إنتاج وتحليل خريطة المناسيب الكنتورية لحفرة بوعلي الفرجاني
باستخدام وتطبيق نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

د. محمود الصديق التواتي
قسم الجغرافيا/كلية الآداب/جامعة عمر المختار

أ. سعد عبد الحميد محمد
قسم الهندسة المدنية/كلية الهندسة/جامعة عمر المختار

أ. ابراهيم سالم عمر
قسم الهندسة المدنية/كلية الهندسة/جامعة عمر المختار

ملخص

تُعَدُّ حفرة بوعلي الفرجاني حفرة اصطناعية تتجمع فيها مياه السيول التي تتجه شرقاً لتعبر طريق العام، فهي تقع يمين طريق استراحة النوار– المخيلي على بعد حوالي 10 كم من استراحة النوار؛ لذلك يزورها المسافرون ويستفيد من مياهها المجتمع الرعوي المحلي، كما تستهلك صهاريج نقل المياه قسم من مياهها لخدمة الكسارات وبعض النشاطات المحلية؛ لذلك تحتل البحيرة أهمية مائية كبيرة في بيئة جافة فقيرة جداً من المياه، وعليه هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص الشكلية العامة لحفرة بوعلي الفرجاني بالاستعانة بالنموذج التضاريسي الرقمي Digital Terrain Model(DTM) الذي يعتبر من الوسائل الحديثة البديلة عن الطرق التقليدية في جمع البيانات، وله القدرة على استخراج العديد من البيانات في مجالي الجيومورفولوجيا ومصادر المياه، كما سيتم في البحث توضيح كيفية عمل نموذج رقمي لتضاريس حفرة بوعلي الفرجاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

اتبع الباحثون في هذه الدراسة المنهج العلمي الكمي البياني التحليلي والمنهج الوصفي، واستخدمت أدوات قياس مناسبة للرفع المساحي ميدانياً، منها جهاز Total Station، جهاز تحديد المواقع GPS، وبرامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS وبرامج الحاسوب في العمل وجدولة البيانات، واستخراج الأشكال والخرائط الطبوغرافية والجيولوجية، ولقد دعمت هذه الدراسة بتوثيق ميداني لكافة الظواهر في الحفرة ومحيطها بصور رقمية واضحة زودت بها هذه الدراسة بتفصيل دقيق خلال الزيارات الميدانية، وتمَّ أخذ القياسات لمناسيب الحفرة خلال خمسة أيام أثناء امتلاء البحيرة وتبين من القياسات أن مساحة سطح حفرة بوعلي

الفرجاني 17574.4 م^2 وعمقها 173 سم من منسوب ارتفاع 439.1، بذلك فهي تستوعب أكثر من 18057م^3 .

يوصي الباحثون بضرورة الاستمرار في أجراء القياسات المورفومترية، وتوثيق حالات امتلائها عقب حدوث الجريان في موسم الأمطار، كما يؤكدُّ الباحثون على ضرورة توسيع الحفرة للاستفادة منها بشكل أكبر؛ لكي تصبح البركة بحيرة مائية، تقدم الخدمة المستمرة للمجتمع الرعوي المحلي وخطط التنمية في محيط المنطقة.

المقدمة:

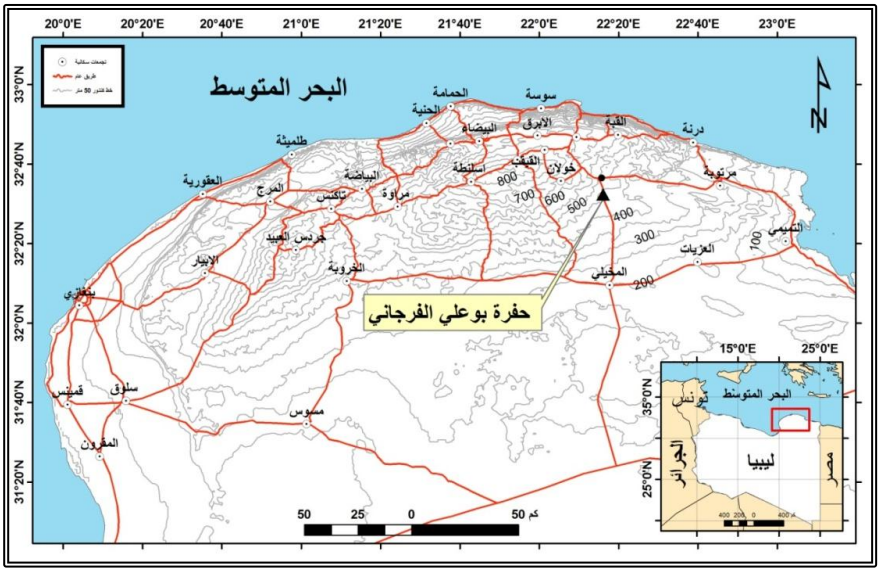
برزت أهمية البيانات الرقمية في دعم وتطوير الدراسات العلمية، ومنها الدراسات الجغرافية، حيث استخدم الجغرافيون الخرائط الطبوغرافية؛ لتفسير وتحليل الظاهرات الطبيعية الجغرافية، ومن أهم ما توضحه هذه الخريطة خصائص مناسيب سطح الأرض بالنسبة لمستوى سطح البحر أو المستوى المحلي، وغالباً ما توضح التضاريس بخطوط الكنتور التي ترسم على أساس نقاط المناسيب، وهي خطوط وهمية توصل النقاط ذات الارتفاعات المتساوية عن مستوى سطح البحر[1]، حيث تتبع هذه الخطوط مسار يدل على منسوب واحد ويفصل بين الخطوط منسوب محدد يُسمَّى بالفاصل الكنتوري، وتوضح الخريطة بسهولة بعض تفاصيل أشكال السطح : أشكال المنحدرات (مقعر، محدب، مستمر)، والجروف والأماكن الواطئة والأماكن المرتفعة[2]، ونظراً لعدم توفر خرائط تفصيلية لمساحات محدودة من الأرض مثل حفرة بوعلي الفرجاني؛ فإن عملية الرفع المساحي تُعَدُّ خطوة مهمة لإنتاج الخريطة الكنتورية، وهي مرحلة لتوثيق شكلها المورفومتري الحالي، ومعرفة التفاصيل الشكلية للحفرة؛ تمهيداً لإجراءات لاحقة لمعرفة التغيرات التي تطرأ على الحفرة في المستقبل، ومن خلال البيانات الإحصائية الأرضية geostatistical يمكن معرفة التفاصيل الشكلية للظاهرة مثل الانحدار الطبوغرافي[3]، وهذه البيانات غير متاحة بشكل دائم خاصة أنها تعتمد على وسائل الرفع المساحي مثل المحطة الكاملة[4]. إن عملية الرفع المساحي لاستخراج السطح عن طريق جهاز الرفع المساحي المحطة الشاملة Total Station يمكن معرفة إحداثيات أي نقطة واقعة ضمن نطاق جمع البيانات. فالنموذج الرقمي الذي يقدمه هذا الجهاز هو تمثيل السطح الطبوغرافي للحفرة بمجموعة كبيرة من البيانات الرقمية، يتم إدخالها إلى الحاسب الآلي ومن

