



جامعة النجاح الوطنية
كلية الدراسات العليا

دراسة الخصائص (المورفومترية) لحوض البحر الميت
واستنباط مقدار التراجع في مستوى مياهه باستخدام تقنيات
الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

اعداد

آية رائد إبراهيم قنديل

إشراف

د. أحمد رأفت غضية

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في الجيوماتكس بكلية الدراسات
العليا في جامعة النجاح الوطنية في نابلس - فلسطين.

2024

دراسة الخصائص (المورفومترية) لحوض البحر الميت
واستنباط مقدار التراجع في مستوى مياهه باستخدام تقنيات
الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

اعداد

آية رائد إبراهيم قنديل

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 2024/12/02م، وأجيزت:



التوقيع

د. أحمد رأفت غضية

المشرف الرئيسي



التوقيع

د. ناجح أسمر

المشرف الخارجي



التوقيع

د. صفاء حمادة

المشرف الداخلي

الإهداء

إلى قذوتي ومصدر إلهامي، إلى السند في كل مراحل حياتي، إلى رجلي الأعظم

أبي العزيز

إلى من كانت دعواتها وسيلة لبلوغي هذا النجاح، إلى من حملتني في قلبها قبل أن تحملني بين ذراعيها

أمي الغالية

إلى من كان سندي في كل خطوة، وملجأ في لحظات التعب، إلى رفيق دربي زوجي الغالي

إبراهيم (أبو محفوظ)

إلى أعز ما أملك في الحياة، إلى فلذات كبدي، إلى من أجد في ضحكاتهم الأمل، وفي نظراتهم القوة،

أولادي الأحباء محفوظ وأريانا

إلى شركاء طفولتي وأجمل ذكرياتي، إلى من شد الله بهم عضدي، فكانوا خير رفيق

إخواني وأخواتي

إلى كل من ساعدني وشجعني على إتمام هذا الإنجاز المتواضع

إلى وطني فلسطين..... إلى غزة الصمود

الشكر والتقدير

الحمد لله، والشكر لله الذي منَّ عليّ بفضلِهِ وتوفيقِهِ، ويسر لي سبل النجاح والإنجاز، لإتمام هذا البحث المتواضع.

أتقدم بجزيل الشكر والتقدير العظيم إلى الأستاذ الدكتور أحمد رأفت، على تفضله بالإشراف على هذه الرسالة، ودعمه وتوجيهه المستمر طوال مرحلة إعداده وحتى مناقشته.

لقد كان لخبرته ورؤيته الأثر الكبير في توجيهي وصقل أفكاري، وتحفيري لبذل المزيد من الجهد لإتمام هذا البحث.

كما أتقدم بالشكر والامتنان إلى أعضاء لجنة المناقشة على تفضلهم بالموافقة على مناقشة هذا الرسالة وعلى ما قدموه من تعليقات بناءة وملاحظات قيمة. وأخص بالذكر الدكتور ناجح أسمر، والدكتورة صفاء حمادة، جزاهم الله كل خير.

وأتقدم بالشكر الموصول إلى أستاذتي الكرام في قسم الجغرافيا والجيومتكس في جامعة النجاح الوطنية على كل ما قدموه طيله فترة الدراسة.

الإقرار

أنا الموقعة أدناه، مقدمة الرسالة التي تحمل العنوان:

دراسة الخصائص (المورفومترية) لحوض البحر الميت واستنباط مقدار التراجع في مستوى مياهه باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

أقر بأن ما اشتملت عليه هذه الرسالة هي نتاج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت الإشارة إليه حيثما ورد، وأن هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدم من قبل لنيل أية درجة أو لقب علمي أو بحثي لدى أية مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى.

آية رائد إبراهيم قنديل

اسم الطالبة:

آية قنديل

التوقيع:

2024/12/02

التاريخ:

فهرس المحتويات

| | |
|----|---|
| ج | الإهداء |
| د | الشكر والتقدير |
| هـ | الإقرار |
| و | فهرس المحتويات |
| ط | فهرس الجداول |
| ي | فهرس الخرائط |
| ك | فهرس الأشكال |
| ل | فهرس الملاحق |
| م | المخلص |
| 1 | الفصل الأول: الإطار العام للدراسة والدراسات السابقة |
| 1 | 1.1 المقدمة |
| 3 | 1.2 مشكلة الدراسة |
| 3 | 1.3 أسئلة الدراسة |
| 4 | 1.4 أهمية الدراسة |
| 4 | 1.5 أهداف الدراسة |
| 5 | 1.6 منطقة وحدود الدراسة |
| 7 | 1.7 الدراسات السابقة |
| 11 | 1.8 منهجية الدراسة |
| 11 | 1.9 مصادر البيانات |
| 12 | 1.10 الإطار النظري |
| 12 | 1.10.1 جغرافية منطقة البحر الميت |
| 14 | 1.10.2 الخصائص الطبوغرافية للبحر الميت |
| 21 | 1.10.3 السجل الحيولوجي للبحر الميت |

| | | |
|----|---------|---|
| 23 | 1.10.4 | التكوين الجيولوجي للبحر الميت..... |
| 25 | 1.10.5 | التركيب الصخري في منطقة الدراسة..... |
| 28 | 1.10.6 | المصادر المائية للبحر الميت..... |
| 34 | 1.10.7 | التربة..... |
| 35 | 1.10.8 | النباتات..... |
| 36 | 1.10.9 | المناخ..... |
| 40 | 1.10.10 | مشاريع قناة البحرين..... |
| 48 | | الفصل الثاني: التحليل المورفومتري لمنطقة الدراسة..... |
| 48 | 2.1 | المقدمة..... |
| 48 | 2.2 | التحليل الهيدرولوجي..... |
| 49 | 2.2.1 | الارتفاعات الرقمية..... |
| 50 | 2.2.2 | معالجة القيم الشاذة في الارتفاع (Fill)..... |
| 50 | 2.2.3 | اتجاه الجريان (Flow Direction)..... |
| 52 | 2.2.4 | تجميع الجريان..... |
| 55 | 2.3 | الأحواض النهرية Basin..... |
| 55 | 2.4 | الخصائص المورفومترية لحوض البحر الميت..... |
| 57 | 2.4.1 | الخصائص الشكلية..... |
| 62 | 2.4.2 | الخصائص التصريفية..... |
| 71 | | الفصل الثالث: حساب مقدار التراجع في مستوى مياه البحر الميت عن طريق الاستشعار عن بُعد..... |
| 71 | 3.1 | المقدمة..... |
| 72 | 3.2 | معالجة المرئيات الفضائية وتحليلها..... |
| 72 | 3.2.1 | مرحلة جمع البيانات..... |
| 74 | 3.3 | العوامل المؤثرة في مستوى مياه البحر الميت..... |
| 74 | 3.3.1 | العوامل الطبيعية..... |
| 82 | 3.3.2 | العوامل البشرية..... |

| | |
|-----|-----------------------------------|
| 88 | 3.4 التصنيف الموجه |
| 90 | 3.5 دقة التصنيف |
| 92 | 3.5.1 آلية معالجة المرئيات |
| 93 | 3.6 التغير على مساحات البحر الميت |
| 95 | الفصل الرابع: النتائج والتوصيات |
| 95 | 4.1 النتائج |
| 97 | 4.2 التوصيات |
| 99 | المصادر العلمية |
| 103 | الملاحق |
| b | Abstract |

فهرس الجداول

- جدول (1): مساحات درجة الانحدار 19
- جدول (2): مساحات اتجاه الانحدار 21
- جدول (3): مصادر المياه في حوض نهر الأردن 30
- جدول (4): اتجاه الجريان في حوض البحر الميت 52
- جدول (5): الأحواض في منطقة الدراسة 62
- جدول (6): الخصائص التصريفية لأودية حوض البحر الميت الرئيسية 63
- جدول (7): الرتب النهريّة وعددها في حوض البحر الميت 64
- جدول (8): أطوال الرتب النهريّة في منطقة الدراسة 66
- جدول (9): نسبة التشعب النهري 67
- جدول (10): تاريخ المرئيات وخصائصها 73
- جدول (11): قيم NDVI ومساحاتها لعام 1985 116
- جدول (12): قيم NDVI ومساحاتها لعام 1997 116
- جدول (13): قيم NDVI ومساحاتها لعام 2018 116
- جدول (14): قيم NDVI ومساحاتها لعام 2022 117
- جدول (15): قيم NDMI ومساحاتها لعام 1985 117
- جدول (16): قيم NDMI ومساحاتها لعام 1997 117
- جدول (17): قيم NDMI ومساحاتها لعام 2018 118
- جدول (18): قيم NDMI ومساحاتها لعام 2022 118
- جدول (19): مساحات غطاءات الأراضي في منطقة الدراسة 118
- جدول (20): دقة التصنيف لسنة 2022 119
- جدول (21): دقة التصنيف لسنة 2018 119
- جدول (22): دقة التصنيف لسنة 1997 120
- جدول (23): دقة التصنيف لسنة 1985 120
- جدول (24): مستوى الماء للبحر الميت ومساحاته 121

فهرس الخرائط

- 6..... خريطة (1): منطقة الدراسة
- 103..... خريطة (2): أجزاء البحر الميت
- 104..... خريطة (3): المقاطع الطبوغرافية
- 105..... خريطة (4): طبوغرافية حوض البحر الميت
- 18..... خريطة (5): درجات الانحدار
- 20..... خريطة (6): اتجاه الانحدار
- 106..... خريطة (7): العصور الجيولوجية
- 107..... خريطة (8): الصدوع في منطقة الدراسة
- 108..... خريطة (9): أنواع التربة
- 109..... خريطة (10): الخط الجنوبي (القطيف - مسعدة)
- 110..... خريطة (11): قناة البحرين
- 111..... خريطة (12): نموذج الارتفاع الرقمي لحوض البحر الميت
- 112..... خريطة (13): اتجاه الجريان
- 53..... خريطة (14): مناطق تجمع المياه
- 113..... خريطة (15): الرتب النهريية
- 114..... خريطة (16): الأحواض النهريية
- 56..... خريطة (17): الأحواض الرئيسيية في منطقة الدراسة
- 65..... خريطة (18): الأحواض والرتب النهريية
- 77..... خريطة (19): مؤشر الغطاء النباتي NDVI
- 80..... خريطة (20): مؤشر فرق رطوبة التربة
- 89..... خريطة (21): التصنيف الموجه
- 94..... خريطة (22): حدود البحر الميت
- 115..... خريطة (23): رصد التغيير في مساحات البحر الميت

فهرس الأشكال

- شكل (1): المقاطع الطبوغرافية..... 16
- شكل (2): الأمطار في منطقة الدراسة..... 38
- شكل (3): درجات الحرارة في منطقة الدراسة..... 39
- شكل (4): التبخر في منطقة الدراسة..... 40
- شكل (5): خطوات التحليل الهيدرولوجي..... 49
- شكل (6): معالجة القيم الشاذة..... 50
- شكل (7): اتجاه الجريان..... 51
- شكل (8): اتجاه الجريان والاتجاه الجغرافي..... 51
- شكل (9): خلايا الرتب النهرية..... 53

فهرس الملاحق

103 ملحق (أ): الخرائط

116 ملحق (ب): الجداول

دراسة الخصائص (المورفومترية) لحوض البحر الميت
واستنباط مقدار التراجع في مستوى مياهه باستخدام تقنيات
الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

اعداد

آية رائد إبراهيم قنديل

إشراف

د. أحمد رأفت غضية

الملخص

تهدف الدراسة إلى دراسة الخصائص المورفومترية لحوض البحر الميت، واستنباط مقدار التراجع في مستوى مياه البحر الميت، وتقييم التغيرات من عام 1985م إلى عام 2022م، من خلال التحليل الزمني والمكاني، إذ تعتبر منطقة البحر الميت مثلاً واقعياً لمثل تلك التغيرات.

هذا ويشهد البحر الميت انخفاضاً وتراجعاً في منسوب سطحه منذ عام 1960 بمعدل 40 سم سنوياً، وقد ازداد هذا التراجع في الفترة الأخيرة ليلعب 120 سم سنوياً، وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أنّ مساحة البحر الميت آخذة في الانحسار والتقلص، إذ إنّ مساحة حوض البحر الميت بجزأيه الشمالي والجنوبي بلغت 923 كم²، وبمنسوب 392م تحت 9+ مستوى سطح البحر حتى عام 1985، وقد استمرت مساحته في التراجع والانخفاض حتى سجّلت عام 1997 حوالي 915 كم² وبمنسوب 410م تحت مستوى سطح البحر، وقد وصلت مساحته في عام 2018 حوالي 844 كم² وبمنسوب 432م تحت مستوى سطح البحر، بينما وصلت مساحته عام 2022م 834 كم² بمنسوب 437م تحت مستوى سطح البحر، قد أدّى هذا الانخفاض إلى عواقب وخيمة من النواحي البيئية والاقتصادية والسياسية، وهدفت هذه الدراسة أيضاً إلى التعرف إلى التأثيرات السلبية ومعالجة أسبابها الطبيعية والبشرية. إذ لعبت الأسباب البشرية دوراً مهماً في تراجع منسوب مياه البحر الميت وانخفاضه.

وقد تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في هذه الدراسة، إضافة إلى صور المرئيات الفضائية التابعة لأقمار Landsat من عام 1985م إلى عام 2022م، بالإضافة إلى بيانات نموذج الارتفاع الرقمي من بيانات قمر الصناعي Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) بدقة 30 متر لسنة 2014، وتم إنتاج خرائط طبوغرافية، وجيولوجية، كما تم إجراء تحليل هيدرولوجي لأحواض البحر الميت الفرعية، وقد تبين أن حوض نهر الأردن هو أكبر الأحواض المائية مساحة، وأكبر المصادر المائية تغذيةً للبحر الميت. ومن أجل معرفة تأثير الغطاء الأرضي على منسوب المياه في البحر الميت، فقد تم تصنيف المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة تصنيفاً موحهاً، وإيجاد مساحات أحواض البحر الميت الفرعية. كما استُخدمت بعض المؤشرات المؤثرة في مقدار الجريان السطحي مثل: مؤشر الغطاء النباتي NDVI، ومؤشر فرق رطوبة التربة NDMI، لإظهار التغيرات في منطقة حوض البحر الميت.

وتوصلت الدراسة إلى أنّ مشروع قناة البحرين (الأحمر - الميت) قد يكون لها آثار بيئية سلبية على المنطقة في حال تنفيذ إنشاء مشروع القناة، مما قد يؤدي إلى أضرار كبيرة على بيئة البحر الميت. وتناولت الدراسة كذلك مشروع قناة البحرين (المتوسط - الميت)، حيث أظهرت الآثار السلبية للقناة على النواحي البيئية والسياسية والبيئية المتوقعة، وبيّنت أنه وفي حال تم بناء هذا المشروع فإنه سيعزز القدرات العسكرية والنوعية للكيان الإسرائيلي في الأراضي الفلسطينية المحتلة.

الكلمات المفتاحية: البحر الميت؛ البحر الأحمر؛ الخصائص المورفومترية؛ أحوض البحر الميت؛ الاستشعار عن بُعد؛ نظم المعلومات الجغرافية.

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة والدراسات السابقة

1.1 المقدمة

إن البيئة، ذلك الحقل الممتد الواسع الذي يدعم ويدرس جميع أشكال الحياة على سطح الأرض، بما فيها من عناصر حية وغير حية تحيط بها وتؤثر عليها وتتأثر بها، كانت وما زالت تعاني الكثير من المشكلات التي تركت أثرها فيها. ويمثل البحر الميت أبرز الأمثلة على النظم البيئية النادرة والمتدهورة في العالم؛ فهو أدنى بقعة على سطح الأرض، ويتمتع بخصائص بيئية وجيولوجية فريدة؛ إذ إنه أحد أبرز الظواهر الطبيعية التي تحتضن تنوعاً بيئياً متميزاً.

يعد البحر الميت أحد المشكلات البيئية المقلقة في الوقت الحاضر؛ لما له من أهمية استراتيجية وسياسية واقتصادية واجتماعية، فهو من الظواهر الجيولوجية والطبيعة نادرة الوجود على سطح الأرض، ذلك أنه بحيرة ملحية مغلقة تقع على أخدود وادي الأردن ضمن حفرة الانهدام الآسيوي الإفريقي على خط الحدود الفاصل بين الأردن وفلسطين. ويشتهر البحر الميت بأنه أخفض نقطة على سطح الكرة الأرضية (عويس و دلال، 2019). كما يمتاز بشدة ملوحته التي تصل 340غم/لتر في أعماقه، وهي تمثل عشرة أضعاف تركيز الأملاح في البحار والمحيطات، وواحدة من أعلى نسب الملوحة بالمسطحات المائية في العالم (الدباغ، 2018).

إن استمرار انخفاض مستوى سطح البحر الميت منذ منتصف القرن الماضي، نتيجة استنزاف المورد الرئيس والمغذي لمياه البحر الميت المتمثل بنهر الأردن، وإقامة السدود التخزينية والتحويلية على الأودية الرافدة للبحر الميت، إضافة إلى استنزاف مياهه في مجال استخراج المعادن وأملاح البوتاسيوم وغيرها، بالإضافة إلى العوامل الطبيعية والمتمثلة بقلة معدلات الأمطار والتبخر العالي، وقد عملت العوامل

الطبيعية والبشرية التي سبق ذكرها على اختلال الموازنة المائية للبحر الميت، إذ أصبح الانخفاض بمنسوب سطحه بمعدل 70سم سنوياً (النواصرة، 2014).

إن الآثار الناجمة عن تراجع مستوى البحر الميت تكمن في شقين أساسيين، أولاً: الآثار البيئية التي تتلخص في ارتفاع نسبة ملوحة المياه الجوفية المجاورة للبحر الميت، وكذلك ظهور الحفر الانهدامية، وهي عبارة عن حفر مغطاة بالمياه ظهرت بسبب انخفاض مستوى مياه البحر الميت وتراجع مياهه، حيث كانت هذه الحفر مغمورة بالمياه العذبة بعد انحسار مياه البحر عنها، ويكثر انتشار هذه الحفر على جانبي البحر الميت، وخاصة في قسمه الجنوبي، أي في المنطقة التي جفت فيه معظم أجزائه، وكذلك تلوث البحر الميت بالمياه العادمة، حيث تقوم سلطات الاحتلال الإسرائيلي باستعمال مجرى نهر الأردن الأدنى كمجرى لنقل المياه العادمة إلى البحر الميت، حيث تقوم بضخ حوالي 2725م³ يومياً من المياه العادمة فيه، ومن الجدير بالذكر أن نهر الأردن كان ينقل حوالي 1.3 مليار متر مكعب من المياه العذبة إلى البحر الميت سنوياً، لكنه الآن ينقل حوالي 100 مليون متر مكعب من المياه المالحة والعادمة سنوياً. أما ثانياً فهي الآثار الاقتصادية التي تتلخص في الخسائر الاقتصادية لشركات البوتاس، وانهيارات في الطرق ومعظم المنشآت السياحية، وتضرر القطاع السياحي بشكل عام (حبيب و الكيلاني، 2007).

وبناء على الدراسات والأبحاث حول البحر الميت، فإن البحر الميت يحتاج إلى 700-800 مليون متر مكعب من المياه سنوياً للمحافظة على مستوى مياهه، ومن هنا بدأت الحاجة إلى البحث عن مشاريع تعمل بدورها على الحفاظ على منسوب البحر الميت والحفاظ على هذه الظاهرة النادرة في العالم مع الأخذ بعين الاعتبار الجوانب البيئية والسياسية والاقتصادية.

هذا وتدعو المنظمات الدولية المهمة بهذا الموضوع إلى العمل بعدة مشاريع، ومن أبرزها مشروع إعادة تأهيل الروافد الدنيا لمياه نهر الأردن، والتي تعدّ المغذي الأساسي للبحر الميت، إذ يعمل بدوره على زيادة كمية المياه المتدفقة إلى البحر الميت. وتركز معظم الدراسات على إنشاء مشروع قناة البحرين

(ربط الميث الأحمر بالبحر الميت)، ولكن ما هي أبعاد المشروع الاقتصادية والسياسية والاستراتيجية؟ والتي من الممكن أن تهدد البحر الميت والمنطقة المحيطة به، وما سترتب عليه من تأثير لبيئة النقب، ووادي عربة، ومنطقة الأغوار، وما هو هدف سلطات الاحتلال الإسرائيلي من ورائه، وما هي أخطاره على الدول المجاورة، وعلى المشاريع العربية في البحر الميت، وعلى الحقوق الفلسطينية العربية بصورة عامة (Kagan, Langgut, Boaretto, Neumann, & Stein, 2015).

1.2 مشكلة الدراسة

تنوعت الأبحاث العلمية التي تناولت موضوع الانخفاض والانهيار على مساحة البحر الميت، نتيجة المؤثرات الطبيعية والمؤثرات البشرية المؤثرة على تراجع مستوى مياهه وانحسار مساحته، وبالتالي وقفت الكثير من الدراسات لحساب مساحته المتناقصة، فتبين من نتائج هذه الدراسات الاختلاف في القيم الناتجة، فكانت الحاجة إلى استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لحساب مساحة التناقص بالطرق الدقيقة والسريعة، فتمثلت مشكلة الدراسة في الانخفاض المستمر في منسوب مياه البحر الميت، وكذلك أبعادها البيئية، وآثارها ونتائجها السلبية على المنطقة بأكملها وخاصة فلسطين، إضافة إلى دراسة المؤثرات الطبيعية والبيولوجية والبشرية في المنطقة المسببة لتلك الأخطار.

1.3 أسئلة الدراسة

تسعى الدراسة الإجابة على عدد من الأسئلة أهمها:

ما الأسباب الطبيعية والبشرية التي أدت إلى انخفاض منسوب مياه سطح البحر الميت؟

كم يبلغ معدل الانخفاض السنوي لمنسوب سطح البحر الميت؟

ما هي الخصائص (المورفومترية) لأحواض منطقة الدراسة؟

ما الحوض الرئيس المغذي لمياه البحر الميت؟ وما هي خصائصه الشكلية والتصريفية؟

ما مستقبل البحر الميت في ظلّ الانخفاض المستمر في مستوى سطحه؟

ما هي المشاريع التي تم اقتراحها لحل مشكلة الانخفاض المستمر في منطقة البحر الميت؟

1.4 أهمية الدراسة

تتبع أهمية الدراسة من كون منطقة البحر الميت من المناطق المائية المهمّة التي تتعرض للمخاطر البيئية والسياسية والاقتصادية، إذ تتعرض المنطقة لتراجع في مستوى المياه سنوياً، وهو ما يعرّض البحر الميت لخطر الاضمحلال بحلول السنوات القادمة، وهنا تكمن أهمية الدراسة إذ تعمل على تحليل الخصائص المورفومترية لأحواض البحر الميت (الشكلية والتصريفية والمساحية) بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد، وتحليل خصائص شبكات التصريف لأحواض المائية، وإنشاء الخرائط الرقمية لأحواض منطقة الدراسة كالخرائط الجيولوجية والارتفاعات والانحدار، الأمر الذي يفيد للأخذ بها من قبل صنّاع القرار والمسؤولين في منطقة الدراسة للاستناد على آراء علمية ودراسات دقيقة حول المنطقة.

1.5 أهداف الدراسة

تسعى الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. التعرف إلى التاريخ الجيولوجي لمنطقة الدراسة.
2. دراسة الخصائص البيئية، والاقتصادية، والسياسية لمنطقة البحر الميت.
3. التعرف إلى أهم الآثار السلبية لانخفاض مستوى سطح البحر الميت بالنسبة للدول المشاطئة له.
4. التعريف بمشروع قناة البحرين، وتسليط الضوء على أهدافه الحقيقية، والبحث في أسباب إنشاء مثل هذه القناة في منطقة ذات تضاريس جغرافية معقدة.
5. دراسة التأثير المتوقع في حال إنشاء قناة البحرين على كل عناصر البيئة.

