى التقارب بين النسب مما يؤكد سيطرة العناصر المحدبة في حوض التصريف على العناصر المقعرة، ويمكن تفسير ذلك بالعمليات الجيومورفولوجية حيث ترتبط الأجزاء العليا من القطاعات بالعناصر المحدبة ، ويسود هذه الأجزاء عمليات التجوية والانهيارات الأرضية. بينما ترتبط العناصر المقعرة بالأجزاء الوسطى والدنيا ويسودها الجريان السطحي والذي يساهم في تطوير السفوح المقعرة. (انظر شكل٣٢) والذي يوضح تتابع المحدبات والمقعرات في حوض التصريف.

وبتحليل التقوس في حوض وادي ملكان عن طريق استخدام نسبة التقوس العمودي (المقطعي) إلى التقوس الأفقي كما حسبت بواسطة برنامج MicroDEM ، حيث تمثل X التقوس المحدب، و تمثل G الاستواء، بينما تمثل V التقوس المقعر، ومن خلال النتائج المعتمدة على حسابات البرنامج فقد تم التوصل إلى الآتي:

- شكلت نسبة التحدب في التقوس العمودي إلى نسبة التحدب في التقوس الأفقي (X/X) ٢,٢٨٪ .
- بينما شكلت نسبة التحدب في التقوس العمودي إلى نسبة الاستواء في التقوس الأفقي (G/X) ١٤,٣٨ ٪.
- أما نسبة التحدب في التقوس العمودي إلى نسبة التقعر في التقوس الأفقي (V/X) ١٠,٤٥٪.
- كما شكلت نسبة الاستواء في التقوس العمودي إلى نسبة التحدب في التقوس الأفقي (X/G) ما نسبته ١٠,٤٨٪.
- وقد كانت نسبة الاستواء في التقوس العمودي إلى نسبة الاستواء في التقوس الأفقي (G/G) تساوي ٣٣,٣٧٪.
- أما نسبة الاستواء في التقوس العمودي إلى نسبة التقعر في التقوس الأفقي (V/G) فهي ٧,٦٧ ٪.
- بينما كانت نسبة التقعر في التقوس العمودي إلى نسبة التحدب في التقوس الأفقي (X/V) ٩,٣٦٪.
- أما نسبة التقعر في التقوس العمودي إلى نسبة الاستواء في التقوس الأفقي (G/V) فهي ١٠,٦٦ ٪.
- وأخيرا كانت نسبة التقعر في التقوس العمودي إلى نسبة التقعر في التقوس الأفقي (V/V) تساوي١,٣٥ ٪.

وغني عن الذكر أن لهذه النتائج أعلاه دلالات هيدرولوجية هامة فيما يتعلق بحوض التصريف لوادي ملكان، ، وخاصة فيما يتعلق بتجمع الجريان السطحي وتفرقه (أنظر شكل رقم٣٣) وبالتالي تأثير ذلك على احتمالية حدوث الفيضانات في حوض التصريف. واهم هذه المدلولات الهيدرولوجية من وجهة نظر الباحثة ما يلي:-

أ- حالات التقوس التي تؤدي إلى تجمع الجريان السطحي وتركزه، وبالتالي تزيد من احتمالية حدوث الفيضانات في حوض التصريف هي:

١- عندما يكون هناك استواء في التقوس العمودي وتقعر في التقوس الأفقي.

٢- عندما يكون هناك تقعر في كلا النوعين من التقوس.

٣- عندما يكون هناك تحدب في التقوس العمودي وتقعر في التقوس الأفقي.

وقد شكلت نسب هذه الحالات الثلاث مجتمعة حوالي ١٩,٤٧ ٪ من مجموع نسب حالات التقوس في حوض تصريف وادي ملكان.

ب- حالات التقوس التي تؤدي إلى تفرق الجريان السطحي وعدم تركزه، وبالتالي تقلل من احتمالية حدوث الفيضانات في حوض التصريف هي:

١- عندما يكون هناك استواء في التقوس العمودي وتحدب في التقوس الأفقي.

٢- عندما يكون هناك تحدب في كلا النوعين من التقوس.

٣- عندما يكون هناك تقعر في التقوس العمودي وتحدب في التقوس الأفقي.

وقد شكلت نسب هذه الحالات الثلاث مجتمعة حوالي ٢٢,١٢ ٪ من مجموع نسب حالات التقوس في حوض وادي ملكان.

ج- حالات التقوس التي تؤدي إلى توازي الجريان السطحي وبالتالي تقلل من احتمالية حدوث الفيضانات التي تنشأ عادة من تركز الجريان وتجمعه هي:

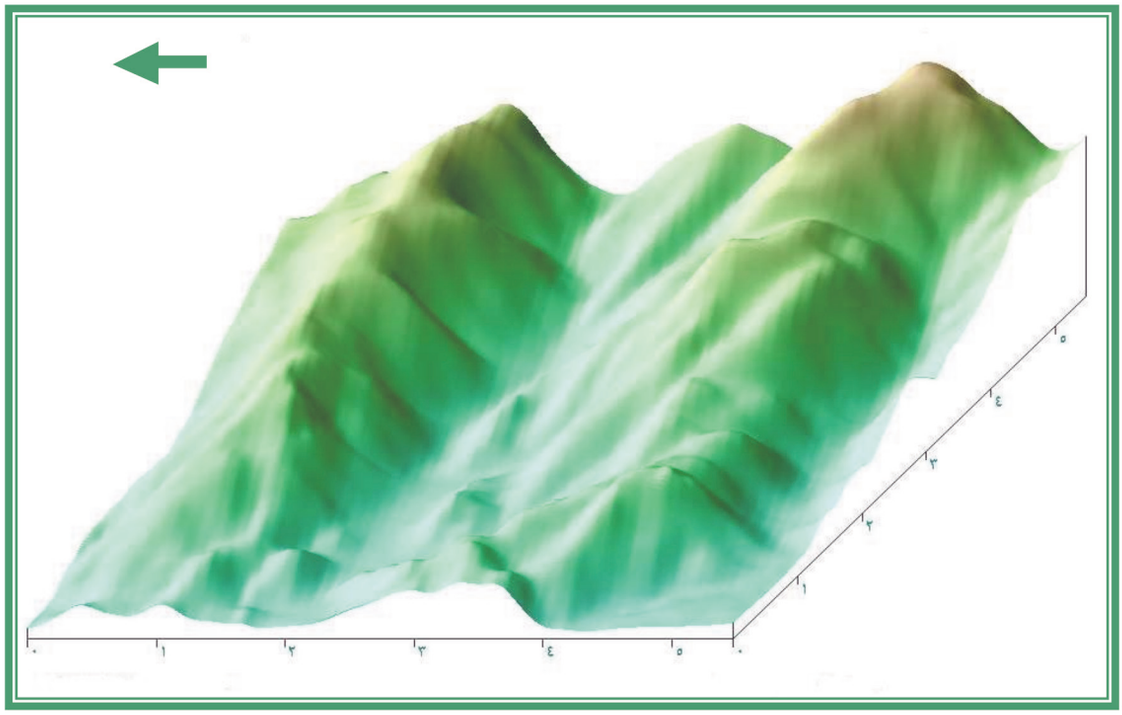
١- عندما يكون هناك تحدب في التقوس العمودي واستواء في التقوس الأفقي.

٢- عندما يكون هناك استواء في كلا النوعين من التقوس.

٣- عندما يكون هناك تقعر في التقوس العمودي واستواء في التقوس الأفقي.

وقد شكلت نسب هذه الحالات الثلاث مجتمعة حوالي ٥٨,٤١ ٪ من مجموع نسب حالات التقوس في حوض التصريف.

مجرى معين، كما أن كمية الرواسب التي تنقلها هذه المياه تكون اقل مما لو كانت مقعرة (أبو العينين، ١٩٧٩م، ص٣٦٠). وبما أن وادي ملكان تكثر به نسبة المحدبات فهذا



شكل رقم (٣٢). مثال على تتابع المقعرات والمحدبات في حوض وادي ملكان.

المصدر: الباحثة.

وبذلك نجد أن حوالي ٨٠ ٪ من حالات التقوس في حوض تصريف وادي ملكان، تدل على عدم تركز الجريان السطحي وبتالي تقلل من احتمالية حدوث الفيضانات في الحوض، وبذلك فهي مؤيدة لباقي الحسابات الجيومورفولوجية التي تدل جميعها على بعد حوض التصريف عن حدوث فيضانات كبيرة.