خلال برنامج Arcmap10.3، تعالج البيانات وتستخرج خارطة مناسيب الحفرة (الخارطة الكنتورية)، ومنها يتم قياس المساحات وتحديد الحجوم.

منطقة الدراسة

توجد حفرة بوعلي الفرجاني في الجهة الشرقية من الجبل الأخضر على بعد حوالي 100م، من الجانب الأيمن لطريق النوار- المخيلي، فهي تقع جنوب استراحة النوار بحوالي 10 كم وعلى بعد 40 كم شمال المخيلي، ويمكن استعمال الرواسب الفيضية من موقع حفرة بوعلي الفرجاني في إنشاء الطريق العام استراحة النوار- المخيلي خلال فترة الثمانينات من القرن الماضي أدَّى إلى تكوّن الحفرة صور (1)، وتعتبر نموذجاً مثالياً لاختبار ودراسة أغوار وحُفر حفظ المياه في جنوب الجبل الأخضر، حيث أن طبيعة المنطقة السهلية الواقعة في القطاع الأعلى من حوض وادي المعلق يمكن استغلالها في إنشاء حفر لحفظ المياه، ووجود المنطقة بين طريق حيوية تربط بين مناطق شمال الجبل وجنوبه (القبة والمخيلي) وبين مناطق الشرق والغرب (درنة والقيقب) شكل (1).

شكل (1) خارطة تبين الموقع الجغرافي والفلكي لحوض حفرة بوعلي الفرجاني في إقليم الجبل الأخضر.



الموقع الفلكي: تقع حفرة بوعلي الفرجاني عند تقاطع دائرة عرض 32 درجة و32 دقيقة و 11 ثانية شمالاً، وخط طول 22 درجة و16 دقيقة و 03 ثواني شرقاً.

أسباب اختيار المنطقة:

1- تُعَدُّ منطقة الدراسة من المناطق الرعوية الهامة في جنوب الجبل الأخضر، والتي تعاني من قلة توفر إنشاءات جمع وحفظ مياه السيول العابرة إلي جنوب الجبل الأخضر.

2- إنَّ وجود منطقة الدراسة في المناطق الجافة بجانب الطريق العام استراحة النوار المخيلي؛ يسهل من إجراءات الاختبارات والقياسات الدورية على الحفرة، التي تعتبر نموذجاً مثالياً لتقنيات حفظ المياه.

3- لم تحظ منطقة جنوب الجبل الأخضر بشكل عام بدراسات مورفومترية مائية وافرة؛ مما يؤكد استخدام تقنية الرفع المساحي الرقمي ونظم المعلومات الجغرافية لدراسة هذه الظاهرة. من خلال هذه الدراسة نحاول تسليط الضوء على أهمية تلك التقنيات في التخطيط والتطوير.

أهداف الدراسة:

1- إنتاج خارطة المناسيب الكنتورية لحفرة بوعلي الفرجاني من خلال الرفع المساحي للحفرة بواسطة جهاز المحطة الشاملة Total Station.

2- تحليل مورفومتري للخريطة لتحديد أبعاد ومساحات وحجوم مناسيب الارتفاعات المختلفة في الحفرة.

أهمية الدراسة :

1- توفير بيانات مورفومترية دقيقة من خلال تطبيق النموذج التضاريسي الرقمي لحفرة بوعلي الفرجاني؛ لغرض التحليل المورفومتري، وللتنبوء حول كيفية تطوير الحفرة في المستقبل.

2- تُعَدُّ الحفر نموذجاً مثالياً لقياس مناسيب المياه والتغيرات التي سوف تطرأ على شكل الحفرة عقب تكرار السيول في المنطقة.

مشكلة الدراسة

تكمن مشكلة الدراسة بالأساس في قلة وجود تقنيات لحفظ المياه في جنوب الجبل الأخضر، كما تتمثل الإشكالية الأخرى في كيفية بناء قاعدة بيانات للنماذج التضاريسية لها باستخدام تقنيات قائمة على استخدام المحطة الشاملة، وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

على خلاف الطرق التقليدية واليدوية، التي قد يشوبها بعض الأخطاء، وعدم الدقة في النتائج فضلاً عن الكلفة والجهد، وتعتبر حفرة بوعلي الفرجاني نموذجاً مثالياً لهذا التطبيق.

أدوات الدراسة:

تمَّ استخدام بعض الأدوات والأجهزة أثناء الدراسة الميدانية وهي كالآتي:

1- جهاز المحطة الشاملة Total Station؛ لقياس مناسيب أعماق الحفرة ،ومنه تحدد المساحات والارتفاعات.

2- جهاز GPS جهاز الإحداثيات العالمي نوع GARMIN map78؛ لتحديد نقاط الأساس، وتعريفها لجهاز Total Station، واستخراج المساحات، وحساب المسافات.

3- كاميرا لأخذ صور فوتوغرافية لأبعاد الحفرة ،وتوثيق مراحل الرفع المساحي.

أدوات العمل المكتبي:

1- خرائط طبوغرافية لوحة بئر المعاصر، مقياس رسم 1:50000، وخرائط جيولوجية لوحة البيضاء مقياس رسم 1:250000.

2- برنامج إكسيل Excel، وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS(Arc map 10.3)، برنامج Base Camp، وقوقل أيرث (Google Earth).

