

تحليل شبكة الأودية وتحديد أفضل مواقع إقامة السدود في السفح الغربي لهضبة الخليل بواسطة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

أحمد رأفت غضية، محمد عبد الله برقان*

ملخص

يعاني الفلسطينيون في الضفة الغربية وقطاع غزة من نقص حاد في مصادر المياه المتاحة للاستخدامات المختلفة؛ لسيطرة الاحتلال الإسرائيلي الكاملة على تلك المصادر، وعدم السماح للفلسطينيين باستغلالها إلا بالقدر الذي يسمح به الاحتلال. يسعى الفلسطينيون إلى تعظيم الاستفادة من الموارد المائية المتاحة، وخاصة المياه السطحية عن طريق حفر آبار الجمع في منازلهم، إلا أن كمية المياه التي يمكن تخزينها في تلك الآبار محدودة، لذلك هدفت الدراسة إلى تسخير تقنية نظم المعلومات الجغرافية في دراسة أفضل المواقع لإنشاء السدود في منطقة الدراسة، واستخدمت الدراسة معايير طبيعية وبشرية في اقتراح أفضل المواقع لإنشاء السدود، وتم اعتماد خطوط الكنتور بفاصل رأسي 5 متر في تحليل السطوح الطبوغرافية بالاعتماد على مجموعة من البرامج المتكاملة من برمجيات نظم المعلومات الجغرافية المتمثلة في (ArcGIS 10.1) وامتداده (Arc Hydro 2.0).

أظهرت الدراسة أن هناك 15 موقعا لإقامة السدود بقدرات تخزينية متفاوتة، وتم تحديد 3 مواقع هي الأفضل من حيث القدرة التخزينية لإقامة السدود، حيث بلغ مجموع كمية المياه الجارية الفعلية في أحواض منطقة الدراسة 21315000 م³.

الكلمات الدالة: الخليل، شبكة الأودية، نظم المعلومات الجغرافية، السدود.

مقدمة الدراسة ومنهجيتها

مقدمة

تعدّ شبكات التصريف النهري الوسط الذي تتحرك به المياه في الأحواض النهرية، وتتأثر بخصائص التضاريس، وتعدّ انعكاسا طبيعيا لها في المراحل الحتية الأولى، لكنها سرعان ما تبدأ في تشكيل خصائص السطح، وتؤثر الخصائص الجيولوجية والمناخية والنباتية بشكل مباشر على تلك الخصائص، لذلك تعدّ دراسة شبكات التصريف النهري من الدراسات الأولى التي اهتم بها علم الجيومورفولوجيا، وحديثا دخلت نظم المعلومات الجغرافية كأداة فاعلة في الدراسات الجيومورفولوجية (أشكال السطح) الكمية، وقد زاد الاهتمام بالدراسات المورفومترية (القياسات من أشكال السطح) لشبكات الأنهار بعد الدراسة الرائدة لهورتون في النصف الأول من القرن الماضي (Horton, 1945)، وتبع ذلك مجموعة من الباحثين أمثال (Strahler, 1957) و (Shreve, 1966)، و (صبري التوم، 2011). أظهرت تلك الدراسات أن الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية هي نتاج العوامل الطبيعية المتمثلة في التكوين الصخري، والبنية الجيولوجية، والمناخ، والغطاء النباتي. وظهرت حديثا دراسات استخدمت نظم المعلومات الجغرافية في التحليل الهيدرولوجي مثل دراسة صبري حمدان (صبري حمدان، 2010).

وبسبب قلة الموارد المائية المتاحة في المنطقة نتيجة استيلاء الاحتلال الإسرائيلي على معظمها وتحديده كمية المياه المسموح للفلسطينيين باستخدامها في الزراعة، أصبح موضوع إيجاد مصادر جديدة واستغلال المتوفر منها بالطريقة المثلى في غاية الأهمية، وبعدّ حصاد المياه السطحية أهم وأقدم التقنيات المعروفة في هذا المجال.

أهداف الدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى:

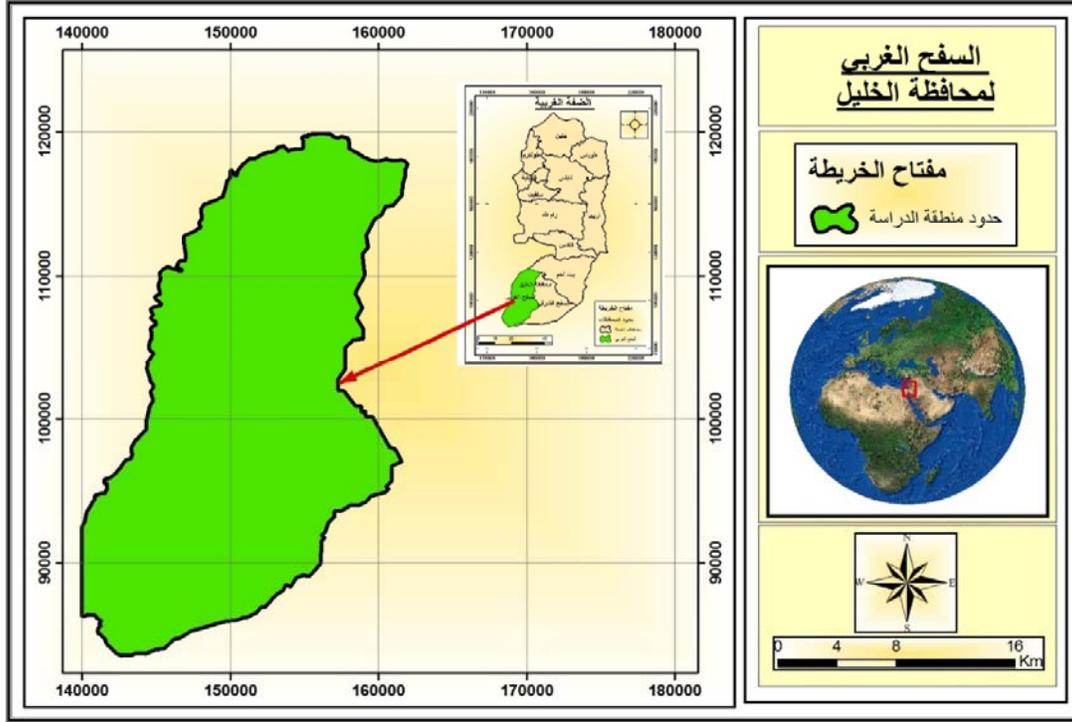
1- اشتقاق وبناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية للسفح الغربي لمحافظة الخليل باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية.

* قسم الجغرافيا، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين. تاريخ استلام البحث 2017/2/19، وتاريخ قبوله 2017/9/5.

2- تحديد الموقع الأفضل لإقامة السدود من أجل استغلال المياه السطحية بالاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية، للمساهمة في حل مشكلة شح الموارد المائية المتاحة في منطقة الدراسة.

منطقة الدراسة

تمثل منطقة الدراسة السفح الغربي لهضبة الخليل وتشمل الحوض الأعلى والأوسط لوادي الخليل، وتقع منطقة الدراسة في القسم الجنوبي من سلسلة جبال فلسطين الوسطى، وتبلغ مساحتها حوالي 479 كم²، الخريطة رقم (1) تبين منطقة الدراسة.



الخريطة (1): توضح منطقة الدراسة (السفح الغربي لمحافظة الخليل)

المصدر: من عمل الباحثين بالاستعانة بخط تقسيم المياه في محافظة الخليل و(Arc GIS).

مشكلة الدراسة

تعاني منطقة الخليل كبقية مناطق الضفة الغربية من شح المصادر المائية المتاحة، نتيجة سيطرة سلطات الاحتلال الاسرائيلي على تلك الموارد، ويذهب جزء من المياه السطحية عبر الأودية دون استغلال نظرا لوعورة تضاريس المنطقة وانحداراتها الشديدة. تأتي هذه الدراسة لتسلط الضوء على امكانية استغلال المياه السطحية والمساهمة في التخفيف من حدة ازمة المياه في منطقة الدراسة. ويبلغ معدل التساقط السنوي على منطقة الدراسة 700 ملم في اقصى شمال منطقة الدراسة و 250 ملم في جنوبها (الإدارة العامة للمياه الزراعية والري، تقرير الأمطار السنوية، 2001-2013)، وهذا المعدل الجيد للأمطار يعود إلى مواجهة المنطقة للمؤثرات القادمة من البحر المتوسط من جهة وإلى ارتفاع المنطقة عن سطح البحر حيث يتراوح بين 420 م في الجنوب و1020 م في الشمال.

أسئلة الدراسة

- 1- ما مدى ملائمة الأحواض لتجمع المياه؟
- 2- ما أفضل المناطق لإنشاء السدود؟
- 3- كم تبلغ القدرة التخزينية للسدود المقترحة من خلال حساب المياه الجارية؟

أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة في أنها توفر قاعدة بيانات تفصيلية عن المنطقة للمخططين والباحثين من خلال استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، كما أنها تتناول موضوعاً مهماً يتعلق بإمكانية استغلال المياه السطحية والتقليل من حدة مشكلة عدم توفر الكميات الكافية من المياه للسكان بسبب السيطرة الإسرائيلية الكاملة على الموارد المائية الفلسطينية.

منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على استخدام المنهج الوصفي التحليلي بالاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إجراء العمليات التحليلية اللازمة. أما مصادر البحث فتتمثل في مجموعة من الخرائط الموضوعية مثل الخرائط الطبوغرافية وخرائط الأودية والترية والجيولوجيا، واستخدمت أيضاً صور جوية لعام 2014 بنسبة وضوح 25 سم، وخطوط كنتور بفواصل رأسي (م5).

واعتمد الباحثان في جمع المعلومات على المصادر التالية:

- المصادر المكتبية: وتشمل الكتب، ورسائل الماجستير، والدوريات التي تتعلق بموضوع الدراسة.
- المصادر الرسمية: وتشمل مركز الإحصاء الفلسطيني، ومركز الإحصاء الإسرائيلي، ووزارة الحكم المحلي.
- المصادر غير الرسمية: النشرات، والتقارير وورشات العمل الصادرة عن المؤسسات ذات العلاقة.

الدراسات السابقة

من أهم الدراسات التي لها علاقة بموضوع الدراسة:

أولاً: دراسة عبد العظيم قدورة مشتهى وآخرون (مشتهى، 2013) بعنوان (بعض الخصائص المورفومترية لوادي غزة باستخدام النمذجة الرقمية لنظم المعلومات الجغرافية)، تناول الباحثون وادي غزة بأحواضه الفرعية التفصيلية بالدراسة من الناحية المورفومترية، واستخدم الباحثون بيانات القمر الصناعي SRTM3 لتنفيذ الدراسة وبدقة منخفضة (90م). أظهرت الدراسة تفاوت الخصائص المورفومترية بين الحوض الكبير لوادي غزة والأحواض الداخلية الفرعية التي يتكون منها، وأوصت الدراسة بضرورة إجراء بحوث تفصيلية لأجزاء الحوض.

ثانياً: دراسة قام بها صهيب خضر ورائد فيصل (خضر، 2011) بعنوان (الدلالة الهيدرولوجية السطحية لحوض وادي العجيج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS)، هدف البحث إلى دراسة الهيدرولوجية السطحية لحوض وادي العجيج ودلالاتها باستخدام GIS من خلال تحليل خصائصها الطبيعية المتمثلة بالتكوين الجيولوجي والمناخ والتضاريس والترية، وكذلك خصائص المظهر الأرضي (المورفومتري والانحدار)، كل هذه الخصائص أظهرت دلالة هيدرولوجية في الحوض تتلخص بحصول فواقد للمياه السطحية بفعل الارتشاح، كما أوضحت الدراسة كمية التصريف المائي تقدر ب (359.78 م³/ثانية)، إذا كان التساقط المطري بعمق (25 ملم) وباستدامة (9.10 ساعة) ويزمن تركيز (50.08 ساعة)، وقدر حجم الجريان السنوي المتوقع (1.217462237 مليار م³)، وتم كذلك توضيح أهمية GIS في البحث استناداً لأهداف الدراسة من خلال رسم شبكة التصريف المائي وإجراء التحليل المورفومتري والانحدار وباستخدام تحميل نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وباستخدام برامج (Arc hydro 1.3 و ArGIS 93).

ثالثاً: دراسة قام بها Hamed Hassan Abdulla، (Abdulla، 2010) بعنوان (Morphometric parameters study for the lower part of lesser zap using GIS technique)، وهدفت هذه الدراسة بصورة عامة إلى إظهار إمكانية برامج نظم المعلومات في بناء قاعدة بيانات جغرافية للجزء الأسفل من حوض الزاب الأسفل، والاستفادة من تطبيقات النظم المختلفة لاستخراج المعاملات المورفومترية المحددة في هذه الدراسة، وذلك من أجل التخلص من نسبة التعميم التي تعاني منها القياسات المورفومترية بالطرق التقليدية باستخدام الخرائط الطبوغرافية والاستعاضة عنها ببيانات دقيقة ذات درجة وضوح مكاني عالية متمثلة في (Digital Elevation Model) أو ما يطلق عليه اختصاراً (DEM)، والذي يساعدنا في رسم شبكة التصريف المائية بصورة دقيقة وواضحة.

رابعاً: دراسة قام بها صبري محمد حمدان، (حمدان، 2010) بعنوان (بعض الخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض الريمين وسط غرب الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية -دراسة مقارنة)، هدفت هذه الدراسة إلى إبراز دور برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في حساب الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف النهري، وتم تطبيق ذلك على الجزء الأعلى من حوض الريمين في الأردن، ومن ثم بناء قاعدة بيانات رقمية للحوض ومقارنة ذلك بالبيانات المشتقة بالوسائل التقليدية المتعارف عليها والمتمثلة بالخريطة الكنتورية والصور الجوية والعمل الميداني.

خامسا: دراسة قام بها نزيه العدة، (العدة، 2007) بعنوان (جيومورفولوجية حوض التصريف النهري الاعلى من وادي الخليل)، تناولت هذه الدراسة الحوض الاعلى من وادي الخليل الذي يشكل جزء من محافظة الخليل التي تتميز بنباتيات طبوغرافية كبيرة، وتناولت هذه الدراسة العوامل المؤثرة في الأشكال الجيومورفولوجية في المنطقة، وقام الباحث بتصنيف هذه الاشكال إلى ثلاث مجموعات كبرى وتحليلها مورفومتريا.

سادسا: دراسة قام بها فرج حمامة، (حمامة، 2003) بعنوان (أثر المناخ والسطح على النبات الطبيعي في منطقة الخليل)، قامت هذه الدراسة بإظهار أثر العوامل الطبيعية والمناخية والبشرية في توزيع الغطاء النباتي وتنوعه، وأثرها في استغلال الأراضي الزراعية والمراعي، وأبرزت الدراسة مشكلة الزحف العمراني والصحراوي على الأراضي الزراعية وتدهور إمكانات الأرض.

طبيعة منطقة الدراسة

أولاً: التضاريس

تعد منطقة الدراسة جزءا من جبال الخليل، التي تعدّ جزء من محدب جيولوجي كبير يمتد من منطقة رام الله حتى بلدة الظاهرية (عواد، 1999)، وتمتاز منطقة الدراسة بالتباين في مظاهرها التضاريسية، وتحتوي منطقة الدراسة على عدة أشكال تضاريسية، مثل المرتفعات الجبلية والأودية والسهول، ويمكن القول بأن منطقة الدراسة تتحدر بصورة عامة باتجاه الجنوب والجنوب الغربي، وهذا يتوافق مع الميل العام للمنحدرات الفلسطينية (الغربية)، ويبلغ أقصى منسوب شمال منطقة الدراسة (1020م) في حين يبلغ أدنى منسوب (420م) في جنوبها، وتتكون منطقة الدراسة من جبال وأودية متنوعة المناسيب والانحدارات، فالسوح الغربية تتميز بأنها أطف انحدارا من السوح الشرقية، وذلك بسبب وجود شريط من التلال القديمة المسارية للجبال القريبة من مسافة 56 كم بين الحائط الجبلي في الشرق والسهل الساحلي في الغرب، وينخفض هذا الشريط من ارتفاع 1000 متر فوق سطح البحر إلى 400 متر، ولقد أدى ارتفاع القسم الشمالي من السوح الغربية إلى تعميق مجاري الأودية (العدة، 2007)، كما أخذت نقطة توزيع المياه بالتراجع إلى جهة ظهر الجبل بسبب قوة مياه الوادي الناتج عن وفرة الأمطار في هذا القسم من السوح الغربية المواجهة للبحر المتوسط، بعكس أودية القسم الجنوبي من السوح الغربية التي لم تستطع تعميق مجراها بسبب قلة أمطارها.

ثانياً: المرتفعات

ويمكن تقسيم المرتفعات الجبلية في هضبة الخليل إلى ثلاثة أقسام:

1- المرتفعات الشرقية:

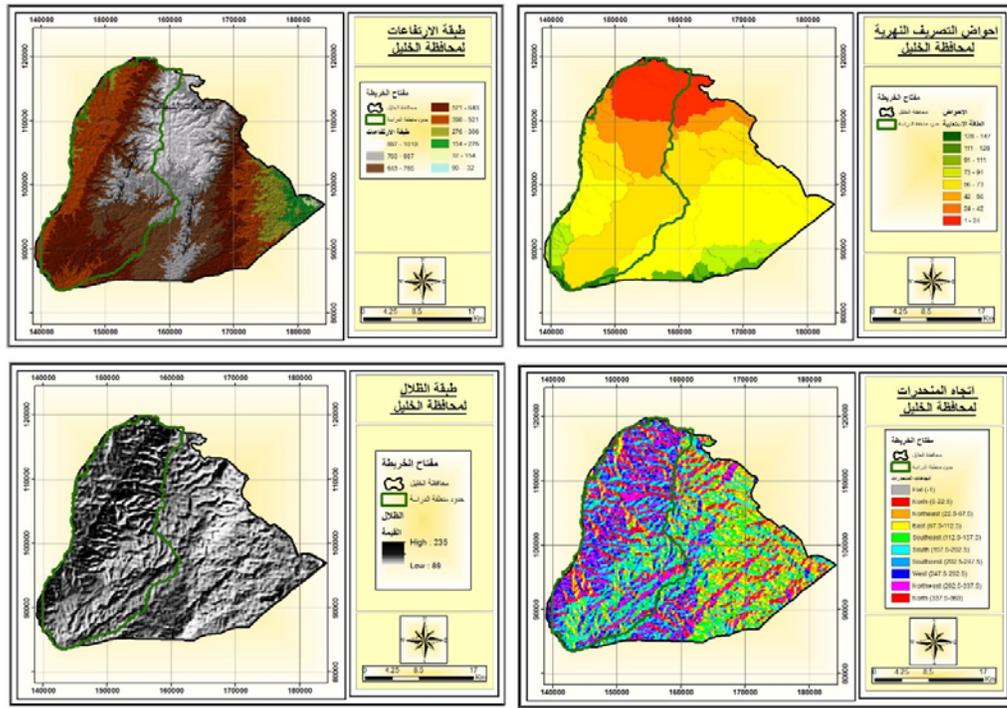
تمتد بطول 25 كم من الطرف الشمالي للحوض، وتمثل قمم هذه المرتفعات خطوطا لتقسيم المياه بين وادي الخليل غربا ووادي سعير وأودية بنى نعيم ووادي السموع شرقا، إضافة إلى أن هذه المرتفعات تشكل منطقة المنابع العليا لوادي الخليل من الجهة الشرقية. (الحمدان، 1998)