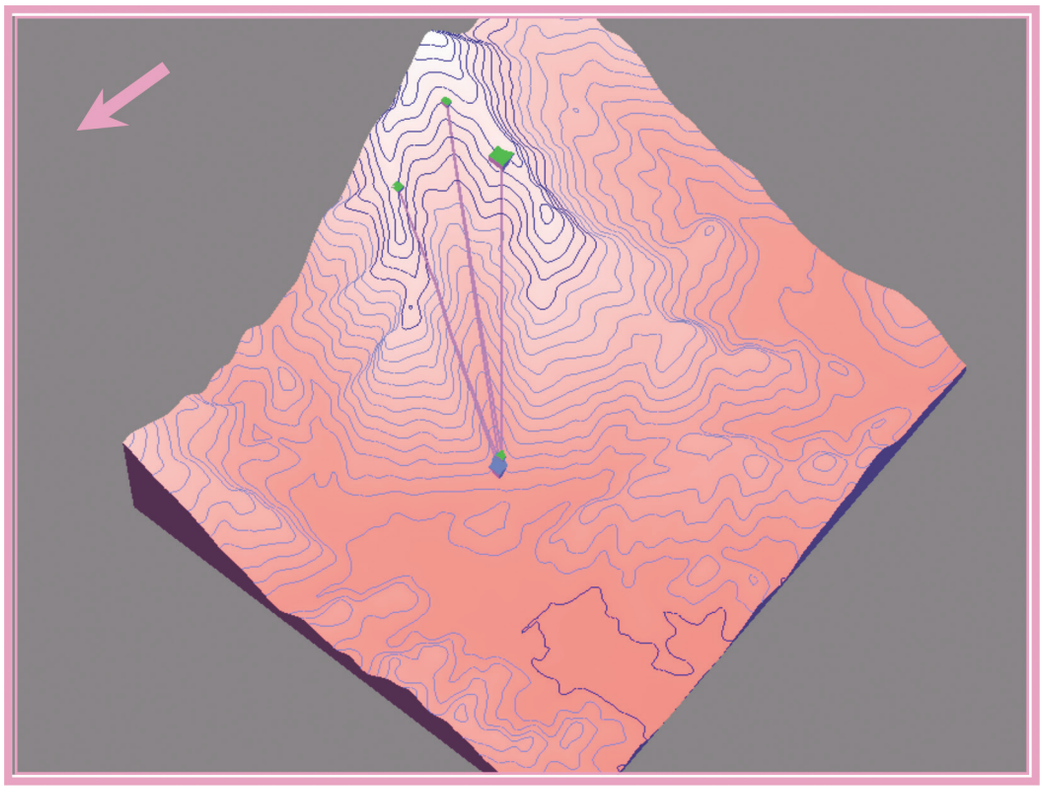
ومن خلال دراسة أشكال المنحدرات في حوض تصريف وادي ملكان، نجد أن نسبة وجود الأشكال المحدبة تفوق نسبة الأشكال المقعرة، وبدراسة العلاقة بين أشكال المنحدرات وانسياب المياه السطحية وتركزها نجد أن طرق انسياب المياه على سطح المنحدرات تختلف تبعاً لاختلاف أشكال خطوط الكنتور والتي تعطي الشكل العام للمنحدر، ففي حال خطوط الكنتور المقعرة Concave (شكل٣٤)، تكون خطوط انسياب المياه متجمعة، أي أن المياه تتجمع في مجرى مائي محدد، وهنا تعظم كمية الرواسب المنقولة. أما في حال خطوط الكنتور المحدبة Convex (شكل ٣٥)، والتي تمثل على سطح الأرض مناطق البروز ومناطق ما بين الأودية النهرية، فان انسياب المياه السطحية يكون غير مركز في

دليل على عدم تركز المياه وبالتالي قلة احتمالية حدوث الفيضانات وهذا ما يؤكد نتيجة القياسات السابقة حول هذا الموضوع.

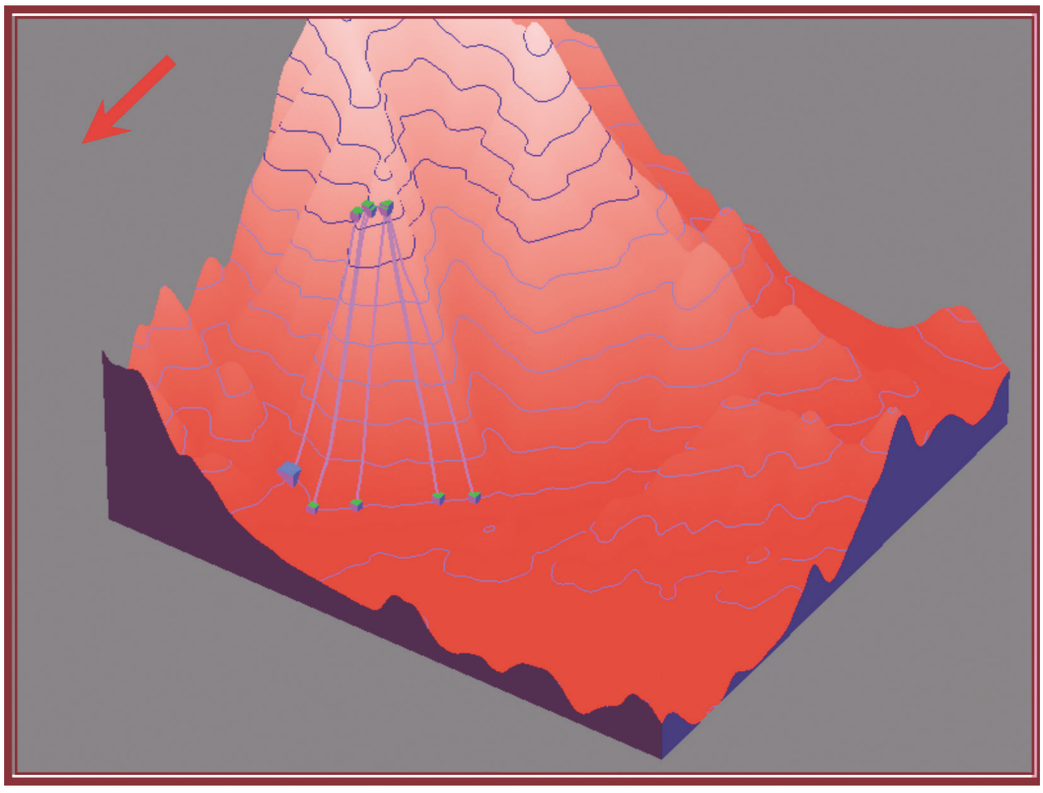
٣- تحليل قطاعات سفوح المنحدرات:

السفح هو ذلك الجزء المنحدر من السطح ما بين قمة تل أو جبل حتى مستوى القاعدة (عسل، ١٩٨٥م، ص٢٩١). وتعد دراسة السفوح احد أهم الموضوعات في الدراسات الجيومورفولوجية التي تساهم في تكوين الشكل المورفولوجي للسطح، فهي توضح عمليات

التطور التي تعرضت لها جوانب الأودية، و تظهر الأهمية الجيومورفولوجية للمنحدرات بما تمثله من نظام انتقالي بين الفواصل المائية (خطوط تقسيم المياه) من أعلى، والمجاري المائية من أسفل. ووظيفياً من حيث كونها الحيز الذي ينتج الحطام الصخري والمفتتات والرواسب السفحية، وبالتالي فان هذه المنحدرات هي المصدر والمعبر الذي تنتقل فوقه تلك المواد، وتتعرض المنحدرات إلى أنماط مختلفة ومتعددة من عمليات تحرك المواد، والمتمثلة في السقوط الصخري والانزلاقات الصخرية، وزحف التربة.



شكل رقم (٣٤). خطوط كنتور مقعرة وتجمع للجريان السطحي في أقصى الشرق من الحوض.
المصدر: الباحثة.



شكل رقم (٣٥). خطوط كنتور محدبة وتفرق للجريان السطحي في وسط الحوض .
المصدر: الباحثة.

وتشتد العمليات الجيومورفولوجية وتتعاظم فاعليتها مع تزايد الانحدار والارتفاع للحافات الحتية، بحيث تصبح المواد السفحية اقل استقرارية، وتتم حركة زحف المواد وتدفقها من أعالي المنحدرات إلى أسفلها بفعل الجاذبية الأرضية، واثر طبيعة انحدار السطح، ومدى تشبع التربة بالمياه (أبو العينين، ١٩٧٩م، ص٣١٠).

وقد اختارت الباحثة مجموعة من القطاعات تمثل سفوح الحافة الشمالية، وسفوح الحافة الجنوبية، بالإضافة لسفوح قناة المجرى الرئيس، ويوضح الجدول (٤) مجموع هذه القطاعات وأطوالها، حيث بلغ عدد هذه القطاعات خمسة عشر قطاعاً بمعدل خمسة قطاعات لكل مجموعة وقد بلغ مجموع أطوالها ٢٣٨٣٩,٥٧ متر.

ويمكن دراسة السفوح من عدة جوانب وهي:

أ- التوزيع التكراري لزوايا الانحدار: والهدف من التوزيع التكراري هو فهم المرحلة التطورية التي يمر بها السطح فالانحدارات الخفيفة تشير إلى أن السطح يمر بمراحل نهائية من مراحل تطوره، أما الانحدارات المتوسطة فتدل على مرحلة انتقالية، بينما الانحدارات الشديدة توضح أن السطح ما زال يمر بمرحلة مبكرة من التطور. وقد تم ترتيب زوايا الانحدار وعمل جدول للتوزيع التكراري، ومن ثم رسم المدرج التكراري لزوايا الانحدار في حوض وادي ملكان (شكل ٣٦)، وقد تميز توزيع زوايا انحدار السفوح في القطاعات المختارة من حوض وادي ملكان بالانتشار في معظم الدرجات، فمن حيث التوزيع التكراري لدرجات ميل

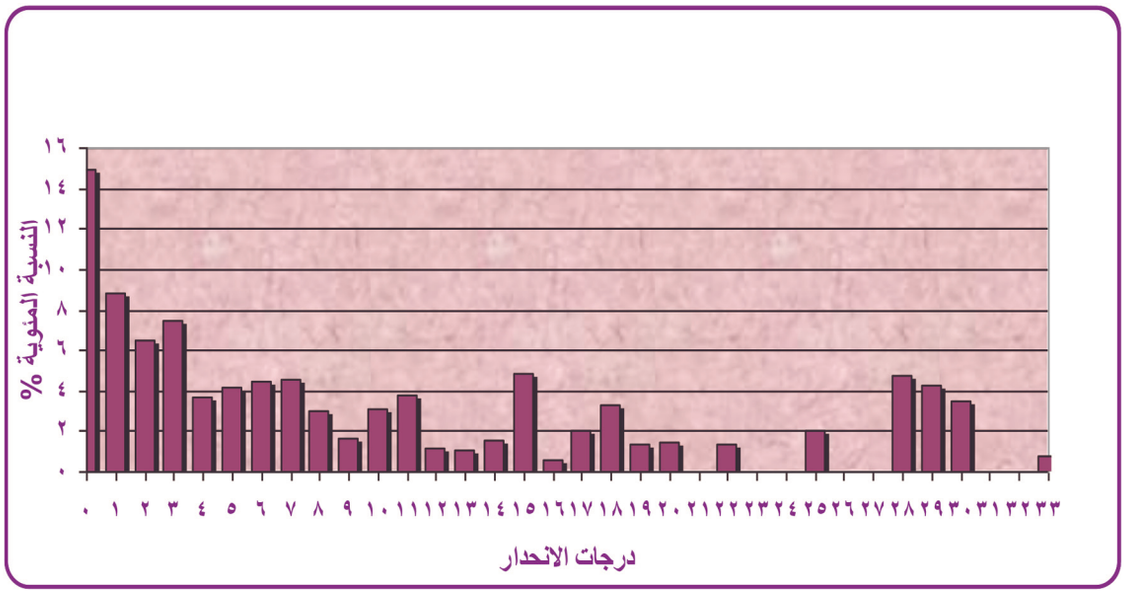
جدول رقم (٤) مجموع أطوال قطاعات السفوح.