المناهج وأسلوب الدراسة :

اعتمد الباحثان على المنهج الكمي في جمع البيانات بواسطة جهاز Total Station محطة الشاملة (مجموع محطة الثيودوليت)، وهي أداة بصرية إلكترونية مستخدمة في المسح الحديثة. المحطة الشاملة، هي المزواة الإلكترونية (العبور) متكاملة مع مسافة متر الإلكترونية (EDM)؛ لقراءة مسافات المنحدر من أداة لنقطة معينة بدقة عالية تصل نسبة الخطأ حوالي 2.5 ملم[5]، ومن خلال المسح المبدئي تمَّ تحديد نطاق وحدود الحفرة وفق الآتي:

المرحلة الأولى: جمع البيانات:

تمت أعمال الرفع المساحي بجهاز المحطة الشاملة (Total Station – Leica TS 09 plus)، وهذا الجهاز يعتمد على استغلال انعكاس الأشعة الليزرية من العاكس المنشوري الموضوع أعلى النقطة المراد رصد بياناتها المساحية، ويمتاز بالدقة العالية حيث لا تتجاوز نسبة الخطاء 2 مم لكل شبكه طولية بطول 1 كم، وأيضاً جودة الجهاز في ضبط الزوايا الأفقية

والعمودية، حيث يمكن من قياس زوايا بدقة 0.10 ثانية.

في هذه الدراسة تمَّ تحديد إحداثيات نقطة بواسطة جهاز (GPS)، مع العلم بأنَّ نسبة الخطأ للجهاز تتراوح بين + 5 إلى –5 متر، وتُدَوَّن القراءات ويتم حفظها في الجهاز، كانت إحداثيات هذه العلامة المساحية 3600585 – 618988 34S، ومن أساسيات أعمال الرفع المساحي أن يتم تحديد اتجاه الشمال، وقد أُستعمل في ذلك البوصلة ليمثل خط مرجعي (Reference Line)؛ لتمثيل موقع الدراسة على الخرائط، و بيان الاتجاه الصحيح لحدود الحوض، وتم الرفع المساحي وفق الآتي:-

1- اختيار انسب مواقع للنقاط المرجعية الثابتة على يمين الطريق العام فوق عبارة حفرة بوعلي الفرجاني، كما أن موقع هذه النقاط له شروط منها: أنْ تتيح للراصد إمكانية تغطية الحفرة بمجال رؤية واسعة من خلال عدسة الرصد في المحطة، كما إن إجراء الرفع المساحي للتصحيح والمتابعة لعمليات قياس لاحقة في المستقبل والنقاط تتمثل في ثلاث نقاط كما هي موضحة في جدول (1) وهي:-

جدول (1): النقاط المرجعية عند حفرة بوعلي الفرجاني.

النقاط	شمالاً	شرقاً	المنسوب بالمتر
TP1	618808.298	3600470.869	442.578
TP2	618808.021	3600697.301	444.198
TP3	618888.426	3600564.582	439.449

وفق إحداثيات نظام UTM

2- تثبيت هذه العلامات المساحية، وتكرار أخذ القراءات؛ للتأكد من عدم وجود خطأ، ويتم اختيار أنسب المحطات؛ لوضع الجهاز وضع العاكس المنشوري عند كل موضع يراد معرفة بياناته المساحية، ويتم توقيع القراءات بأقرب ما يمكن مراعاة للتغيرات الطبوغرافية، وما يجب أن يبذل من جهد في تحديد مواضع حدود الحوض، وبناء النموذج التضاريسي الرقميDTM، حيث له التأثير الأكبر في التحليل الكمي كما سيأتي لاحقاً.

3- تسجيل بيانات إحداثيات 951 نقطة ضمن محيط الحفرة، بلغ أعلى منسوب 442.2949م، وأقل منسوب في قاع الحوض 437.368م جدول (1)، فكلما كانت

النقاط متقاربة، كلما أعطت القيم المسجلة في الجهاز شكلاً مماثلاً للواقع والعكس صحيح، وجمع البيانات استغرق ثلاث جولات ميدانية.

4- الرفع المساحي يتم بأخذ النقاط متقاربة بواسطة الشاخص الضوئي على محيط الحوض كمرحلة أولى كما في الصورة (10 - 12)، ويمكن تمييز حدود الحفرة من خلال أثر المواد العضوية المترسبة على جوانب محيط الحفرة، وهو أثر قديم لآخر أعلى سيل مر على الحفرة، بعد ذلك يتم رفع منطقة القاع كمرحلة ثانية ونظراً لقلة الانحدارات في القاع؛ تؤخذ القراءات على مسافات شبه متساوية، وفي المرحلة الثالثة يؤخذ القطاع الخلفي للحفرة، وتكون النقاط أكثر كثافة نظراً سطحها الشديد التضرس، الصور (5، 6، 7).

المرحلة الثانية: إدخال ومعالجة البيانات:

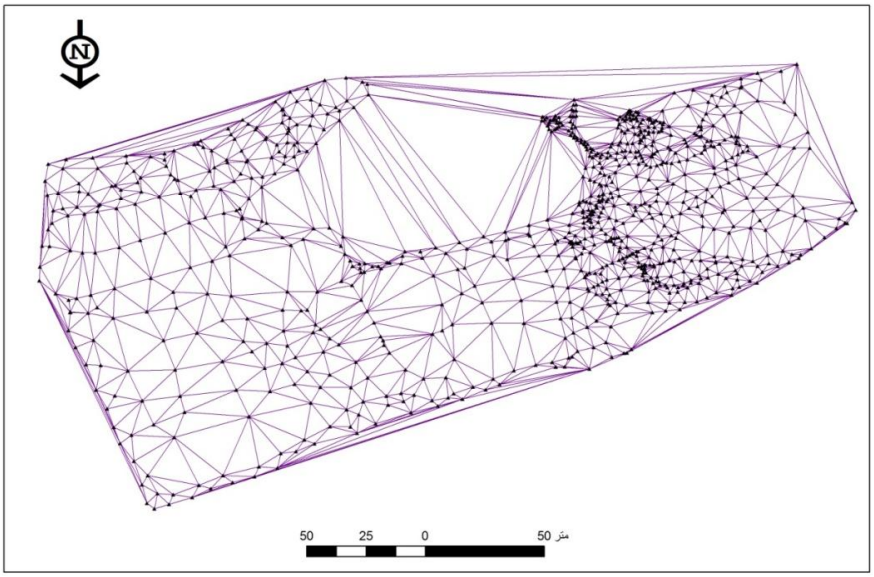
1- بعد جمع البيانات المساحية يتم مراجعتها وتصنيفها وتصديرها إلى جهاز الحاسوب؛ ليتم معالجتها ببرنامج Arcmap 10.3، و يمكن لهذا البرنامج التعرف على الصيغة التي تم تسجيل البيانات بها بجهاز المحطة الشاملة File format وهو ملف نصي تُدَّون فيه البيانات على أساس الصيغة (PNEZD)، حيث يمثل (P) رقم النقطة، و(N) الإحداثي الشمالي و(E) الإحداثي الشرقي، و(Z) ارتفاع هذه النقطة من مستوي سطح البحر، و(D) يمثل وصف أو رمز لهذه النقطة.