2- المرتفعات الشمالية:

وتمثل هذه المرتفعات أعلى منسوب في منطقة الحوض وتشكل المنابع العليا لوادي الخليل، وتبدو على شكل عقدة جبلية تتفرع إلى شعبتين كبيرتين بالاتجاه جنوبا، وقد أدى تعمق الأودية في تلك المنطقة إلى إبراز هذه المرتفعات على شكل كتل جبلية متقطعة.

3- المرتفعات الغربية:

وتمتد بطول 28 كم، وتمثل قمم هذه المرتفعات خطوطا لتقسيم المياه بين الأودية التي تجري غربا باتجاه البحر المتوسط مثل وادي الشقاق، ووادي الخليل شرقا، وتبدو هذه المجموعة على شكل كتل جبلية قطعها المجاري المائية، وهي جزء من محدب الظاهرية الذي تأثر بفعل الصدوع العريضة وأدت إلى تقطيعه إلى كتل شبه منفصلة مشكلة بذلك العديد من الحافات الصاعدة. ويلاحظ من الخريطة رقم (2) وجود تباين واضح بين الأحواض في السفح الغربي لمحافظة الخليل والأحواض في السفح الشرقي، من حيث عددها واتجاهات انحداراتها.



خريطة (2): الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحثين بالاستعانة بالخريطة الكنتورية بفواصل 5 متر

ثالثاً: التركيب الجيولوجي للسفح الغربي لهضبة الخليل

تظهر في منطقة الدراسة مجموعة من التكوينات الصخرية التي يعود تاريخها الجيولوجي إلى الزمن الثاني والزمن الثالث، وتعود أقدم الطبقات الصخرية إلى العصر الكريتاسي، والخريطة رقم (3) توضح أهم التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة.

1- تكوين الألبان:

تنتشر هذه المكاشف بأقصى الطرف الشمالي والشمال الغربي من جبال شرق دورا وفي منطقة نمره بالخليل، ويقسم الألبان في هذه المنطقة إلى قسمين: الألبان الأسفل ويتألف من الحجر الجيري الدولوميت مع كميات قليلة من الصخور الطرية كالمارل، أما الجزء الأعلى فإنه يتألف من الحجر الجيري المارلي، وبذلك يكون الجزء السفلي أقل صلابة من الجزء العلوي، وتبلغ مساحته 67 كم² من المساحة الكلية، أي ما نسبته 10%.

2- تكوين السينومينيان:

يعدّ تكوين السينومينيان هو الأوسع انتشارا في المنطقة، حيث تبلغ مساحته حوالي 183 كم² من المساحة الكلية أي ما نسبته 28%، ويتكون بشكل أساسي من الدولوميت والكلس ويتراوح لون هذا التكوين ما بين الأصفر إلى البني، وبشكل غالبا تضاريس سهلية مكسوة بالتربة، ويعدّ هذا التكوين بشكل عام خزانا مائيا جيدا، حيث تتصف بقلة نفاذيتها.

3- تكوين التورينيان:

يتميز هذا التكوين بأن مكشفه مكون من الحجر الجيري الناعم الصلب جدا، ويستعمل كحجارة بناء ويحتل هذا التكوين المرتبة الثانية من حيث درجة الانتشار في منطقة الدراسة، حيث تبلغ مساحته 127 كم² أي ما نسبته 22%.

4- تكوين الكامبينيان:

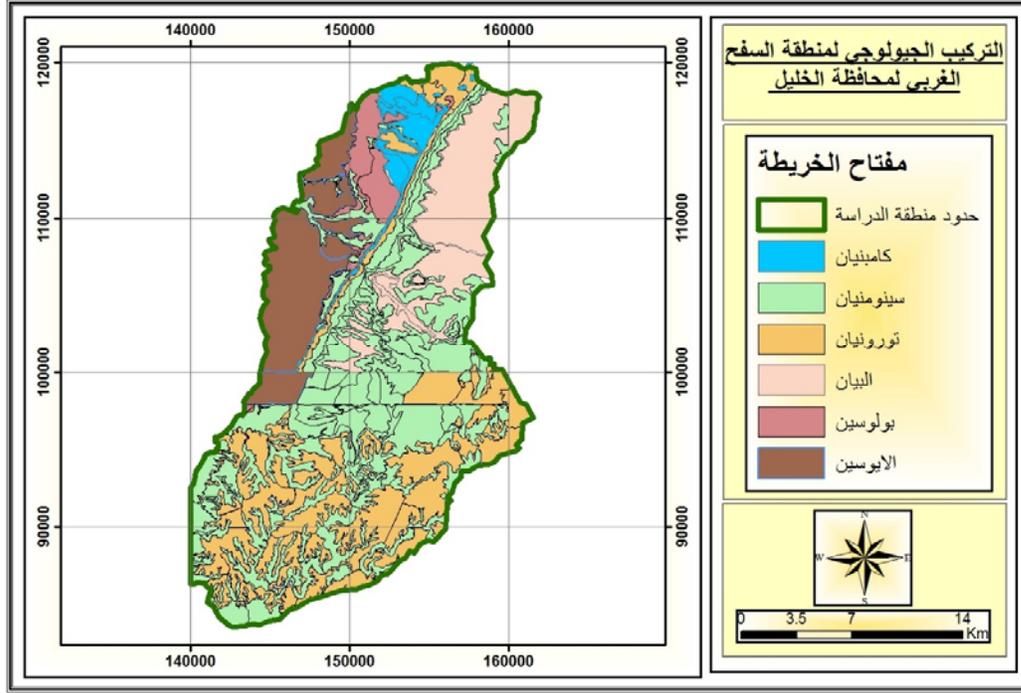
يتألف هذا التكوين من الطباشير، ويعدّ المكون الرئيسي لها، وعادة يكون أصفر اللون ويسمك قليل لا يزيد عن نصف متر، وينتشر في أقصى الشمال الغربي لمنطقة الدراسة، وهو أقل التكوينات الصخرية انتشارا في المنطقة، حيث تبلغ مساحته 16 كم² من مساحة المنطقة.

5- تكوين البليوسين:

ويعود إلى حقبة الحياة الحديثة من العصر الثلاثي، ويتكون من صخور طينية ومارلية والرمل الخشن، وتبلغ مساحته 18 كيلومتر، أو 14% من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة.

6- تكوين الايوسين:

ويعود إلى حقبة الحياة الحديثة من العصر الثلاثي، ويتكون من الصوان والحجر الجيري والدولوميت، وتبلغ مساحته 50 كم²، أي ما نسبته 10%، ويعدّ من أنواع الصخور الحاوية للمياه لقلّة نفاذيته. (عابد ووشاحي، 1999)



الخريطة (3): التركيب الجيولوجي للسفح الغربي لمحافظة الخليل

المصدر: من عمل الباحثين بالاستعانة بخط تقسيم المياه في محافظة الخليل و(Arc GIS).