1.6 منطقة وحدود الدراسة

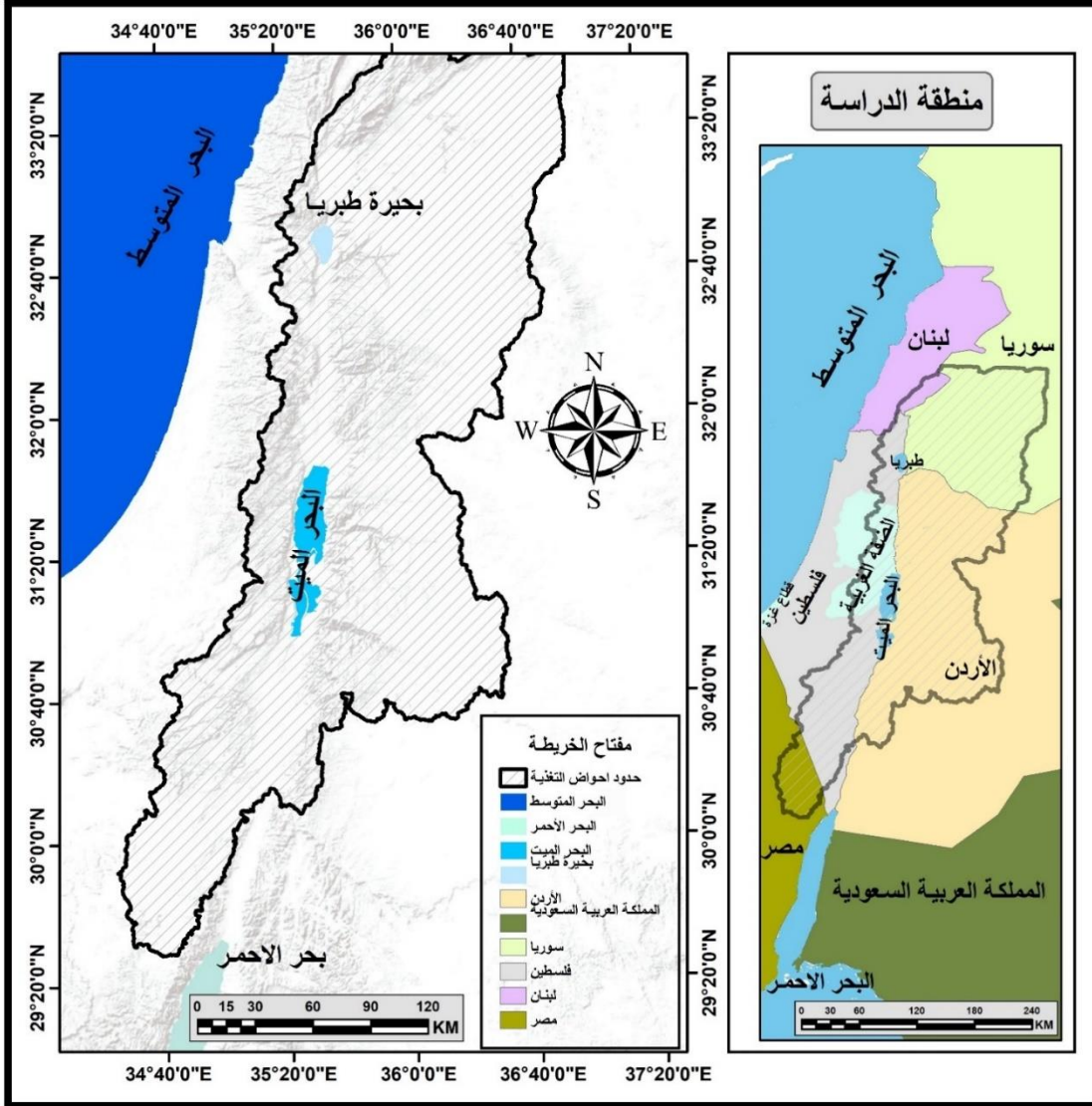
يقع البحر الميت جغرافياً بين جبال القدس والخليل غرباً، وجبال البلقاء والطفيلة ومؤاب شرقاً، ويتراوح ارتفاع قمم هذه الجبال بين 1,250م و1,300م فوق مستوى سطح البحر (عويس و دلال، 2019)، وتتميز بانحدارها الشديد ومع نهايات البحر الميت غرباً من جهتي الشمال والجنوب تبدأ الجبال الفلسطينية بالابتعاد عن البحر، لتظهر سهول صغيرة تشمل جبل أسدوم في أقصى الجنوب، ليمتد الجبل ويصل إلى البحر الميت من الجنوب الغربي، أما من جهة الشرق فيصبح الانحدار أقل، وينتهي امتداد البحر الميت في أراضي غور الأردن شمالاً في منطقة أريحا، أما نهايته من الجنوب فهي عبارة عن منطقة واسعة ومنبسطة تصل إلى 20 كم تقريباً لتضم سهل غور الصافي، ووادي عربية، أما مساحة البحر الميت بحوضيه الشمالي والجنوبي فهي 940 كم² تقريباً، ومساحة حوضه 40,000 كيلو متر مربع تقريباً، والخريطة (1) ملحق (أ) تبين منطقة الدراسة.

الحدود المكانية: منطقة حوض البحر الميت.

الحدود الزمانية: 1985-2022م.

خريطة (1)

منطقة الدراسة



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) وبيانات وزارة الحكم المحلي الفلسطينية (بتصرف الباحثة).

1.7 الدراسات السابقة

يوجد العديد من الدراسات والأبحاث العلمية التي تتشابه مع موضوع الدراسة، وهي:

دراسة Ghodieh (2022) بعنوان:

Studying the Water Resources and Hydrological Characteristics of the West Bank and Gaza Strip, Palestine Using GIS and Remote Sensing Data.

قدمت هذه الدراسة نظرة عامة عن دراسة موارد المياه في الضفة الغربية وقطاع غزة، وركزت بشكل أكبر على الضفة الغربية، وبيّنت أن الفلسطينيين لم يتمكنوا من الوصول إلى موارد المياه بشكل كامل بسبب إجراءات الاحتلال الإسرائيلي، وأن حصتهم المائية تمثل حوالي 15%، من مجموع الموارد المائية في فلسطين، وقد استخدمت الدراسة منهج التحليل الكمي لخصائص تجمعات المياه الشرقية (البحر الميت) والتجمعات الغربية (البحر المتوسط). إضافة إلى دراسة بيانات الاستشعار عن بعد (DEM)، وبرنامج ArcGIS 10.8. وأظهرت الدراسة أن هناك اختلافات كبيرة بين مستجمع المياه الغربي ونظيره الشرقي، ويتميز مستجمع المياه الغربي بمنحدرات طويلة ولطيفة نسبياً، مع غطاء نباتي كثيف وهطول أمطار مرتفع. ومن ناحية أخرى، يتميز مستجمع المياه الشرقي بغطاء نباتي متناثر، ومنحدرات شديدة الانحدار وقصيرة نسبياً، مع انخفاض هطول الأمطار.

وأظهرت نتائج الدراسة أن هناك حاجة ملحة لصانعي القرار لاتخاذ الإجراءات والتدابير اللازمة للحد من مخاطر تآكل التربة وفيضانات الأمطار في التجمعات المائية، وأكدت على التدخل السياسي بين الفلسطينيين وسلطات الاحتلال الإسرائيلي.

دراسة Abu Ghazleh, Abed, & Kempe (2011) بعنوان:

The Dramatic Drop of the Dead Sea: Background, Rates, Impacts and Solutions.

قدمت هذه الدراسة نظرة عامة عن جيومرفولوجية البحر الميت، وعن ارتفاعات مستوى البحر الميت خلال فترات مختلفة من الزمن، وقد تم استخدام المنهج التاريخي الوصفي في منطقة الدراسة، وتبين من خلال الدراسة أن المستوى الحالي هو أحدث انخفاض لمستوى مياه البحر منذ عام 1932م، ويعود ذلك

إلى عدة أسباب، أهمها تأثير المشاريع الكبيرة في المنطقة، وكذلك تأثير صناعات استخراج المعادن في الحوض الجنوبي من البحر الميت، علاوة على ذلك الاستغلال المفرط لموارد المياه العذبة المغذية لحوض البحر الميت.

دراسة Reuma, Sagi, & AVNI (2012) بعنوان:

Monitoring changes along receding lake environments.

تناولت هذه الدراسة تقلص المسطحات المائية في المناطق الشبه قاحلة بأنها عامل واضح لعمليات تدهور الأراضي في تلك المناطق، حيث إن هذه البيئات تعمل على تحويل ينابيع المياه العذبة إلى منطقة البحر الميت، وهذا يؤدي إلى الكثير من الآثار السلبية، أهمها اختلاف درجات الملوحة بين مياه الينابيع ومياه البحر الميت، وكذلك التأثير على كمية مياه الينابيع في عين النبع، وقد بينت هذه الدراسة تراجع منسوب سواحل البحر الميت، ودراسة التغيرات البيئية في منطقة البحر الميت، وكذلك انخفاض منسوب مياه البحر الميت خلال العقود الماضية بمعدل متر واحد سنوياً، وبينت التأثيرات الجانبية على بيئة البحر الميت التي يسببها الإنسان والمناخ بما يتعلق والتوازن المائي في المنطقة كظهور الانهيارات والحفر الانهدامية في المناطق المكشوفة في المنطقة.

وقد اعتمدت الدراسة على استخدام منهجية المسح بالليزر المحمولة جواً، وبينت ميزات هذه الطريقة مقارنة بالمناهج التقليدية، والكشف عن العلاقات المتبادلة بين الصفات (الجيومورفولوجية) التي تم دراستها في هذه الورقة، وفي نهاية الدراسة بينت أهمية تطوير الاستراتيجيات المناسبة للتخطيط الإقليمي المستقبلي لبيئة البحر الميت.

دراسة حبيب و الكيلاني (2007) بعنوان: **جفاف البحر الميت وقناة البحرين (الأحمر - الميت).**

عمل الباحث في هذه الدراسة على الوقوف على حقيقة المعلومات الواردة في الدراسات السابقة، وقد تناولها بالتمحيص والتدقيق، كما ناقش البحث مشكلة جفاف البحر الميت بأبعادها الطبيعية والسياسية، مع الوقوف

على آثارها المباشرة وغير المباشرة، والتي تمثلت في طرح مشروع قناة البحرين "الأحمر - الميت" كحل للمشكلة. إذ بينت الدراسة أخطار هذا المشروع وتداعياته السلبية على المصالح الفلسطينية والدول العربية المجاورة، وتركزت أهداف البحث الرئيسية على تحليل الأسباب الحقيقية لمشكلة جفاف البحر الميت، والوقوف على مدى إسهام الدول المجاورة في ازدياد حجم المشكلة.

ومن ثم طرح مشروع قناة البحرين الأحمر - الميت كحلٍ مع استعراض ومناقشة آثاره السلبية. وتكمن أهمية البحث كونه يتناول مشكلة بيئية ذات أبعاد سياسية واقتصادية وأمنية تمس الحقوق العربية والفلسطينية على وجه الخصوص، أهمها مشروع قناة البحرين الأحمر - الميت المطروح حالياً. وقد اعتمد الباحث في دراسته المنهج الوصفي منهجاً رئيساً في دراسته للمشكلة، إضافة إلى استخدامه المنهج التحليلي لاستخلاص النتائج.

دراسة بارود، و كحيل (2014) بعنوان: استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم الخصائص المورفوبينية لقناة البحرين (الميت - الأحمر).

هدفت الدراسة إلى فهم الخصائص المورفوبينية، وتقييم التغيرات خلال فترات الزمن المختلفة، أو ما يسمى بالتحليل (الزمكاني) الذي يعد من أهم الجوانب البحثية الجغرافية وغير الجغرافية، فمُنطقة البحر الميت تعد مثالاً حياً لمثل هذه التغيرات.

استخدام الباحث مجموعة من الصور الفضائية من سنة 1972م إلى سنة 2010م، بالإضافة إلى نموذج الارتفاع الرقمي الحراري ASTGTM-DEM لسنة 2013م، حيث تمت معالجة هذه الصور من العيوب الطيفية المختلفة سواء أكانت بسبب العوامل الجوية أو زاوية ميل الشمس أو اختلاف نوع مجسات القمر الصناعي، وقد خلصت نتائج البحث إلى أن مساحة البحر الميت تتقلص بمعدل 2.5 كم² سنوياً وبمعدل 0.7 مياها يتناقص بمعدل 0.7 من كل عام.

دراسة الناصرة (2016) بعنوان: جيومورفولوجية البحر الميت.

اتبع الباحث في هذه الدراسة أساليب بحثية متعددة لتحقيق الهدف من الدراسة. فقد اتبع المنهج التاريخي للتعرف إلى فترات تراجع منسوب البحر الميت، ومتابعة السجل الجيولوجي التاريخي للبحر الميت من حيث النشأة والتكوين، وتمّ استخدام المنهج التحليلي والمنهج الوصفي، لتحليل ووصف البيانات التي تم الحصول عليها من مصادر عدة منها: المسح الميداني، والخرائط الجيولوجية والطبوغرافية، ونتائج الدراسات السابقة عن المنطقة في مختلف الحقول العلمية.

ونظرا لافتقار مناطق واسعة من خط الساحل الشرقي للبحر الميت من دراسات سابقة، فقد اعتمد الباحث على الدراسة الميدانية المباشرة، وتحليل معطيات الصور الجوية والفضائية، للتغلب على هذه المشكلة. ومن أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة تأثر مناطق الساحل الشرقي للبحر الميت بانخفاض مستوى سطحه، وظهر ذلك من خلال الآثار الجيومورفولوجية، والتي نتجت عن ذلك الانحسار وتمثلت بزيادة معدل الانحدار على السفوح المطلّة على البحر الميت، وتجانس معدل الانحدار على أسطح (الدلتاوات) القصيرة مثل الموجب، وزرقاء ماعين، إضافة إلى اختلاف في نوعية الرواسب السطحية التي تم قياسها ميدانيا، وتشابه بعض الرواسب في المقاطع العرضية المقاسة.

دراسة Abu Ghazleh & Abez (2011) بعنوان:

Lake Lisan and the Dead Sea: Their Level Changes and the Geomorphology of their Terraces.

قام الباحث في رسالته بدراسة أحدث التغييرات في مستوى البحر الميت وشكل شاطئه، ودراسة الخصائص الجيومورفولوجية لمصاطب تآكل بحيرة ليسان على طول الجانب الشرقي للبحر الميت، وتناول الباحث كذلك الظروف البيئية القديمة والمناخ القديم لبيئة البحر الميت، كما قام الباحث بتطوير نموذج تضاريس وادي البحر الميت المتصدع بناءً على بيانات SRTM والتي كانت بمثابة أداة لحساب الحجم والمساحة في انخفاض منسوب مياه البحر الميت، واتبع الباحث في دراسته المنهج التاريخي الوصفي التحليلي في منطقة

الدراسة، وأهم النتائج التي توصل إليها: أنّ بحيرة Lisan شهدت مدرجات مرتفعة من -56 إلى -66 متراً عند 79 إلى 76 كيلو باسكال، مما يعني ضمناً أن البحيرة كانت على ارتفاع 100 متر على الأقل عمّا أعيد كتابته في دراسات سابقة، وهذا دلالة على نشاط التآكل في مصاطب البحر الميت، وهي ناتجة عن التغيرات المناخية كالتبخر وأنماط هطول الأمطار. بالإضافة إلى النشاط التكتوني في المنطقة.

1.8 منهجية الدراسة

اتبعت الدراسة المنهج التاريخي لتتبع التطورات التاريخية والجيولوجية والبيئية التي شهدتها منطقة الدراسة عبر العصور، وتتبع تاريخ التشكل الجيولوجي لمنطقة الدراسة، ولتحقيق الأهداف المرجوة من البحث اعتمدت الدراسة أيضاً على المنهج التحليلي، إذ استخدمت الباحثة تقنيّتي الاستشعار عن بُعد، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لدراسة الخصائص المورفومترية لحوض البحر الميت، لاستنباط مستوى الانحسار والتراجع في مستوى مياه البحر الميت.

1.9 مصادر البيانات

المصادر الرسمية وتشمل:

1. مصادر المكتبة: الكتب، والموسوعات العلمية، والدوريات، وأطروحات الماجستير، والدوريات المتعلقة بموضوع الدراسة.

2. خرائط وصور جوية وفضائية لمراحل تاريخية مختلفة.

المرئيات الفضائية:

1. المرئية الأولى: 1985/16/7.

2. المرئية الثانية: 1997/01/7.

3. المرئية الثالثة: 2018/27/7.

4. المرئية الرابعة: 2022/30/7 .

الصور الجوية:

5. الصورة الأولى: 1997.

6. الصورة الثانية: 2018.

7. الصورة الثالثة: 2022.

3. برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS).

4. وزارة الحكم المحلي من خلال موقع جيومولج.

5. معلومات مناخية صادرة عن الأرصاد الجوية العالمية الخاصة بمنطقة الدراسة (Meteoblue).

6. هيئة المسح الجيولوجي الأمريكي (United States Geological Survey).

المصادر غير الرسمية: النشرات، والتقارير، وورش العمل، والمؤتمرات الصادرة عن المؤسسات ذات العلاقة.

1.10 الإطار النظري

1.10.1 جغرافية منطقة البحر الميت

الوضع العام لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في أكثر نقاط غور الأردن انخفاضاً، ويعد هذا الأخدود النادر جزءاً من انهدام الشرق الأوسط- البحر الأحمر- شرق أفريقيا، الذي يرتبط بظهور أواسط المحيطات (Mid oceanic ridges) عبر المحيط الهندي وخليج عدن، حيث يبلغ طول الانهدام 6000 كم، بينما يتراوح عرض الانهدام من 10 كم إلى 20 كم. إذ يمكن تقسيمه إلى خليج العقبة في الجنوب، يليه وادي عربة، فالبحر الميت، وغور الأردن، فبحيرة طبرية.

وقد عُرفت تسمية الانهدام على الجزء الواقع بين البحر الميت وبحيرة طبرية الذي يجري فيه نهر الأردن بغور الأردن (Jordan Vally) أما الجزء الذي يقع جنوب البحر الميت وحتى بداية وادي عربة فيسمى بالغور الجنوبي، أما الانهدام الذي يشمل المنطقة كلها فهو الممتد بين طبرية وخليج العقبة فسمي بانهدام الأردن (Jordan Rift) أو انهدام البحر الميت (Dead Sea Rift) (عابد، 1985).

هذا وتتميز بيئة البحر الميت بأنها بيئة مناخية وجيولوجية نادرة، إذ تعرّضت للتغيير في منسوب مياه البحر الميت، حيث انخفضت وتقلصت مساحته بتأثير العديد من العوامل المناخية المتمثلة بعدة أمور منها: ارتفاع درجات الحرارة، وتناقص كميات الأمطار، وزيادة التبخر الطبيعي فيه، وكذلك العوامل البشرية التي تمثلت في إقامة عدد من المشاريع المائية على نهر الأردن (الرافد الرئيس للبحر الميت) من قبل سلطات الاحتلال الإسرائيلي، وزيادة استنزاف مياهه في مجال استخراج المعادن وأملاح البوتاسيوم، وغيرها على الجانبين وغيرها من الصناعات.

الموقع والمساحة

يعد البحر الميت بحراً مغلقاً، ويمثل أخفض بقاع الأرض، ويقع على الحدود الفاصلة بين فلسطين من الغرب، والأردن من الشرق، ويقع حوض البحر الميت فلكياً على خط طول 23' 28' 35° شرقاً، وخط عرض 32' 33' 31° شمالاً، ويبلغ طوله 77 كم، ويتراوح عرضه بين 15-20 كم، أما مساحته الإجمالية فقد بلغت حتى عام 1960م 1000 كم² (Enzel & others, 2013). أما جغرافياً فيقع البحر الميت بين جبال القدس والخليل في الغرب، وجبال البلقاء والطفيلة ومؤاب في الشرق، والجبال في الجانب الشرقي منه أعلى قليلاً منها في الجانب الغربي، ومن الممكن أن يعود ذلك إلى طبيعة الصخور المكونة لهذه الجبال، بينما الجبال في الجانب الغربي فهي أكثر وعورةً من الجانب الشرقي للبحر الميت (عابد، 1985).

1.10.2 الخصائص الطبوغرافية للبحر الميت

يعدُّ البحر الميت ظاهرة بيئية وجيولوجية نادرة، وهو جزء من حفرة الانهدام الآسيو- أفريقية، إذ يمتد مسافة 6000 كم من تركيا في الشمال وحتى نهر الزامبيزي في أفريقيا في الجنوب (Neev & Emery, 1967).

ويقسم البحر الميت إلى حوضين رئيسيين: الحوض الشمالي والحوض الجنوبي، ويفصل بينهما شبه جزيرة اللسان، والخريطة (2) ملحق (أ) لتوضح أجزاء البحر الميت.

الحوض الشمالي

يمثل الحوض الرئيس، وتبلغ مساحته 757 كم²، ويشكل 76% من مساحة البحر الميت، وهو منخفض ومنبسط القاع بشكلٍ مستطيل، ويمتد باتجاه الشمال والجنوب، وتتركز فيه الأملاح، ويحده صدعان من الشرق والغرب، وهو أكثر أهمية واتساعاً وعمقاً من الجزء الجنوبي، وقد يرجع السبب إلى رسوبيات نهر الأردن، حيث يصل أقصى عمق له 399 متراً، وتقع أعمق نقطة للبحر الميت على بعد 5 كم غرب مصب نهر زرقاء ماعين حسب تقديرات العالم الأمريكي (لنش) عام 1849، بينما الجزء الجنوبي من الحوض نفسه فيمتاز بكثرة تضاريسه المتعرجة (عابد، 1985).

شبه جزيرة اللسان

هي عبارة عن مرتفع ملحي يفصل بين الحوضين الشمالي والجنوبي للبحر الميت، وتقع ضمن حدود الأراضي الأردنية شرق البحر الميت، ففي السنوات الماضية كانت عبارة عن شبه جزيرة، إلا أنه ونتيجة التغيرات التي حدثت لانخفاض منسوب مياه البحر الميت خلال القرن الماضي، أصبحت عبارة عن أرض متصلة من جانبيين، وهي في اتساع متزايد على حساب مساحة البحر الميت، وتفضل حالياً بين حوضيه الشمالي والجنوبي، ويبلغ عرضها 7 كم وبطول 20 كم تقريباً، وهي قياسات غير ثابتة

نتيجة لاستمرار جفاف البحر الميت، وتتكون من إرسابيات الجبس، والأرغونايت، والملح الصخري (عبد العظيم و اللوح، 2015).