2- عن طريق برنامج Arcmap 10.3 بعد استيراد البيانات المساحية التي تم جمعها من الموقع بصيغة ملف نصي (TXT) وبيان مكوناتها من بناء سطح Surface يمثل النموذج التضاريسي الرقمي Digital Terrain Model(DTM)، وذلك عن طريق إيصال كل ثلاث نقاط متجاورة فيما يعرف بنظرية شبكة المثلثات غير المنتظمة Irregular Triangular Network(ITN) التي تتألف من بيانات نقطة المسح باستخدام المحطة الشاملة، وتحرير (TIN)، وتحويل شبكة المثلثات إلى النقطية 10سم، باستخدام خوارزمية الطبيعية المتجاورة[6]، وهذا السطح يمثل عملية نمذجة للموقع؛ حيث يستطيع الباحث بعد هذه الخطوة معرفة إحداثيات، ومنسوب أي نقطة تقع ضمن حدود الحوض (Basin boundary).

3- تمثيل السطح يكـون الهيكل المثـالي للنموذج التضاريسي الرقمي (DTM)، الذي يُبنى

من بيانات 906 نقطة، التي تشكل شبكة المثلثات التي يبلغ عددها 1794 مثلثٍ، ويبين الشكل (2) يبين شبكة غير نظامية للحفرة التي بنيت على البيانات الميدانية، ومن هذه الشبكة يستخرج الشكل الطبوغرافي للحفرة.

الشكل (2) يبين النقاط وشبكة المثلثات غير نظامية (TIN) لحفرة بوعلي الفرجاني والمعالجة بواسطة برنامج arcmap.



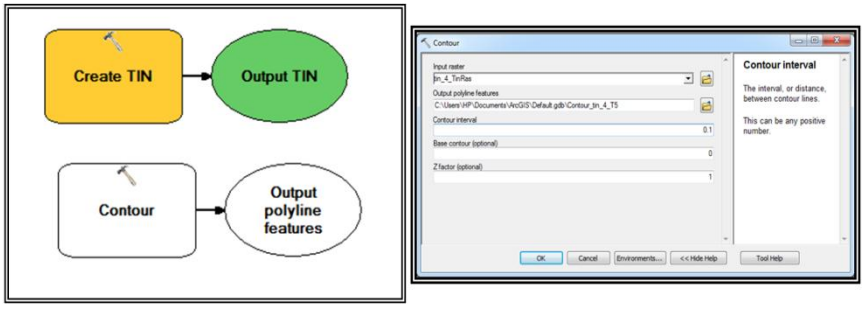
المرحلة الثالثة: تمثيل البيانات:

1- يتم استخراج البيانات المكانية Spatial Analysis عن طريق اختيار الأوامر من Arctools ضمن برنامج Arcmap يتم استخراج الخريطة الكنتورية، وذلك وفق خطوات مبينة في الشكل (3)، حيث يتم اختيار الفاصل الكنتوري بقيمة (10 سم)، وتستخرج المساحات لكل منسوب ارتفاع، ومن خلال هذه البيانات يتم حساب الحجوم، وحساب متوسط الارتفاع.

2- إنتاج القطاعات الطولية والقطاعات العرضية، وقد تمَّ رسم عدد ثلاث قطاعات طولية، يمر أحدها بنقطة ذات أقل منسوب في الحوض، وكذلك رسم عدد أربع قطاعات عرضية في أماكن تفيء بغرض البحث والدراسة .

3- حساب المعامل الهيبسومتري، واستخراج المنحني الهيبسومتري من خلال العلاقة بين المساحات والارتفاعات بواسطة برنامج الإكسيل.

الشكل (3) يبين النموذج البنائي لمخرجات النهائية للخريطة الكنتورية في البرنامج Arcmap 10.



الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

1- المناخ:

تتبع منطقة حفرة بوعلي الفرجاني مناخ البحر المتوسط شبه جاف، وتتذبذب فيه كميات الأمطار حيث يبلغ معدل الهطول في محطة القبة الواقعة شمال المنطقة 378.8 ملم في السنة[7]، التي ينتج عنه في أوقات معينة جريان سطحي يقدر المعدل بحوالي 0.76 % في الجزء الأعلى من وادي المعلق[8]، وفي محطة المخيلي 55.3 ملم في السنة[9]، إذ تسقط معظمها في شهور من نوفمبر إلى مارس، بينما تزداد درجات الحرارة في فصل الصيف لتصل إلى 35 درجة مئوية، وفي فصل الشتاء تقل لتصل إلى 10 درجات مئوية.