رابعا: أنواع الترب في منطقة الدراسة

التربة هي الطبقة الرقيقة الهشة التي تغطي صخور قشرة الأرض بسمك يتراوح بين بضعة سنتيمترات وعدة أمتار، وتتكون منطقة الدراسة من 3 أنواع من الترب كما توضح الخريطة رقم (4)، وهي على النحو التالي:

1- تربة التيراروسا:

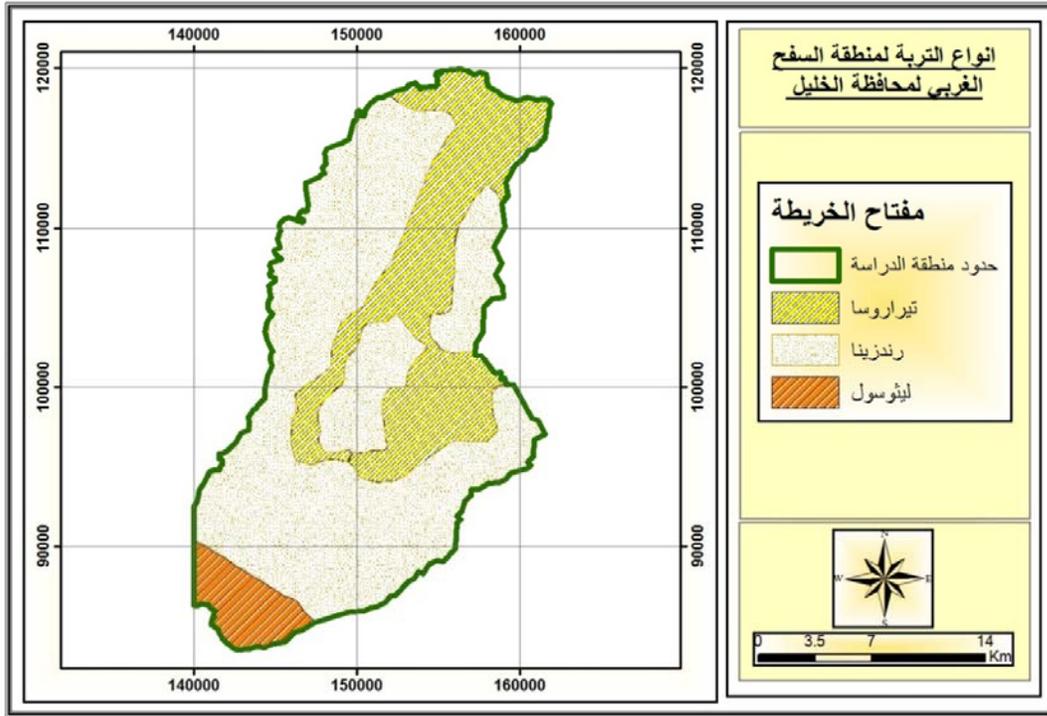
تنتشر هذه التربة في الأجزاء الشمالية والوسطى، حيث تبلغ مساحتها 135 كم² من المساحة الكلية، أي ما نسبته 29%، وتتساقط هذه التربة على صخور الحجر الجيري والدولوميت الصلب.

2- تربة الرندزينا:

تنتشر هذه التربة في منطقة الدراسة في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية حيث تبلغ مساحتها 314 كم² من المساحة الكلية للمنطقة، أي ما نسبته 64%، وتتساقط هذه التربة من الصخور الجيرية الطرية أي على الطباشير والمارل ولا تتساقط على الصخور الجيرية الصلبة أبداً.

3- تربة الليثوسول:

تسود هذه التربة في أقصى الجنوب، وتبلغ مساحتها 25 كم² من المساحة الكلية للمنطقة، أي ما نسبته 7%، تتساقط هذه التربة من الترسبات المنقولة بفعل الرياح والسيول، وتتألف هذه الترسبات من الكوارتز. (العدرة، 2007)



الخريطة (4): أنواع الترب في السفح الغربي لمحافظة الخليل

المصدر: من عمل الباحثين بالاستعانة بخط تقسيم المياه في محافظة الخليل و(Arc GIS).

التحليل الهيدرولوجي واختيار أفضل المواقع لإنشاء السدود

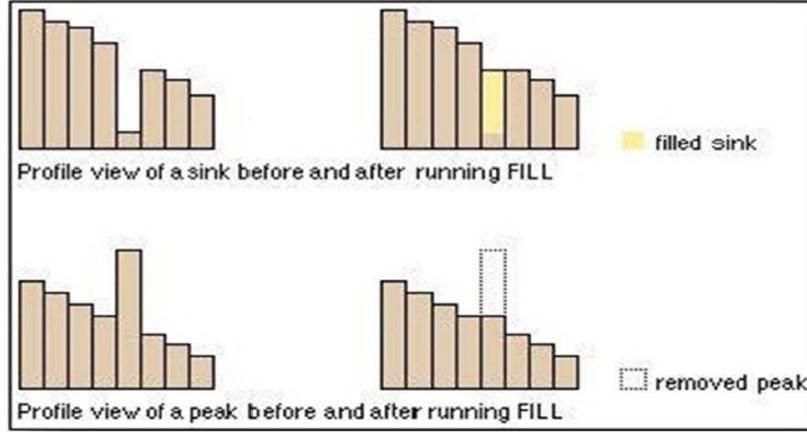
هناك العديد من النماذج أو برامج الحاسوب التي طورت لتحليل نماذج الارتفاعات الرقمية واستخلاص البيانات منها في التطبيقات الهيدرولوجية، حيث وظفت القياسات للتطبيقات الزراعية دون الاهتمام الكافي بالقياسات المورفومترية والتركيز على حساب الجريان السطحي والانحدار وعوامل التجوية. ويحتاج التحليل الهيدرولوجي للمنطقة الية عمل لاستخلاص طبقات أحواض التصريف والمجري المائية.

1- استخلاص طبقة الارتفاعات الرقمية:

هناك العديد من الملفات الناتجة عن المسح الراداري للتضاريس التي قامت به العديد من الأقمار الصناعية، وأشهر هذه الأقمار هو مكوك الفضاء انديفور التابع لوكالة ناسا، وهذه الصور متوفرة لكل الدول، ولكن بدقة مكانية مختلفة. تم استخدام خرائط الكنتور المتوفرة في وزارة الحكم المحلي الفلسطيني بفاصل 5 متر، في إنتاج خرائط (DEM) بالدقة المناسبة لمنطقة الدراسة، ومن خلال تحليل السطوح في برنامج ARCGIS تم تحويل خريطة الكنتور إلى خريطة من نوع شبكة المثلثات غير المنتظمة Triangulated Irregular Network (TIN) وباستخدام أداة التحليل TIN To Raster تم تحويلها إلى خريطة DEM، والخريطة رقم (5) توضح ارتفاعات منطقة الدراسة.

2- معالجة القيم الشاذة في الارتفاع (Fill):

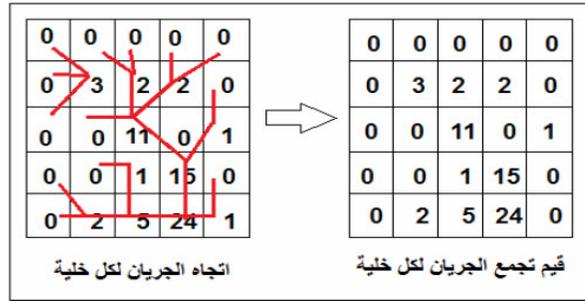
ملف الارتفاع يكون في صورة شبكية (Raster)، وكل خلية لها ثلاثة ابعاد (Z,Y,X)، والخلية ذات الارتفاع الأعلى تصب في الخلية ذات الارتفاع الأقل في سلسلة متتابعة، وتتواصل هذه السلسلة المتتابعة من ارتفاع أكبر إلى ارتفاع أقل وهكذا، فإذا ما حدث شذوذ في هذا التتابع مثل وجود خلية ذات ارتفاع أو انخفاض مثل وجود حفرة، فهذا يعني نهاية الوادي وبداية وادي جديد، وما هو في الحقيقة الا نفس الوادي، لذلك يتوجب إزالة هذا الارتفاع الشاذ أو هذه الحفرة، وذلك بإعطائها متوسط قيم الخلايا المجاورة من خلال عملية تسمى Fill Sinks كما في الشكل (1) والخريطة رقم (6).



الشكل (1): معالجة الخلايا الشاذة

3- إنشاء طبقة اتجاهات الجريان (Flow Direction):

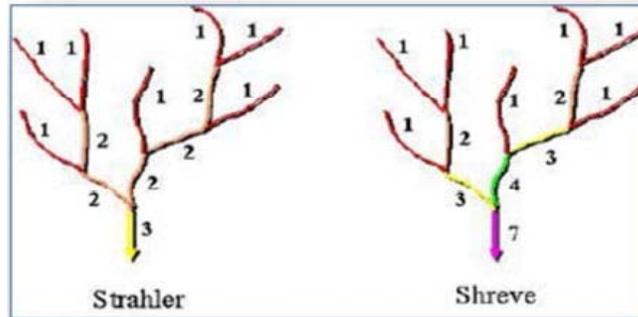
في هذه الخطوة يتم تحديد اتجاه الجريان للخلايا على أساس الارتفاع، ونلاحظ في هذه الخطوة أن التحليل يتم على مستوى الخلية وليس على مستوى الرافد، بمعنى أن كل خلية تؤدي إلى خلية مجاورة لها تكون أقل ارتفاعاً منها، والملف الناتج عن هذه العملية يكون على صورة خلايا شبكية Rater، وكل خلية لها رقم من أصل 7 أرقام (1,2,4,16,32,64,128) وكل رقم يدل على اتجاهه، والشكل رقم (2) والخريطة رقم (7) توضح هذه العملية.



الشكل (2): يوضح اتجاه جريان الماء

4- إنشاء طبقة الرتب النهريّة (Flow Accumulation):

الرتبة النهريّة رقم يدل على قوة الوادي، وتعتمد الرتب النهريّة على عدد الأودية التي تتجمع فيها المياه كما في الخريطة رقم (8)، والخريطة رقم (9)، ويستخدم برنامج Water modeling System في النمذجة الهيدرولوجية لتحليل الخصائص المورفومترية. وهناك طريقتان لتحديد الرتب النهريّة: طريقة استيلر وطريقة شريف (Strahler, 1964) والشكل رقم (3) يبين الفرق بينهما.