قطاع سفوح	العدد	مجموع أطوال القطاعات بالمتر	النسبة المئوية ٪
الحافة الشمالية	٥	٧٥١٦,٢٢	٣١,٥٣
الحافة الجنوبية	٥	٨٢٨١,٩٢	٣٤,٧٤
قناة المجرى الرئيس	٥	٨٠٤١,٤٣	٣٣,٧٣
المجموع	١٥	٢٣٨٣٩,٥٧	١٠٠

المصدر: الباحثة.

المنحدرات في حوض وادي ملكان فانه يتبين من خلال جدول رقم (٥)، والذي يبين درجات ميل السفوح وأطوالها في قطاعات مختارة من الحوض، أن معظم درجات الانحدار للسفوح في الحوض هي لدرجات الانحدار الدنيا، والتي تنحصر بين صفر و ٣ درجات، أي ما نسبته ٣٩ ٪ من مختلف درجات الانحدار في الحوض، مما يعكس طبيعة معظم الحوض الذي يتصف بقلة الانحدار في أجزائه الدنيا عموماً.

ومما يدعم هذا القول أن ٦١٪ من زوايا الميل لمنحدرات قد تراوحت درجات ميلها ما بين (٠ - ٨°)، وهي التي توصف عادة بأنها تميز الأراضي ذات الانحدارات الخفيفة، والتي تساعد على التطوير سواء للبيئات الحضرية كمنشات مدنية ونحوه أو لبيئات زراعية.



شكل رقم (٣٦) المدرج التكراري لزوايا وأطوال سفوح حوض وادي ملكان

جدول رقم (٥) درجات ميل السفوح وأطوالها في حوض وادي ملكان.

درجة الانحدار	التكرار	المسافة الأرضية بالمتر	النسبة المئوية
٠	١٠	٣٥٥٤,٥٨	١٤,٩١
١	١٩	٢١٠٧,٦٢	٨,٨٤
٢	٩	١٥٥٠,٥٨	٦,٥٣
٣	١١	١٧٦٩,٣٩	٧,٤٢
٤	٣	٨٨٧,٧١	٣,٧٢
٥	٦	١٠٠٠,٨٨	٤,١٩
٦	٥	١٠٥٦,٨٠	٤,٤٣
٧	٤	١٠٧٥,٣٧	٤,٥١
٨	٩	٧٠٧,٩٦	٢,٩٦
٩	٢	٣٨٣,٢٠	١,٦١
١٠	٣	٧٤٠,٨٠	٣,١١
١١	٣	٩٠٦,٧٠	٣,٨٣
١٢	١	٢٧٥,٩٠	١,١٥
١٣	٢	٢٥٠,٣٧	١,٠٥
١٤	١	٣٧٩,٣٠	١,٥٩
١٥	١٠	١١٥٦,٧	٤,٨٥
١٦	١	١٤١,٥٠	٠,٥٩
١٧	٢	٤٧٥,٢٠	١,٩٩
١٨	٣	٧٩٢,٦١	٣,٣٢
١٩	١	٣١١,٣٠	١,٣١
٢٠	٢	٣٥٠,٠٠	١,٤٦
٢٢	١	٣٠٧,٦٠	١,٣١
٢٥	١	٤٨٨,٢٠	٢,٠٤
٢٨	٧	١١٢٢,٦٠	٤,٧١
٢٩	٣	١٠٢٠,٠٠	٤,٢٧
٣٠	١	٨٣٠,٩٠	٣,٤٨
٣٣	٥	١٩٥,٨٠	٠,٨٢
المجموع	**١٢٥**	**٢٣٨٣٩,٥٧**	**١٠٠**

المصدر: الباحثة.

ومن الملفت أن ١٥ ٪ من الدرجات المتكررة للانحدار في الحوض قد سجلت قيمة صفر. وذلك مفهوم في نماذج الارتفاعات الرقمية، إذ أن حجم الخلية هو ٣٠ متر وبالتالي فان هناك مساحات خاصة في مناطق القمم المستوية والتي تقل فيها درجة الانحدار بين الخلايا المتجاورة عن دقة التمييز المكاني الرأسي للنموذج.

كما يتضح أيضا أن درجات الانحدار العالية والتي تفوق درجة ميلها ٣٠° لم تتجاوز ٤ ٪ تقريباً من مجموع الدرجات في الحوض. وهي لتلك الجروف القائمة في أعلى الحوض، وتعد الأراضي التي تزيد انحداراتها في الغالب عن ١٨° أنها مناطق رعوية في الدرجة الأولى.

ويقدم جدول رقم (٦) ملخصاً لجدول (٥) وفقاً لتصنيف يونج للمنحدرات والذي بناه على أسس جيومورفولوجية بحتة، حيث يتبين من الجدول ما يلي:

– أن زوايا الانحدار الشبه مستوية (٠ - ٢) قد بلغت نسبتها ٢٣,٥٧ ٪ من مجموع أطوال المسافات المقاسة، أي ما مجموعه ٥٦٦٢,٢ متر من المجموع الكلي لأطوال المسافات المقاسة، منها ١٣٤٩,٠١ متر لقطاعات سفوح الحافة الشمالية من الوادي، و ١٩٠٦,٦١ متر لقطاعات سفوح الحافة الجنوبية، و ٢٤٠٦,٥٨ لقطاعات سفوح جوانب الوادي الرئيس.

– جاءت زوايا الانحدارات الخفيفة (٢ – ٥) بنسبة اقل حيث بلغت نسبتها ١٧,٦٥ ٪ من مجموع أطوال المسافات المقاسة، وذلك بمجموع أطوال ٤٢٠٧,٦٨ متر موزعة على الأنواع الثلاثة للقطاعات، حيث بلغ مجموع أطوال هذه الفئة في قطاعات سفوح الحافة الشمالية ١٦٩٥,٧١ متر، بينما بلغ مجموعها في سفوح الحافة الجنوبية ١٤٦٥,٧٦ متر، وأخيرا بلغ مجموع أطوال هذه الفئة في قطاعات سفوح جوانب الوادي الرئيس حوالي ١٠٤٦,٢١ متر.

– لم تكن فئة الانحدارات المتوسطة (٥ – ١٠) ببعيدة عن الفئة السابقة حيث بلغت ١٧,٧٢ ٪ من مجموع أطوال المسافات المقاسة، وذلك بطول بلغ ٤٢٢٤,٢١ متر. حيث حظيت الحافات الشمالية بما قدره ٩٨٠,٩ متر، بينما بلغ طول المسافات لهذه الفئة في الحافات الجنوبية حوالي ١٣٠٥,٨٣ متر، أما سفوح جوانب الوادي الرئيس فقد بلغ مجموع أطوالها لهذه الفئة ١٩٣٧,٤٨ متر.

– وقد شكلت الانحدارات فوق المتوسطة (١٠ – ١٨) ما نسبته ١٨,١٥ ٪ من المجموع الكلي للمسافات المقاسة، حيث بلغ مجموع أطوال المسافات المقاسة لهذه الفئة حوالي ٤٣٢٦,٤٧ متر. منها ١٥٩٢,٥ متر لسفوح الحافات الشمالية، و١٧٢٠,٩٧ متر لسفوح الحافات الجنوبية، والباقي كان من نصيب قطاعات جوانب الأودية والتي بلغ حوالي ٧٨٧,٧ متر.

– أما الانحدارات الشديدة (١٨ – ٣٠) فقد بلغت نسبة أطوالها ١٨,٤٢ ٪ من جملة أطوال المسافات المقاسة في الحوض، وقد بلغ مجموع أطوالها ٤٣٩٢,٣١ متراً، منها ١٨٩٨,١ متر لسفوح الحافات الشمالية، و ٢١٠٥,٥ متر لسفوح الحافات الجنوبية، و ١٤٤٣,٩١ متر لسفوح جوانب الوادي.

– أما الانحدارات الشديدة جدا (٣٠ – ٤٥) فقد حظيت بأقل النسب حيث لم تتجاوز نسبتها ٤,٣١ ٪ من مجموع

جدول رقم (٦). التوزيع العام لزوايا الانحدار والزوايا الشائعة والحدية في سفوح حوض وادي ملكان.

فئات الانحدار	المسافة بالمتر	النسبة المئوية	الزوايا الحدية الدنيا	الزوايا الحدية العليا	الزوايا الشائعة	نوع الانحدار
٠ – ٢	٥٦٦٢,٢	٢٣,٧٥	٠	٢	١	شبه مستوي
٢ – ٥	٤٢٠٧,٦٨	١٧,٦٥	٢	٥	٣	خفيف
٥ – ١٠	٤٢٢,٢١	١٧,٧٢	٥	١٠	٨	متوسط
١٠ – ١٨	٤٣٢٦,٤٧	١٨,١٥	١٠	١٨	١٥	فوق المتوسط
١٨ – ٣٠	٤٣٩٢,٣١	١٨,٤٢	١٨	٣٠	٢٨	شديد
٣٠ – ٤٥	١٠٢٦,٧	٤,٣١	٣٠	٤٥	٣٣	شديد جداً

المصدر: الباحثة.

أطوال المسافات المقاسة في الحوض. وقد بلغ مجموع أطوالها ١٠٢٦,٧ متر، منها ٨٣٠,٩ متر لسفوح الحافات الشمالية، و١٩٥,٨ متر لسفوح الحافات الجنوبية، في حين لم تشتمل قطاعات سفوح جوانب الأودية على أي درجة من هذه الفئة.

ب- الزوايا الشائعة: وهي الزوايا الأكثر تكراراً في منطقة معينة أو على نوع معين من الصخور، أو تحت ظروف مناخية خاصة (العقيل،٢٠٠١م، ص ٢٦٨). ونجد من خلال الجدول السابق رقم (٦)، أن أكثر الزوايا شيوعاً هي على النحو التالي ١°، ٣°، ٨°، ١٥°، ٢٨°، ٣٣°، وذلك على التوالي لفئات الانحدار المختلفة حسب تصنيف يونج.