2- مكونات سطح الحفرة:

تشكل المنطقة جزء صغيراً من وادي المعلق الذي ينحدر من هضبة الجبل الأخضر الجيرية نحو البحر شرقاً، حيث تسود معظم السطح المنكشف في منطقة الدراسة، وهو حجر جيري ومارني وصخور طينية، سمكه في بطون الأودية حوالي 1 متر وفي بعض الأماكن يصل سمكه من 2- 3 متر، ميل الطبقات متموج من 1 - 3 درجة؛ لذلك يكون مرئيا، وتوجد الرسوبيات الرباعية على شكل صخور تجمعيه ورواسب حجرية وحصوية ورملية ومواد تربة مفككة، تحتل قيعان الأودية، بالإضافة إلى الترب الرباعية التي تغطى الصخور الجيرية الأم

على سفوح التلال الموجودة في الحوض، وتنتشر على سطح مساحات مستوية السطح عند الحفرة؛ لتشكل سهلاً فيضياً من رواسب الست والطين والحصى، عن جفاف المياه تظهر التشققات الطينية، الصور (3، 4)

الخصائص الهندسية والشكلية لحفرة بوعلي الفرجاني:

يعتبر التحليل المورفومتري من أهم أدوات البحث العلمي للظواهر الجيومورفولوجية، كما أنه يمثل قواعد التحليل الكمي وأسسه؛ لتفسير العلاقة بين الخصائص الشكلية للظاهرات الأرضية وتوضيحها، واحتوت هذه الدراسة أهم المعدلات التي تبرز شكل الظاهرة، و على النحو الآتي:

1– المساحة: تحسب المساحات والأبعاد بواسطة برنامج Arcmap، وهذه الحسابات تعتمد على عمليات حسابية ومعادلات تجرى داخل الجهاز، ومن ثمَّ فإن المساحة المحسوبة بلغت 17574.35م^2 عند منسوب ارتفاع 439.1 م، التي تعتبر المساحة الفعلية لمنسوب تصريف المياه من الحفرة، وهذه المساحة تستنتج من شبكة المثلثات (TIN) التي تحدد إبعاد المسافات بين النقاط المرفوعة؛ ولذلك فإنَّ مصداقية النتائج تعتبر عالية، فكلما أزداد عدد المثلثات الشبكية أزداد وضوح الأشكال الطبوغرافية على الخارطة المنتجة، تكاد تنعدم فيها فروقات الارتفاع، وقد أعدت لاحقاً برنامج Arcmap لحساب المساحات وتمثيلها شكل(4).

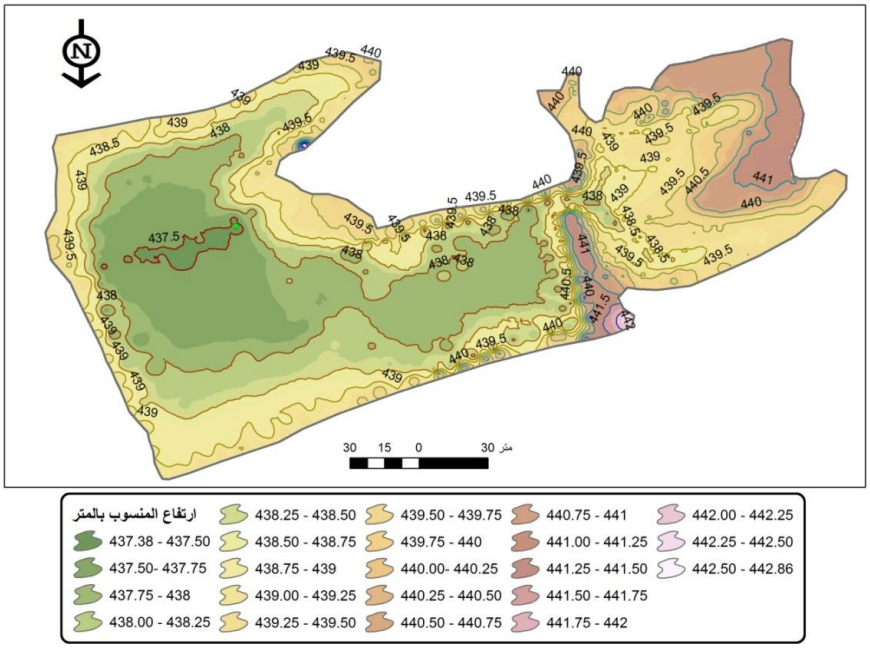
2– الطول والعرض: تتميز حفرة بوعلي الفرجاني بتقارب الطول مع العرض، وطولها يكاد يوازي اتجاه المجرى الرئيسي، فقد حدد أقصى طول للحفرة حوالي 169م من الوسط مع الفتحة المغذية للحفرة، أما عرض الحفرة 134م.

3– المحيط: يتمثل محيط الحوض بخط تقسيم المياه الذي يشكل الحدود الخارجية للحفرة، بالرغم من أنَّ الحفرة محددة الجوانب خاصة من الجهة الجنوبية والجهة الشمالية، إلاَّ أنها تتسع باتجاه الشرق من جهة فتحة التصريف، ومن جهة الغرب عند الفتحة المغذية، ومحيطها عند منسوب ارتفاع 439.1 م بلغ 930.8م. وتمثل الأكوام الجانبية من الردم السابق للحفرة حدودا لها.

شكل الحفر وتطورها:

تبين خطوط الكنتور الشكل المتطاول للحفرة وتفاصيل الشكل العام، أعلى منسوب في الحفرة بلغ 439.1 م وأقل منسوب 437.3 م، الجوانب الشمالية والجنوبية وجزء من الجانب الغربي تشكل حواف شديدة الانحدار بينما الجانب الشرقي يعتبر الأقل انحدارا عن الجوانب الثلاث الأخرى، وعند هذا الجانب يوجد المصرف للمياه الجارية ومنسوبه439.1م، أما الجزء الغربي للحفرة والذي يشكل مسارات المجاري المغذية للحفرة فهي تنحدر على الحفرة بمعدل عام 0.014، وهناك تطور من الجانب الخلفي للحفرة؛ بسبب تعرية المجاري المغذية للحفرة على جوانب الحفرة الشمالية والجنوبية شديدة الانحدار؛ بسبب أعمال الحفر التي تمت منذ نشأت الحفرة، الصورة (9).

شكل (4): خارطة المناسيب الكنتورية تبين تدرج المناسيب من قاع الحفرة إلى الأعلى.