الشكل (3): طريقة ستيرلر وشريف لحساب الرتب النهريّة

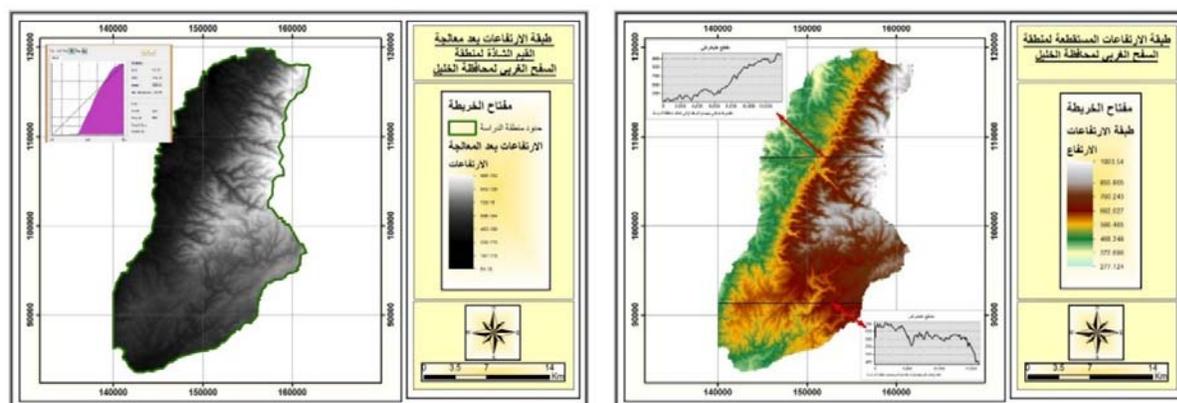
5- تحويل المجاري المائية من Raster إلى Vector:

يتم تحويل المجاري المائية من raster إلى vector لتصبح طبقة خطوط نستطيع التعامل معها في حساب أطوال الروافد النهرية وكثافتها، وعمل التحليلات اللازمة لها، والخريطة رقم (10) تبين الرتب النهرية من نوع Vector.

6- إنشاء طبقة أحواض التصريف (Basin):

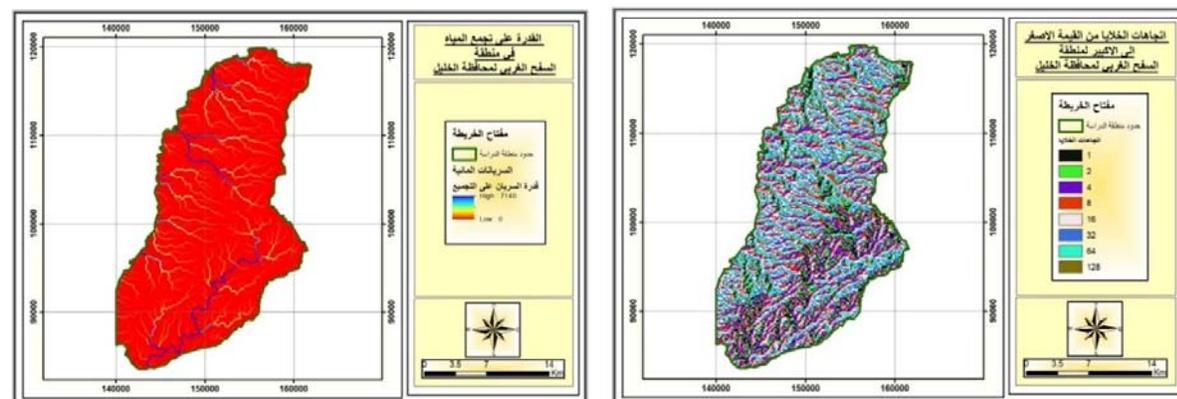
يتم انتاج هذه الطبقة التي تمثل حدود أحواض التصريف بإدخال طبقة اتجاه الجريان المائي، حيث إن اتجاه الجريان يمثل شكل اتجاه الجريان المائي الذي سيتم الاعتماد عليه في انتاج خريطة مناطق التجمع المائي، ويعتمد التحليل على كمية سقوط الأمطار ومساحة المنطقة كما توضح الخريطة رقم (11)، ولأن المنطقة يوجد فيها أكثر من حوض، سيتم الإعتماد في التحليل على تقسيم الأحواض (Basin). وفي حالة التركيز على حوض محدد يتم استخدام (watershed)، وتوضح الخريطة رقم (12) الأحواض في منطقة الدراسة.

توضح الخريطة رقم (12) أحواض التصريف في منطقة السفح الغربي لمحافظة الخليل، ومن خلال الخريطة تبين وجود 12 حوض تصريف ولكن الأحواض الرئيسية في المنطقة هي 3 أحواض، وهي مرقمة (1،2،3)، وأكثرها استيعابا للمياه هو الحوض رقم (1) ويليه الحوض رقم (2) ويليه الحوض رقم (3). ومن الخريطة رقم (12) نلاحظ بان أكبر كمية امطار تتساقط على الحوض رقم (1) بسبب مساحته الكبيرة، وقد تم دراسة هذه الأحواض والمجاري المائية دراسة مورفومترية تفصيلية تناولت مساحاتها وعدد وأطوال مجاريها ورتبها.



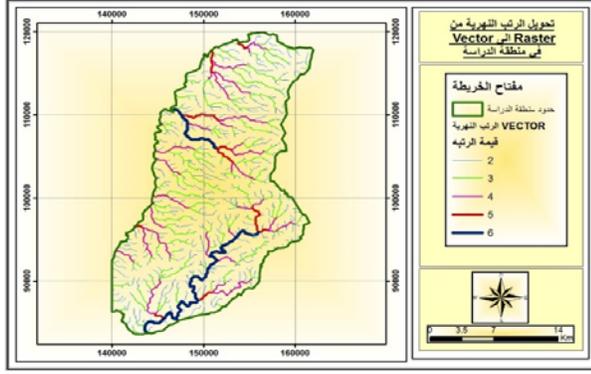
خريطة (6): معالجة القيم الشاذة

خريطة (5): الارتفاعات

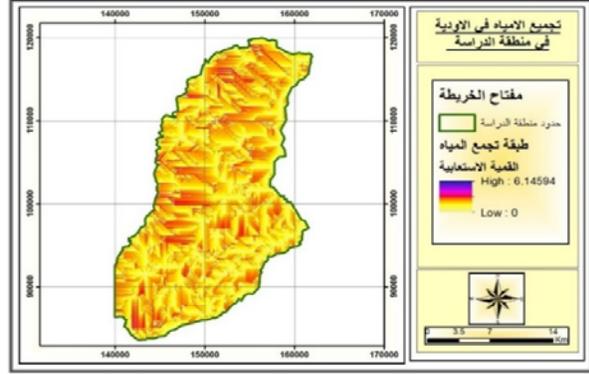


خريطة (8): السرينات المائية

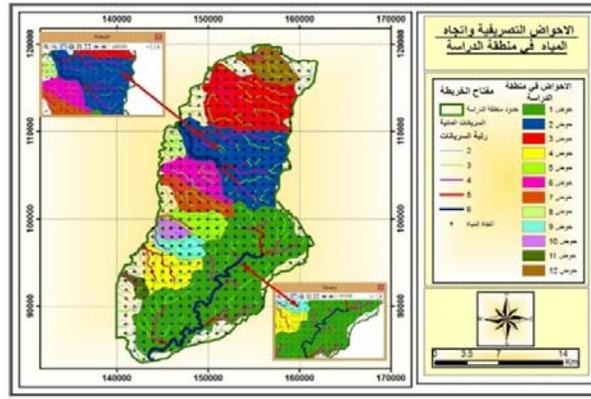
خريطة (7): اتجاه الخلايا



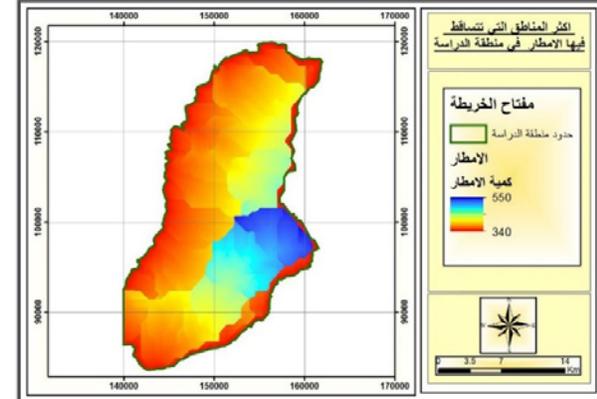
خريطة (10): تحويل الرتب النهرية من راسر إلى فكتور



خريطة (9): القدرة الاستيعابية للمياه



خريطة (12): الأحواض التصريفية



خريطة (11): الأمطار في منطقة الدراسة

المصدر: خريطة الكنتور بفاصل 5 متر وتحليلها باستخدام برنامج ArcGIS، وزارة الحكم المحلي الفلسطيني، 2015.