ج- الزوايا الحدية: وهي تلك الزوايا التي تصف مدى زوايا الانحدار الذي يوجد على أشكال سطح معينة أو حيث تسود عمليات جيومورفولوجية معينة، أو على كل السفوح في ظل ظروف مناخية أو صخرية معينة، ويحتوي هذا المدى على زاوية حدية دنيا، وزاوية حدية عليا (القيشاوي، ١٩٩١م، ص ١٨٧). كما يبين الجدول رقم (٦) الزوايا الحدية الدنيا والعليا لفئات الانحدار حسب تصنيف يونج الذي تبنته الباحثة في هذه الدراسة.

وتبين الأشكال في ملحق (أ)، مجموعة من نماذج قطاعات السفوح في حوض وادي ملكان، حيث نتبين من خلال القطاع رقم (١) من قطاعات سفوح الحافة الشمالية، والذي يقدم نموذجاً لمنحدرات أعالي حوض التصريف وتحديداً في منطقة الشمال الغربي من حوض وادي ضيم، حيث يمتد هذا القطاع من ارتفاع ١٥٥٠ متر فوق مستوى سطح البحر، ويبدأ هذا القطاع بتحدب في أعلاه ثم يسير بانحدار متوسط حتى يصل إلى ارتفاع ٩٣٠متر، عندما يتكون مقعر يلي هذا المقعر يوجد تحدب واضح وهو إما انه عبارة عن كتلة صخرية صلبة مقاومة للتعرية، أو انه كتلة صخرية منزلقة من أعلى المنحدر، وقد تجمعت في أعلاها الرواسب مما قد يساعد في زيادة حجمها مع الزمن، يلي هذا المحدب انحدار بسيط وتكون مقعر يمثل قدم المنحدر، ثم تحدب بسيط قبل طرف المنحدر، وقد يكون هذا التحدب نتيجة للرواسب السفحية عند أقدام المنحدرات. بينما يمثل القطاع رقم (٢) من قطاعات سفوح الحافة الشمالية أيضا، نموذجاً لمنحدرات السفوح في الحوض الأعلى عند وادي الحميدية، والذي نجد انه بدأ بتحدب بسيط في أعلى السفح مكوناً بذلك القمة، ثم يليها ظهر المنحدر حيث نلاحظ الانحدار الشديد، كما نجد أن هناك تحدب طفيف في الوسط، يليه انحدار شديد وتكون مقعر واضح أسفل المنحدر، يلي هذا التقعر وجود تحدب بسيط عند طرف المنحدر، وهذا التحدب في أسفل المنحدر قد يكون عبارة عن راسب سفحية تكونت عند أقدام المنحدر، حيث يشكل هذا القطاع نموذجاً لمنحدرات السفوح التي تنشأ عليها عمليات الانزلاق الصخري Land Slides حيث نجد أن الصخور المنزلقة تبقى ملامسة لسطح المنحدر أثناء تحركها من أعلى المنحدر إلى أسفله، وقد يعود السبب في وجود هذه العملية على هذا السفح إلى انتشار الشقوق والفواصل في هذه المنطقة مما ساعد على تفكك الصخور وانزلاقها على سطح المنحدر.

أما القطاع رقم (٣) والذي يوضح نموذجاً للسفوح الشمالية في الجزء الأوسط من الحوض تحديداً شمال وادي المشرفات، فهو نموذج توضيحي مميز لقطاع السفح المثالي، حيث يتكون من قمة في أعلى المنحدر يليها ظهر المنحدر وهو المصدر الرئيس للمفتتات الصخرية المكونة لأقدام المنحدرات، ويلي قدم المنحدر جزء مقعر طفيف يمثل طرف المنحدر. بينما يمثل القطاع رقم (٤) نموذجاً للسفوح الشمالية من أعلى الحوض بالقرب من منطقة مصب وادي ضيم، والذي يتضح من خلاله وجود تحدب واضح في أعلى السفح وهذا بدوره أدى إلى وجود انحدار بسيط، وهذا القطاع نموذج لتكون عملية زحف التربة إذا توفرت المقومات اللازمة لذلك. أما القطاع رقم (٥) من قطاعات سفوح الحافة الشمالية لحوض وادي ملكان والذي يمثل نموذجاً لسفوح وسط الحوض عند ارتفاع اقل من ٣٠٠ متر، حيث نلاحظ من خلال هذا النموذج تكون تحدب على مسافة ٣٧٥ متر وهذا الجزء من القطاع مؤهل لنشؤ عمليات زحف التربة، يلي هذا التحدب وجود مقعر ثم تحدب آخر بسيط في أسفل المنحدر، ثم انحدار طفيف باتجاه قدم المنحدر، ومنه إلى طرف المنحدر عند ارتفاع اقل من ٢٠٠ متر.

أما بالنسبة لقطاعات الحافة الجنوبية فإننا نجد أن القطاع رقم (١)، والذي يمثل نموذجاً للسفوح الجنوبية في أعلى الحوض عند وادي إحليل احد روافد وادي دفاق، حيث يبدأ القطاع بتحدب طفيف في أعلاه ويمتد بانحدار بسيط باتجاه الأسفل حيث نلاحظ وجود محدبات طفيفة متعاقبة مع مقعرات في وسط القطاع وأسفله. بينما يوضح القطاع رقم (٢) من قطاعات السفوح الجنوبية نموذجاً لسفوح

المنحدرات الجنوبية في الجزء الأوسط من الحوض وتمثلها السفوح الجنوبية لوادي جراب أحد روافد وادي الريغا، حيث نجد انه يمتد بانحدار شديد إلى الأسفل يليه تقعر واضح يمتد لمسافة ٨٠٠ متر. أما القطاع رقم (٣) من قطاعات الحافة الجنوبية من الوادي والذي يمثل نموذجاً للسفوح الجنوبية في الجزء الأعلى من حوض وادي دفاق، والذي بدأ بتحدب واضح مما ساعد على قلة الانحدار به، يلي ذلك تكون مقعر في أسفل السفح ثم تحدب طفيف عند قدم المنحدر يليه امتداد لطرف المنحدر. بينما يشكل القطاع رقم (٤) من قطاعات سفوح الحافة الجنوبية نموذجاً للسفوح الجنوبية في الجزء الأوسط من حوض وادي ملكان، حيث نجد أن القطاع بدأ بتحدب بسيط في أعلاه ثم انحدار يمثل ظهر المنحدر، وفي أسفله تحدب طفيف باتجاه قدم المنحدر وهذا التحدب قد يشكل مواد لرواسب سفحية تكونت عند قدم المنحدر، يلي ذلك امتداد لطرف المنحدر. كما يمثل القطاع رقم (٥) من قطاعات السفوح الجنوبية لوادي ملكان، نموذجاً للمنحدرات الجنوبية في الحوض والذي يمتد في جنوب وادي حشافات في الجزء الأدنى من حوض وادي ملكان، حيث نجد من خلال هذا النموذج امتداد السفح بشكل شبه مستقيم مع تعاقب المحبات والمقعرات بشكل طفيف على طول القطاع.

أما بالنسبة لقطاعات سفوح قناة المجرى الرئيس لوادي ملكان، فإننا نجد أن القطاع رقم (١) والذي يمثل نموذجاً لسفوح قناة مجرى حوض وادي حشافات في الجزء الأدنى من حوض تصريف وادي ملكان، أن هناك اتساع في المسافة بيت قمتي السفحين المشكلين للقناة على حساب الارتفاع والذي لم يتجاوز ١٨٥ متر، ولعل السبب في ذلك يعود إلى كون هذا القطاع يمثل مناطق أدنى حوض التصريف والتي عادة ما تتميز بتقدم في دورتها التحاتية، مما يعني اتساع قاع الوادي وقلة ارتفاع السفوح المحيطة به، ونلاحظ وجود بعض المقعرات التي تعتبر مجاري للرتب الدنيا في هذا القطاع، كما نلاحظ ارتفاع سفوح الحافة الجنوبية مقارنة بسفوح الحافة الشمالية. بينما يمثل القطاع رقم (٢) نموذجاً لقطاعات السفوح في الجزء الأوسط من الحوض والذي يمثل قطاعات سفوح مجرى وادي المشرفات، الممتد في شمال الحوض الرئيس، حيث نلاحظ من خلال هذا النموذج ارتفاع سفوح الحافة الشمالية مقارنة بسفوح الحافة الجنوبية، كما نلاحظ تعاقب المقعرات أسفل القطاع وهي دليل على وجود مجاري مائية قامت بتقطيع هذه المنطقة من الحوض وبالتالي تعميق مجاريها. هذا ويمثل القطاع رقم (٣) من قطاعات سفوح قناة المجرى الرئيس لوادي ملكان، نموذجا لسفوح قناة المجرى في الجزء الأوسط من حوض تصريف وادي ملكان، والمتمثلة في سفوح قناة وادي جراب، والذي نلاحظ من خلاله اقتراب شكل القطاع من الحرف U والذي عادة ما يمثل الأحواض في مرحلة النضج، كما نلاحظ انحدار جوانب السفوح بشكل يساعد على انزلاق المفتتات الصخرية في هذه المنطقة من الحوض. أما القطاع رقم (٤) والذي يمثل نموذجاً لسفوح قناة المجرى في الجزء الأعلى من حوض تصريف وادي ملكان، حيث يمثل هذا القطاع سفوح قناة وادي ضيم، والذي نلاحظ من خلاله اقتراب شكل القطاع من الحرف V والذي عادة ما يمثل قطاعات سفوح قنوات الأحواض في مرحلة الشباب، كما نجد زيادة ارتفاع الحافة الشمالية مع ارتفاع معدل انحدارها مقارنة بالحافة الجنوبية. أما القطاع رقم (٥) من قطاعات سفوح قناة المجرى، والذي يوضح نموذجاً لسفوح قناة وادي محرض في الجزء الأوسط من حوض وادي ملكان، فإننا نلاحظ اتساع المسافة بين السفحين، كما تتسع كذلك المسافة عند أقدام هذه السفوح ممثلة بذلك قاع الوادي مما يعني تقدم هذا الحوض في دورته التحاتية.