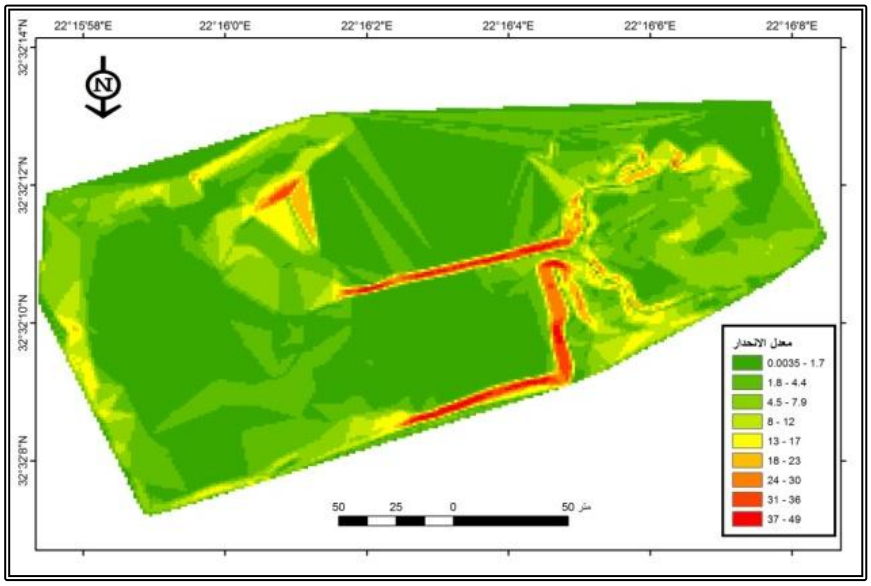
الحفرة تأخذ شكل متطاول من الغرب إلى الشرق على شكل الخطاف، الجزء الأعلى من الحفرة تطور بفعل التعرية المائية للمجاري المغذية للحفرة، وهي ثلاث مجاري تلتقي عند مدخل الحفرة من الجهة الغربية، وهناك حواف شبه مستقيمة شديدة الانحدار عند مدخل

الحفرة من الجهة الجنوبية والغربية، بينما القطاع الأوسط تشكل الرواسب المنقولة حاجزاً قليل الارتفاع يفصل بين القاعين المستويين للسطح، أحدهما في الركن الشمالي الغربي، والأخر في الركن الجنوبي الشرقي، والجانب الشرقي ذو حواف قليلة الانحدار، خاصة من جهة المصرف الذي تعرض للتعرية الشديدة أثناء حدوث جريان السيول للطبقة العلوية المكونة من الرواسب الطمييية، بينما تبرزت الرواسب الرباعية المتماسكة على جوانب الحفرة، ويكون للنبات دور في تماسك هذه الرواسب، الصورة (3).

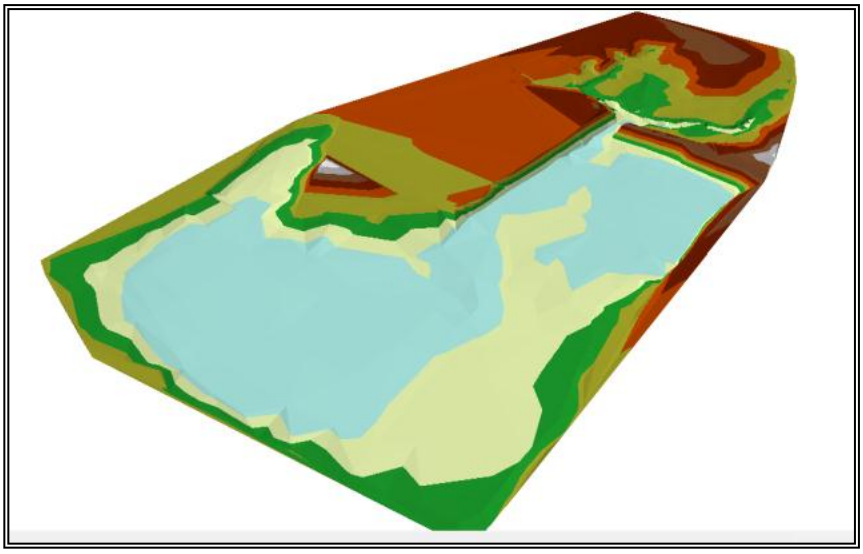
معدلات الانحدار:

تنحدر الحفرة بشكل عام صوب الشرق باتجاه الوادي الرئيسي للمعلق، ويلاحظ وجود ثلاثة أسطح شديدة الانحدار في الحفرة من الجانب الشمالي والجنوبي والغربي بمعدل 0.37 – 0.49 درجة، وأسطح متوسطة الانحدار تتمثل في أسطح الحفرة الغربي ينحدر نحو القاع بمعدل 0.250، وأسطح في الجانب الخلفي للحفرة السطح الشمالي للرافد الأول بمعدل 0.0937 والسطح الغربي للرافد الثاني بمعدل 0.075 ، والسطح الشرقي للرافد الثالث 0.375، وأسطح خفيفة الانحدار وتتمثل في سطح قاع الحفرة بمعدل انحدار عام 0.0035 شكل (5 ، 6).

شكل (5): خارطة توزيع معدل الانحدارات في حفرة بوعلي الفرجاني.