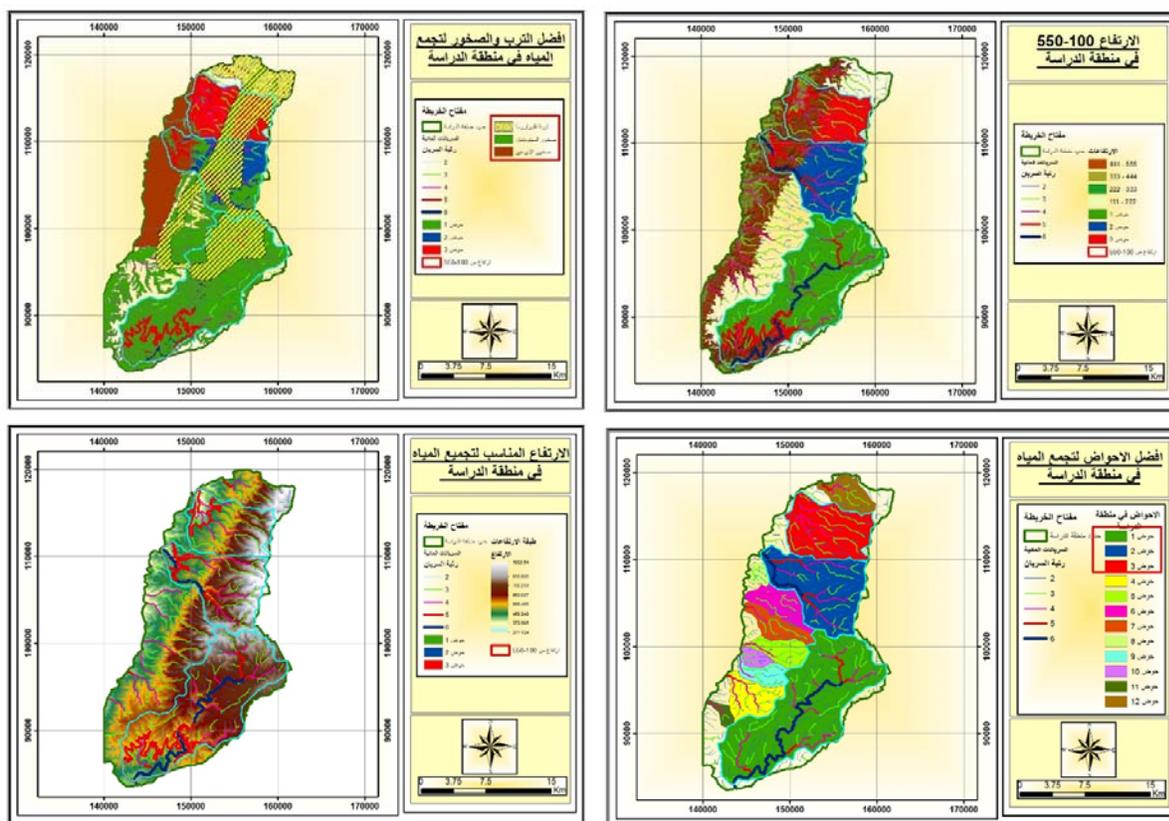
2-3: سدود تخزين المياه السطحية

تشكل سدود التخزين السطحية مصادر مائية مهمة، فهي تخزن مياه فيضانات الأودية على سطح الأرض وبين الجبال، ويتم تخزينها لاستخدامها لأغراض الإستخدام المنزلي والزراعة، أو من أجل الحماية من الفيضانات، وقبل البدء بعملية بناء السد يجب إجراء الدراسات لضمان أمان السد وعدم تدمره بعد فترة قصيرة، ومن أهم الدراسات اللازمة قبل بناء السد:

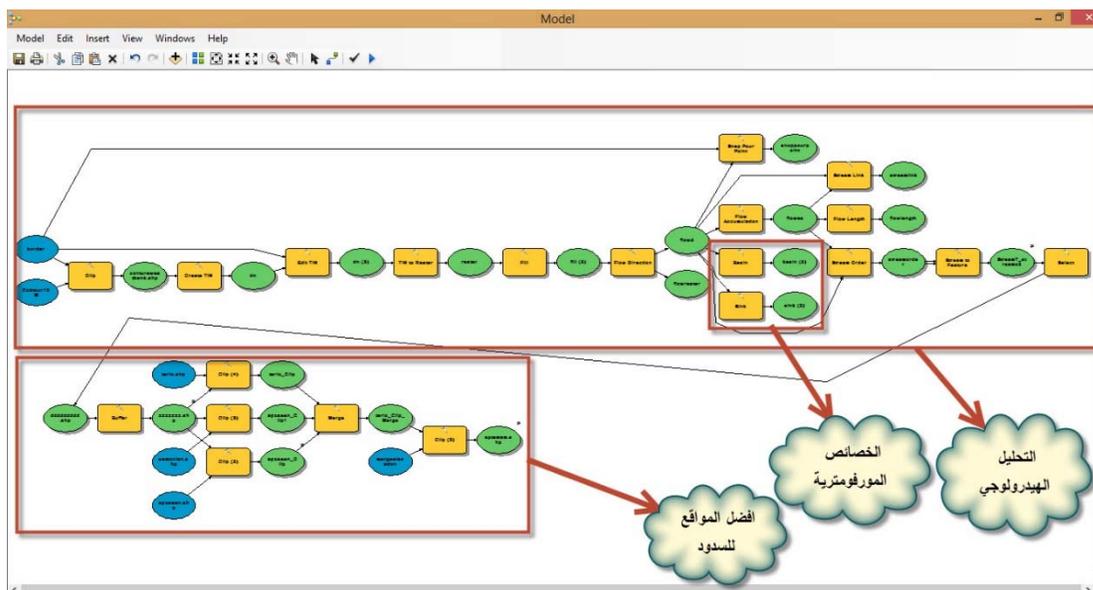
- 1- دراسات جيولوجية: تشمل دراسة الطبقات الصخرية، وطبيعة المنطقة التكوينية.
- 2- دراسات هيدرولوجية: وتشمل دراسة كميات الأمطار الساقطة والمياه السطحية والمياه الجوفية.
- 3- دراسات جيوتقنية: التي تقوم بدراسة نفاذية التربة، وقياس خواص الصخور.
- 4- دراسات طبوغرافية: التي تهتم بدراسة الارتفاعات وأشكال سطح الأرض والانحدارات.

تبين الخرائط الجيولوجية بان تراكيب الأيوسين هي أكثر التراكيب الجيولوجية حفظا للمياه على عكس غيره من التراكيب، ويقع هذا التركيب في غرب منطقة الدراسة، حيث يبلغ اخفض ارتفاع فيها حوالي 335م فوق مستوى سطح البحر، وهو نفس المكان الذي يستحوذ على أكبر تجمعات للمياه بسبب وقوعه في مواجهة البحر المتوسط كما توضح مجموعة الخرائط رقم (13).

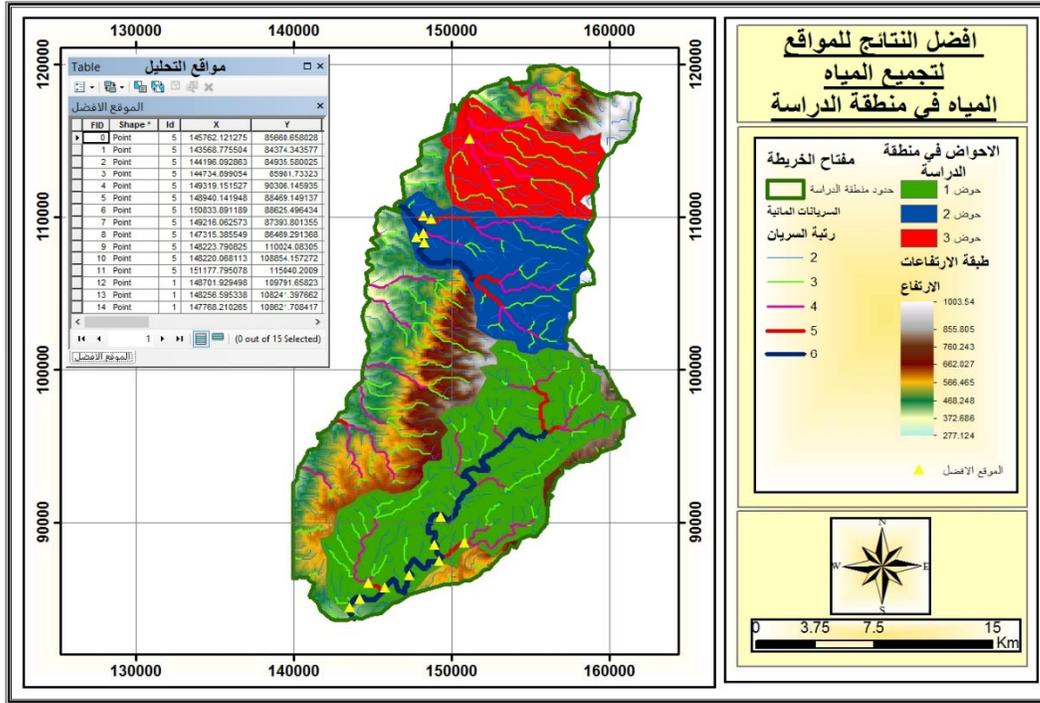
تم اقتراح موقعين للسدود باستخدام برنامج Model Builder في نظم المعلومات الجغرافية بناء على مجموعة من المتغيرات ذات البعد المكاني التي تؤثر على اختيار موقع إقامة السد، وهذه المتغيرات هي أنواع الصخور والتحليل الهيدرولوجي للمنطقة وطبيعتها ومساحة الأحواض وكمية التساقط (الشكل 4)، ومما يجدر ذكره بأن نوع التربة لم يؤخذ بعين الاعتبار بشكل اساسي، لان سمك التربة في المنطقة لا يتجاوز المتر وبالتالي لا يوجد لها تأثير كبير في اقتراح موقع السد، وسيقوم هذا الموديل (النموذج) بتحليل هذه العوامل لإنشاء السدود في أفضل المواقع التي تتوافق مع الصخور والتربة قليلة النفاذية، ومع التحليل الهيدرولوجي لتجمع المياه، والخريطة رقم (14) توضح تحليل الموديل، وسيتم الأخذ بعين الاعتبار أيضا الفوارق الطبوغرافية الصغيرة في المنطقة للتخفيف من تكلفة البناء كما توضح الخريطة (15).