ومن خلال العرض السابق للخصائص التضاريسية لحوض تصريف وادي ملكان، نجد أن الحوض يمر بمرحلة متقدمة من مراحل دورته التحاتية على الرغم من ارتفاع بعض معاملات التضرس، والتي قد يرجع السبب في ارتفاعها إلى وجود بعض القمم العالية في أقصى شرق الحوض والتي تشكل نسبة ضئيلة جدا من مساحة الحوض الإجمالية، حيث نجد أن نسبة تضرس الحوض بلغت ٣٢,٧٩ م/ كم، وتضاريسه النسبية بلغت ١٠,٥٨، وهي قيم تعتبر مرتفعة إلى حد ما. ولعل السبب كما ذكرنا سابقاً هو وجود بعض القمم الجبلية التي ساعدت على ارتفاع هذه القيم التضاريسية، خاصة إذا ما علمنا أن قيمة الوعورة في حوض وادي ملكان بلغت ١,٥٢ بينما معدل وعورة الأحواض الجزئية بلغ ١,٠٥، وهذا دليل على قلة وعورة سطح الحوض الرئيس بصفة عامة، إلا أن هناك بعض القيم المرتفعة للوعورة والتي سجلها حوضي ضيم والريغا وهي على التوالي

٦,١٨ و ٤,٨٨، وهما من الأحواض الشابة والنشطة في منطقة المنابع.

كما نجد أن ما يقارب ثلاثة أرباع تضاريس الحوض لم يتجاوز ارتفاعها ٤٠٠ متر، وهذا دليل على تقدم أجزاء كبيرة من حوض التصريف في دورتها التحاتية، كما نجد أن متوسط ارتفاع الحوض بلغ ٤١١ متر في الحوض الرئيس، بينما بلغ متوسط انحداره ٧,٨٦° درجة، إلا أن هذا المتوسط يختلف من حوض لآخر ضمن الأحواض الجزئية لوادي ملكان، حيث سجل وادي ضيم أعلى معدل انحدار والذي بلغ ١٤,٩١ درجة، وهذا الحوض قد اتصف بارتفاع معاملات تضرسه وشدة انحداره فهو من الأحواض التي تمر بمرحلة الشباب والنشاط الحتى، بينما سجل الحوض رقم ٢ والذي يقع في أدنى الوادي الرئيس اقل معدل انحدار ٠,٨٩ درجة.

ومن الملاحظ أن ٥٥ ٪ من مساحة حوض وادي ملكان تغطيها انحدارات خفيفة تتراوح ما بين ٠ – ٥ درجات، بينما شكلت فئة الجروف نسبة ضئيلة جداً لم تتجاوز ٠,٠٤ ٪ من المساحة، أما من حيث أشكال المنحدرات في حوض وادي ملكان فننا نجد أن نسبة المحدبات تفوق نسبة المقعرات، وذلك يساعد على تفرق المياه السطحية وبالتالي ضعف احتمالية حدوث الفيضانات بالحوض.

النتائج:

قدمت هذه الدراسة نمذجة آلية (حاسوبية) للخصائص التضاريسية لحوض وادي ملكان كمثال على قدرة نظم المعلومات الجغرافية في معالجة نماذج الارتفاعات الرقمية، للوصول إلى حلول آلية في حساب عدد كبير من المتغيرات في أحواض التصريف، وفي التمثيل الثلاثي البعد لمجموعة من المتغيرات المتعلقة بأحواض التصريف. وذلك بتوظيف مجموعة من برامج نظم المعلومات الجغرافية، من اجل إيجاد تكامل وظيفي لهذه البرامج في استخلاص مجموعة من المؤشرات والمتغيرات الجيومورفولوجية الخاصة بأحواض التصريف، وقد تمكنت هذه الدراسة من بناء هذا التكامل بصورة مرضية للغاية، حيث أمكن الربط بين تلك البرامج بحيث يكون كل منها مكملاً للآخر.

وقد توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج وهي على النحو الآتي:

١. تمكنت هذه الدراسة من بناء عدة نماذج جيومورفولوجية لحوض تصريف وادي ملكان وأحواضه الجزئية من خلال تلك البرامج، والتي عملت أساسا على تحليل بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة ٣٠ متراً. حيث أمكن من خلال ذلك الحصول على عشرات، النماذج، والتي تمحورت في مجملها حول النماذج الرياضية المتعلقة بحساب المؤشرات والمعاملات المورفومترية لأحواض التصريف، بالإضافة إلى النماذج ثلاثية الأبعاد والمقاطع البانورامية الموضحة للعديد من العمليات الجيومورفولوجية التي تنشأ في أحواض التصريف، هذا زيادة على مجموعة من النماذج البيانية الخاصة بتوضيح العديد من العلاقات المتبادلة بين المتغيرات المختلفة في منطقة حوض التصريف. ومن هنا يمكن القول بأن نظم المعلومات الجغرافية ذات قدرة فائقة في التعامل مع البيانات المتعددة وتطبيق التحليلات الثلاثية البعد أو التحليلات المكانية عليها، ومن ثم حساب عشرات المتغيرات على أساس وحدة الخلية. مما يقدم تفصيلاً أكثر دقة لحالة الأحواض المائية، عوضاً عن الطرق التقليدية والتي تركز في حسابها لكثير من المتغيرات على قيم قليلة العدد وعلى أساس وحدة الحوض ككل، مما ينتج عنه تعميمات قد تكون غير دقيقة.

٢. وقد ساعد توفر بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة تمييز ٣٠ متراً على نمذجة العديد من المؤشرات والمعاملات الجيومورفولوجية ، حيث تعمل نظم المعلومات الجغرافية على تحليل دقيق لهذه البرامج وإعطاء ملخصات لكل عملية على أساس حسابها من مجمل الخلايا المكونة لنموذج الارتفاع الرقمي، والتي يبلغ عددها لحوض وادي ملكان ١٤٥٩٠٦٠ خلية، وبذلك نجد أن هناك دقة بالغة للغاية في حساب المؤشرات الجيومورفولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحليل نماذج الارتفاعات الرقمية. وكأمثلة بسيطة على هذه الدقة والسرعة في الانجاز نجد أن نظم المعلومات الجغرافية ومن خلال تحليلها لنموذج الارتفاع الرقمي تقدم في زمن لا يكاد يذكر معدل مسافة التدفق على المنحدارات، والتي يحتاج الباحث في الطرق التقليدية إلى وقت طويل جداً لتتبع جميع مسارات الجريان السطحي، من خطوط تقسيم المياه إلى قناة المجرى وحساب تلك المسافات وإيجاد معدلها العام. كما يمكن لها إعطاء المعدل العام لانحدار السطح في منطقة الدراسة عن طريق المرور على جميع تلك الخلايا وحساب معدل انحدارها، ومن

ثم إعطاء معدل عام للمنطقة مما يعطي دقة بالغة في هذه النتيجة.

٣. تم من خلال نظم المعلومات الجغرافية بناء قاعدة معلومات صلبة وفعلية لحوض تصريف وادي ملكان وأحواضه الجزئية، اعتماداً على النمذجة الآلية البحتة في استخلاص جميع متغيراتها وأشكالها، من تحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM. وقد أمكن من خلال ذلك التعرف على العديد من خصائص حوض تصريف وادي ملكان والتي يمكن إجمالها في النقاط الآتية:

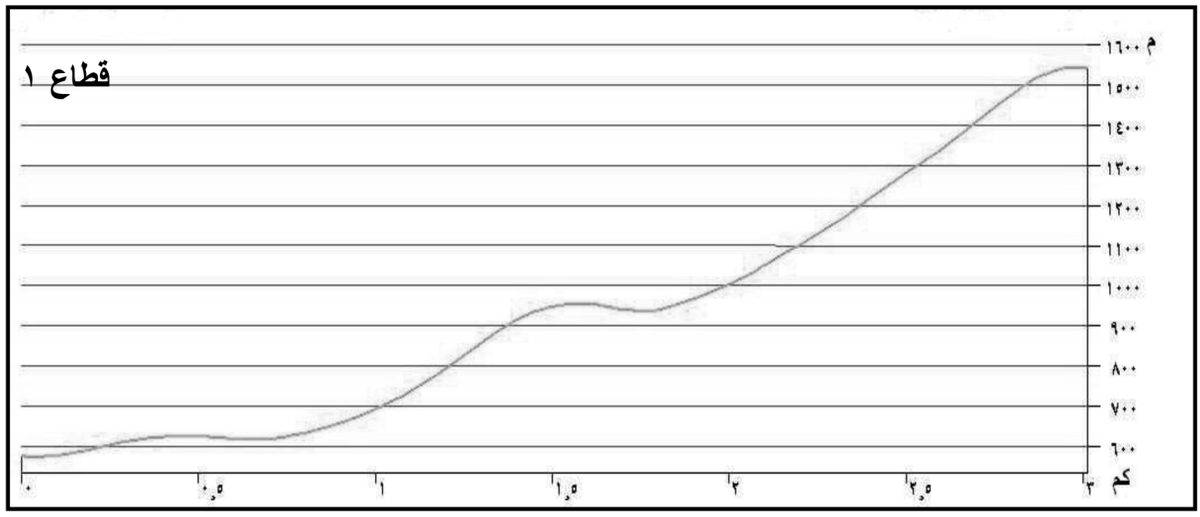
١- تبين من خلال دراسة الخصائص التضاريسية لحوض وادي ملكان أن الحوض ذو تضرس شديد خاصة في حوضه الأعلى، وذلك يعود إلى البنية الجيولوجية التي ساعدت على تكوين سفوح شديدة الانحدار والتضرس والوعورة في هذا الجزء من الحوض، وقد تمثلت هذه الخصائص في أعالي حوض وادي ضيم و وادي الريغا، بينما اتصف الحوض في جزئه الأوسط بالاعتدال ومال الجزء الأدنى منه إلى الانبساط والهوادة في التضاريس.