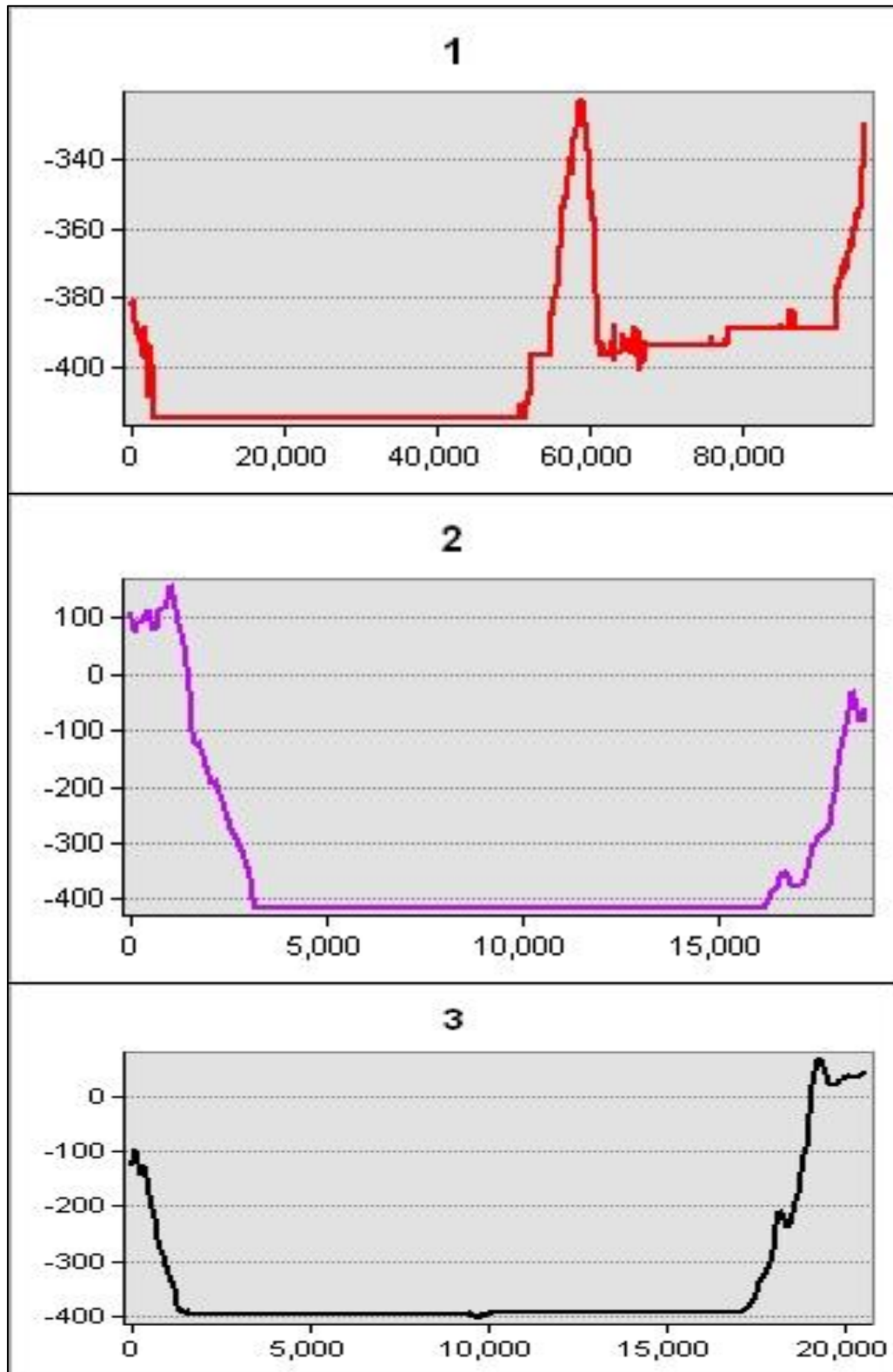
الحوض الجنوبي

يمتد الحوض الجنوبي للبحر الميت من جنوب اللسان وحتى غور الصافي، وهو أقل أهمية وعمقاً واتساعاً من الحوض الشمالي، إذ تبلغ مساحته 245 كم²، أي 24% من مساحة البحر الميت (عابد، 1985)، ولا يزيد عمقه عن 10 أمتار، وفي معظم أجزائه لا يزيد عمقه عن 6 أمتار، وحالياً جف تقريباً بشكل نهائي، ولم يعد يحتوي ماءً إلا في جزء صغير منه في الجهة الجنوبية، وقد تحوّل إلى مصنع البوتاسيوم الموجود في أقصى الجنوب الغربي للحوض الجنوبي (أبو صفت، 2023).

يعد المقطع الطبوغرافي أداة مهمة لإبراز الشكل الذي تتخذه التضاريس بتفاصيلها وجزئياتها الدقيقة، وهو رسم تخطيطي يهدف إلى تجسيم بعد الارتفاع الذي تقدمه الخريطة الطبوغرافية بواسطة خطوط الارتفاع المتساوية، وتعتبر هذه الخطوط الأساس الذي يستند إليه لإنجاز هذا العمل، غير أنه يجب الأخذ بعين الاعتبار شروطاً أخرى تتعلق بمقاييس المسافات والارتفاعات والتقيد بالعديد من التقنيات أثناء مختلف مراحل العمل، والخريطة (3) ملحق (أ) توضح المقاطع الطبوغرافية. والرسم البياني يبين هذه المقاطع.

شكل (1)

المقاطع الطبوغرافية



يوضح الشكل (1) المقاطع الطبغرافية كم يلي:

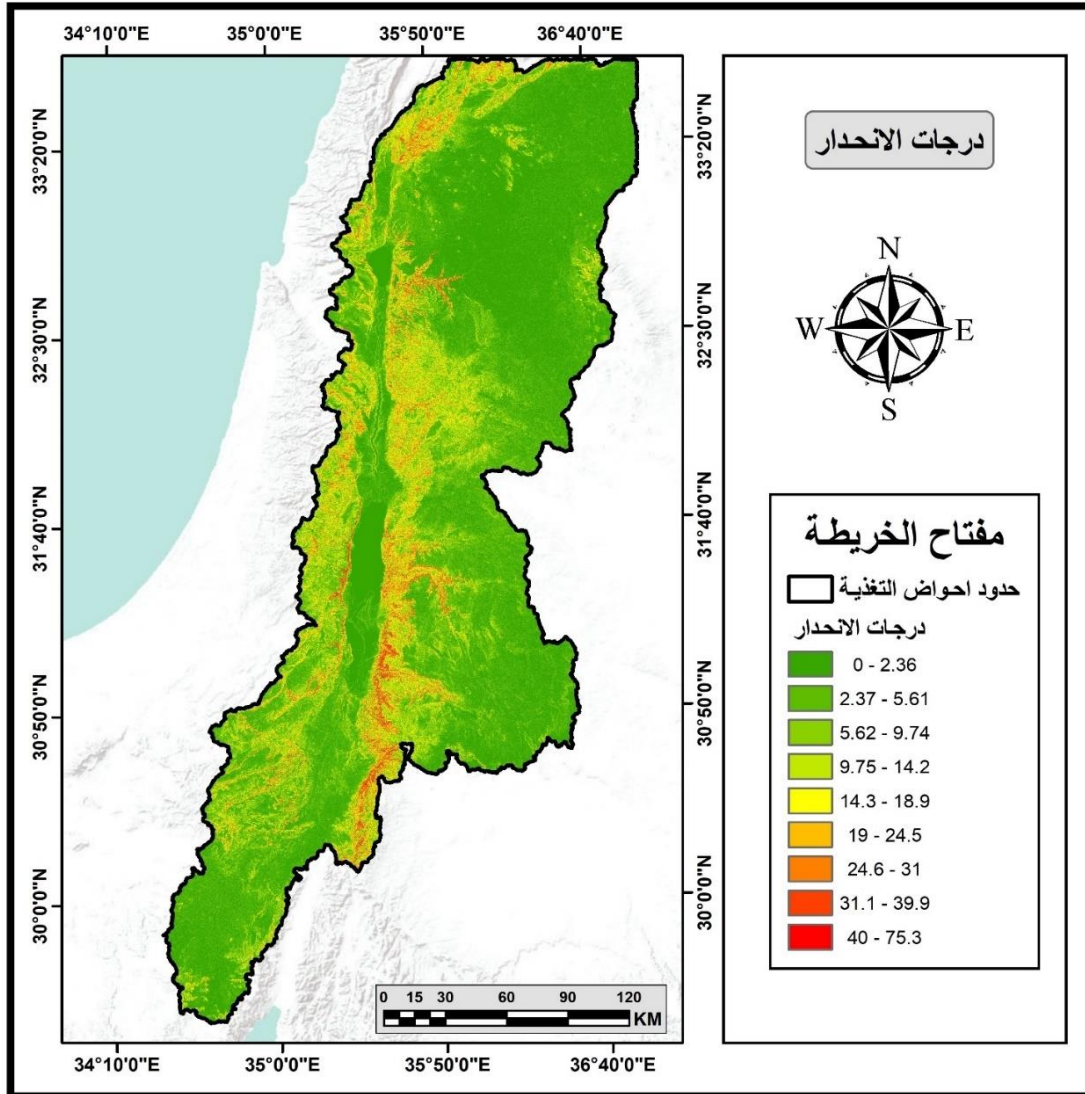
1. المقطع الطولي للبحر الميت حيث يبيّن اختلاف الارتفاعات والتضرس الكبير بين الجزء الشمالي والجزء الجنوبي، ويبيّن أن منسوب الجزء الجنوبي أعلى من منسوب الجزء الشمالي.
2. المقطع العرضي للجزء الشمالي وتبين أنه ذو منسوب واحد.
3. المقطع العرضي للجزء الجنوبي، حيث تبين أن الجانب الشرقي للجزء الجنوبي أقل من الجهة الغربية له، ويفصل بين جانبيه الشرقي والغربي كميات من الأملاح إذ إن منسوب المنطقة الفاصلة أعلى من الجانيين.

إن منسوبات سطح حوض البحر الميت متفاوتة بشكل كبير بين الانخفاض الكبير تحت مستوى سطح البحر الذي يصل إلى 433م على جانبه الشرقي والغربي، و2810م فوق مستوى سطح البحر في الجبال المحيطة بالبحر الميت، وبهذا فإن فرق الارتفاع بين أعلى نقطة وأقل نقطة يبلغ حوالي 3243م، وتوضح الخريطة (4) ملحق (أ) قيم الارتفاعات في منطقة حوض البحر الميت.

طبقاً لخريطة درجات الانحدار المشتقة من نموذج الارتفاعات الرقمي لمنطقة البحر الميت، فإن قيم درجات الانحدار تتفاوت بين 0-75.3 درجة، ويلاحظ من الخريطة (5) وجدول (1) التفاوت في الانحدار بين جانبي البحر الميت، ويلاحظ أيضاً أن 80% تقريباً من منطقة الدراسة يصل الانحدار فيها إلى أقل من 14 درجة، وأن المرتفعات الشرقية من البحر الميت هي أكثر ارتفاعاً وانحداراً من الجانب الغربي، بينما تزداد درجات الانحدار كلما ابتعدنا عن البحر الميت باتجاه الغرب والجنوب الشرقي، أما اتجاه الانحدار في الجانب الغربي فهو في اتجاه الشرق والجنوب الشرقي مع امتداد الأودية، وفي الجانب الشرقي باتجاه الجنوب والجنوب الغربي، الخريطة (5) توضح درجات الانحدار في منطقة الدراسة.

خريطة (5)

درجات الانحدار



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

جدول (1)

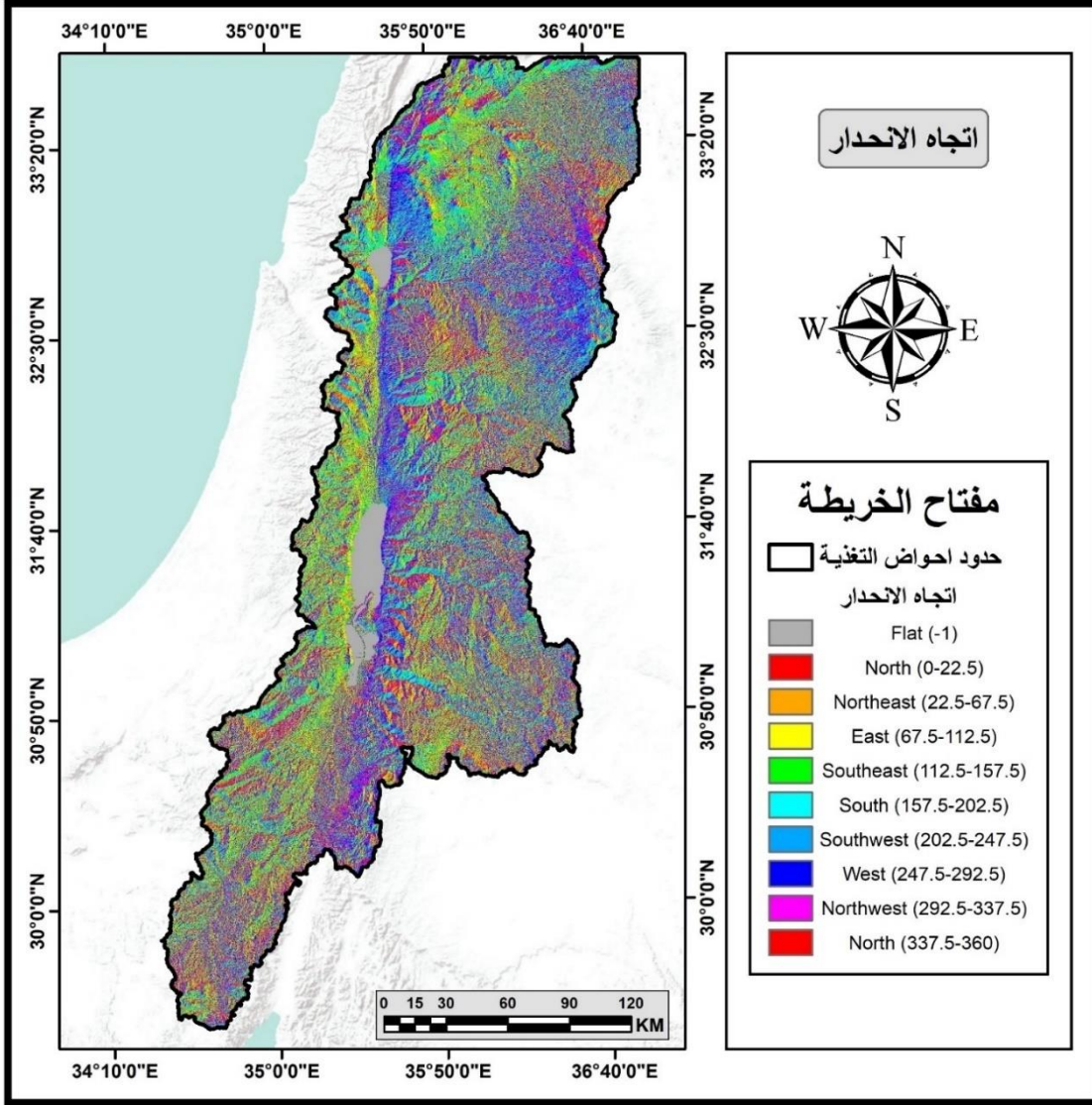
مساحات درجة الانحدار

| النسبة المئوية % | المساحة بالكيلومتر مربع | درجة الانحدار |
|------------------|-------------------------|---------------|
| 36.21 | 18059.14506 | 0 - 2.36 |
| 30.05 | 14985.73211 | 2.37 - 5.61 |
| 13.28 | 6624.215542 | 5.62 - 9.74 |
| 8.12 | 4048.699161 | 9.75 - 14.2 |
| 5.41 | 2697.61582 | 14.3 - 18.9 |
| 3.61 | 1799.96208 | 19 - 24.5 |
| 2.04 | 1018.916474 | 24.6 - 31 |
| 1.01 | 502.970371 | 31.1 - 39.9 |
| 0.27 | 134.972284 | 40 - 75.3 |

يوضح اتجاه الانحدار في الخريطة (6) اتجاه الانحدار في المنطقة، ومن خلال الجدول (2) يتضح أنّ المنحدرات المتجهة نحو الشمال تشكل 5.11%، أما المنحدرات المتجهة نحو الشرق فتبلغ 11.99%، في حين أن المنحدرات المتجهة نحو الجنوب تبلغ 12.17%، وتشكل المنحدرات المتجهة للغرب أكبر نسبة إذ بلغت حوالي 13.04%. ويلاحظ من الجدول أن أكبر نسبة انحدار من مجموع الانحدارات الأخرى تمثلت في الانحدارات الغربية، ويعود ذلك للأسباب الطبيعية التي تتضمن التبخر العالي، والتركيز المتزايد للأملاح والمعادن في المياه البحرية نتيجة الانخفاض المستمر في مستوى مياه البحر الميت. أما الأسباب البشرية، فقد أثرت من حيث الاستخراجات المتكررة للمياه، وتوجيه مجاري الأنهار، والتدخل في نظام تصريف المياه مما أدى إلى تغيير تدفق المياه وتوجيهها نحو الغرب.

خريطة (6)

اتجاه الانحدار



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية.

جدول (2)

مساحات اتجاه الانحدار

| النسبة المئوية% | المساحة بالكيلومتر مربع | اتجاه الانحدار |
|-----------------|-------------------------|----------------|
| 4.46 | 2224.616332 | Flat |
| 5.07 | 2526.070845 | North |
| 11.66 | 5813.447345 | Northeast |
| 11.99 | 5978.340344 | East |
| 11.78 | 5874.069358 | Southeast |
| 12.17 | 6071.879564 | South |
| 12.55 | 6261.212178 | Southwest |
| 13.04 | 6503.01063 | West |
| 12.17 | 6071.328563 | Northwest |
| 5.11 | 2548.253737 | North |

1.10.3 السجل الجيولوجي للبحر الميت

توضح الدراسات الجيولوجية إلى أن تشكل المنخفض الذي احتل مكانه البحر الميت الحالي، كان أعمق نقاط الأغوار انخفاضاً، وأن تشكله لم يتزامن مع تشكل حفرة الانهدام الأسيو-أفريقي، وقد أخذ الغور شكله في عصر البليوسين المتأخر وحتى مطلع البلايستوسين، وأن شكله الحالي لم يتحدد إلا بعد فترة طويلة، وقد مرّ بعدد من المراحل (عابد، 1985)، والخريطة (7) ملحق (أ) توضح العصور الجيولوجية في منطقة الدراسة.

يمثل حوض البحر الميت سلسلة من البحيرات المتعاقبة التي كانت تغطي في بعض الأحيان مناطق صغيرة، بينما غطى بعضها كل وادي الأردن حتى طبرية، وقد خلفت هذه الأجسام المائية وراءها رسوبيات وصخوراً ساعدت على التعرف على تلك البحيرات، وهي متباينة من حيث الارتفاع والامتداد، وذلك في الفترة الزمنية (Neev & Emery, 1967). لقد كانت منطقة الأغوار غير موجودة قبل عصري الميوسين - بليوسين،

ثم حصل الانهدام في تلك المنطقة تدريجياً، وبدأت تتشكل في هذه المنطقة المنخفضة منذ ذلك الوقت بحيرات مالحة.

وتعتبر بحيرة أصدَم، والتي تُعرف أيضاً بمرحلة تكون طبقات الملح السمكية أول البحيرات التي شكلت منخفض الأغوار في فترة البليوسين، أي في أواخر العصر الثلاثي (Tertiary) قبل حوالي 3-7 مليون سنة، وكانت على شكل منخفض ضحل لم يهبط كثيراً عن مستوى سطح البحر المتوسط والذي زودها بالمياه من خلال اتصاله بها بعدد من الجروف، ويعتقد أن هذا الاتصال كان عن طريق وادي جزريل بين طبريا وحيفا، أو عن طريق وديان أخرى إذ لم تكن هذه الوديان ضيقة، بل كانت واسعة أشبه بخلجان متسعة سمحت لمياه البحر المتوسط الوصول إلى منخفض أصدَم والعودة إلى البحر المتوسط. ومن الجدير ذكره أن بحيرة أصدَم كانت أخفض نقطة في هذا الأخدود الانهدامية البدائي في ذلك الوقت، ومن الدلائل على ذلك ترسيب الملح في تلك المنطقة، وكذلك الترسيب الطيني والرمل الذي كان يصل من المناطق المجاورة في فترة عدم ترسيب الملح (النواصرة، 2009).

أما ثاني البحيرات التي تشكلت في منخفض البحر الحالي حسب دراسات العلماء فُتدعى بحيرة السمرة، وسميت بهذا الاسم لأن رسوبياتها وصخورها تقع في منطقة خربة السمرة، وهي إلى الشمال الشرقي من مدينة أريحا، ويقدر عمرها بأكثر من 70 ألف سنة، على عمق 250 متر تحت مستوى البحر المتوسط، وامتدت بطول 190 كم من بيسان شمالاً حتى عين الحُصْب جنوب البحر الميت (BENTTOR, 1961)، وتمتاز بعذوبة مياهها، ويعتقد العلماء أنه في تلك المرحلة بدأت أودية البحر الميت بالتشكل (عابد، 1985).

أما آخر البحيرات تشكلاً والتي سبقت تشكل البحر الميت هي بحيرة اللسان، وسميت بهذا الاسم نسبة إلى شبه جزيرة اللسان الواقعة في البحر الميت، وهي أكبر من بحيرتي أصدَم والسمرة، والتي سبق الحديث عنهما، وقد امتدت بين بحيرة طبرية في الشمال وحتى 35 كم جنوب البحر الميت بطول 225 كم، ويعرض لا يتجاوز

17 كم، أما عمقها فبلغ 190-200 م تحت مستوى سطح البحر المتوسط (النواصرة، 2009)، وتقسّم البحيرة إلى حوضين: الحوض الشمالي ويتميز بأنه ضيق نسبياً 7 كم وقليل العمق. والحوض الجنوبي وهو عريض نسبياً، إذ يصل عرضه إلى 17 كم، وأكثر عمقاً من الحوض الشمالي، حيث يمتد من وادي المالح، وحتى جرف خنزيرة جنوب البحر الميت.

وبعد أن وصلت بحيرة اللسان إلى نهايتها، ظهرت بحيرة صغيرة هي بحيرة دامية، ويعود سبب تسميتها نسبة إلى انتشار الرواسب حول منطقة جسر دامية، ولم تدم طويلاً واستمرت قرابة 2000 عام فقط، (عابد و الوشاحي، 1999) ولكنها تركت ما يقارب 10 أمتار من الرسوبيات الحمراء المكونة من فئات الصخور الجيرية والرملية والطينية، وبعد انتهاء فترة بحيرة دامية بدأت فترة جفاف شديدة على المنطقة أدت إلى تبخر المياه من الغور وانحسارها، مما أدى إلى تكون البحر الميت الحالي. وقد تشكل البحر الميت نتيجة انحسار البحيرات السابقة الذكر قبل أحد عشر ألف سنة. وقد أثبتت معظم الدراسات أن تشكيل البحر الميت قد تشكل بعد تكوين بحيرات عدة سبقت مرحلة تكوين البحر الميت بالشكل الحالي، وأن معظم هذه البحيرات امتازت بمياهها العذبة، ومن الباحثين الذين أكدوا في نتائج دراساتهم على تشكيل البحر الميت بالشكل الحالي دراسة عابد (1985)؛ سلامة (2004) وكذلك دراسة Picard (1941)؛ Bendor (1961) وغيرهم الذين أكدوا على أن البحر الميت قد تشكل مكانه بحيرات عدة قبل تشكله، والبحيرات هي على الترتيب: بحيرة أصدوم، وبحيرة السمرة، وبحيرة اللسان، وبحيرة دامية.

1.10.4 التكوين الجيولوجي للبحر الميت

يمثل حوض البحر الميت سلسلة من الأحواض الضحلة، التي تمتد من طبرية في الشمال حتى موقعه الحالي في الجنوب، فمنذ حوالي 21 مليون سنة (أي في فترة الميوسين الأوسط)، توسعت مساحته واتصلت أجزاؤه وغطت مياهه منطقة واسعة من شمال طبرية حتى جنوب حدوده الحالية بحوالي 30 كم، ثم بفعل عامل المناخ الجاف منذ حوالي 50 ألف سنة تقلصت مساحته، وجاء ذلك تزامناً مع نشوء نهر الأردن حيث لم

يتبقّ من معالمه إلا البحر الميت في الجنوب، وبحيرة طبرية في الشمال. ومن الجدير ذكره أن للبحر الميت ثلاث مستويات تبرهن على الفترات التي تغيّر فيها مستوى سطح البحر ويتراوح ارتفاع أعلاها (-200م إلى -210م) وأوسطها بين (-310م إلى -339م) وأدناها بين (-380م إلى -424م) وهو ما يمثل مستوى سطح البحر الميت الحالي (أبو العينين، 1995).

وبذلك فإن التاريخ الجيولوجي للبحر الميت يمكن تلخيصه بأنه يمثل أجساماً مائية مالحة، أو نصف مالحة، أو عذبة قد احتلت المنطقة. ففي الفترات الجليدية كانت المنطقة رطبة، وكانت رسوبياتها هي رسوبيات المياه العذبة، وفي الفترات بين الجليدية سادت ظروف القحط والجفاف وترسبت رسوبيات الجبس والرسوبيات الكيماوية والملح (عابد، 1985).