الخريطة (13): توضح الدراسات التي قام بها الباحث لتعيين أفضل المواقع لإنشاء مواقع تجمع المائي. المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على GIS والدراسات الهيدرولوجية المورفومترية والطبغرافية للمنطقة.



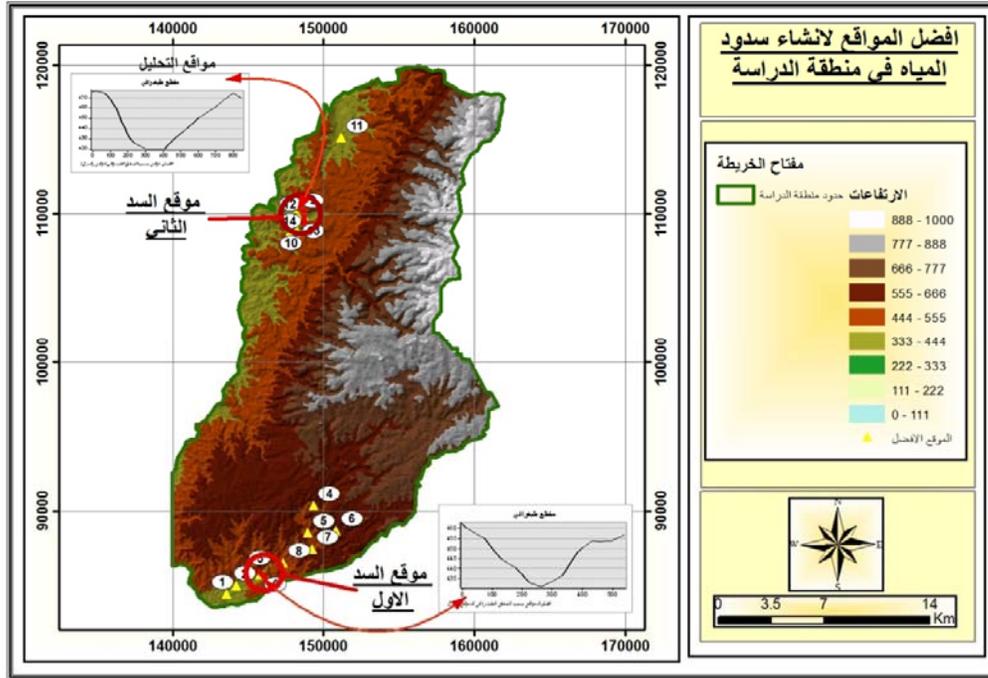
الشكل (4) يوضح الموديل الذي تم صنعه لتحديد أفضل المواقع لإنشاء مواقع تجمع المياه. المصدر: من عمل الباحثين بالاستعانة GIS والتحليل الهيدرولوجي.



الخريطة رقم (14): توضح أفضل النتائج لإنشاء المواقع لتجميع المياه

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على GIS والدراسات الهيدرولوجية المورفومترية والطبغرافية للمنطقة.

واظهر لنا تحليل الموديل وجود 15 منطقة مناسبة لتجميع المياه فيها في الأحواض الثلاثة (الحوض الأول والحوض الثاني والحوض الثالث)، 9 منها في الحوض الأول و5 في الحوض الثاني وموقع واحد في الحوض الثالث، ولكن سيتم اختزال المواقع إلى أفضل 3 مواقع من خلال اختيار معايير طبغرافية، كما وضحت الخريطة رقم (15).



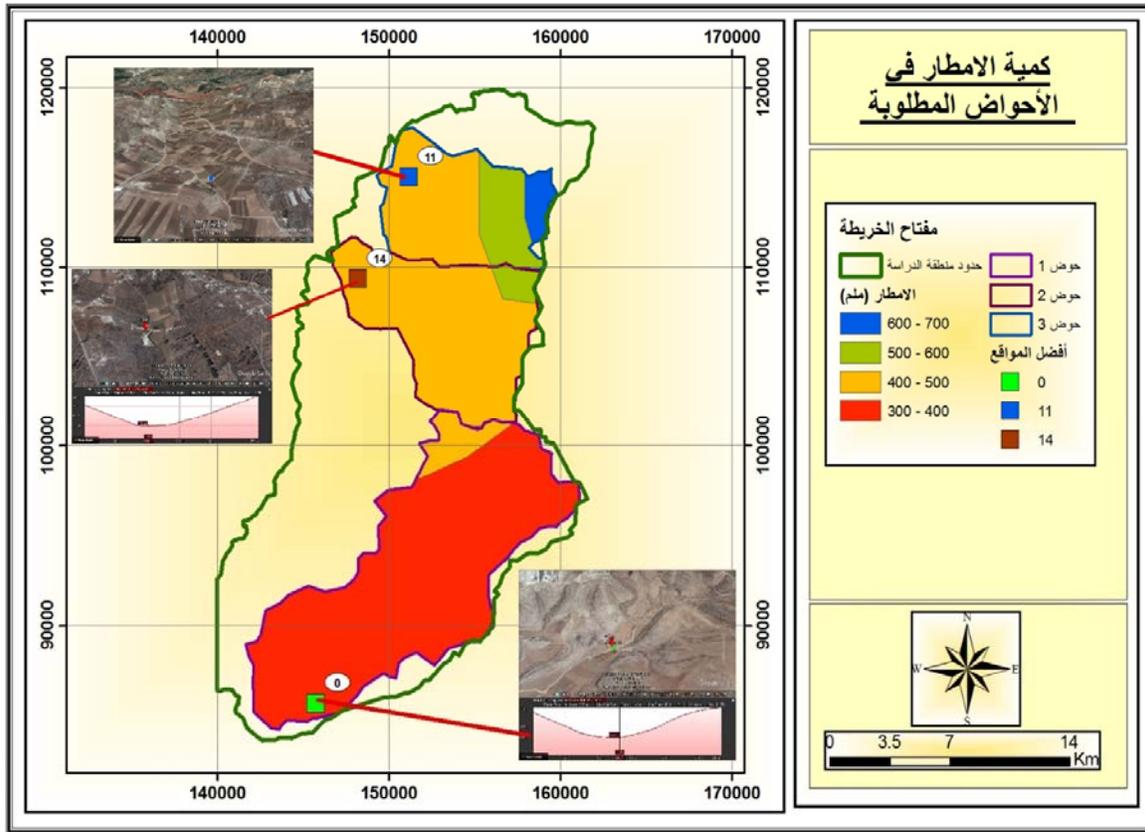
خريطة رقم (15): توضح أفضل المواقع لإنشاء السدود من خلال الخواص الطبغرافية

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على GIS والدراسات الهيدرولوجية المورفومترية والطبغرافية للمنطقة.

وتم فقط اختيار 3 مواقع لإنشاء السدود، وقد اتسمت المواقع في اختيارها بالمساحة الطبوغرافية الضيقة بناءً على الخصائص الطبوغرافية المشتقة من المقطع الطبوغرافي الذي تم إنشاؤه لكل منطقة من مواقع الإنشاء، وتبين في موقع الحوض الأول في الموقع رقم (0) ان مسافة المقطع 300 متر وعلى ارتفاع يتراوح بين 430 و455 متر فوق سطح البحر، أي على ارتفاع 25 متر، أما منطقة التجميع الثانية في الموقع رقم (14) فتبلغ مسافة مقطعه 600 متر وعلى ارتفاع يتراوح بين 420 و470 متر فوق سطح البحر، أي على ارتفاع 50 متر، وأما بالنسبة للمنطقة الثالثة ونظرا لتعدد طوبوغرافيتها في الموقع رقم (11) فينصح بإقامة ابار اصطناعية في تلك المنطقة.

كمية مياه الأمطار الجارية

تم حساب كمية المياه الجارية من خلال حساب معدل الأمطار السنوية مع استخراج قيمة التبخر الحقيقي في كل منطقة، وحساب قيمة التسرب، مع العلم ان هناك علاقة عكسية بين التسرب وتضرس المنطقة؛ فكلما زاد الانحدار قل تسرب المياه والعكس صحيح، (Pareta, 2012)، حيث قامت الدراسة على حساب كمية المياه الجارية لكل سد للاستفادة من قدرة المياه الجارية على تعبئة السد، والخريطة رقم (16) توضح كمية الأمطار في كل حوض من أحواض منطقة الدراسة.