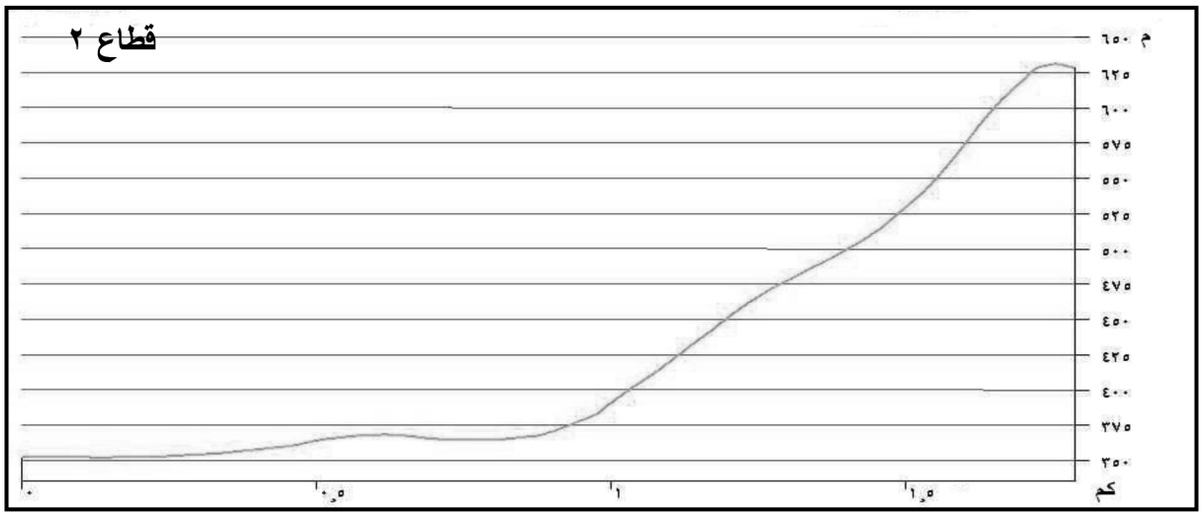
٢- اتضح من خلال تحليل انحدارات الحوض واتجاهاتها أن ٥٥ ٪ من مساحة الحوض تمثلها انحدارات خفيفة ما بين ٠ - ٥ درجات، بينما مثلت فئة الانحدارات الشديدة نسبة ضئيلة جداً لم تتجاوز ٠,٠٤ ٪ من مساحة الحوض، أما فيما يتعلق باتجاه المنحدرات فقد كانت الفئة السائدة هي الاتجاه الغربي والشمال الغربي والجنوب الغربي.

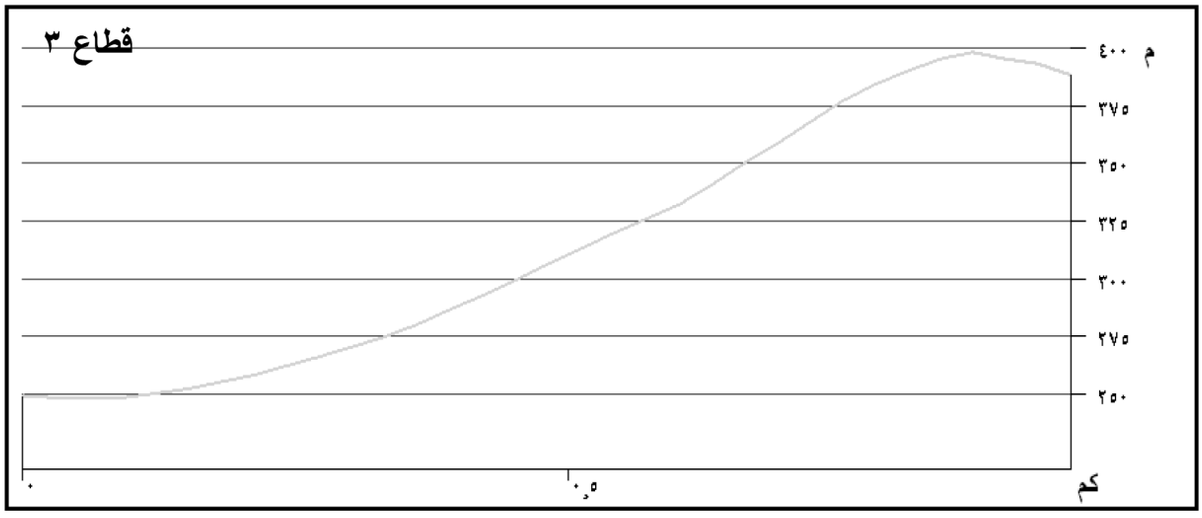
٣- اظهر القطاع الطولي لوادي ملكان وبعض أحواضه الجزئية وجود تقعر واضح في معظم أجزاء القطاع مع تحدب بسيط في أعلاه. بينما أظهرت القطاعات العرضية لوادي ملكان وجود تباين تضاريسي بين أعلى ووسط وأدنى الحوض، حيث تمثلت الانحدارات الشديدة في أعلى الحوض حيث بدأ القطاع متقارب الجوانب مع شدة انحدارها، بينما بدأ القطاع الأوسط بالاتساع وانخفاض معدلات الانحدار، فيما تميز القطاع الأدنى بقلة تضرسه وانفراد جانبيه مع انخفاض معدلات انحداره.

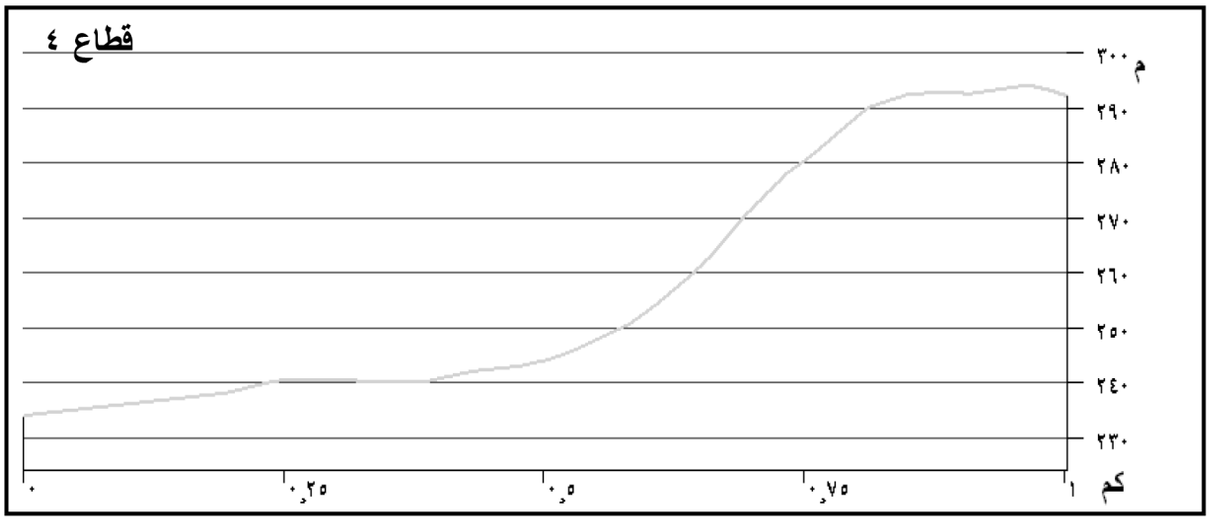
٤- تبين من خلال تحليل التقوس في حوض وادي ملكان زيادة نسبة المحدبات إلى المقعرات وهذا بدوره يساعد على تفرق الجريان السطحي وبالتالي يؤدي إلى قلة حدوث الفيضانات وهذا ما يؤكد النتائج السابقة.

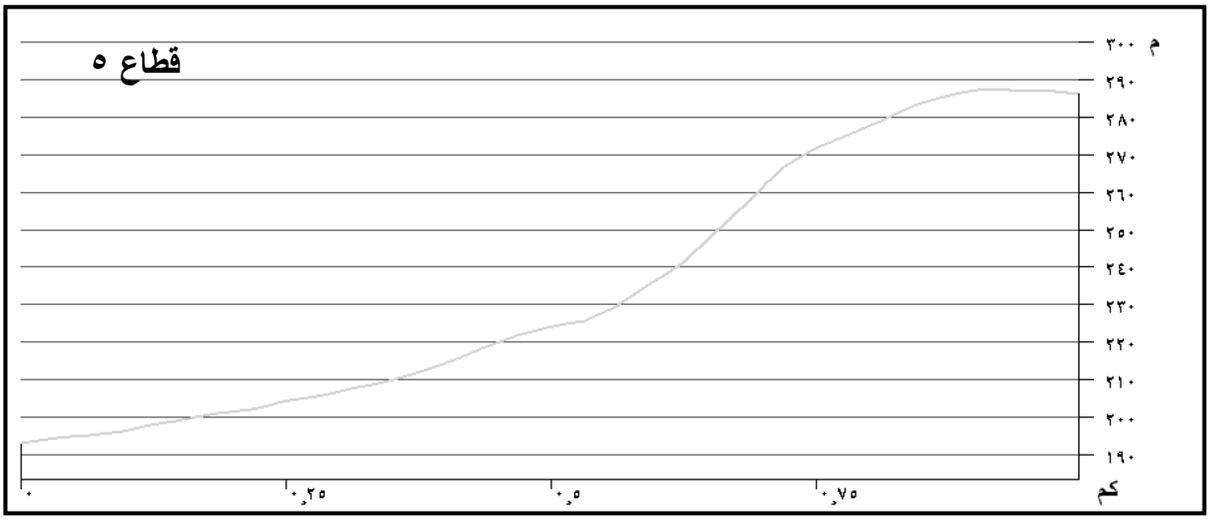
ملحق (أ)
قطاعات السفوح
ا – قطاعات سفوح الحافة الشمالية