تحتوي منطقة الدراسة على العديد من التراكيب الجيولوجية أهمها الصدوع والالتواءات، أما المحدثات والطيات والمقعرات فهي أقل أهمية من الصدوع والالتواءات.

الصدوع

يعود تكون الصدوع في منطقة البحر الميت إلى وقوع البحر الميت في منطقة عميقة بين سلسلتين جبليتين، وتشير التقديرات إلى أن فرق الارتفاع بين أعلى نقاط الجبال الغربية والشرقية من جهة وبين قاع البحر الميت من جهة أخرى 1900م تقريباً. إذ أعطى هذا الفارق تفسيراً لتكون ظاهرة الصدوع، والتي يمكن الحديث عنها في قسمين هما: الصدوع الجانبية والصدوع العرضية، والخريطة (8) ملحق (أ) يوضح امتداد الصدوع في منطقة الدراسة.

الصدوع الجانبية

يطلق مصطلح الصدوع الجانبية على الصدوع التي تكونت على جانبي البحر الميت من الجهة الشرقية والغربية، أي الواقعة بين نهايات الجبال والبحر الميت. يوجد صدعان جانبيين الأول على الجانب الشرقي

للبحر الميت، والآخر على الجانب الغربي، ويوجد قبتان على جانب البحر الميت الشرقي يقطع بينهما الصدع الشرقي، وأحد هاتين القبتين في منطقة الموجب، وأما الثانية ففي منطقة وادي الحسا، وتوجد قبة ثالثة على الجانب الغربي للبحر الميت مقابل قبة الموجب. أما على الجانب الغربي للبحر الميت فهناك صدع جاني ممتد شمالاً وجنوباً، ويرتفع 200 متر فوق مياه البحر الميت، ويشير أغلب الجيولوجيين على أنه قد نتج عن صدع يمتد شمالاً وجنوباً أدى إلى رفع هذا الجبل المحلي الذي يعود تشكله إلى مرحلة أصدم (النواصرة، 2016).

الصدوع العرضية

هذه المجموعة من الصدوع مائلة بزواوية كبيرة على الصدوع الجانبية فعملت على قطع الغور بشكل مائل، وهي ناتجة عن حركات التضاغط على طول الصدوع الجانبية، ومن الجدير ذكره بأن هناك مجموعة من الصدوع العرضية في منطقة البحر الميت، أهمها: جرف خنزيرة، إلى الجنوب من غور فيفا، وصدع جنوب اللسان وآخر شماله، وصدع ثالث عند نهاية البحر الميت الشمالية، وغالبيتها تمتد شمال غرب - جنوب شرق، ويبدو أن لهذه الصدوع علاقة مباشرة في تشكل حوضي البحر الميت (المحمد، 2011).

1.10.5 التركيب الصخري في منطقة الدراسة

تنتشر في منطقة الدراسة العديد من التراكيب الصخرية، أهمها الصخور القديمة التي تشكلت قبل تشكل البحر الميت والصخور الأحدث التي تشكلت بعد تشكل البحر الميت، وتوضح الخريطة (9) ملحق (أ) أنواع الصخور المنتشرة في منطقة الدراسة. وهذه الصخور هي:

صخور ما قبل الكامبري

تنتشر صخور الحقب القديمة في منطقة الدراسة، والتي تشكلت قبل تشكل البحر الميت على الساحل الشرقي للبحر الميت ومن أهمها صخور ما قبل الكامبري، وتتمثل في الصخور الأقدم من 575 مليون سنة، وتعد من أقدم صخور المنطقة، وتبرز بشكل واضح في شرق غور الصافي، إذ تتمثل في تكوين

كونجلوميرات، السرموج، والأردواز والجروك، وكذلك صخور الديوريت النارية المنتشرة على الحافة الجنوبية الشرقية للبحر الميت (عابد، 1985).

صخور العصر الكامبري

تتمثل هذه المجموعة بصخور العصر الكامبري التي يمتد عمرها بين 570 و500 مليون سنة من الآن بقسميه الكامبري الأوسط (Middle Cambrian) والكامبري الأعلى (Upper Cambrian).
الكامبري الأوسط:

تنتشر صخور هذه الفترة على بُعد 500م شمال مصب وادي زرقاء ماعين في البحر الميت، وفي وادي عيسال، والوديان الواقعة في جنوب شرق البحر الميت، إذ تظهر في هذه المنطقة صخور الدولوميت، والحجر الرملي مع آثار الترايكوبايت، والمستحاثات وآثاره، مع ظهور أشكال مختلفة من التطبق المتقاطع وعلامات التموج، وهي متغيرة السماكة وتمثل رسوبيات بحرية، بمعنى أن هذه المنطقة كانت مغطاة بمياه بحرية في ذلك الزمن.

أ. الكامبري الأعلى:

تنتشر صخور هذه الفترة إلى الشمال من مصب ماعين، أي في منطقة الوديان التي تقع جنوب شرق البحر الميت التي تبين قدرًا متفاوتًا من التطبق المتقاطع، وتكونت في هذه الفترة الصخور الرملية ذات البنية السمكية، إذ لا يظهر بها الحجر الجيري، وهذا يدل على أنها نتجت عن الأنهار.

ج. صخور العصر الترياسي:

هي صخور رملية يمتد عمرها الجيولوجي 220 مليون سنة حتى 180 مليون سنة من الوقت الحاضر، وقد بدأ ظهورها في وادي الموجب، إذ تزداد سمكاً باتجاه الشمال، وتغلب عليها الصخور الرملية الصلبة، وتحتوي على مستويات الصخور الطينية الحاملة للأبواغ، وتقطع هذه الصخور بعض القواطع الأفقية من الصخور

النارية القاعدية، وتظهر بكثرة بالقرب من عيون (زارة) جنوب مصب وادي ماعين، والدرور، والحمارة، ومخيريس، حتى سويمية، ووادي حوسان شمالاً.

الصخور الأحدث التي تشكلت بعد تشكل البحر الميت

تعود التكوينات الصخرية الأحدث التي تشكلت بعد تشكل البحر الميت إلى عصر الأيوسين، التي يقع وجودها في منطقة الدراسة، والذي يظهر انتشارها بشكل بسيط فتظهر في مجرى وادي ابن حماد، ومجرى وادي الكرك الأدنى الجزء الملتوي في غور الذراع وبعض مناطق عيسال. وهذه الصخور هي:

1. مرحلة أصدم: هي أول صخور ترسبت في منطقة الدراسة وكونت طبقة سميكة من الملح الصخري مع بعض الطبقات الرقيقة من الصخور الطينية والمارلية والكارناليت، وحسب تقديرات العلماء فإن سماكة هذه الطبقة حوالي 4000م، ويعتبر جبل أصدم في النهاية الجنوبية الغربية للبحر الميت دليل على هذا التكوين إذ تعود بدايات التكوين إلى أواخر العصر الثلاثي قبل حوالي 3-7 مليون سنة من هذا الوقت.

2. تكوين الشاغور: تمثلت في تكوين كنجومرات التي تمتاز بسماكتها، فهي حبات ملتحة كتلية جيرية كبيرة الحجم يصل قطر حبيباتها إلى المتر تقريباً، وقد تحتوي على بعض المستحاثات، وتعود إلى أواخر عصر البليوسين، ويتركز وجودها في أقصى شمال البحر الميت، ويغلب تواجدها في أقصى شمال البحر الميت (عابد، 1985)

مرحلة السمرة

يعود تسميتها بهذا الاسم نسبة إلى رسوبياتها وصخورها المثالية الممثلة لها، وهي على عمق 250 متر تحت مستوى البحر المتوسط، ويغلب على هذه المرحلة تكوينات الكنجوميرات التي تختلف في أحجامها مع رواسب الطين، والتي تختلط مع رسوبيات اللسان، ويعود ذلك إلى تعاقب فترات الترسيب في تلك الفترة، إضافة إلى تواجد الحجر الرملي والجيري والجرين والرمل الصواني، وأبرز تكوين واضح لهذه الفترة يوجد في

منطقة أريحا شمال البحر الميت بالقرب من منطقة خربة السمرة، ويتضح من تلك الرسوبيات أن عمر مرحلة السمرة يزيد عن 70 ألف سنة (أبو صفت، 2023).

وتعدّ مرحلة السمرة من آخر البحيرات الرئيسية التي سادت في المنطقة قبل تشكل البحر الميت بالشكل الحالي، فتظهر فيها الصخور الطرية التي تتخذ شكل الأخاديد في شبه جزيرة اللسان، والتي امتدت من مسافة 225 كم من بحيرة طبرية شمالاً حتى 35 كم جنوبي البحر الميت، والتي تفصل بين الحوض الشمالي والحوض الجنوبي، ويغلب عليها تواجد الجبس والأرغوانيت، وهي رسوبيات ذات الطابع المتجانس في الجزء الشمالي وغير المتجانس في الجزء الجنوبي، ويعود ذلك إلى طبيعة الترسيب في تلك المنطقة، ومن الجدير ذكره أن عمر رسوبيات اللسان 60-70 ألف سنة من الوقت الحاضر، والخريطة المرفقة توضح انتشار الصخور في منطقة حوض البحر الميت (أبو صفت، 2023).

1.10.6 المصادر المائية للبحر الميت

واجهت مصادر المياه المغذية للبحر الميت العديد من عمليات الاستنزاف التي عملت على تسريع انخفاض منسوب البحر الميت، والتي أدت بدورها إلى تناقص مساحته بشكل ملحوظ وتدهور البيئة المحيطة به. وتصل معظم المياه للبحر الميت من المناطق ذات الكثافة المطرية العالية لمجرى نهر الأردن، وتشكل منطقة حوض البحر الميت مساحة تصل إلى أكثر من 40.000 كيلو متراً مربعاً.

نهر الأردن

يعد نهر الأردن من أهم الروافد المغذية للبحر الميت، حيث يُغذي البحر الميت بأكثر من 75% من مياهه، وهو ينبع من المرتفعات في سوريا ولبنان والأردن وفلسطين، ويصب في البحر الميت، ويبلغ طوله حوالي 350 كم، أما مسافته المستقيمة فهي لا تزيد عن 105 كم، بينما عرضه فيتراوح بين 27-30 كم، وعمقه ما بين 1-3.5 م، وتشكل مساحة حوضه حوالي 435000 كم². أمّا معدل صبيب النهر فهو متباين من شهر إلى آخر، وكذلك من سنة إلى أخرى، ويعود ذلك إلى اتّساع مناطق تغذية نهر الأردن من

جهة، والتقلبات المناخية التي تتعرض لها المنطقة من جهة أخرى، فنجد أن نصيب البحر الميت من تصريف النهر حتى بداية السبعينيات من القرن الماضي يتراوح في معدله الأدنى بين 400 مليون متر مكعب، ومعدله الأعلى للتصريف 1600 مليون متر مكعب/سنوياً. ومن الجدير ذكره أن نهر الأردن يتعرض للفيضان المتكرر مرتين في السنة، فنجد الفيضان الأول يعود إلى الأمطار الهائلة عليه في فصل الشتاء، والفيضان الثاني يحصل في فصل الربيع بفعل ذوبان الثلوج المتراكمة على جبل الشيخ (عابد و الوشاحي، 1999).

هذا ويضم نهر الأردن في شمال فلسطين ثلاثة فروع وهي: الدان، وبانياس، والحاصباني متجمعة قبل بحيرة الحولة، ليتكون من مجموعها نهر الأردن، فنهر الدان: هو نبع يخرج من أراضي فلسطين ويجري فيه 270 مليون متر مكعب في السنة، أما نهر بانياس فإنه يخرج من أراضي الجولان السورية ويجري فيه 125 مليون متر مكعب في السنة، وأخرهم نهر الحاصباني والذي يحصل على تغذيته من نبعي حاصبيا والوزاني في لبنان، ويجري فيه 140 مليون متر مكعب في السنة، وبهذا فإن إجمالي ما يرفد بحيرة طبرية من مياه هذه الأنهار، يقدر بحوالي 660 مليون متر مكعب في السنة (أبو صفت، 2023).

ثم يرفد نهر الأردن إلى بحيرة طبرية، ومن الجزء الجنوبي للبحيرة يخرج نهر الأردن، ليرفده نهر اليرموك الذي يعد من أهم روافد نهر الأردن، وغيره من الأنهر الصغيرة كنهر الزرقاء، ووادي العرب، ووادي شعيب، وحسبان، وغيرهما.

وتتجمع مياه هذه الأودية كلها في الجزء الشمالي من البحر الميت، إذ إن التصريف النهري الذي يحملها نهر الأردن للبحر الميت متفاوتة من سنة إلى أخرى وفقاً لكمية الأمطار الساقطة في تلك السنة.

أما منعطفات نهر الأردن فهي كثيرة، ويُقدّر عددها بـ 323 منعطفاً، كما يتميز نهر الأردن بأنه مستمر التغير، نظراً لهجرة مجراه في مناطق المنعطفات، مما أسفر إلى حدوث الأكوام النهريّة المهجورة التي تتجلى على شكل أخاديد هلالية وصل عددها 246 كوعاً مهجوراً (أبو صفت، 2023).

فإذا نظرنا إلى الجدول (3) فهو يوضح المياه المتدفقة إلى نهر الأردن عند جسر الملك حسين، والتي قدر مجموعها بـ 1200 مليون متر مكعب/سنوياً، وهذه القياسات مستمدة من إحصائيات إسرائيلية (Israel) (Water Study for the World Bank, 1994) (عابد و الوشاحي، 1999).

جدول (3)

مصادر المياه في حوض نهر الأردن

| الكمية (مليون متر مكعب/سنوياً) | مصدر المياه |
|--------------------------------|--|
| 270 | نهر الدان |
| 125 | نهر الحاصباني |
| 125 | نهر بانياس |
| 140 | روافد شمال بحيرة طبرية |
| 220 | روافد بحيرة طبرية |
| 70 | الأمطار الهاطلة على بحيرة طبرية |
| 450 | نهر اليرموك |
| 200 | أودية تغذي نهر الأردن جنوب بحيرة طبرية |
| 280 | مقدار التبخر في بحيرة طبرية |
| 1320 | المجموع الكلي لجريان المياه في بحيرة طبرية |

المصدر: (عابد، 1985).

الأودية

تتحد الأودية إلى حوض البحر الميت من جانبه الشرقي والغربي، ومجموعة الأودية المنحدرة من الجانب

الشرقي هي:

- وادي زرقاء معين: يتكون من واد عميق، يبدأ من شمال مأدبا، وينتهي عند البحر الميت في موقع بصة النمرة، وتقع عليه حمامات زرقاء معين الساخنة، ودرجة حرارة المياه فيها تصل بين

55.5-60 درجة مئوية، وتمتاز مياهه بأنها معدنية غنية بعناصر الصوديوم، والكلورايد، والكلسيوم،
المغنيسيوم، والبروم.

• وادي الواله: والمعروف في الجانب الأردني بوادي الهيدان، ويمتاز بجمال طبيعته، وهو أحد روافد وادي الموجب، ويعرف في جزئه الأردني بوادي الهيدان، والذي بلغ إجمالي تصريفه حوالي 711.3 مليون متر مكعب/سنوياً حسب إحصائيات 2003م.

• وادي الموجب: والمعروف باسم وادي أرنون، وهو أكبر الأودية التي تصب في البحر الميت، يفصل بين جبال البلقاء والكرك، ويصل طوله حوالي 80 كم، وهو وادٍ عميق جداً، متسع المصب في نهايته عند البحر الميت، بلغ معدل تصريف مياهه إلى البحر الميت حوالي 1659.9 مليون متر مكعب/سنوياً حسب إحصائيات عام 2007م.

• وادي الكرك: يبدأ بالقرب من قرية المزار، وينتهي في البحر الميت شمال شبه جزيرة اللسان، وصل معدل تصريفه السنوي للبحر الميت 1326.9 مليون متر مكعب/سنوياً حسب إحصائيات 2007م.

• وادي الحسا: يبدأ من جبال الكرك من أراضي أبو قراط، ليمر من أراضي قلعة الحسا التي تقع على الخط الحديدي الحجازي، وقد وصل معدل تصريفه السنوي للبحر الميت 450.5 مليون متر مكعب/سنوياً حسب إحصائيات 2009م.

مجموعة الأودية المنحدرة من الجانب الغربي، فيوجد العديد من الأودية التي تصب في حوض البحر الميت
أهمها:

• وادي عربة: وهو من أهم الأودية المغذية للبحر الميت، ويمتد من خليج العقبة جنوباً حتى جوف خنيزيرة في البحر الميت، وبين إقليم النقب غرباً ومرتفعات الأردن شرقاً، يبلغ طوله 160 كم بين الشمال والجنوب، ويتراوح عرضه بين 9 كم - 25 كم ما بين الشرق والغرب، وتبلغ مساحته حوالي 2700 كم²، يشغل الجانب الفلسطيني منها ما نسبته 75%. ويتميز حوض الوادي بغناه بخام البوتاس (أبو صفت، 2023).

- وادي الفارعة: يقع حوض وادي الفارعة في شمال الضفة الغربية، يمتد جزء منه في محافظة طوباس وجنين، ولكن النصب الأكبر من امتداده في محافظتي أريحا ونابلس، يتجه وادي الفارعة على المنحدرات الشرقية إلى منطقة الأغوار ليصب في نهر الأردن شمالي البحر الميت، حيث يبلغ منسوب النقطة التي يصب فيها -373 متر تحت مستوى سطح البحر، ويعتبر أهم الأودية الشرقية التي تصب في نهر الأردن، ويبلغ معدل تصريفه السنوي حوالي 15 مليون كيلومتر مكعب/سنوياً (أبو صفت، 2023).
- وادي القلط: يقع حوض وادي القلط في السفوح الشرقية لجبال القدس ورام الله، ضمن سلسلة الجبال الوسطى لفلسطين، وينتهي في الأغوار في مدينة أريحا ليصب عند نهر الأردن على انخفاض (-397 م). تبلغ مساحة حوضه حوالي 172 كم²، ويبلغ أقصى ارتفاع لحوض وادي القلط 915م في الشمال الغربي للحوض على قمة جبل الطويل في مدينة البيرة، بينما سجل أدنى ارتفاع له عند نقطة المصب الواقعة على انخفاض -397م عند نهر الأردن، وتبلغ كمية تصريفه السنوي حوالي 3 ملايين كم³ سنوياً (عويس، الخطيب، العتال، و زين، 2022).
- وادي جالوت (جالود): يعد من الأنهار الغربية المهمة التي ترفد نهر الأردن، فهو يصرف مياه المرتفعات الفلسطينية المطلة على منطقة الأغوار، يبدأ من سهل مرج ابن عامر وينتهي بغور بيسان، وكذلك يُصرف مياه جبل فقوعة التي تجري في الجهة الجنوبية الغربية من واديه، وتبلغ مساحة حوضه 206 كم²، فيعد حوض نهر جالوت من الأحواض التابعة لحوض نهر الأردن (الربيعي، 2000).

ينابيع حوض البحر الميت

تتميز منطقة البحر الميت بالينابيع الطبيعية، إذ تتدفق إليه الينابيع من الجانبين الشرقي والغربي، أما ينابيع الجانب الشرقي فقط بلغ عددها 200 نبع، أكثر انتشار لها في منطقة الزاره، وبلغ عددها 43 نبعاً متسلسلاً، ومقدار التدفق السنوي لها حوالي 80 مليون متر مكعب/سنوياً (وزارة المياه والري الأردنية، 2021). أما بالنسبة لينابيع الجانب الغربي فيقدر عددها بـ 21 ينبوعاً، إذ تعتبر ينابيع حوض البحر الميت من أكبر ينابيع الضفة الغربية، وتتدفق هذه الينابيع شرقاً باتجاه البحر الميت، وتقدر كمية المياه المتدفقة من الينابيع من 90-106 مليون متر مكعب/سنوياً، حيث تتفاوت كميات المتدفقة من سنة إلى أخرى بسبب تأثرها بكميات الأمطار الهاطلة على المناطق الجبلية الغربية في الضفة الغربية (اليقوي و عبدالغفور، 2011)، وتقسّم ينابيع البحر الميت من الجهة الغربية إلى خمس مجموعات وتشمل:

- مجموعة ينابيع الفشخة: وتعد أهم وأكبر الينابيع الواقعة على امتداد البحر الميت في غور الأردن، وتمثل مجموعة من الينابيع المتقاربة، حيث يصل مجموعها إلى أكثر من عشرة ينابيع. ويقع نبع الفشخة في الشمال الغربي من البحر الميت، وفي أسفل منحدرات جبال غور الأردن على ارتفاع حوالي -390م تحت مستوى سطح البحر، وبحسب المعلومات القليلة والمتوفرة لنبع الفشخة، فإنها تشير إلى أن معدل التصريف السنوي لهذا النبع يتراوح ما بين 60-70 مليون متر مكعب/سنوياً.
- مجموعة ينابيع ترابة: وهي عبارة عن مجموعة صغيرة من النزازات تتركز في منطقة محصورة وصغيرة الامتداد، تقع ينابيع ترابة على بعد عدة كيلومترات جنوب مجموعة الفشخة، وتتميز مياهها بأنها مشابهة بشكل كبير لمياه الفشخة في آلية التدفق على شكل مجموعة نزازات، إلا أنها تعد أقل تركيزاً في نسبة الأملاح الذائبة بها، كما أن معدل التصريف السنوي لهذه المجموعة يتراوح ما بين 16-18 مليون متر مكعب/سنوياً، وهي تحت سيطرة سلطات الاحتلال الإسرائيلية بشكل كامل.

- نبع الغوير: تتميز مياه هذا النبع بأنها مالحة، إلا أنّ نسبة الأملاح الذائبة بها أقل من نسبة الأملاح الذائبة في مجموعة ينابيع الفشخة، حيث تتراوح ما بين 710-1200 مليغرام/لتر، ومعدّل التصريف لهذا النبع يتراوح ما بين 11-14 مليون متر مكعب/سنوياً، وهو تحت سيطرة سلطات الاحتلال الإسرائيلي بشكل كامل.
- مجموعة ينابيع الغزال: يتراوح معدل التصريف لهذا النبع ما بين 0.5 إلى 2.4 مليون متر مكعب/سنوياً، وهو تحت سيطرة سلطات الاحتلال الإسرائيلي بشكل كامل.
- نبع التتور: تتميز مياه هذا النبع بأنها مالحة نسبياً حوالي 1300 مليغرام/لتر، ويتراوح معدل التصريف السنوي لهذا النبع ما بين 0.5-3.7 مليون م³ سنوياً، وهو قليل التصريف إذا ما قورن مع بقية الينابيع، وتتميز منطقة هذا النبع بأنها رطبة جداً، إذ تمتاز المنطقة بغطائها النباتي الكثيف، ويصعب الوصول إليه، بسبب وقوعه تحت السيطرة الإسرائيلية الكاملة.

1.10.7 التربة

- تتكون في المناطق المحاذية بالبحر الميت أنواع متعددة من الترب، والخريطة (10) توضح نفاذية التربة في المنطقة، وأنواع الترب هي:
- الترب الرملية: ويسود انتشارها في جنوب البحر الميت خصوصاً في المعمورة وغور فيفا، وبعض من غور الصافي، ويعود تكونها إلى الترسيب الريحي وقربها من وادي عربة الذي يغلب انتشار الترب الرملية فيها. (نفاذية)
 - الترب الملحية: ويظهر انتشارها على شكل سبخات في المناطق التي يحدث فيها انحسار للمياه، وبالتالي نتج عنها تشكل بيئة من الترب المحتوية على مستويات عالية من الأملاح القابلة للذوبان

كلوريدات الصوديوم المغنيسيوم، وكذلك بروميد المغنيسيوم التي يغلب انتشارها شمالاً حتى غور حديثة (عابد، 1985). (غير نفاذة)

- الترب المنقولة المختلطة بالأملاح، فكان تشكلها نتيجة فيضانات الأودية، فيظهر تواجدها كلما انتقلنا من الشرق إلى الغرب، وثم تعاود بالظهور في الزارة عند المياه الساخنة، كما تظهر في غور سموية على شكل سبخات مليحة في شمال البحر الميت. (غير نفاذة)
- الترب الملحية الجافة (Salorthids) التي تتواجد في غور الصافي بالقرب من البحر الميت.
- بالترب الغدقة (Hydraquents) التي يتمثل ظهورها على طول حدود البحر الميت حيث تكشفنا إلى السطح بانخفاض مستوى المياه، وتتسم بأنها ترسبات بحرية، وقوام طيني، تغلب عليها تركيز المادة العضوية بفعل جريان مياه الأمطار القادمة من المرتفعات المجاورة عبر الدلتاوات القريبة من الميت.
- الترب الرسوبية الغورية (Ustifluvents) فهي لسيت مالحة ذات قوام حصوي، عدسية الشكل محصورة في نهايات الأودية الرئيسة المغذية للبحر الميت (عبد العظيم و اللوح، 2015).