خريطة (16): كمية الأمطار في أحواض الدراسة

المصدر: كميات الأمطار السنوية، وزارة الحكم المحلي الفلسطيني، 2015.

الجدول (1): المتوسطات الشهرية والفصلية لبعض عناصر المناخ في محطة الدراسة 2012/2003

الشهر	متوسط درجة الحرارة م°	متوسط الأمطار / ملم	التبخر / ملم
تشرين الأول	18.6	0	138.4
تشرين الثاني	13.7	23.4	126.8
كانون أول	8.1	43.9	92.5
كانون الثاني	7.1	153.1	50.5
شباط	8.1	109	79.6
آذار	10.5	103.2	174.6
نيسان	14.7	9.4	208.8
أيار	18.4	5.8	203.8
حزيران	20.8	0	235
تموز	22.1	0	266.5
أب	22.1	0	234
أيلول	20.9	0	193
المعدل	15.5	447.8	166.9

المصدر: 1- الأرصاء الفلسطينية بالضفة الغربية 2012/2003م.

2- الموقع الاسباني: (<http://en.tutiempo.net>).

3- CSD-16/17 National Report Israel

4- Yakov Livshitz, (2012) the Natural Water Resources between the Mediterranean-

Sea and the Jordan River

الجدول (2): الميزانية المائية لكل حوض بالاعتماد على الخرائط المناخية لمنطقة الدراسة والجدول (1)

الحوض سدود أراضي (أ)	مساحة حوض /السد/كم ²	معدل متوسط الأمطار السنوي/ملم	التبخر السنوي من كمية الأمطار الساقطة/ %	التسرب % (Juaidi, 2008)	فاقد الأمطار %	كمية الأمطار المتبقية/ %	كمية المياه الجارية فعلا/ملم	كمية الأمطار الجارية فعلا/م ³ (الفائضة) ⁽¹⁾
الحوض رقم(1)	151	360	46	44	90	10	36	5436000
الحوض رقم(2)	75	460	36	41	77	23	105	7875000
الحوض رقم(3)	58	494	34	38	72	28	138	8004000
المجموع								21315000

بتصرف الباحثين، حيث تم حساب المتوسط الموزون للأمطار لكل حوض من الخريطة رقم (16).

من الجدول (2) يتضح بان مجموع كمية المياه الجارية الفعلية في أحواض منطقة الدراسة بلغت (21315000 م³)، وبلغت كمية المياه الجارية للحوض الاول (5436000 م³) أي بنسبة 25.5% من الكمية الاجمالية للمياه الجارية في الأحواض، في حين بلغت كمية المياه الجارية في الحوض الثاني (7875000 م³) أي على نسبة 37% من المياه الجارية، في حين بلغت كمية الأمطار الحوض الثالث (8004000 م³).

النتائج

1. تم بناء قاعدة بيانات للسفح الغربي لمحافظة الخليل تبين خصائصه المورفومترية اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمية.
2. تم تصميم وإنشاء خريطة مورفومترية اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمية ومن خلال الامكانيات التي يتيحها النظام.

¹ كمية الأمطار الساقطة على حوض م³ = مساحة الحوض/م² * كمية الأمطار الفعلية/م

كمية الأمطار الفعلية/م =معدل الأمطار الساقطة -فاقد الأمطار

فاقد الأمطار % = التبخر والنتج الكامن + التسرب

كمية الأمطار المتبقية % = 100 - فاقد الأمطار

3. اتضح من خلال دراسة الأحواض التصريفية التباين الكبير في الأحواض في منطقة الدراسة، حيث إن هناك 12 حوض في منطقة الدراسة تتباين في خصائصها من النواحي الطبوغرافية والمساحة والكثافة التصريفية لأوديتها.
4. أظهر تحليل الموديل وجود 15 موقع لتجميع المياه، 9 مواقع في الحوض الأول و 5 مواقع في الحوض الثاني وموقع في الحوض الثالث.
5. أظهرت الدراسة أن أفضل المواقع لإقامة السدود هي في الحوض الأول والحوض الثاني؛ لوجود فارق طبوغرافي صغير، أما الحوض الثالث فيوجد منطقة وعرة طبوغرافيا وإقامة السدود فيها يتطلب كلفة عالية، ويفضل عمل آبار اصطناعية فيها.
6. أظهرت الدراسة أن مجموع كمية المياه الجارية الفعلية في أحواض منطقة الدراسة بلغت (21315000 م³)، وتعد هذه الكمية كبيرة ويمكن أن تسهم بشكل فعال في حل مشكلة نقص الموارد المائية المتاحة في منطقة الدراسة.

التوصيات

- بناءً على النتائج التي توصلت إليها الدراسة، يمكن وضع التوصيات الآتية:
1. يمكن الاعتماد على برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف النهري، فهي توفر الوقت والجهد بشكل جيد خاصة إذا ما تم الاعتماد على خرائط طبوغرافية رقمية.
 2. التأكيد على أهمية العمل الميداني وبالذات على روافد الرتبة الأولى، لأنها قد تكون مصدر تشويش في تحليل البيانات نظراً للحساسية العالية عند برمجيات نظم المعلومات الجغرافية.
 3. إنشاء السدود التي تم تحليلها في الحوض الأول والثاني للاستفادة من المياه في مختلف المجالات، وإنشاء آبار صناعية في الحوض الثالث.
 4. إنشاء السدود والآبار التخزينية بما يتلاءم مع كمية الأمطار في كل حوض، مع الأخذ بعين الاعتبار حالة كل منطقة من الناحية الهندسية.

المصادر والمراجع

- خضر، صهيب، ورائد، فيصل (2011م) الدلالة الهيدرولوجية السطحية لحوض وادي العجيج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، مجلة التربية والعلم - المجلد (18)، العدد (1)، جامعة الموصل، العراق.
- التوم، صبري محمد (2011م) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض وادي الرمدن وحوض نهر تكالا، مجلة العلوم الإنسانية، جامعة البحرين، العدد 20.
- حمدان، صبري، وأبو عمرة، صالح (2010م) بعض الخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض الرمدن وسط غرب الأردن باستخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (دراسة مقارنة)، مجلة جامعة الأزهر، المجلد 12، العدد 2، غزة.
- الحمادة، فرج (2003) أثر المناخ والسطح على النباتات في منطقة الخليل، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية.
- الرجوب، محمود الحوامدة (1992) الزراعة في محافظة الخليل، رابطة الجامعيين، الخليل.
- الفرحان، يحيى، وأبو سمور، خلف (1988) مدخل إلى الجغرافيا الطبيعية، جمعية عمال المطابع التعاونية، عمان.
- العدرة، نزيه (2007) جيومورفولوجية حوض التصريف النهري الأعلى من وادي الخليل، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية.
- جودة، جودة حسنين (1986) الجيومورفولوجيا، دراسة في علم أشكال سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- عابد، عبد القادر، ووشاحي، صايل (1999) جيولوجية فلسطين والصفة الغربية وقطاع غزة، مجموعة الهيدرولوجيين الفلسطينيين.
- كرزم، جورج (2011) الحصاد المائي، تقنيات وتطبيقات، معهد أريج للأبحاث التطبيقية، بيت لحم.
- عواد، عبد الحفيظ (1990) جغرافية محافظة الخليل الإقليمية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة.
- Pareta, K. Pareta, U. (2012), Quantitative Geomorphological Analysis of a Watershed of Ravi River Basin, H.P. India. International Journal of Remote Sensing and GIS.
- Abdulla, Hamed Hassan. (2010). Morphometric parameters study for the lower part of lesser zap using GIS technique. University of Baghdad, Iraq, Baghdad.
- Strahler, A.N. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Networ, Handbook of Applied Hydrology.

Yakov Livshitz. (2012) the Natural Water Resources between the Mediterranean Sea and the Jordan River.
 Juaidi, A. (2008) GIS-Based Modeling of Groundwater Recharge for the West Bank, Unpublished Master Thesis ,An-Najah National University, Nablus, Palestine.

Wadis Network Analysis and Determining Optimal Dams Sites in the Western Slopes of Hebron Plateau Using GIS Techniques

*Ahmed Ra'fat Ghodieh, Mohammed Abdallah Burqan**

ABSTRACT

The Palestinians in the West Bank and Gaza Strip suffer a lot of severe shortage of available water resources for different uses. The reason of such suffering is the complete control of Israeli occupation of those resources, and the restrictions and difficulties they impose on them. The Palestinians try to maximize their use of available water resources, especially the surface water. They dig cistern wells in their homes' yards to collect rainwater from the roofs of their houses and buildings. Yet, the amount of rainwater which they could collect is very limited, and does not contribute a lot in solving the problem. This study aimed at identifying the best locations for dams in the study area. Contour map of 5 meters interval is used in topographic analysis, and GIS software version 10.1 and its extension Hydro 2.0 are used in analyzing wadis network and determining suitable locations for dams. The study showed that there are 15 locations for dam construction, but 3 of them are the best from the storage capacity and from the cost point of view. The total water runoff of the study area is estimated as 21315000 m³.

Keywords: Hebron, Wadis Network, GIS, Dams.

* Department of Geography, An-Najah National University, Nablus, Palestine. Received on 19/2/2017 and Accepted for Publication on 5/9/2017.