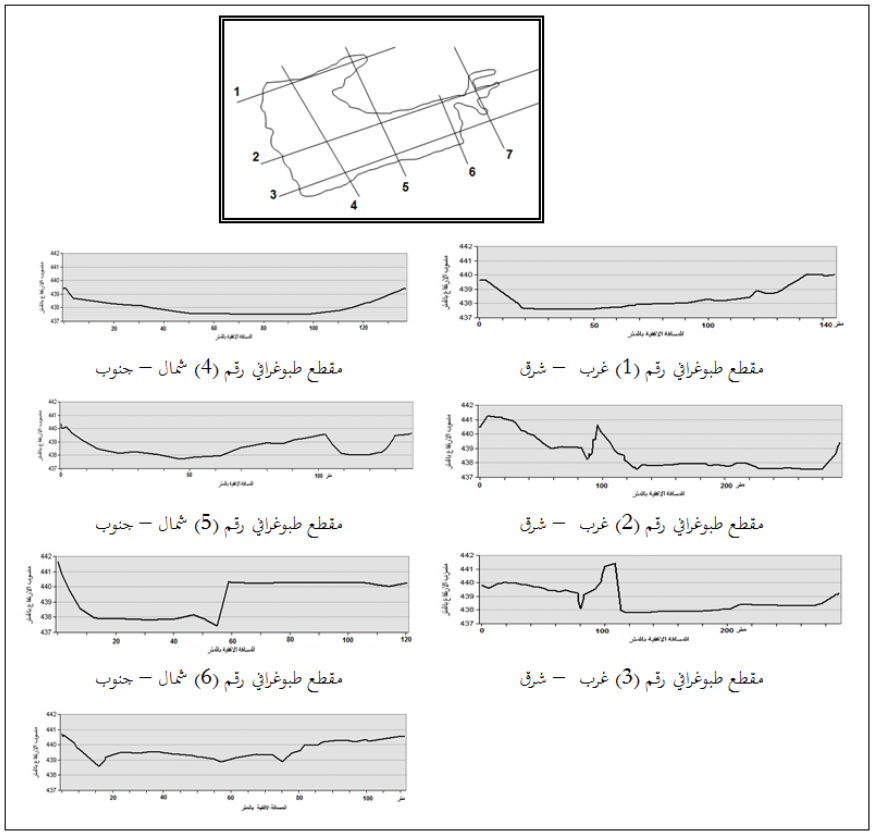


شكل (6): مجسم ثلاثي الأبعاد لحفرة بوعلي الفرجاني
مع تدرج المناسيب من الأعلى إلى قاع الحفرة.



بلغ متوسط أطوال المقاطع التضاريسية شرق غرب 200 متر، وأطوالها على التوالي (141م، 280م، 264م)، ومتوسط المقاطع الطبوغرافية شمال جنوب وأطوالها على التوالي (145م، 144م، 131م، 108م) شكل (7)، ومقدار انحدار الجوانب في المتوسط حوالي 15 %، أعلى نقطة 440م، وأدنى نقطة في الحفرة 437.3م، الانحدار في القاع طفيف، ويمتد القاع بطول 150 متر، في أوسع مكان عند مدخل المغذي للحفرة، بينما في القطاع 3 يمتد على طول امتداد الحفرة باتجاه الشرق بمعدل انحدار عام 0.2.

شكل (7) المقاطع الطبوغرافية في حفرة بوعلي الفرجاني.



نتائج الدراسة:

تتمثل في قياسات مناسيب ومساحات محيط كل المناسيب وحجوم حفرة بوعلي الفرجاني، والموضحة في جدول (2):

جدول (2) المناسيب والحجوم لحفرة بوعلي الفرجاني.

م	المنسوب	المساحة عند كل منسوب ارتفاع (م^2)	متوسط المساحة (م^2)	المحيط (م)	الفاصل الكنتوري (سم)	الحجم عند كل منسوب ارتفاع (م^3)	الحجم التراكمي (م^3)	متوسط مكافئ لعمق البحيرة (سم)
1	439.1	**17574.4**	-	947.31	-	-	**18056.904**	105.57
2	439.0	17069.1	17321.7	958.66	10	1732.2	18056.904	105.60
3	438.9	16559.9	16814.5	882.34	10	1681.5	18056.904	98.39
4	438.8	16062.5	16311.2	788.31	10	1631.1	16324.704	90.97
5	438.7	15516.9	15789.7	773.95	10	1579.0	14643.204	83.66
6	438.6	14936.6	15226.8	752.49	10	1522.7	13012.104	76.33
7	438.5	14329.2	14632.9	736.42	10	1463.3	11433.104	68.94
8	438.4	13687.3	14008.3	713.1	10	1400.8	9910.404	61.49
9	**438.3**(1)	12993.1	13340.2	679.9	10	1334.0	8447.104	53.33
10	438.2	12174.1	12583.6	656.13	10	1258.4	7046.304	46.66
11	438.1	11289.2	11731.7	644.75	10	1173.2	5712.304	39.18
12	438.0	9742.5	10515.9	773.01	10	1051.6	4453.904	33.35
13	437.9	5534.1	7638.3	379.58	10	763.8	3280.704	39.72
14	437.8	4632.4	5083.2	320.66	10	508.3	2229.104	30.96
15	437.7	3872.6	4252.5	320.66	10	425.2	1465.304	23.90
16	437.6	2829.8	3351.2	246.73	10	335.1	957.004	17.69
17	437.5	477.6	1653.7	161.26	10	165.4	531.804	34.63
18	(2)437.37	0	(3)240.8	(4)1.73	13	31.304	31.304	13
المجموع	**1.73**	**17574.4**	**11266.0**	**631.48**	**160**	**18056.904**	**18057**	**102.566**

الدراسة الميدانية 2016م.

(1) المتوسط الحسابي للقيم المرصودة .

(2) متوسط المساحتين 4م2 و 477.6م2 بين منسوبين 437.4م – 437.5م.

(3) أدنى منسوب في الحفرة. المساحة.

(4) طول المحيط عند منسوب ارتفاع 437.4.

الاستنتاجات والتوصيات:

تهدف هذه الدراسة بصورة خاصة إلي العمل على إظهار إمكانيات الأجهزة المساحية (total station)، وبرنامج الأوتوكاد، وبرنامج arc GIS على تحديد الطبيعة الجيومورفولوجية لحفرة بوعلي الفرجاني، كذلك الاستعانة بتطبيقات الحاسوب؛ لإظهار الأشكال والمساحات، والحجوم المحددة والمطلوبة ضمن هذه الدراسة وتتلخص فيما يلي:-

1- يقدر حجم المياه المتجمعة خلال هذا الموسم 2016 – 2017م عند منسوب ارتفاع 439.1 حوالي 18056.9متر مكعب، أي أن عمق مياه البحيرة 173 سم.

2- بلغ حجم الرواسب المتجمعة خلال عام 2018 حوالي 194.85م^3.

3- البحيرة تأخذ شكل متطاول أشبه بالخطاف، اتجاهها غرب شرق، معدل انحدارها العام 0.250، ومعدل انحدار سطح قاع الحفرة 0.0035.

4- إمكانية التعامل مع هذه الحفرة وفق نماذج النمذجة الرقمية، خاصة في ظل التطورات السريعة في نظم المعلومات الجغرافية.

5- تعتبر حفرة بوعلي الفرجاني نموذجاً مناسباً؛ لإجراءات القياسات والاختبارات الميدانية في تقدير كميات التربة، والمياه التي تنقلها الأودية في جنوب الجبل الأخضر.

6- العمل على تكثيف استخدام مصادر البيانات الحديثة ذات الوضوح المكاني، وبدقة عالية في مواقع منشآت الموارد المائية ،وحصاد المياه لبناء بيانات مائية وجيوموفولوجية، والتي تدعم بصورة كبيرة عمليات التحليل ثم عمليات التقييم.