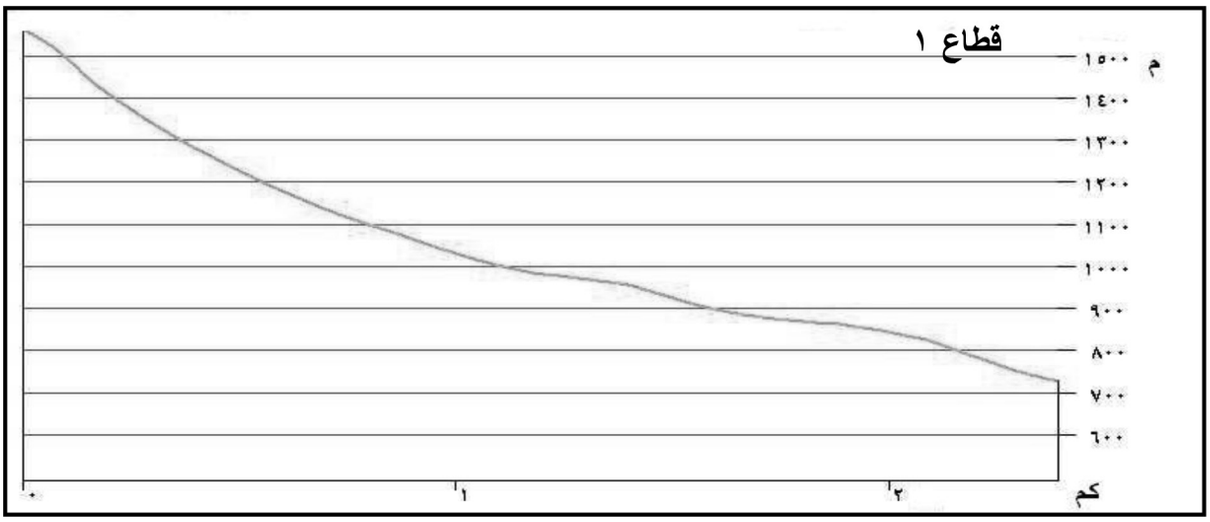


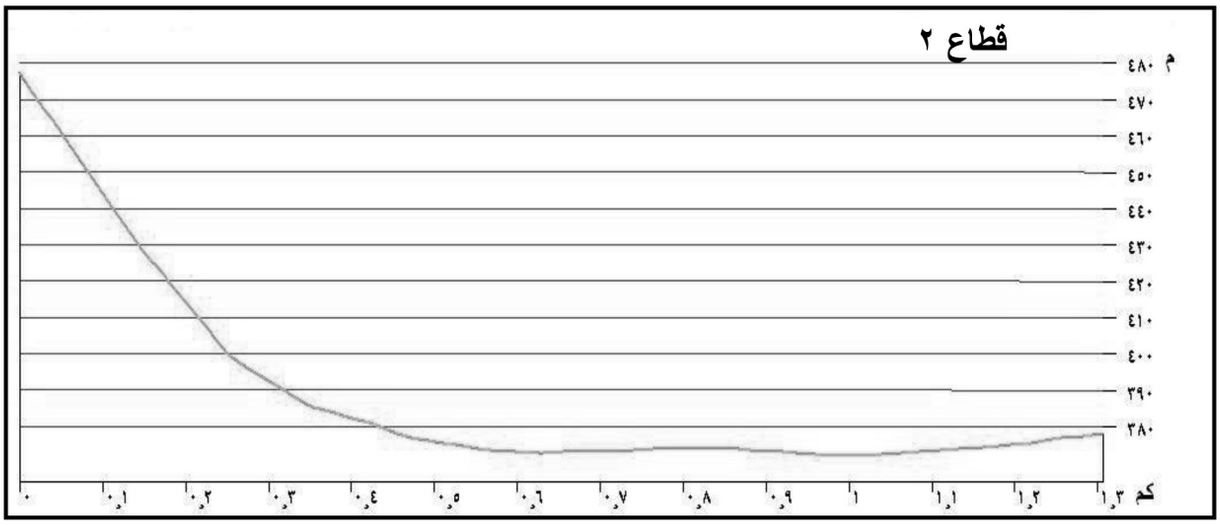


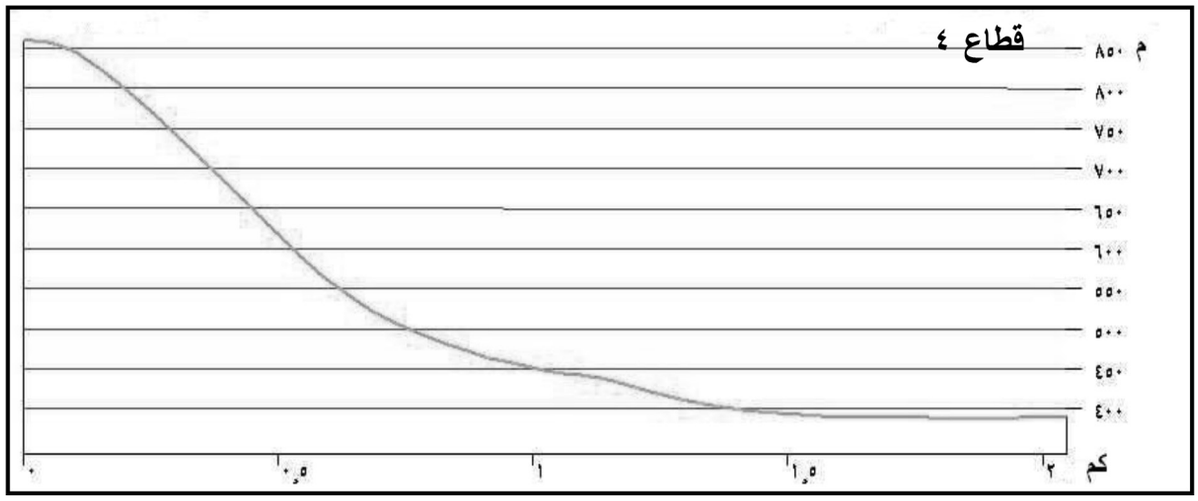




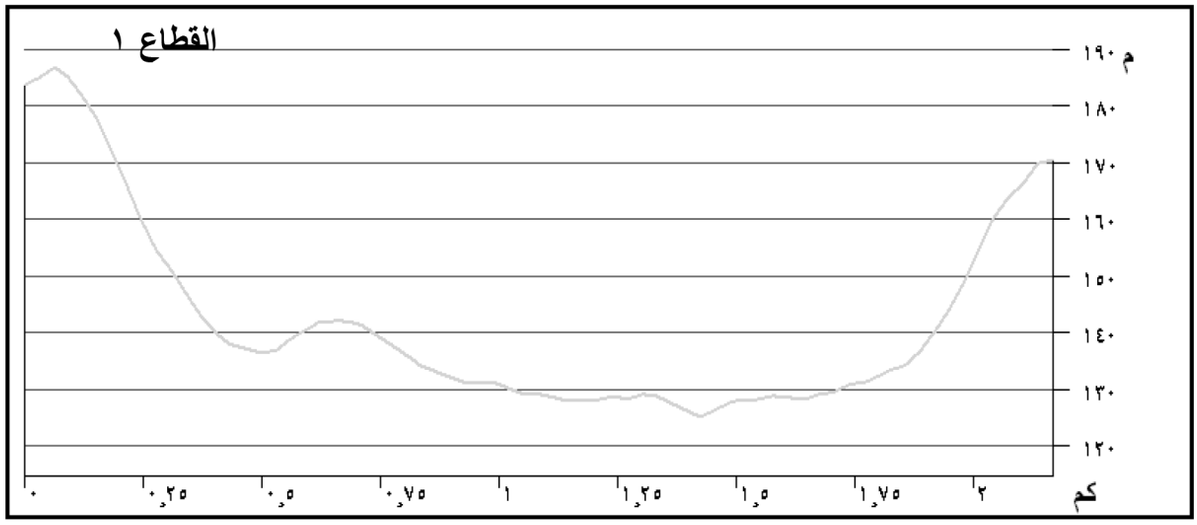
٢ – قطاعات سفوح الحافة الجنوبية

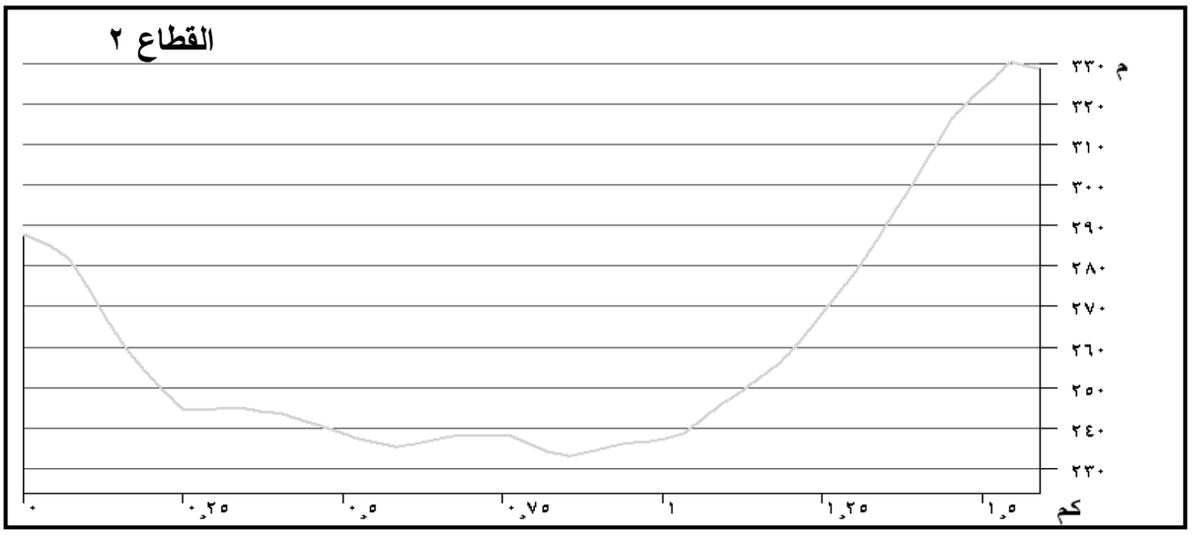


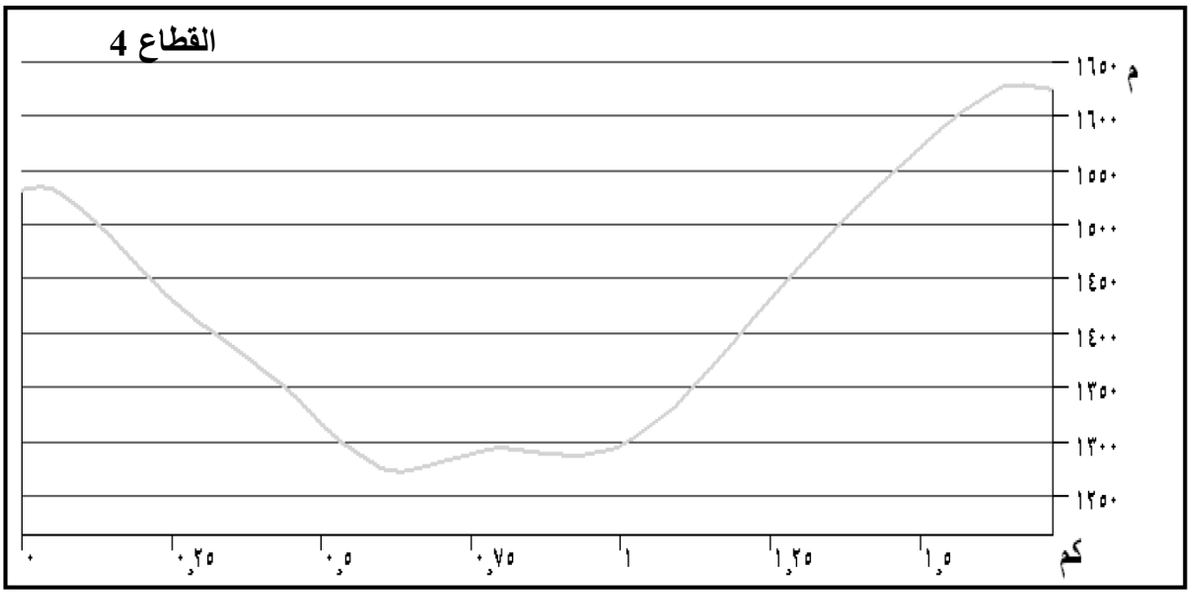


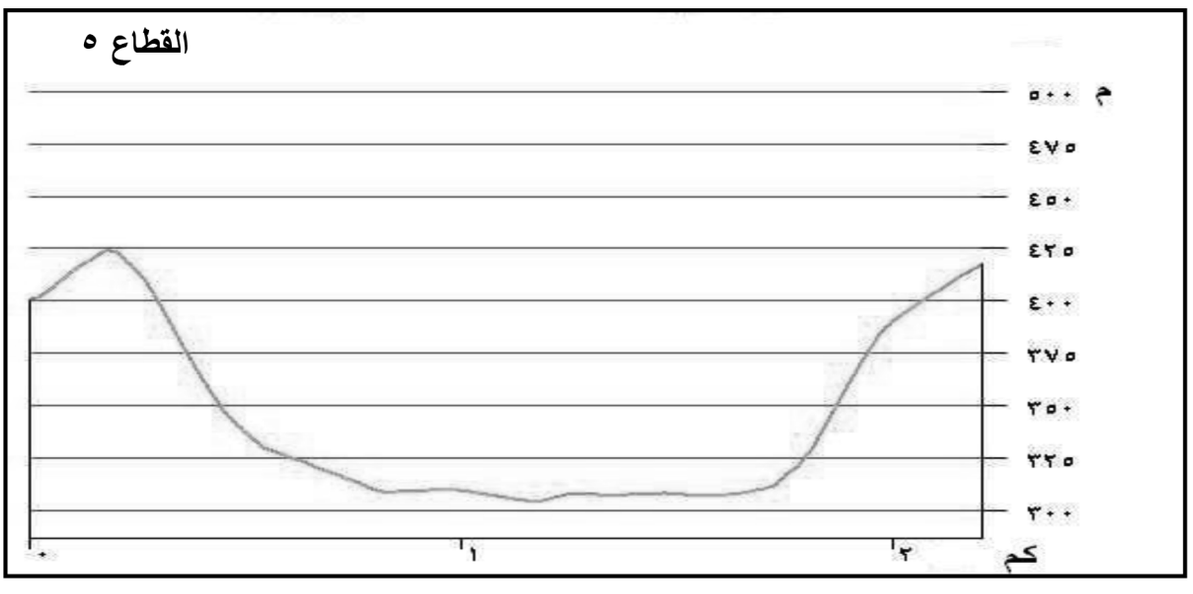


٣ – قطاعات سفوح قناة المجرى الرئيس




القطاع ٢
م
٣٣٠
٣٢٠
٣١٠
٣٠٠
٢٩٠
٢٨٠
٢٧٠
٢٦٠
٢٥٠
٢٤٠
٢٣٠
٠
٠٫٢٥
٠٫٥
٠٫٧٥
١
١٫٢٥
١٫٥
كم


القطاع 4
م
١٦٥٠
١٦٠٠
١٥٥٠
١٥٠٠
١٤٥٠
١٤٠٠
١٣٥٠
١٣٠٠
١٢٥٠
٠
٠٫٢٥
٠٫٥
٠٫٧٥
١
١٫٢٥
١٫٥
كم


القطاع ٥
م
٥٠٠
٤٧٥
٤٥٠
٤٢٥
٤٠٠
٣٧٥
٣٥٠
٣٢٥
٣٠٠
٠
١
٢
كم

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية:

١- أبو العينين، حسن سيد أحمد (١٩٧٩)، أصول الجيومورفولوجيا : دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض ، مؤسسة الثقافة الجامعية ، الإسكندرية.

٢- البارودي، محمد سعيد ومرزا ، معراج نواب (٢٠٠٥)، السمات المورفولوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأودية الحرم المكي ، مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية ، عدد خاص بمناسبة اختيار مكة المكرمة عاصمة للثقافة الإسلامية.

٣ - البقور، سوزان نائل صالح (١٩٩٩)، جيومورفولوجية حوض وادي حسبان،رسالة ماجستير غير منشورة مقدمة لقسم الجغرافيا، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية.

٤- التوم، صبري محمد محمود (١٩٩٠)، حوض وادي الرميمين:دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة مقدمة لقسم العلوم الحياتية والزراعية والموارد الطبيعية، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية.

٥- جاد ، طه محمد (١٩٧٨) ، تحليل الخريطة الكنتورية باهتمام جمرفلوجي ، مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة.

٦- جزماتي، مقدسي وسامي، سامح (ب ت)، أنظمة المعلومات الجغرافية، دار الشرق العربي، لبنان.

٧- جودة، جودة حسنين وعاشور، محمود محمد (١٩٩١)، وسائل التحليل الجيومورفولوجي ، الطبعة الأولى، دار المطبوعات، الإسكندرية.

٨- الدويكات، قاسم محمد (٢٠٠٣)، نظم المعلومات الجغرافية النظرية والتطبيق، مطبعة البهجة، إربد.

٩- الديلمي، خلف حسين (٢٠٠١)، الجيومورفولوجيا التطبيقية:علم شكل الأرض التطبيقي، الطبعة الأولى، الأهلية، عمان.

١٠- شعلة، ماجد محمد (د.ت)، منطقة جبل قابليات- جنوب غرب شبة جزيرة سيناء : دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة مقدمة لقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

١١- العرومي، يحيى أحمد سعيد (٢٠٠٢)، جيومورفولوجية أودية البيئات المدارية الجافة دراسة تطبيقية لحوض تبن بالجمهورية اليمنية ، رسالة دكتوراه غير منشورة مقدمة لقسم الجغرافيا ، كلية الآداب ، جامعة الخرطوم ، السودان.