1.10.8 النباتات

يعد البحر الميت واحداً من الكتل المائية الكبرى في غور الأردن، فهي أدنى نقطة على سطح الأرض يتسم بالمناخ الجاف والحرارة العالية والترب المالحة إذا تصل درجة ملوحة مياهه 34%، أي عشرة أضعاف المسطحات المائية الأخرى، ويعود السبب في تسمية البحر الميت بهذا الاسم إلى ملوحة مياهه العالية التي لا تسمح للنباتات العيش فيه إلا بعض النباتات التي تتحمل درجات الملوحة العالية الجفاف الشديد. وسنعرض الأنواع النباتية التي تعيش في البحر الميت وهي:

1. النباتات الملحية: يتواجد هذا النوع من النباتات في شمال البحر الميت وجنوبه، وينمو في أعقاب فصل الشتاء مباشرة، مع العلم بأن معدلات الأمطار في منطقة البحر الميت لا تزيد عن 50 ملم، إلا أنها

تعتمد في تغذيتها على السيول المتدفقة من المرتفعات المجاورة ذات الهطول المطري العالية نسبياً، إذ تسهم تلك السيول في تخفيض ملوحة مياه البحر الميت، مما يتيح للحياة النباتية بالنمو في الشواطئ المقابلة للجبال المرتفعة، حيث لا يزيد عدد الوديان والسيول المتدفقة إلى الشاطئ الشرقي عن خمسة، بينما يصل عددها على الجانب الغربي(الفلسطيني) من البحر 23 واديا وسيلا. ومن الأمثلة على النباتات الملحية الأثل، والغرقد، والعركش، وغيرها من النباتات (حوراني، 2019).

2. النباتات المائية والينابيع: يتواجد هذا النوع من النباتات حول الأودية والينابيع في أواسط منطقة البحر الميت، حيث تتواجد فيها مجموعة من المياه الساخنة والينابيع، والتي تنتشر على شكل أشربة من الأشجار الحرجية حول مجاري الينابيع فيها مثل: النخيل البري، والطرفا، والتين البري، وكذلك فيها النباتات المدارية والأعشاب الأرضية كالصفاف، والهور الفراتي، وعلى بعد بضعة مترات تظهر أشجار السدر، والدفلى والزقوم. كما تظهر بعض الشجيرات الصغيرة مثل نباتات القطف والحرمل والحميض في وادي الكرك وابن حماد (النواصرة، 2009).

3. النباتات الصخرية: يظهر هذا النوع من النباتات على التلال حول البحر الميت، وتمتاز تربتها بأنها تربة جافة ومتدهورة، ويعود إلى التعرية والرعي الجائر في المنطقة، تظهر فيها بعض الأعشاب الصغيرة منها الشنان (Al-Eisawi, 1996).

1.10.9 المناخ

يعتبر المناخ أحد العوامل الطبيعية المؤثرة على انخفاض مساحة البحر الميت ومنسوب مياهه، وهو مؤشر جيد للتغيرات المناخية في الآونة الأخيرة في منطقة بلاد الشام. فهو مناخ منقلب بشكل كبير، بسبب تراجع هطول الأمطار، إضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة، وزيادة عمليات التبخر، مما أدى إلى انخفاض مساحة البحر الميت.

تعد منطقة البحر الميت من المناطق الجافة قليلة الأمطار، حيث لا يتجاوز معدل الأمطار عن 100 ملم سنوياً، وتصنف منطقة الدراسة ضمن المناخ المداري الحار الجاف (Bwh) حسب تصنيف كوبن للمناخ العالمي (System Classification Climate Koppen)، إذ يشير الرمز B إلى المناخ الجاف أو شبه الجاف، أما رمز W فيشير إلى فصل جاف في الشتاء، والرمز H إلى المناخ الجاف شديد الحرارة، ويبلغ معدل درجة الحرارة في منطقة البحر الميت إلى 25 درجة مئوية، ومعدل الأمطار سنوياً بين 50-100 ملم سنوياً، ويسود هذا المناخ في منطقة الدراسة، والتي تمثل منطقة مهمة نظراً لتأثيرها بالأمطار الهائلة عليها بسبب تدفقات المياه والسيول من المرتفعات المحاذية للمنطقة، كما أن منطقة الدراسة واقعة ضمن مناخ إقليم البحر المتوسط الذي يمتاز بالمناخ الحار الجاف صيفاً، المعتدل الماطر شتاءً (W.H, 1970).

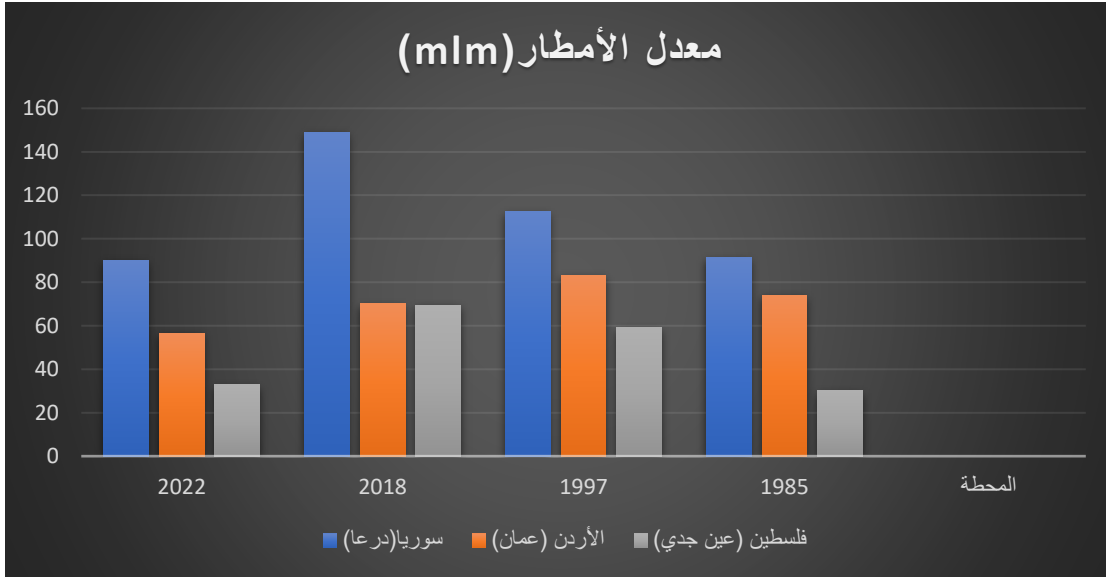
ولدراسة معدلات الأمطار ودرجات الحرارة ومعدل التبخر في المنطقة، استخدمت الدراسة محطات الرصد المناخية التالية في منطقة الدراسة، وهي: محطة درعا في الأراضي السورية، ومحطة عمان في الأراضي الأردنية، ومحطة عين جدي في الأراضي الفلسطينية، وذلك في الفترة الزمانية ما بين (1985-2022).

معدل الأمطار Rainfall

تسقط الأمطار على منطقة الدراسة في الفترة الممتدة ما بين أواخر فصل الخريف إلى منتصف فصل الربيع، وتحديدًا نهاية شهر نيسان. أما المعدل السنوي للأمطار في منطقة الدراسة اعتماداً على بيانات الأرصاد الجوية العالمية {meteoblue} لمنطقة الدراسة فنجد تذبذباً كبيراً من سنة إلى أخرى، إذ يتضح من الشكل (2) أن هناك تناقصاً ملحوظاً على كميات الأمطار منذ عام 1985 وحتى عام 2022م، وذلك حسب محطات الرصد كافة، نجد أن معدل كميات الأمطار في عام 2022 في محطة عين جدي قد سجلت 32.9ملم، بينما سجلت في العام نفسه في محطة درعا 90.2 ملم، أما في محطة عمان فقد سجلت 56.6 ملم.

شكل (2)

الأمطار في منطقة الدراسة



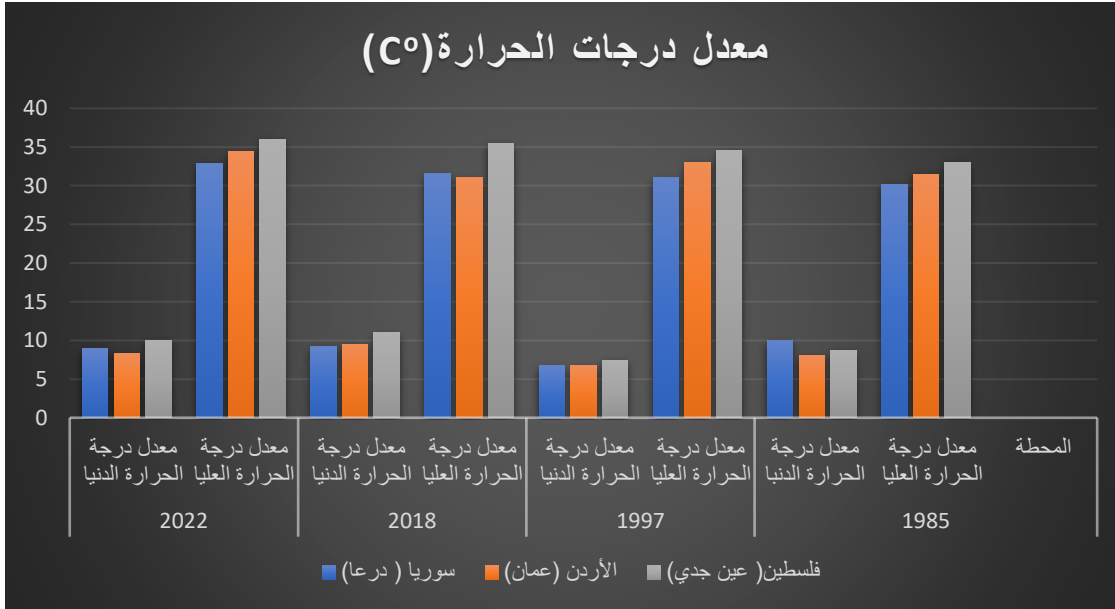
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية العالمية {meteoblue}.

درجات الحرارة Temperature

تتميز منطقة حوض البحر الميت بدرجات الحرارة المرتفعة في فصل الصيف، والمعتدلة في فصل الشتاء، إذ أعطى التباين الكبير على درجات الحرارة سمة التميز المناخي لها، بكونها منطقة جذب للسياح، وخاصة في فصل الشتاء، فهي من أهم المناطق ذات السياحة العلاجية في العالم، وأيضاً أسهمت درجات الحرارة المرتفعة في زيادة انخفاض مستوى مياه البحر الميت، وتسريع تقلص مساحته، نتيجة ارتفاع مستوى التبخر الطبيعي في المنطقة، إذ يلاحظ من الشكل (3) أن متوسطات درجات الحرارة في منطقة البحر الميت وصلت 40 درجة مئوية في فصل الصيف، بينما في فصل الشتاء فقد وصلت إلى 12 درجة مئوية. إذ سجلت أعلى درجة حرارة لعام 2022 في محطة درعا في شهر تموز 42 درجة مئوية، بينما سجلت في نفس العام في محطة عمان 43 درجة مئوية، أما في محطة عين جدي 44 درجة مئوية، ويتضح من الشكل (3) أما أعلى درجة حرارة فغالباً ما تكون في شهر تموز وأقل درجات حرارة في شهر كانون الثاني.

شكل (3)

درجات الحرارة في منطقة الدراسة



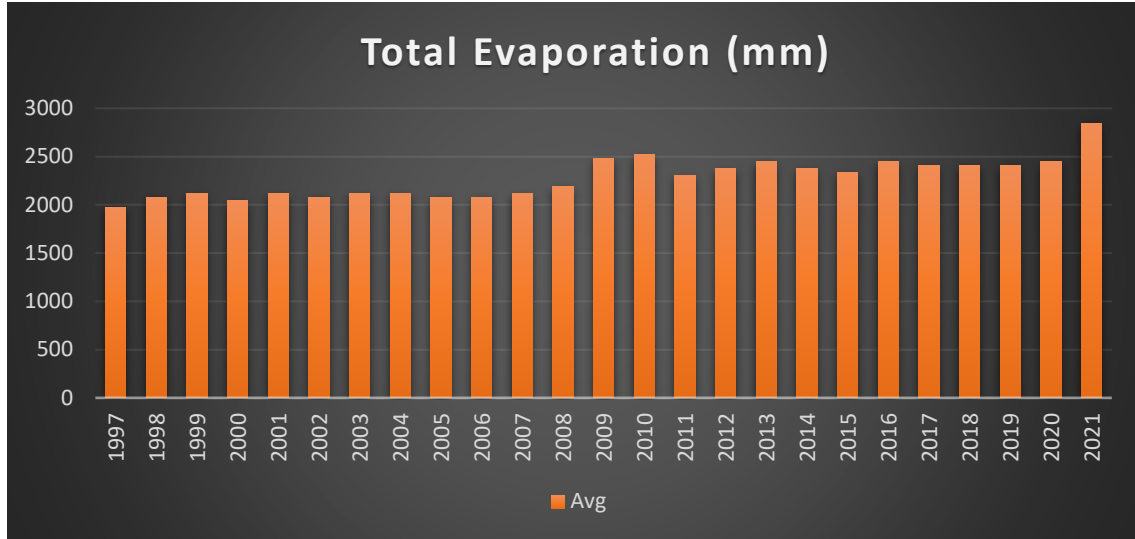
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية العالمية {meteoblue}.

التبخّر

يعد التبخّر من أهم العناصر المناخية المؤثرة على تراجع وانحسار مياه البحر الميت، ففي السنوات الأخيرة كان أحد المسببات الرئيسة المؤثرة على تراجع مستوى المياه فيه، إضافة إلى موقعه الجغرافي في منطقة صحراوية، والتي ترتفع فيها درجات الحرارة إلى حد كبير، وقد ساعد ذلك إلى ارتفاع معدّل التبخّر من مياهه، بحسب الأرصاد الجوية، فإن معدلات التبخّر من مياه البحر الميت وصلت ذروتها في عام 2021م حيث سجلت 2800ملم/سنوياً، والشكل (4) يوضح معدلات التبخّر في منطقة الدراسة.

شكل (4)

التبخّر في منطقة الدراسة



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الأرصاد الجوية العالمية {meteoblue}.

1.10.10 مشاريع قناة البحرين

مشروع قناة البحرين (المتوسط - الميت):

يشهد البحر الميت في الوقت الحالي فترات صعبة من حيث التراجع والانحسار في منسوب مياهه، مما نتج عن ذلك الوضع آثار جسيمة على النواحي البيئية والسياسية والاقتصادية كافة، وبسبب هذه الآثار التي أثرت على انخفاض منسوب البحر الميت تم الحديث عن أهم الآثار السلبية بشقيها الطبيعية والبشرية، والتي عملت بدورها على تراجع وانخفاض منسوب البحر الميت، وكذلك التركيز على فكرة مشروع قناة البحرين (الأحمر _ الميت) على مياه البحر الميت نفسه وعلى الدول المجاورة للبحر الميت (بارود و كحيل، 2014).

إن الحديث عن قناة البحرين يدور حول مشروع مرّ بمراحل تاريخية قديمة، ترجع بدايتها إلى منتصف القرن التاسع عشر، حيث باشرت بريطانيا بطرحه كخط بديل عن قناة السويس في ذلك الوقت؛ لتأمين طريق التجارة البريطانية إلى الشرق الأوسط، من خلال فتح قناة من البحر المتوسط إلى البحر الميت وصولاً إلى البحر الأحمر لتصل المحيط الهندي، ولكن بعد حوالي قرابة النصف قرن تقريباً حصل تحول

على فكرة المشروع لتنتقل إلى الأولويات الصهيونية، والذي أصبح من المشاريع ذات الأولوية لدى الصهاينة؛ لتحقيق فوائد اقتصادية من توليد الطاقة، وتحلية المياه، واستغلاله لتوسيع الأراضي الزراعية للمستوطنين في منطقة النقب. (سعيد هـ، 2022).

ولكن التطورات السياسية التي كانت في المنطقة، ومصحة الأطراف المرتبطة بالمشروع، جعلت هذا المشروع خاضعاً لتلك العوامل والتدخلات، إذ تدخلت الولايات المتحدة الأمريكية في منتصف ثمانينات القرن المنصرم كمناصر لسلطات الاحتلال الإسرائيلي لتنفيذ القناة، إلا أنّ التدخل العربي (الأردني والمصري والفلسطيني) جاء بالرفض لفكرة طرح المشروع؛ لما له من مخاطر جمة على المنطقة، منها ما يهدد الوضع السياسي في المنطقة، وأخرى مرتبطة بالبنية التحتية والمظاهر البيئية في المنطقة، وأيضاً الثروات المعدنية، وكذلك طبيعة البحار المختلفة التي سيتم ربطها بالقناة.

ومن الجدير ذكره أنه ومع مرور الوقت فقد تقلّبت مواقف الأطراف، فالموافق على المشروع يتراجع عن قراره، والمعارض يبادر في عودته إلى ضرورة إنشائه، وهذه كانت من أهم العوامل التي جعلت فكرة المشروع لا تزال قائمة إلى يومنا هذا.

أخذت الدراسات العلمية الإسرائيلية البحث بخصوص مشروع توصيل المياه بين البحر المتوسط، والميت بعد حرب عام 1967م، وخاصة بعد قيام الرئيس المصري جمال عبد الناصر بإغلاق مضيق تيران وما نتج عن ذلك من نتائج سياسية واقتصادية، وكذلك ارتفاع أسعار النفط على مستوى العالم، والذي كان أحد المؤثرات الفعلية على اقتصاد سلطات الاحتلال الإسرائيلي (المجذوب، 1998)، وكذلك بعد حرب عام 1973م التي كان لها دور كبير في البحث في هذه القناة المائية، حيث قامت بتشكيل لجنة لدراسة هذا المشروع، حيث قامت اللجنة بدراسة 27 طريقاً لتنفيذ المشروع، إلا أن اللجنة حصرت دراستها في خمسة طرق رئيسة مقترحة، وبعد دراسة الخطوط الخمسة المقترحة قامت اللجنة باستبعاد طريقتين منهما، ويعود ذلك إلى مرور هذين

الطريقين في مناطق صخرية وعرة، مما يجعل تنفيذهما أمراً في غاية الصعوبة، إضافة أيضاً لارتفاع تكاليف تنفيذهما، مما يجعلهما غير مقبولين من الناحية الاقتصادية (جبور، 1981).

أما مشاريع القناة الخمسة الرئيسية المقترحة، فقد أشار الباحثون إلى وضع مشاريع عديدة لنقل مياه البحر المتوسط بمنخفض البحر الميت ومن هذه المشاريع (عابد، 1985).

1. خط السهول (السهل الشمالي): ويكون بداية هذه القناة من خليج عكا لتمر بسهل مرج ابن عامر لتصل إلى غور الأردن في منطقة بيسان.

2. خط شومرون: ويكون بداية هذه القناة من قيسارية أي من جنوب حيفا مروراً بنابلس ليصب في غور الأردن على بعد 7 كم شمال الجفتك.

3. ربط البحر الأحمر بالبحر الميت عبر وادي عربة: ويعد هذا الطريق المقترح أطول من الطرق التي تم اقتراحها سابقاً، ويبدو أن الأردن أيدت هذا المشروع وأجرت بعض الدراسات عليه.

4. جر مياه البحر المتوسط من نقطة تقع بين مدينة يافا وأسدود إلى خربة قمران شمال البحر الميت، وأطلق عليه اسم (خط الوسط) إذ يمر هذا الخط في وسط فلسطين.

5. جر مياه البحر المتوسط من جنوب دير البلح من النقطة الواقعة في تل القطيفة مروراً بقطاع غزة ليصل إلى منطقة مسعدة الواقعة على الشاطئ الغربي للبحر الميت، ويطلق عليه اسم (الخط الجنوبي).

يبدو في نهاية المطاف أن الاختيار الأنسب الذي وقع عليه الاختيار من سلطات الاحتلال الإسرائيلي هو الخط الجنوبي وهو ما سيجري الحديث عنه في بحثنا هذا، والتي كان من ضمن توصياتها بضرورة شق قنوات لربط البحر الميت بالبحر المتوسط (عابد، 1985).

الخط الجنوبي أو ما أطلق عليه اسم نهر الطاقة الإسرائيلي، وعرف أيضاً باسم خط (يوفال نئمان) نسبة إلى البروفيسور يوفال نئمان صاحب هذه الفكرة، إذ تبدأ القناة من نقطة القطيف، أو تل القطيفة الواقعة على

شاطئ البحر المتوسط، والتي تقع في الجنوب الغربي من مدينة غزة بمسافة 20 كم بين دير البلح وخان يونس، وتنتهي القناة عند منطقة مسعدة التي تقع جنوب الساحل الغربي للبحر الميت، أما طول القناة فيبلغ 180 كم. حيث سيتم استخدام جهاز يُعرف باسم (جهاز إدخال الماء) يتم من خلاله سحب مياه البحر المتوسط، حيث يركب الجهاز أسفل الجرف المتعرج على ساحل المتوسط عبر منطقة القطيف، ويوضع الجهاز على بُعد 600 متر داخل مياه البحر المتوسط يحفظ بواسطة عائم بحري حاجب للأمواج. وسيتم تركيب مضخات كبيرة الحجم تقوم بضخ 50 متر مكعب من المياه في الثانية من خلال أنبوب ضغط يصل قطره إلى 5 أمتار وطوله 7 كم يصل إلى منطقة التلال شرقي قطاع غزة، بعدها يتم رفع المياه من خلال مضخات كبيرة يصل ضحها إلى 50 متر مكعب في الثانية، وبعدها يتم رفع المياه إلى ارتفاع 100 متر بواسطة المضخات فوق مستوى سطح البحر المتوسط بالقرب من منطقة " عين الثلاثة " على بعد 3 كم عن خط الهدنة شرق مدينة خان يونس (التل، 2008).

وبفعل عاملَي الجاذبية والثقل يتم صب المياه في قناة مفتوحة التي تمتاز بجدرانها الإسمنتية بطول 11 كم وعرض ما بين 10-20 متر، وبعدها تصب المياه في منطقة الخلصة الذي يتراوح عرض القناة في هذه المنطقة 20 متراً. وسيتم تشييد بحيرة في هذه المنطقة ليتم استغلالها لبناء محطة للطاقة النووية، وعند وصول المياه لبحيرة الخلصة، ستجري المياه من خلال نفق على عمق 400 متر من جبال النقب يصل طوله إلى 86 كم، وبقطر 5 أمتار، إلى أن تصل إلى برك للتخزين التي سيتم إقامتها بالقرب من منطقة "معاليه يائير" الواقعة في الشمال الغربي من منطقة مسعدة على مرتفعات سلسلة جبال القدس المطلة على البحر الميت بهدف تجميع المياه بالقرب من المنطقة (السمان، 1997). أما أسفل منطقة التخزين سيتم إقامة محطة كهرومائية مقابل شبه جزيرة لسان البحر الميت لتتساقط عليها المياه من ارتفاع 400 متر، ولتشغل من خلاله أربع ترينبات، الخريطة (10) ملحق (أ) توضح مشروع الخط الجنوبي.