صور الدراسة الميدانية.

صورة (1): أُنشئت حفرة بوعلي الفرجاني في الثمانيات القرن الماضي، ضمن أعمال رصف طريق النوار الخيلي من قبل شركة بولندية.

صورة (2): النظام البيئي نمو النبات الرمث والنباتات الحولية والبقولية حول بحيرة بوعلي الفرجاني 09.02.2014

صورة (3): الرواسب الرباعية المنكشفة في المجرى الجنوبي الغربي المغذي لحفرة بوعلي الفرجاني، الاثنين 2016/09/19

صورة (4): التشققات الطينية في ارضية الحفرة من أهم المعالم في قاعها وهي تأخذ أشكال هندسية غير منتظمة الأضلاع منها الخماسي والسداسي

صورة (5): النقطة المرجعية رقم (1)، اتجاه الصورة شمالا. يوم الاثنين الموافق 2017/04/10.

صورة (6): النقطة المرجعية لرصد الجانب الخلفي للحفرة، يوم الاثنين الموافق 2017/04/10.

صورة (7): إجراء الرفع المساحي لحدود البحيرة، من قبل الراصد عند الجهاز، وحامل العاكس المنشوري، تتم القراءة من خلال إرسال أشاره ضوئية من الجهاز إلى العاكس يتم ذلك خلال ثواني، حفرة بوعلي الفرجاني الأربعاء 07.09.2016

صورة (8): تتبع حدود المياه من خلال الآثار القديمة للعذوة وهي عبارة عن مواد عضوية يحملها السيل في فترات النقل. بحيرة بوعلي الفرجاني من الجهة الشمالية الشرقية 07.09.2016.

صورة (9): تحديد نقاط المناسيب في قاع الحفرة مع مراعاة التغير في المنسوب خاصة عند الحواف، ويلاحظ إن سطح قاع الحفرة شبه مستو، 07.09.2016.

صورة (10): قياس منسوب ارتفاع مياه البحيرة، الاثنين 10.04.2017.

صورة (11):هبوط منسوب بحيرة بو علي الفرجاني بمقدار 1.15 أي عند إلى منسوب ارتفاع 437.950 م، الخميس 15 /06/ 2017.

صورة (12):انخفاض منسوب البحيرة بمقدار 1.18 م ، أي عند منسوب ارتفاع 437.5 م، الأحد 2017/06/04م.

الهوامش والتعليقات:

1- شكر علي الصالحي، علم الخرائط أسس وتطبيقات، منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء، 2007م.

2- طه محمد جاد ، تحليل الخريطة الكنتورية، مكتبة أنجلو المصرية، القاهرة، 1984م.

3 -Carl J. Legleiter and Phaedon C. Kyriakidis, Spatial prediction of river channel topography by kriging, Earth Surface Processes and Landforms, Earth Surf. Process. Landforms 33, 2008, 841–867

4 -Keim RF, Skaugset AE, Bateman DS. Digital terrain modeling of small stream channels with a total-station theodolite. Advances in Water Resources. 1999.

5 - Jongchool Lee and Taeho RHO, Application To Leveling Using Total Station, Korea.

6 -Sara G. Bangen ,Comparison of Topographic Surveying Techniques, in Streams Utah State University, Graduate Theses and Dissertations Graduate Studies, 2013

7- سعيد إدريس نوح، المناخ وتأثيره على الغطاء النباتي في الجبل الأخضر، رسالة دكتوراع (غير منشورة)، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، القاهرة، 2007م.

8- Arlab consulting.(1980), complementary investigation of suface ground water and climatological survey, Muallaq upstream station, flood record,1978/1979, and flood record 1979/1980.

9 -Lotti C.& Associati, secretariat of agricultural reclamation, contract n0 7/88/sc, Mikili area, Rome, 1981, 57 p.

المصادر والمراجع:

1- الجمهورية العربية الليبية، (1964م)، **خرائط طبوغرافية، لوحة بئر المعاصر**، مقياس 1:50000، الجيش الأمريكي.

2- محمود الصديق التواتي، محمد غازي الحنفي (2016م)، **إمكانية تحويل بحيرة مياه حفرة بوعلي الي بحيرة مائية دائمة في جنوب شرق الجبل الأخضر، دراسة مائية تطبيقية في موسم أمطار 2013 – 2014**م، مجلد مؤتمر بالمناطق الجافة وشبه الجافة، جامعة إجدابيا، 20 – 22 نوفمبر2016م، اجدابيا- ليبيا.

3- سعيد إدريس نوح (2007م)، **المناخ وتأثيره على الغطاء النباتي في الجبل الأخضر**، رسالة دكتوراه، (غير منشورة)، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، القاهرة.

4- شكر علي الصالحي (2007م)، **علم الخرائط أسس وتطبيقات**، منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء.

5- طه محمد جاد (1984م)، **تحليل الخريطة الكنتورية**، مكتبة أنجلو المصرية، القاهرة.

6 –Rohlich.P (1974), Geological Map Of Libya -1:250000, Sheet N I 3415, Ibayda, E Plana Tory Booklet, (Industrial Research Centre), Tripoli.

7- Franlab consulting, (1976), Annex 2, Hydrology,Wadi Muallaq-Upstream station, legend of flood recordings, record 1974/1975.

9- Arlab consulting.(1980), complementary investigation of suface ground water and climatological survey, Muallaq upstream station, flood record,1978/1979, and flood record 1979/1980.

10- Lotti C.& Associati, 1981,secretariat of agricultural reclamation, contract n0 7/88/sc, Mikili area, Rome, 57 p.

11- Keim RF, Skaugset AE, Bateman DS. (1999). Digital terrain modeling of small stream channels with a total-station theodolite. Advances in Water Resources.

12- Jongchool Lee and Taeho RHO, Application To Leveling Using Total Station, Korea.

13- Carl J. Legleiter, Phaedon C. Kyriakidis (2008), Spatial prediction of river channel topography by kriging, Earth Surface Processes and Landforms, Earth Surf. Process. Landforms 33, 841–867

14- Sara G. Bangen (2013), Comparison of Topographic Surveying Techniques, in Streams Utah State University, Graduate Theses and Dissertations Graduate Studies.