١٢- عزيز، محمد الخزامى (١٩٩٨)، نظم المعلومات الجغرافية أساسيات وتطبيقات للجغرافيين ، منشأة المعارف، الإسكندرية.

١٣- عسل، محمد سامي (١٩٨٥)، الجغرافيا الطبيعية، الطبعة الثانية، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

١٤- العقيل، هيا محمد صالح (٢٠٠١)، جيومورفولوجية حوض وادي لحاء أحد روافد حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية ، رسالة دكتوراه غير منشورة مقدمه لقسم الجغرافيا، كلية التربية للبنات، الرياض.

١٥- الغامدي، سعد (٢٠٠٤)، استخلاص شبكة التصريف السطحي للمياه باستعمال المعالجة الآلية لبيانات الأقمار الصناعية: دراسة على منطقة جبل نعمان، مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، م ١٦، (٢)، ص ص ٢٨٧- ٣١٦.

١٦- القيشاوي، عاطف عبد الهادي سليم (١٩٩١)، حوض وادي الطرفة دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة مقدمة لقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الزقازيق، مصر.

١٧- محسوب ، محمد صبري (١٩٨٧) ، دراسة جيومورفولوجية لبعض أحواض الأودية بهضبة نجد، مجلة الدارة ، العدد الرابع ، السنة الثالثة عشر. الرياض.

١٨- المومني، لطفي راشد المفلح (١٩٩٧)، الاستشعار عن بعد في الهيدرولوجي : هيدرولوجية حوض وادي الموجب الرئيسي في الأردن دراسة في الجغرافية التطبيقية / استشعار عن بعد ، وزارة الثقافة ، الأردن.

١٩- مندر، سميرة طه (١٩٩٧)، الدور الاجتماعي والاقتصادي للمرأة البدوية في مجتمع متغير:دراسة ميدانية عن مجتمع وادي ملكان في المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة مقدمة لقسم الاجتماع، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.

٢٠- نعمان، فهمي علي سعيد (٢٠٠٠)، حوض صنعاء: دراسة في جغرافية الموارد المائية ، رسالة دكتوراه غير منشورة مقدمة لقسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة بغداد.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

1- Hilberts, A (2002) E. Vanloone , A. Trochp , and C. Paniconi .The Hillslope-storage Boussinesq Model for Non-constant Bedrock Slope.

2 - Lembo, A. (2006) Tour of Surface Analysis Functions in ArcGis. Cornell University. USA. Modeling Using Digital Terrain Model. Hydrological Processes, 5:59-80.

3- Ritter, D., (1986) Process Geomorphology, WCB Publishers, Iowa,USA.

4- Schumm, S.A., (1956) The Evaluation of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey, Geol. Soc. Amer. Bull., vol.67, pp. 597-646.

5 - Strahler, A.N., (1957) Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Amer. Geophys. Union, vol. 38. No. 6, pp. 913-920.

Tarboton, D., (1997), A New Method for the Determination of Flow-

6- Young, A., (1972) Slopes, Oliver & Body, Edinburgh.