ما أسباب تأييد الخط الجنوبي (القطيف - مسعدة):

1. إن تنفيذ هذا المشروع لا يتطلب تعاوناً إقليمياً، وبإمكان سلطات الاحتلال الإسرائيلي تنفيذه وحدها على عكس المشروع الشمالي الذي يتطلب تعاوناً إقليمياً من الدول المجاورة.

2. المميزات الطبيعية للمشروع من الناحية العلمية مثل: بعد هذا المشروع عن خزانات سلطات الاحتلال الإسرائيلي الجوفية للمياه العذبة، وكذلك عدم تواجد مشكلات جيولوجية أثناء عملية الحفر؛ لأنها مناطق ذات صخر جيري، إضافة إلى أن عملية الحفر بها غير معقدة، وخاصة في منطقة جبال عراد في النقب.

3. تكلفة هذا المشروع هي الأقل تكلفة، حيث قدرت التكاليف الإجمالية للمشروع بـ 685 مليون دولار حسب أسعار عام 1980م.

4. سيعزز تنفيذ هذا المشروع بناء محطة طاقة نووية جديدة في فلسطين المحتلة بدلاً من المحطات التقليدية، وهذا ما شجع سلطات الاحتلال الإسرائيلي على إقامة محطات جديدة وخاصة بعد الضغط السياحي، والكياني على شاطئ البحر المتوسط إذ لم يعد متسع لإقامة محطات جديدة.

مشروع القناة المقترح (الأحمر - الميت)

التسلسل التاريخي للمشروع

على إثر توقيع معاهدة السلام بين الأردن وسلطات الاحتلال الإسرائيلي، أو ما تسمى باتفاقية " وادي عربة"، باشر المسؤولون الأردنيون التفكير بإنشاء قناة مائية تربط بين البحرين الأحمر والميت، وفي عام 2002م عُقد مؤتمر قمة الأرض للبيئة والتنمية في (جوهانسبورغ) بدولة جنوب أفريقيا، حيث صرح هذا المؤتمر عن مشروع قناة البحرين (الأحمر - الميت)، إذ جاء الرد العربي المعارض للمشروع بذريعة أنه يتعارض مع المصالح الفلسطينية والعربية في الجوانب السياسية والبيئية والاقتصادية، والخريطة (11) ملحق (أ) توضح قناة البحرين.

وَقَّعت الأردن والسلطة الوطنية الفلسطينية، وسلطات الاحتلال الإسرائيلي في عام 2005م اتفاقية للبدء بشق (قناة البحرين)، ثم أعلن الممثلون عن الأطراف الثلاثة في شهر كانون الأول من عام 2006م (دراسة الجدوى) لإقامة قناة البحرين التي تربط البحر الأحمر بالميت، وحسب الدراسة التي قام بها البنك الدولي مع ممثلي الأطراف الثلاثة صرحت بأن التكاليف الكلية للمشروع تقدر بـ 11 مليار دولار (الأسطل، 2014).

كانت بداية المرحلة الأولى للمشروع في شهر شباط عام 2015م، وذلك لاستكمال مذكرة التفاهم التي تم توقيعها في واشنطن في شهر كانون الأول من عام 2013م، حيث كانت برعاية أمريكية بين الأطراف الثلاثة للمشروع، وبعدها وبتاريخ 13 تموز عام 2017م صرحت السلطة الوطنية الفلسطينية اتفاقاً مع سلطات الاحتلال الإسرائيلي على حصة الفلسطينيين من مرحلة المشروع الأولى، وكان ذلك برعاية أمريكية، إذ ذكرت السلطة الفلسطينية في بيان لها عن نصيب كل من الضفة الغربية وقطاع غزة من المياه، حيث إن كمية المياه الإجمالية للضفة الغربية قدرت بـ 22 مليون متر مكعب و10 مليون متر مكعب لقطاع غزة.

مراحل المشروع

يشتمل مشروع قناة البحرين الأحمر - الميت على سحب المياه من أقصى نقطة في البحر الأحمر في شمال خليج العقبة ثم يتم ضخ هذه المياه في قناة يصل طولها إلى 180كم، لتجري في وادي عربة على الجانب الأردني، ومحمية ضانا، وأيضاً في المساحات الزراعية في غور الصافي، وغور فيفا إلى أن تصل إلى جنوب البحر الميت، حيث سيتم تشييد محطة لتحلية مياه للشرب بالقرب من ساحل البحر الميت، ويقدر إنتاجها السنوي بـ 850 مليون متر مكعب/ سنوياً.

ومن الجدير بالذكر أن هذا المشروع يشتمل على مرحلتين تشغيليتين: تتضمن المرحلة الأولى للمشروع تشييد قناة لنقل مياه البحر الأحمر إلى البحر الميت، لتنتقل قرابة ملياري متر مكعب من المياه وتكلفة هذه المرحلة

قد تصل إلى ملياري دولار. أما بالنسبة للمرحلة الثانية فتتضمن الانتفاع من فرق منسوب المياه من خلال إنشاء محطة لتحلية المياه لتوفير أكثر من 800 مليون متر مكعب من المياه العذبة سنوياً، بالإضافة إلى إنتاج الطاقة بقدراتها العالية (الأسفل، 2014).

الإيجابيات المتوقعة للمشروع

يشمل مشروع قناة البحرين مجموعة من الإيجابيات، إذ إن الهدف الرئيس والمعلن للمشروع هو إنقاذ البحر الميت من التدهور البيئي، ومواجهة العجز المائي له من خلال تصدير مياه البحر الأحمر إليه، لرفع مستوى مياهه إلى ما كانت عليه في ستينيات القرن الماضي، وكذلك ما يرافقه من مشاريع تحلية المياه وإنتاج طاقة الكهرباء، وهذا ما أكدت عليه الدراسات العلمية للمشروع بأنه سيعمل على إنقاذ البحر الميت من الزوال وفق استمرار انخفاض منسوب مياهه، إذ من المفترض بعد هذا المشروع أن يحدث ازدهاراً كبيراً بقطاعي الصناعة والسياحة، وكذلك من المفترض أن يسدّ هذا المشروع العجز المائي للدول الأطراف الثلاثة، حيث إن نجاح هذا المشروع يسهم في التعاون الإقليمي بين أطرافه، وفي دعم عملية السلام في المنطقة وهي نقطة في بالغ الأهمية (الحلاق، 2011).

الآثار السلبية للمشروع

بالرغم من الإيجابيات الكبيرة المتوقعة للمشروع، إلا أنه يحمل في طياته العديد من الآثار والمخاوف، ذلك أنّ أهدافه المعلنة البيئية تشير إلى أنه مشروع هدفه الأساسي إنقاذ البحر الميت من الجفاف، وفي أهدافه الاقتصادية أنه سيعمل على حل المشكلة المائية من خلال توفير كميات كبيرة من المياه، وليس له أبعاد أمنية أو سياسية تهدد التعاون الإقليمي في المنطقة، إلا أن آراء الخبراء أشارت في دراستهم إلى العديد من المخاوف والآثار السلبية للمشروع منها: إن خبراء علوم الأرض والبيئة أكدوا قلقهم من أن تنفيذ هذا المشروع له احتمالية في تشكيل كارثة بيئية خطيرة قد تحل في الدرجة الأولى بالبحر الميت، وأيضاً قد تحدث بعض المختصين المصريين على أن نقل مياه البحر الأحمر إلى البحر الميت من خلال

خليج العقبة له تأثير سلبي على الحياة المائية والشعب المرجانية في خليج العقبة، وسينتج عن هذا التدفق تكوين الكثير من التيارات المائية. إضافة إلى أن البحر الميت يتسم بأنه نظام بيئي معقد وضعيف، وأنّ نقل كميات كبيرة من المياه قليلة الملوحة ستؤثر سلباً، وقد تؤدي إلى ترسيب الجبس، وانتشار الكائنات الميكروبية والبكتريا والطحالب النادرة التي تعيش فيه، وذلك نتيجة خلط مياه البحر الأحمر بالبحر الميت، حيث إن الخصائص الكيميائية للبحرين مختلفة تماماً، وهذا سيؤثر على الفائدة العلاجية للبحر الميت، وفقدانه جذب السياح، وهناك احتمالية تلوث المياه الجوفية، وخاصة في منطقة وادي عربة، بسبب تسرب المياه المالحة المنقولة من القناة إليها، وكذلك تدمير عدة محميات طبيعية في منطقة وادي عربة (حبيب و الكيلاني، 2007).

أما من الناحية الجيولوجية فالمشروع نتائج جيولوجية خطيرة قد تعمل على تهيج منطقة الأخدود (Jordan Dead Sea Rift) خاصة أن القناة ستمر في منطقة صدع نشط وأكثر عرضة لحدوث الزلازل، ومن المتوقع أنه سيعمل على وقوع زلازل تصل شدتها 5-6 درجات حسب مقياس ريختر للزلازل، ويعود ذلك إلى تسرب المياه إلى الفوالق والشقوق على امتداد قناة البحرين (التل، 2008).

الفصل الثاني

التحليل المورفومتري لمنطقة الدراسة

2.1 المقدمة

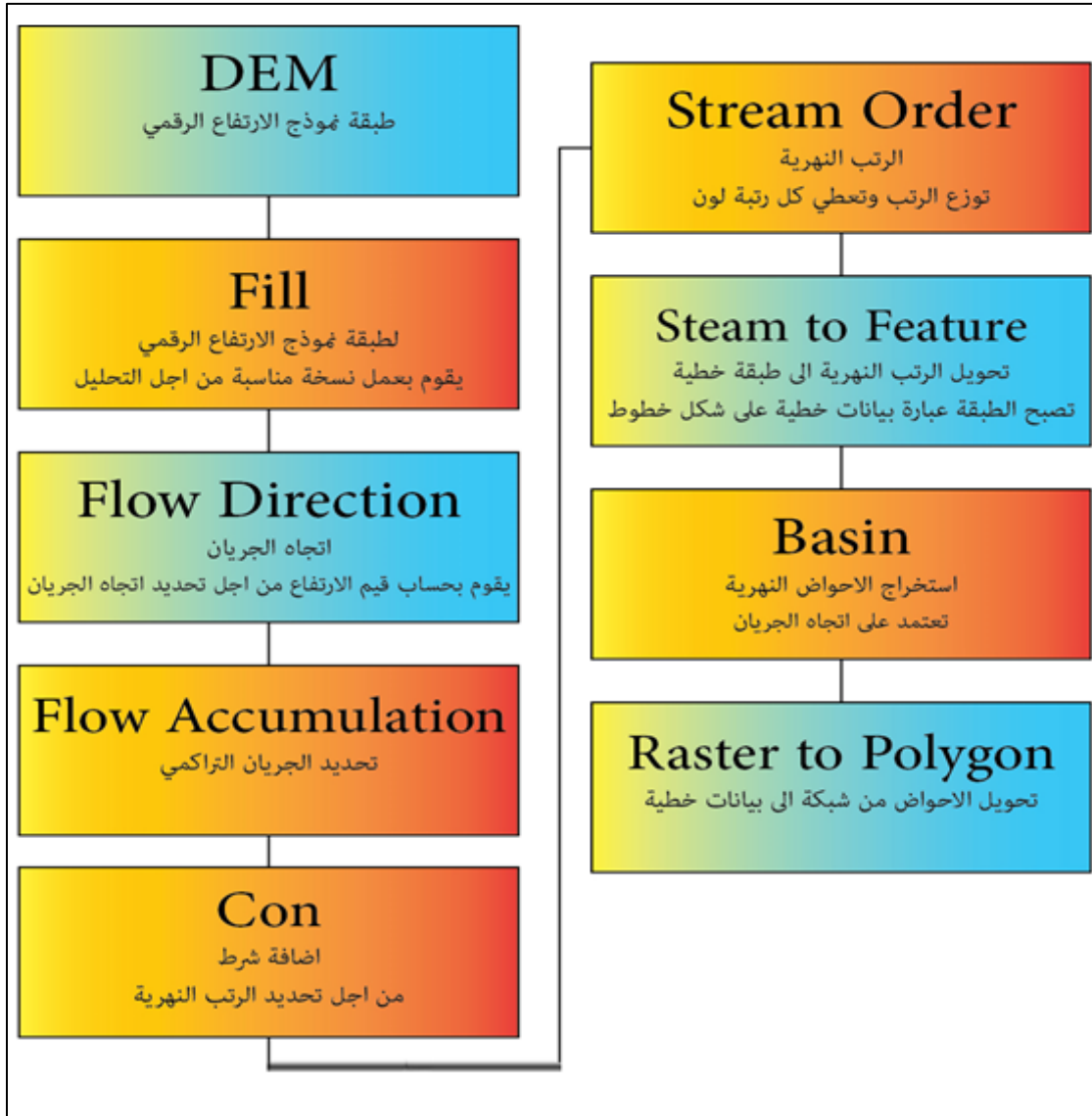
تعد الدراسات (الهيدرولوجية) ذات أهمية كبيرة في دراسة الأحواض المائية واستخراج خصائصها؛ لما لها من علامات هيدرولوجية معينة، مثل: خصائص التصريف المائي، وهيدرولوجية المجاري المائية ورتبها، إذ إنها توضح العلاقة بين عوامل الترسيب والحت النهري، والظواهر الأرضية التي ترتبط بها، وتتشأ عنها، ويُعرف التحليل الهيدرولوجي على أنه: تقنية لاستخلاص شبكات التصريف المائي، ورسم حدود الأحواض المائية الرئيسية والفرعية، وكذلك الروافد الصغيرة، والرتب المائية. وللتحليل الهيدرولوجي فوائد جمة لعل أبرزها: أنه يفيد في جميع مجالات التخطيط للمناطق ذوات شبكات التصريف، ويهدف أيضاً في التخطيط لمواجهة خطر السيول، والتخطيط لتغذية الخزانات الجوفية، وحجز الماء للقطاع الزراعي للاستفادة منها.

2.2 التحليل الهيدرولوجي

يمثل العمل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية أحد الوسائل الحديثة التي سهلت عملية التحليل الهيدرولوجي لأحواض التصريف المائي، إذ أصبح الاعتماد على الطرق الحديثة كالصور الجوية، ومرئيات الأقمار الصناعية، بدلاً من الخرائط الطبوغرافية، وكذلك العمل على مجموعة من الأدوات المتقدمة التي تعتمد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model، بحيث يتم من خلالها استخراج شبكة الأودية، ودراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف، وتضمن خصائصه المساحية والشكلية والتضاريسية (سعد و عباس، 2013)، حيث تم تطبيق التحليل الهيدرولوجي على الأحواض المائية في منطقة حوض البحر الميت، ودراسة خصائصها، حيث مرّت عملية التحليل الهيدرولوجي بعدد من العمليات داخل برنامج ArcGIS، وكل عملية لها تحليل معين واستخدام معين، والشكل (5) يوضح خطوات عمل تحليل هيدرولوجي.

شكل (5)

خطوط التحليل الهيدرولوجي



المصدر: إعداد الباحثة، بالاعتماد على مساعد ESRI.

2.2.1 الارتفاعات الرقمية

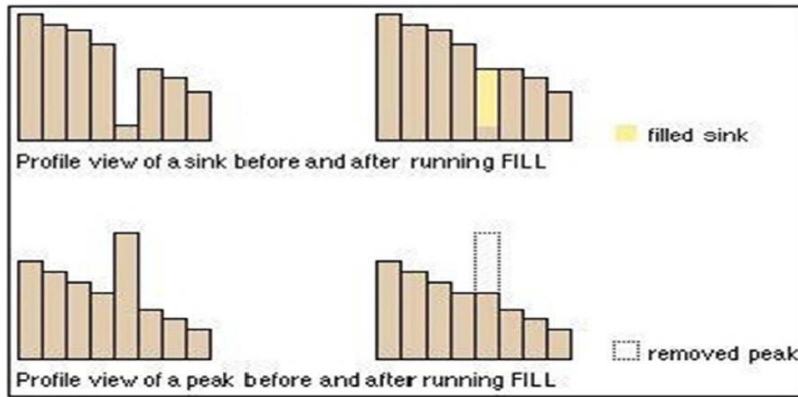
تم استخدام بيانات نموذج الارتفاع الرقمي من بيانات القمر الصناعي Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) بدقة 30 متر، وتم اتباع المنهج التحليلي لأودية منطقة الدراسة، والمنهج الكمي لتطبيق المعايير والمقاييس الكمية لاستخدامها في تحليل العمليات الهيدرولوجية لأحواض منطقة البحر الميت خريطة (12) ملحق (أ).

2.2.2 معالجة القيم الشاذة في الارتفاع (Fill)

يكون ملف الارتفاع بصورة شبكية (Raster)، حيث إن كل خلية لها ثلاثة أبعاد (X,Y,Z) إذ يتم تعبئة الانخفاضات أو الارتفاعات غير المتوقعة من نموذج الارتفاع الرقمي، وملء السطح الشبكي لإزالة البيانات الشاذة وغير الحقيقية، معتبرة الخلايا التي تحتوي على قيم مرتفعة أو منخفضة بشكل أكبر عن قيم الخلايا المجاورة لها ذوات القيم الشاذة، وهذا يعوق عملية الجريان. ومن خلال الطبقة المنتجة نستطيع استنتاج مجموعة من المخرجات، ومن أهمها: رسم شبكة التصريف النهري على أحواض منطقة الدراسة، وتطبيق المؤشرات المورفومترية على خصائص شبكة التصريف النهري لأحواض منطقة الدراسة، الشكل (6) يوضح طريقة معالجة القيم الشاذة.

شكل (6)

معالجة القيم الشاذة



المصدر: إعداد الباحثة، بالاعتماد على مساعد ESRI.

2.2.3 اتجاه الجريان (Flow Direction)

ومن خلال هذه الخطوة يتم تحديد اتجاه جريان المياه من كل خلية للخلايا المجاورة لها، وذلك من خلال مقارنة منسوب الخلية مع مناسيب الخلايا المجاورة، وتعتمد أداة Flow Direction على إعطاء قيمة لكل اتجاه ستجري به المياه كما في الشكل (7).

شكل (7)

اتجاه الجريان



المصدر: إعداد الباحثة، بالاعتماد على مساعد ESRI.

وتُعدُّ القيم الناتجة من اتجاه الجريان إلى الاتجاهات الجغرافية، وهي على النحو الآتي:

شكل (8)

اتجاه الجريان والاتجاه الجغرافي

| | | |
|----|----|-----|
| 32 | 64 | 128 |
| 16 | | 1 |
| 8 | 4 | 2 |

المصدر: إعداد الباحثة، بالاعتماد على مساعد ESRI.

بناءً على الشكل (8)، نستنتج أن كل مربع من هذه المربعات هو عبارة عن خلية واحدة من خلايا DEM، فكل واحدة من هذه الخلايا تحمل قيمة معينة، وهذه القيمة تمثل الارتفاع، فاتجاه الجريان دائماً يبدأ من القيمة العليا إلى القيمة الأدنى، فمثلاً قيمة رقم (1) تعبر عن اتجاه الشرق، والقيمة رقم (2) تمثل الجنوب الشرقي، وقيمة رقم (4) تمثل اتجاه الجنوب، وقيمة رقم (64) تمثل الشمال، وهكذا بالنسبة لباقي الاتجاهات، والجدول (4) يوضح قيم اتجاه الجريان مع الاتجاه الجغرافي في منطقة الدراسة، والخريطة (13) ملحق (أ) توضح اتجاه الانحدار في المنطقة.

جدول (4)

اتجاه الجريان في حوض البحر الميت

| القيمة | الاتجاه | المساحة | النسبة % |
|--------|----------|---------|----------|
| 1 | شرق | 6507.96 | 13.32 |
| 2 | جنوب شرق | 4115.20 | 8.42 |
| 4 | جنوب | 7887.16 | 16.15 |
| 8 | جنوب غرب | 4897.99 | 10.03 |
| 16 | غرب | 9171.97 | 18.78 |
| 32 | شمال غرب | 4538.59 | 9.29 |
| 64 | شمال | 7406.97 | 15.16 |
| 128 | شمال شرق | 4319.90 | 8.84 |

يوضح الجدول أعلاه اتجاه الجريان في حوض البحر الميت، والنسبة المئوية لكل اتجاه، وتبين من الجدول توزيع الجريان بين الاتجاهات المختلفة، حيث تمثل القيمة رقم 16، -وهي الاتجاه الغربي- أعلى نسبة جريان في منطقة الدراسة، فيدل على وجود تضاريس مائلة إلى الجهة الغربية، ويؤدي إلى تجميع الجريان في هذا الاتجاه.

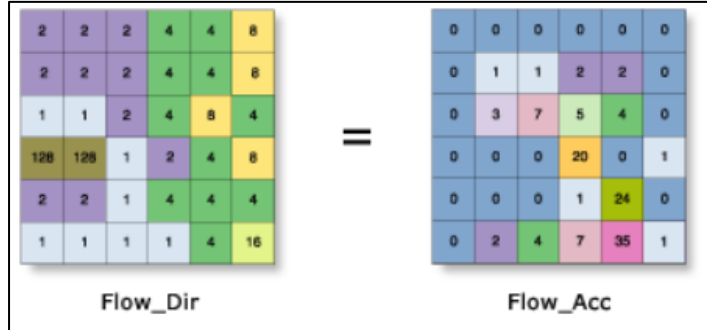
أما القيمة التي شكّلت النسب الأقل، فهي تحمل قيم رقم 2 و128، وتتمثل في الاتجاه الجنوب الشرقي، والاتجاه الشمالي الشرقي، وتتراوح نسبتها بين 8.42% و8.84%، ويعود ذلك الارتفاعات الكبيرة في هذه الاتجاهات.

2.2.4 تجميع الجريان

تقوم أداة تجميع الجريان عند كل خلية بحساب عدد الخلايا التي ستصب المياه فيها، أي أنّ في الملف الشبكي الجديد ستحتوي كل خلية على عدد الخلايا التي ستتدفق منها المياه إلى هذه الخلية، وبالتالي نستطيع تحديد شكل المجاري الرئيس لمنطقة الدراسة كما الشكل (9)، والخريطة (14) ملحق (أ) توضح مناطق تجمع المياه.

شكل (9)

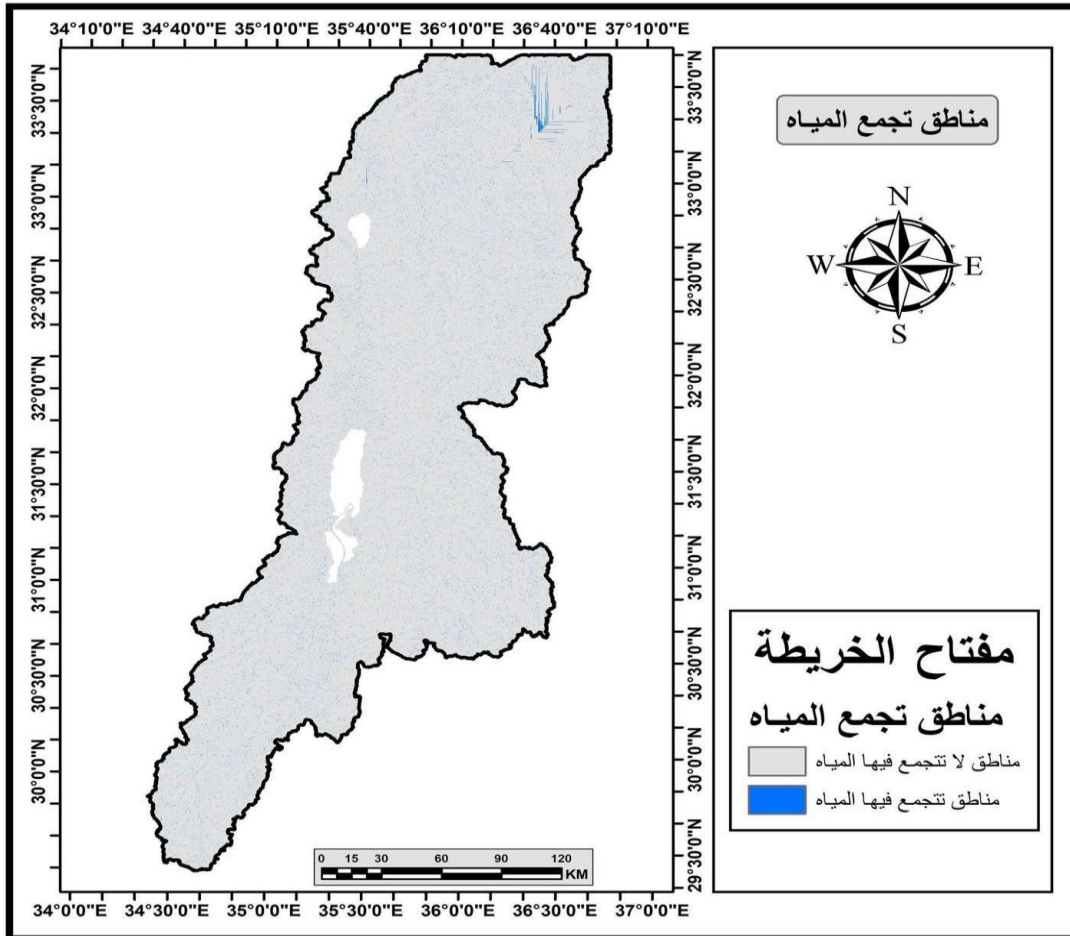
خلايا الرتب النهريّة



المصدر: إعداد الباحثة، بالاعتماد على مساعد ESRI.

خريطة (14)

مناطق تجمع المياه



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

أداة شرطية Conditional

تهدف هذه الأداة لزيادة الدقة عند استخراج مسارات الأودية من ملف تجميع الجريان، حيث يتم إدخال الطبقة المراد إضافة الشرط إليها، وإضافة أيضاً معادلة، ونتيجة هذه المعادلة والطبقة تحتفظ بالبيانات أو القيم التي يكون ناتجها المعادلة.

لقد تمّ استخدام أداة Con في هذه الدراسة لحذف جميع القيم التي لا يوجد فيها مجرى نهري، أو أودية، أو غير ذلك من هذه المظاهر، وتطبق الأداة على نتيجة Flow Accumulation، والتي تعبر عن الأماكن التي يوجد فيها مجرى نهري، والتي تتمثل من خلال القيم، تكتب المعادلة كالآتي:

$$\text{Value} > 200$$

ومن خلال هذه المعادلة فإن كل قيمة أكبر من 200 تظهر في النتيجة، وما دون قيمة 200 لا تظهر، وكلما قلت القيمة، كانت النتيجة أكبر من ناحية عدد الرتب، حيث المستخدم في العمل قيمة 200، والتي تعتبر هي القيمة الأنسب.

الرتب النهريّة

تقوم أداة Steam Link بربط شبكة المجاري المائية، ومعرفة نقاط الاتصال التي تربط كل مجرى مائي بالمجرى المائي الآخر، إذ تقوم بعمل رواتب للروافد المائية وتحويلها إلى شبكة، وتعتمد على البيانات الناتجة من الطبقة الشرطية، من أجل تحديد أماكن الأودية أو المجاري النهريّة، وأيضاً بيانات اتجاه المجرى النهري الخاص Flow Direction، ومن خلالها يقوم البرنامج من استنتاج المجاري النهريّة، وإعطاء رتب لها، وذلك بفعل بيانات اتجاه المجاري، وتتكوّن شبكة المجاري المائية من جزأين: الأول (Links)، والذي يعبر عن الوصلات التي يقصد بها المجاري المائية، وأما الجزء الثاني (Junctions) وهي نقاط الاتصال بين المجاري المائية، والخريطة (15) ملحق (أ) توضح الرتب النهريّة في المنطقة.

2.3 الأحواض النهرية Basin

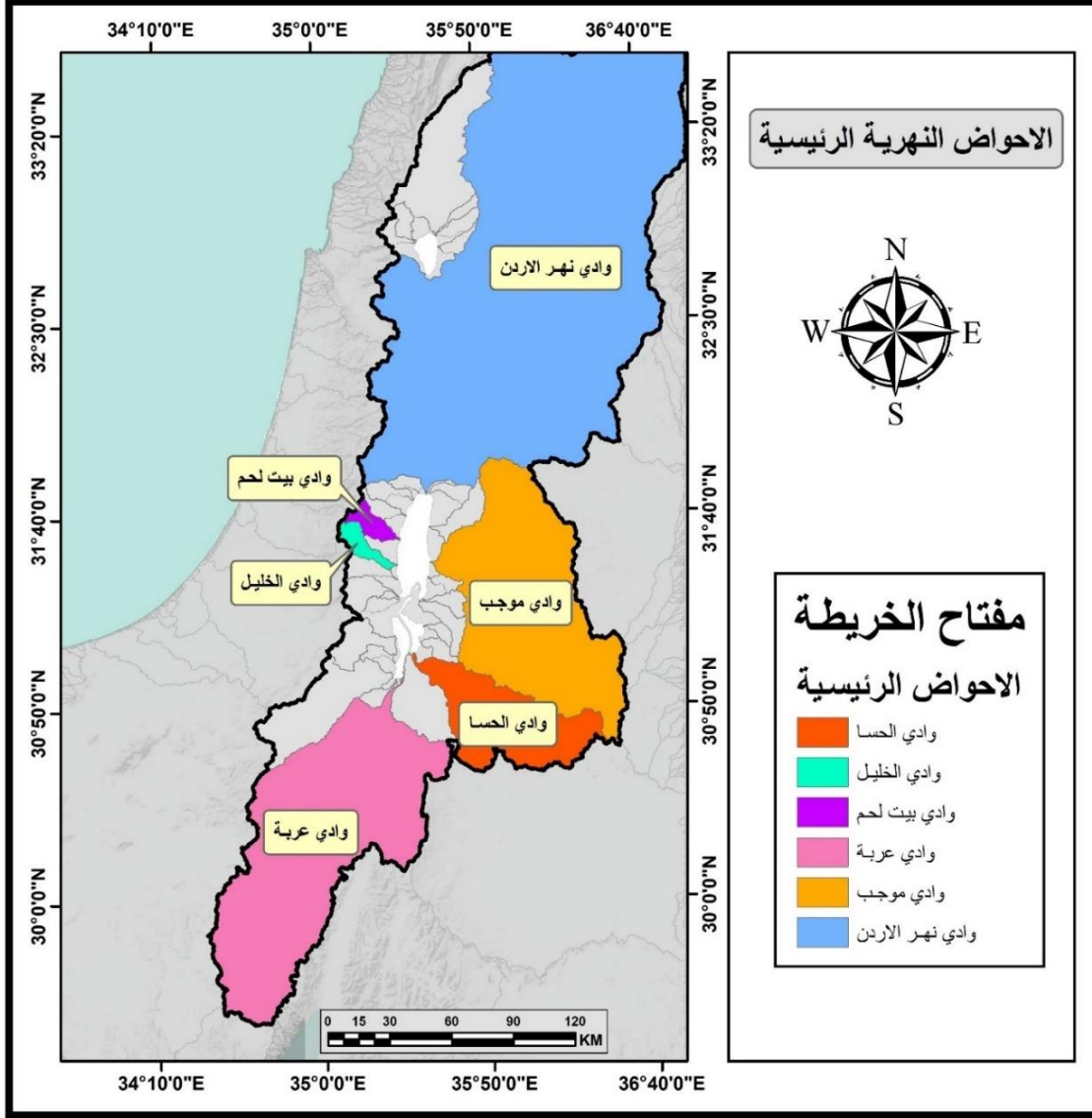
تتركز وظيفة هذه الأداة بإنشاء ملف شبكي Raster، لتحديد أودية التصريف، فهي تعمل على إخراج كل الأحواض الموجودة في منطقة الدراسة استناداً على الرتب النهرية الموجودة، وبناءً على بيانات اتجاه الجريان تقوم برسم الأحواض النهرية، ومن ثم تحويل الناتج إلى بيانات خطية على شكل مساحي والخريطة (16) ملحق (أ) توضح الأحواض النهرية.

2.4 الخصائص المورفومترية لحوض البحر الميت

تعدّ الخصائص المورفومترية لحوض البحر الميت ذات أهمية كبيرة في الدراسات الهيدرولوجية، فهي تعبر عن العلاقة بين عمليات وعوامل الترسيب والحتّ، والظواهر الأرضية المرتبطة بها، والناشئة عنها، فكانت الظواهر المائية للأحواض المائية والعمليات المكونة لها ذات طابع معقد؛ نظراً لأنها كانت تعتمد سابقاً في معالجتها وتحليلها على مجموعة من الأنظمة والقوانين ضمن دراسات وصفية، ومن خلال اتجاه الجريان نستنتج الأحواض النهرية في المنطقة، حيث الخريطة (17) توضح الأحواض النهرية الرئيسة في منطقة الدراسة.

خريطة (17)

الأحواض الرئيسية في منطقة الدراسة



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

2.4.1 الخصائص الشكلية

للأحواض المائية خصائص شكلية متنوعة، إذ ترتبط بالعمليات الجيومورفولوجية، والخصائص المناخية للمنطقة، وكذلك بالطبيعية الجيولوجية والتركيب الصخري، ومن أهمها:

1. مساحة الحوض Basins Area

تعد دراسة مساحة الحوض ذات أهمية في الدراسات الهيدرولوجية؛ كونها تتحكم بحجم الجريان المائي، إذ تعتبر منطقة تغذية مائية متكاملة، في كونها تتحكم في كمية المياه الجارية في شبكة المياه الموجودة فيها، فعندما تزداد مساحة الحوض يترتب عليها زيادة في حجم التصريف المائي، وتؤثر عوامل عدة في تباين حجم الأحواض المائية في المنطقة، كالبنية الجيولوجية للحوض، والمناخ، وتنوع التضاريس في الحوض نفسه، وكذلك كميات تساقط الأمطار، ونشاط التعرية المائية، والذي يرتبط بزيادة مساحة الحوض (Al-Mohsen & Abdul Abbas, 2002).

يتضح من خلال الجدول رقم الأحواض الرئيسية في منطقة الدراسة، إذ تباينت مساحة الأحواض في منطقة الدراسة من حوض لآخر، إذ بلغ أكبر الأحواض مساحة حوض وادي الأردن، وبلغت مساحته (22178.55 كم²) ونسبة (55%) من مساحة الأحواض الكلية، أما الحوض الثاني ترتيباً من حيث المساحة، فهو حوض وادي عربة، إذ بلغت مساحته (8736.65 كم²) ونسبة (22%) من مساحة الأحواض الكلية في منطقة الدراسة، أما ثالث الأحواض من حيث مساحته فهو حوض وادي الموجب والذي بلغت مساحته (6650.62 كم²) ونسبة (16%) من مساحة الأحواض الكلية، أما رابع الأحواض من حيث مساحته، فهو حوض وادي الخليل والذي بلغت مساحته (235.24 كم²) ونسبة (1%) من مساحة الأحواض الكلية، أما أقل الأحواض الرئيسية مساحةً فهو حوض وادي بيت لحم الذي بلغت مساحته حوالي (230.58 كم²) بنسبة (1%) من مساحة الأحواض الكلية في منطقة الدراسة.

2. محيط الحوض Basin Perimeter

يمثل محيط الحوض حدود الحوض الممتدة على طول خط تقسم المياه التي تفصل بين الأحواض المجاورة لبعضها، وترتبط أهميتها بالكثير من خصائص الأحواض المائية أهمها: (مساحة الحوض، عرض العرض، شكل الحوض، معدل الاستدارة، معدل الاستطالة)، وكذلك تؤثر عليه عوامل كثيرة من أبرزها: المجاري المائية، والوديان، ونخص بالذكر مجاري المرتبة الأولى، حيث تتعمق وتوسع فيها المجاري خلال موسم الهطول المطري بتأثير عمليتي النحت الرأسية والجانبية، وهذا عمل على زيادة الرتبة الأولى للمجاري المائية (آل حسين و الرحمن، 2019).

تتباين محيطات الأحواض التصريفية لمنطقة الدراسة، فقد سجلت أعلى قيمة لحوض وادي الأردن بقيمة (1015.91 كم²) بنسبة (35%)، أما محيط حوض وادي عربة فيبلغ (711.86 كم²) بنسبة (25%)، بينما محيط حوض وادي الموجب فيبلغ (6650.62 كم²) بنسبة (20%)، بينما محيط حوض وادي الحسا فيبلغ (389.60 كم²) بنسبة (13%)، أما محيط حوض وادي الخليل فيبلغ (105.82 كم²) بنسبة (4%)، أما أدنى قيمة حصل عليها حوض وادي بيت لحم الذي بلغ (95.52 كم²) بنسبة (3%).

3. عرض حوض التصريف Basin Width

ويقصد بها: المسافة المستقيمة العرضية ما بين أبعد نقطتين على محيط الحوض، ولإيجاد عرض الحوض يوجد طرق متعددة منها: حساب متوسط عدد من القياسات لعرض الحوض على مسافات متساوية، ثم يتم جمع هذه القياسات وقسمتها على عددها، أما الطريقة الثانية، فتتم بقياس أقصى عرض للحوض (غزوان، 2012)، بينما الطريقة الثالثة والتي تم اعتمادها في هذه الدراسة فهي تتم بقسمة مساحة الحوض على طول الحوض كما في المعادلة رقم 1.

معادلة (1) (Schumm, 1956):

$$Bw = \frac{A}{L}$$

Bw: عرض الحوض المائي (km).

A: مساحة الحوض المائي (km²).

L: طول الحوض المائي (km).

بعد تطبيق المعادلة سابقة الذكر على أحواض منطقة الدراسة، تبين أن عرض أحواض منطقة الدراسة متباينة، فقد وصل أعلى معدل عرض لحوض وادي نهر الأردن (116.355 كم) بينما أدنى معدل عرض للأحواض كان في حوض وادي بيت لحم بقيمة (20.445 كم) كما في الجدول (5).

4. طول الحوض Basin Length

يعد طول الحوض من المتغيرات المورفومترية المرتبطة بالعديد من الخصائص.

وأما حوض التصريف المائي، فيقصد به المسافة التي يتم قياسها لمحور الحوض، والتي تمتد بين نقطة المصب المائي إلى أبعد نقطة فوق منطقة تقسيم المياه بأعلى محيط الحوض المائي (Schumm, 1956)، وهناك علاقة طردية بين طول الحوض ومساحته، حيث كلما زاد طول الحوض زادت مساحته، وتم حساب طول الحوض المائي وفق المعادلة رقم 2.

معادلة 2 (Schumm, 1956):

$$L = \frac{A}{Bw}$$

L: طول الحوض المائي (km).

A: مساحة الحوض المائي (km²).

Bw: عرض الحوض المائي (km).

وبالنظر للجدول (5)، يتبين أطوال أحواض منطقة الدراسة، إذ بلغت أعلى قيمة أقصى طول عند حوض وادي الأردن، حيث بلغ طول الحوض (203.64 كم)، بينما بلغ أقصى طول لحوض وادي عربية (178.03 كم)، أما أقصى طول لحوض وادي الموجب فقد وصل طوله (108.37 كم)، بينما بلغ أقصى طول لحوض وادي الحسا (46.32 كم)، أما حوض وادي بيت لحم فقد وصل أقصى طول له (18.07 كم)، بينما أقل قيمة وصلت عند طول حوض وادي الخليل حيث بلغ طوله (16.64 كم).

5. معامل الاستدارة Circularity Factor of Basin

يعتبر معامل الاستدارة أبرز ملامح شكل الحوض، ويعرف أيضاً باسم نسبة تماسك المساحة، ويمكن تعريفه بأنه بيان مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض المائي من الشكل الدائري، وتتنوع أشكال الحوض المائي التي تشبه الأشكال الهندسية فمنها ما يميل لشكل المستطيل أو المربع أو المثلث أو المستدير (أبو العينين، 1995)، وتتراوح قيم الاستدارة بين (0-1) فالرقم (1) يشير إلى الاستدارة الكاملة للحوض، وهذا يدل على تقدم الحوض في دورة التعرية الخاصة به، وتقدم فعالية المجرى المائي في تعمق مجراه على حساب توسيعه، فالقيم المرتفعة هي التي تمثل الرقم (1) أو تقترب منه، أما القيم المنخفضة التي تبعد عن الرقم (1) فتشير إلى ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري أي أن ما زالت دورة التعرية تقوم بعملها في استدارة الحوض، ويتم حساب معامل الاستدارة حسب المعادلة رقم 3 (أبو العينين، 1995).

$$C_F = \frac{4\pi A}{P^2}$$

C_F : معامل استدارة الحوض المائي.

A : مساحة الحوض المائي (km^2).

P : محيط الحوض المائي.

π النسبة الثابتة (3.1416).

لقد تباينت أحواض منطقة الدراسة من حيث نسبة استدارتها، إذ سجلت أعلى نسبة استدارة في حوض وادي بيت لحم بنسبة (0.31)، أما الحوض الثاني فهو حوض وادي نهر الأردن بنسبة (0.27)، أما الحوض الثالث فحوض وادي الخليل بنسبة (0.26)، أما الحوض الرابع فهو وادي الموجب بنسبة (0.25)، أما الحوض الخامس فهو حوض وادي عربة بنسبة (0.22)، بينما سجلت أقل نسبة استدارة في حوض وادي الحسا، وقد بلغت نسبته (0.21)، وهي في مجملها نسب منخفضة، وتدلل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري، وما زال الحوض في بداية دورته الحثية إذ يواصل تعميق مجراه رأسياً.

6. معامل الاستطالة Elongation Ratio

ويقصد بها مدى اقتراب وتشابه شكل الحوض المائي إلى شكل المستطيل، أو ابتعاده عنه، ونسبة معامل الاستطالة تتحصر بين قيمتي (0-1)، إذ إنه كلما اقتربت النسبة من القيمة (0) فإنه يشير إلى أن الحوض يقترب من الشكل الدائري، بينما كلما اقتربت النسبة من القيمة (1) فيشير ذلك إلى اقتراب الحوض من الشكل المستطيل، ولحساب معامل الاستطالة يتم وفق المعادلة رقم 4.

معادلة (3) (Miller, 1953):

$$E_F = \frac{\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L}$$

E_F : معامل الاستطالة.

A: مساحة الحوض المائي (km^2).

L: أقصى طول للحوض المائي (km).

π : النسبة الثابتة (3.1416).

ونلاحظ تباين معدلات الاستطالة بين أحواض منطقة الدراسة، حيث بلغت أعلى نسبة استطالة في حوض وادي نهر الأردن بنسبة (0.64)، بينما حاز حوض وادي بيت لحم على المرتبة الثانية من حيث نسبة الاستطالة إذ بلغت نسبتها (0.63)، أما المرتبة الثالثة فقد سجلها حوض وادي الموجب بنسبة استطالة (0.62)، أما المرتبة الرابعة فكان حوض وادي عربة بنسبة استطالة (0.57)، أما المرتبة الخامسة فقد سجلها حوض وادي الحسا بنسبة استطالة (0.55)، بينما سجلت أدنى نسبة استطالة في حوض وادي الخليل بنسبة (0.54).

جدول (5)

الأحواض في منطقة الدراسة

| الاسم | المساحة (كم ²) | المحيط (كم ²) | أقصى طول للحوض | معدل عرض الحوض | معامل الاستدارة | معامل الاستطالة |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| وادي نهر الأردن | 22178.55 | 1015.91 | 203.64 | 116.355 | 0.27 | 0.64 |
| وادي عربة | 8736.65 | 711.86 | 178.03 | 53.63 | 0.22 | 0.57 |
| وادي الموجب | 6650.62 | 577.49 | 108.37 | 53.235 | 0.25 | 0.62 |
| وادي الحسا | 2541.28 | 389.60 | 46.32 | 55.155 | 0.21 | 0.55 |
| وادي بيت لحم | 230.58 | 95.52 | 18.07 | 20.445 | 0.31 | 0.63 |
| وادي الخليل | 235.24 | 105.82 | 16.64 | 26.085 | 0.26 | 0.54 |

المصدر: اعداد الباحثة.

2.4.2 الخصائص التصريفية

إن لدراسة خصائص شبكات التصريف النهري أهمية كبيرة في التحليل المورفومتري؛ فهي تعكس خصائص بنية الصخور، كالاتواءات، والانكسارات، ومدى مساميتها، ونفاذيتها للماء، وكذلك الخصائص المناخية، حيث يبين الجدول (6) الخصائص التصريفية.

الرتب النهرية

يعدّ تطور شبكات التصريف المائية في أي منطقة هو ارتداد للعوامل التضاريسية والجيولوجية والمناخية فيها، فمن خلال الأحواض المائية والبيانات الهيدرولوجية للأحواض، ومن ثم الحصول على مساحة الأحواض، واشتقاق ارتفاع أعلى نقطة وأدنى نقطة فيه من خلال نموذج الارتفاعات الرقمية، تم التعرف على الخصائص التصريفية للأحواض المائية في منطقة الدراسة

جدول (6)

الخصائص التصريفية لأودية حوض البحر الميت الرئيسية

| اسم الحوض | المساحة A كم ² | أعداد الرتب Nu | اطوالها Lu كم | كثافة التصريف Dd كم ² /كم ² | شدة الصرف DI وادي/كم طول | التكرار النهري Fs وادي/كم ² |
|--------------|------------------------------|-------------------|------------------|--|-----------------------------|---|
| نهر الأردن | 22178.55 | 67314 | 56850.23 | 2.56 | 1.18 | 3.04 |
| وادي الموجب | 6650.62 | 21315 | 12503.95 | 1.88 | 1.70 | 3.20 |
| وادي الحسا | 2541.28 | 7696 | 4811.42 | 1.89 | 1.60 | 3.03 |
| وادي عربة | 8736.65 | 26805 | 17154.21 | 1.96 | 1.56 | 3.07 |
| وادي بيت لحم | 230.58 | 642 | 374.98 | 1.62 | 1.71 | 2.78 |
| وادي الخليل | 235.24 | 644 | 378.20 | 1.60 | 1.70 | 2.73 |

يتضح من الجدول (6) تباين أعداد وأطوال الرتب النهرية بين حوض وآخر في منطقة الدراسة، وكذلك تتضح العلاقة الطردية بين مساحة الحوض، وأعداد وأطوال الرتب فيه، فسجل حوض وادي نهر الأردن الذي يمثل أكبر الأحواض في منطقة الدراسة أعلى معدل لأعداد الرتب فيه، والتي وصل عددها ما يقارب (67314) رتبة، بينما سجل الحوض الثاني من حيث المساحة حوض وادي عربة ما يقارب (26805) رتبة، أما الحوض الثالث فهو حوض وادي الموجب فقد سجلت أعداد الرتب فيه ما يقارب (21315) رتبة، وأما أقل الأحواض مساحة فهو حوض وادي الحسا وحصل على النصيب الأقل من حيث عدد الرتب فيه فقد وصلت حوالي (7696) رتبة.

أعداد الروافد النهرية ورتبها Stream Number and Order

لاستخراج وتصنيف الشبكة المائية للحوض طرق عدة، ولعلّ أبرزها وأكثرها استخداماً في التحليل طريقة العالم سترهالر (Strahler)، إذ تُعتبر هذه الطريقة أنّ كل مجرى مائي صغير، لا ترفده رتبة أصغر منه رتبة أولى، وعند التقاء واديين يحملان الرتبة الأولى فإنه يتشكل مجرى مائي من الرتبة الثانية، وبالتقاء واديين أو أكثر من الرتبة الثانية، فإنه يتشكل مجرى مائي من الرتبة الثالثة، وهكذا يبقى التشكل إلى أن يتصل بالقناة الرئيسية (Strahler, 1964).

يتضح من الجدول (7) وجود 8 رتب في أحواض منطقة الدراسة، تستحوذ الرتبة الأولى والثانية على 72% من إجمالي عدد الرتب، وهذا يدل على فعالية ألحت التراجعي في الأحواض المائية، مما يزيد مساحة الأحواض باتجاه خط تقسيم المياه، والخريطة (18) توضح الرتب النهرية والأحواض.

جدول (7)

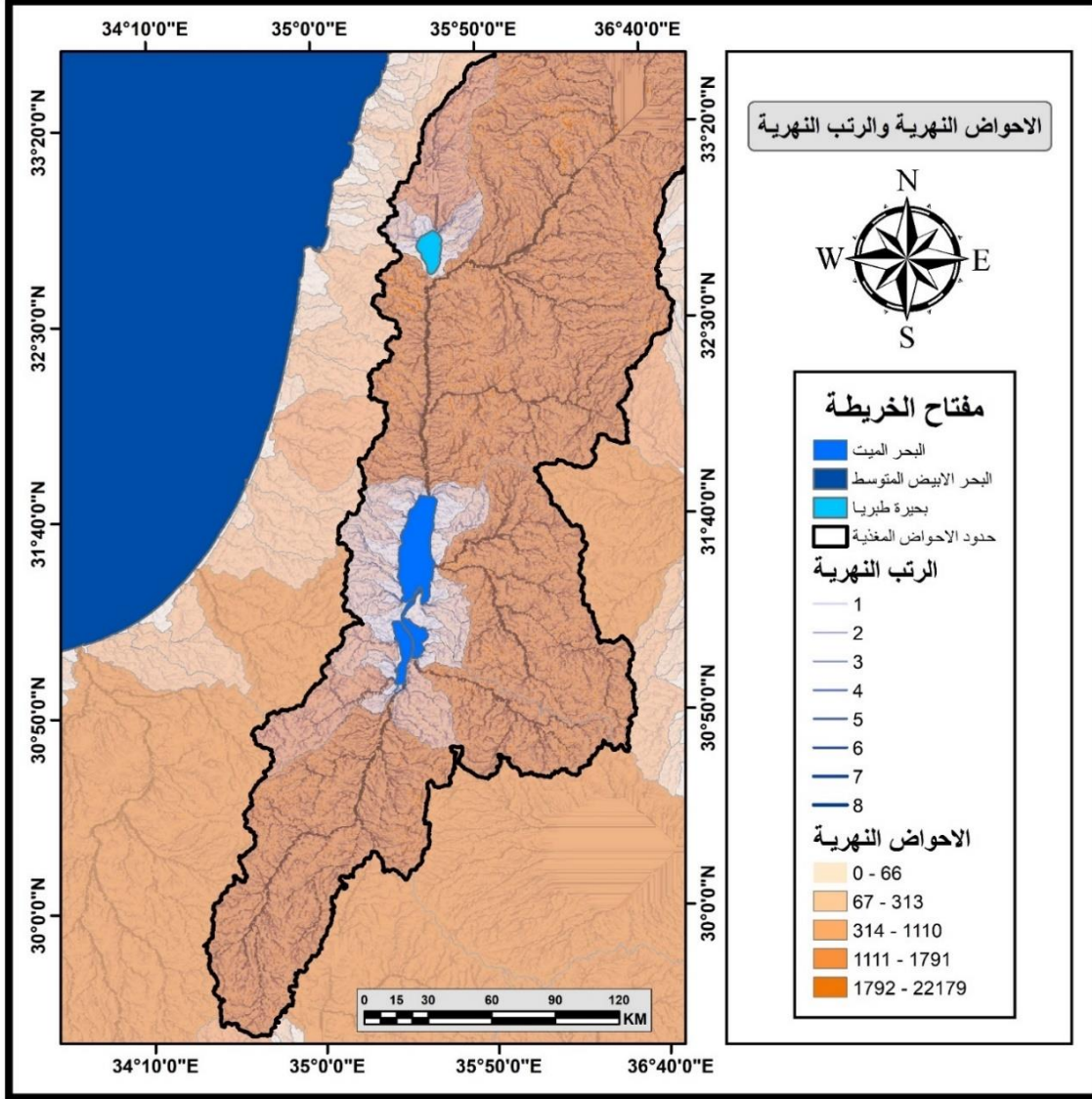
الرتب النهرية وعددها في حوض البحر الميت

| الرتبة | العدد | النسبة المئوية % |
|--------|-------|------------------|
| 1 | 75093 | 50.56 |
| 2 | 33806 | 22.76 |
| 3 | 18734 | 12.61 |
| 4 | 10581 | 7.12 |
| 5 | 4892 | 3.29 |
| 6 | 2771 | 1.87 |
| 7 | 1822 | 1.23 |
| 8 | 811 | 0.55 |

المصدر نموذج الارتفاع الرقمي (بتصرف الباحثة).

خريطة (18)

الأحواض والرتب النهرية



Stream Length أطوال الرتب النهرية

يتضح من الجدول تباين في مجموع أطوال المجاري المائية بين رتبة وأخرى، حيث تستأثر الرتبة الأولى على 50% من مجموع أطوال مجاري شبكة التصريف المائي، ويعود ذلك إلى فعالية الحتّ النهريّ الذي يبلغ ذروته في أعالي الحوض. وكذلك وجود علاقة عكسية بين كل من عدد الرتب النهرية،

وأطوال مجاريها المائية، فكلما كانت الرتبة النهريّة أقل زاد مجموع أطوال المجاري المائية، ونلاحظ من خلال الجدول أن مجاري الرتبة الأولى هي أكثر المجاري طولاً، وهذا يدل على زيادة قابلية تعرية التربة (أبو العينين، 1995).

جدول (8)

أطوال الرتب النهريّة في منطقة الدراسة

| الرتبة | الطول(كم) | النسبة للطول % | أقصر الروافد في الرتبة (كم) | أطول الروافد في الرتبة (كم) |
|--------|-----------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 60512.12 | 56.19 | 0.001 | 36.80 |
| 2 | 23571.28 | 21.89 | 0.015 | 31.78 |
| 3 | 11960.75 | 11.11 | 0.015 | 28.80 |
| 4 | 6418.81 | 5.96 | 0.021 | 34.73 |
| 5 | 2747.43 | 2.55 | 0.029 | 22.40 |
| 6 | 1471.44 | 1.37 | 0.029 | 13.35 |
| 7 | 637.64 | 0.59 | 0.029 | 3.69 |
| 8 | 368.20 | 0.34 | 0.029 | 3.19 |

المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (بتصرف الباحثة).

نسبة التشعب النهريّة Bifurcation Ratio

يعتبر من المقاييس المهمة في دراسة الخصائص المورفومترية للرتب المائية، وهو أحد العوامل التي تتحكم في التصريف، ويقصد به النسبة بين عدد المجاري النهريّة لرتبة معينة، وعدد المجاري للرتبة التي تليها، وتؤثر نسبة التشعب على شكل الحوض المائي، وينعكس أيضاً على كمية المياه التي يتم تصريفها من الحوض، فالأحواض ذات الشكل المستطيل تزيد فيها نسبة التشعب، مقارنة بالأحواض ذات الشكل المستدير. ويتم حساب نسبة التشعب وفق المعادلة رقم 5.

معادلة (4) (Strahler, 1964):

$$R_b = \frac{\sum N_u}{\sum N_u + 1}$$

Rb: نسبة التشعب.

N_u : مجموع عدد المجاري لرتبة معينة.

N_u+1 : مجموع عدد مجاري الرتبة التي تعلوها مباشرة في الترتيب الهرمي للمجاري المائية.

جدول (9)

نسبة التشعب النهري

| الرتبة | عددها | نسبة التشعب |
|--------|-------|-------------|
| 1 | 75093 | - |
| 2 | 33806 | 2.22 |
| 3 | 18734 | 1.80 |
| 4 | 10581 | 1.77 |
| 5 | 4892 | 2.16 |
| 6 | 2771 | 1.77 |
| 7 | 1822 | 1.52 |
| 8 | 811 | 2.25 |

المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (بتصرف الباحثة).

تكرار المجاري النهريّة Stream Frequency

يعد معدل تكرار المجاري النهريّة من المعايير الهامة في الدراسات الموفومترية، فهي تبين مدى تكرار المجاري المائية في وحدة مساحة، وتكون (مجرى / كم²)، وبذلك فإن مساحة الحوض المائي لها دور أساسي في ارتفاع أو انخفاض معدل تكرار المجرى المائي.

يقصد بالتكرار النهري العلاقة النسبية بين عدد المجاري المائية في كل الرتب إلى مساحة الحوض. حيث إن زيادة عدد الروافد يؤدي إلى زيادة التكرار النهري، وكمية جريان الماء، وهو بدوره يزيد من نشاط التعرية، وتشير ارتفاع قيمة التكرار النهري إلى زيادة تغذية المجرى الرئيس خلال حدوث العواصف المطرية، مما يزيد من احتمالية حدوث السيول (Horton, 1932). ويتم حساب التكرار النهري وفق المعادلة رقم 6.

معادلة 5 (Horton, 1932):

$$F_s = \frac{\sum N_u}{\sum A_u}$$

F_s : تكرار المجاري النهرية.

$\sum N_u$: مجموع أعداد المجاري للحوض المائي.

A_u : مساحة الحوض (KM^2).

و وفق معادلة تكرارية المجاري النهرية فقد تمّ تقسيم الأحواض المائية من حيث أعلى وأدنى تكرار نهري إلى ثلاث مجموعات: المجموعة الأولى (أقل من 1.60) وتمثل هذه المجموعة الأقل احتمالية لحدوث السيول، بينما المجموعة الثانية والتي تتراوح قيمها بين (1.60-2)، أما المجموعة الثالثة والتي تسجل قيمها (أكبر من 2) وهي الأكثر احتمالية لتشكيل السيول. ويوضح الجدول (6) قيم التكرار النهري لأحواض منطقة الدراسة، وقد بلغ التكرار النهري في أحواض منطقة الدراسة ما بين (3.03 مجرى/كم²) في حوض وادي الحسا كأقل قيمة و(3.20 مجرى / كم²) كأعلى قيمة. وهي نسب مرتفعة، إذ يدل على زيادة عدد الروافد المائية، وهذا يزيد من فرصة الجريان السطحي في الحوض، وبالتالي يزيد مقدار التعرية المائية؛ لأن التعرية المائية تزداد بازدياد التكرار النهري.

كثافة التصريف Drainage Density

تعتبر كثافة التصريف من المعاملات المورفومترية المهمة لشبكة التصريف، كونها تعبر عن طبيعة العلاقة بين الخصائص التضاريسية والجيولوجية والمناخية، كما أنها تدل على طبيعة الجريان السطحي لحوض التصريف الذي يتأثر بمقدار نفاذية الصخور، فيدل زيادة كثافة التصريف على زيادة كمية الماء التي تجري في حوض التصريف، وإنّ انخفاض الجريان في المساحات التي تمتاز بكثافة تصريف عالية يعود إلى طبيعة رواسب الحوض، ويبين الجدول (9) أن أعلى معدل كثافة تصريف في أحواض منطقة الدراسة كان

في حوض وادي نهر الأردن حيث سجلت 2.56 كم²/كم²، وهذا يعني أن كل 1 كم² من مساحة الحوض تمتلك نظرياً 2.56 كم من المجاري المائية لتصريف مياه وحمولة الحوض حسب نموذج الارتفاع الرقمي، بينما سجلت أدنى معدل كثافة تصريف في حوض وادي عربة حيث بلغت حوالي 1.96 كم²/كم² وتم حساب كثافة التصريف للحوض وفق المعادلة رقم 7.

معادلة 6 (Horton, 1932):

$$Dd = \frac{\Sigma L_u}{A_u}$$

Dd: كثافة تصريف الحوض المائي.

ΣL_u : مجموع أطوال المجاري المائية للحوض (KM).

A_u : المساحة الكلية للحوض المائي (KM²).

شدة الصرف: Drainage Intensity (Di)

إنّ معامل شدة التصريف ذو أهمية كبيرة؛ فهو يعكس سرعة انتقال موجات التصريف من أجزاء الحوض المائي نحو قناة المياه الرئيسية لوصولها إلى قمة التصريف، فشدة التصريف عبارة عن النسبة العددية بين الكثافة التصريفية والتكرار النهري، ويتم حساب شدة الصرف وفق المعادلة رقم 8.

معادلة 7 (Horton R. E., 1945)

$$Di = \frac{F_s}{Dd}$$

Di: شدة التصريف النهري.

F_s : تكرار المجاري النهريّة.

Dd: كثافة تصريف الحوض المائي.

يتضح من تطبيق المعادلة كما في الجدول (6) وجود اختلاف في نسبة كثافة التصريف في أحواض منطقة الدراسة وتتراوح قيمتها بين (1.70) في حوض وادي الموجب بوصفها أعلى قيمة، وبين (1.18) في حوض وادي نهر الأردن بوصفها أقل قيمة. وهي قيم منخفضة تدل على أن الحوض المائي في مرحلة الشباب وطاقته التصريفية عالية، وهي تمثل انعكاساً على تخزين المياه في الخزان المائي، مما نستدل على انخفاض سرعة الانتقال للموجات التصريفية من الحوض لمائي اتجاه قناة الماء الرئيسية.

الفصل الثالث

حساب مقدار التراجع في مستوى مياه البحر الميت عن طريق الاستشعار عن بُعد

3.1 المقدمة

خلق تطور تقنيات الحاسوب تأثيراً فعالاً في خدمة الإنسان في غالبية مجالات الحياة، لعل أبرزها وأهمها تقنية الاستشعار عن بعد، والتي تمت المنفعة منها في كل نواحي الحياة العملية والعلمية، فعملت على تسهيل أفضل الخدمات للإنسان نتيجة لما توفره من معلومات بشقيها الطبيعية والبشرية، إذ تعمل على توفير المعلومات بأشكال مختلفة مثل: الخرائط والجدول، والأشكال البيانية والتقارير، وكذلك توفير المعلومات لأصحاب القرارات في المجالات العسكرية والمدنية وغيرها.

ظهر مصطلح الاستشعار عن بُعد لأول مرة في بداية الستينيات من القرن الماضي، وعُرف على أنه علم وفن الحصول على المعلومات عن مساحة أو هدف أو ظاهرة مطلوب دراستها أو مراقبتها (Deer, 1999)، وتعتمد هذه التقنية بالأساس على بيانات ومعلومات وصور فضائية معالجة. يتم ذلك عن طريق استخدام أجهزة الاستشعار لجمع البيانات عن الهدف أو المنطقة من مسافة بعيدة. بحيث يمكن استخدام البيانات التي تم جمعها بواسطة الاستشعار عن بعد لدراسة مجموعة متنوعة من الظواهر، بما في ذلك البيئة والتغيرات البيئية والموارد الطبيعية.

تساعد تكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بشكل فعال في إجراء الدراسات والأبحاث المختلفة، مما يساعد على حماية البيئة العامة، حيث إنه ومن خلال تحليل الصور الفضائية يمكن الحصول على المعلومات المتعلقة بجميع المعالم والظواهر وعناصر الأرض من خلال السجلات، إذ يقوم بقياس طاقة واستقطاب الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة الكامنة في العناصر المحيطة بقشرة الأرض ومعالم الأرض والمحيطات والهواء، ولأن العلم اكتشف أن كل جسم له قيمة نشاط إشعاعي تميزه عن غيره من الأجسام، فإن بصمة النشاط الإشعاعي لجسم معين كائن يميزه عن كائنات أخرى تتميز عن بعضها

البعض، حيث يمكن التعرف على خصائصها دون الاتصال المباشر بهذه الكائنات، كما يمكن تحليل تركيبها عن بعد.

يعتبر استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة الموارد المائية، أحد الأدوات الفاعلة في استنباط مستوى المياه في البحار والمحيطات، ومراقبة التغيرات التي تصيبه خلال فترات زمنية مختلفة، كما أنها أداة فاعلة لصانعي القرارات في الدول. كما أصبحت المرئيات الفضائية من الوسائل الهامة المستخدمة في تحليل الغطاء الأرضي على المستويات المحلية والإقليمية والدولية، وبذلك يمكن إجراء تصنيفات لاستعمال الأرض والغطاء الأرضي، وهذا ما اتبعته هذه الدراسة، بحيث يتم تصنيف استعمال الأرض والغطاء الأرضي باستخدام الاستشعار عن بعد.

3.2 معالجة المرئيات الفضائية وتحليلها

3.2.1 مرحلة جمع البيانات

تم الحصول على المرئيات الفضائية من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية United States Geological Survey والمعروفة باختصارها (USGS) هي هيئة علمية في حكومة الولايات المتحدة، تهدف إلى مراقبة الأرض وجمع البيانات والصور باعتبارها مصدراً قيماً لدراسات وتطبيقات التغيير العالمي في مجالات الزراعة، والغابات، والجيولوجيا، وغيرها.

وعند الحديث عن أقمار لاندسات فإنها تتكون من أربعة أجيال، إذ إنَّ الجيل الأول يضم أقمار (Landsat 1,2,3) وتضم نظام فيديو الشعاع المرتد RBV والنشاط المتعدد الأطياف MSS ، أما الجيل الثاني فيضم الأقمار، (Landsat 4,5) ويحمل القمران المستشعر (TM) Thematic Mapper ، أما الجيل الثالث الأقمار (Landsat 6,7) ويحمل جهاز مخطط موضعي المحسن (ETM +) حيث يُعد القمر الصناعي (Land sat 7) أحدث قمر لسلسلة لاند سات، إذ تمَّ العمل على تحسينات كثيرة له، فهو منصة لها مهام متعددة، أما الجيل الرابع فهي أقمار (Landsat 8,9) إذ كانت الأقمار الصناعية السابقة

تحمل مستشعراً واحداً فقط ، فجاءت (Landsat 8) لتحصل على بيانات مكونة من 11 نطاقاً من جهازي استشعار منفصلين: جهاز تصوير الأرض التشغيلي (OLI) ومستشعر الأشعة تحت الحمراء الحرارية (TIRS)، حيث صمم الأجهزة الموجودة على (Landsat 9) كنسخ محسنة من مجسات (Landsat 8). ويوجد عدد من البرامج التي تستعمل لمعالجة مرئيات الأقمار الصناعية ومنها إجراء العمليات التحليلية لظواهر الجغرافية، مثل ArcGIS التابع لشركة ESRI والذي يعتبر من البرامج الدقيقة والسهلة في عمليات التحليل للمرئيات الفضائية، والتي من خلالها تعرض البيانات والمعلومات التي بشأنها توضح التغيرات في البحر الميت على مدار سنوات الدراسة، والمشاكل التي يعاني منها البحر الميت. وتشمل الدراسة عددا من السنوات المراد دراستها، واستخدام عليمات الاستشعار عن بعد فيها، وهي للأعوام 1985، 1997، 2018، و2022. والتي تم الحصول عليها من خلال هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS)، الجدول (10) يبين تاريخ المرئيات وخصائصها.

جدول (10)

تاريخ المرئيات وخصائصها

| السنة | تاريخ المرئية | الدقة التمييزية | القمر الصناعي | خصائص البيانات |
|-------|---------------|-----------------|---------------|------------------|
| 2022 | 7/30/2022 | 30م | Landsat 9 | يتكون من 11 حزمة |
| 2018 | 7/27/2018 | 30م | Landsat 8 | يتكون من 11 حزمة |
| 1997 | 7/01/1997 | 30م | Landsat 5 | يتكون من 7 حزمة |
| 1985 | 7/16/1985 | 30م | Landsat 5 | يتكون من 7 حزمة |

المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي USGS (بتصرف الباحثة).

تتميز خصائص الأقمار الصناعية المستخدمة في الدراسة "Landsat 5, Landsat 8 & 9"، والتي أخذت منها المرئيات الفضائية موضحة في الجدول (10).

3.3 العوامل المؤثرة في مستوى مياه البحر الميت

تقسم عوامل تراجع وانخفاض منسوب مياه البحر الميت إلى قسمين هما:

3.3.1 العوامل الطبيعية

درجات الحرارة والتبخر

يعد ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع معدل التبخر في منطقة البحر الميت أهم العوامل الطبيعية المؤثرة على انخفاض مستوى مياهه، وقد تأثرت المنطقة نظراً لوقوعها في المنطقة الأشد حرارة، حيث تصل فيها درجات الحرارة في فصل الصيف حوالي 40 درجة مئوية، بينما تصل في فصل الشتاء ما يقارب 23 درجة مئوية. ففي عام 1985 وصل أعلى درجة حرارة في فصل الصيف حوالي 38.5 درجة مئوية، وفي فصل الشتاء 18.7 درجة مئوية. بينما ارتفعت هذه القياسات في عام 2022 لتصل في فصل الصيف إلى 40.2 درجة مئوية، وفي فصل الشتاء 23 درجة مئوية (Meteoblue, 2022). ويلاحظ من هذه القياسات أن هناك ارتفاعاً كبيراً على درجات الحرارة ما بين الأعوام (1985-2022)، وهذا الارتفاع يؤدي بدوره إلى زيادة معدل التبخر في المنطقة. وتقدر نسبة التبخر حوالي 2200 ملم سنوياً حسب بيانات الأرصاد الجوية العالمية {meteoblue} عام 2022. وينتج عنه فقدان بين 700-900 مليون متر مكعب سنوياً من مياه البحر. إذ يؤثر التبخر على انخفاض مستوى سطح البحر الميت نتيجةً للتبخر المستمر لكميات كبيرة من المياه، وأيضاً يزيد من نسبة الملوحة، ومع تبخر المياه، ترتفع نسبة المعادن والأملاح في المياه المتبقية، مما ترفع نسبة ملوحة مياه البحر. وكذلك يعمل التبخر المستمر وارتفاع نسبة الملوحة على تدهور التنوع البيولوجي في المنطقة، وتدهور البيئة المحيطة.

كمية الأمطار الساقطة على حوض البحر الميت

تعدّ الأمطار أحد العوامل الطبيعية المهمة، والتي لها دورٌ حاسمٌ في تحديد مستوى سطح مياه البحر الميت، فهي المصدر الرئيس لتغذية الأودية والأنهار التي تصب في البحر الميت. فمثلاً نهر الأردن يزداد

منسوب مياهه عندما تزداد كمات الهطول المطري، ومثله بقية الأودية والأنهار، وهذا يؤدي إلى ازدياد تدفق المياه إلى البحر الميت وارتفاع منسوبه، ويحدث على عكس ذلك عندما تنخفض كميات الهطول المطري، مما يؤدي إلى نقص في إمدادات المياه، فعندما تتأثر المنطقة المحيطة بالبحر الميت بقلّة كميات الأمطار، سيكون هناك نقص في إمدادات المياه الجارية إلى البحر الميت من الأنهار والمصادر المائية الأخرى، وهذا يعني أن هناك كمية أقل من المياه ستصل إلى البحر.

تسقط الأمطار على منطقة الدراسة في أشهر كانون أول وكانون ثاني وشباط، ويقدر معدّل الهطول المطري السنوي من 50-100 ملم سنوياً، وتتعرض كميات الأمطار لتذبذب من سنة إلى أخرى، وكذلك تزداد كميات الأمطار في شمال البحر الميت عن جنوبه، ففي عام 2022 وصلت في الشمال حوالي 100ملم/سنوياً بينما قلت في الجنوب بحيث لا تتجاوز 60 ملم/سنوياً (Meteoblue, 2022).

إذ يعتبر تضافر العوامل الطبيعية معاً: مثل ارتفاع درجات الحرارة، وارتفاع تبخر المياه، وقلة الأمطار الساقطة جميعها عوامل أسهمت في انخفاض منسوب مياه البحر الميت، إذ تشكل هذه التأثيرات تحديات بيئية واقتصادية للمنطقة.

هذا ويُعدّ الغطاء النباتي من المؤثرات الأساسية على عملية الجريان السطحي، فهو يقلل من الجريان السطحي ويحمي التربة من التعرية، ويزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالماء. وبشكل عام يؤدي الغطاء النباتي الكثيف إلى تقليل الجريان السطحي، ممّا يُسهم في الحفاظ على التربة والمياه. ويمكن من خلال تطبيقات الاستشعار عن بعد معرفة حالة الغطاء النباتي لسنوات الدراسة، وذلك من خلال تطبيق مؤشر الغطاء النباتي NDVI، ومدى تأثيره على الجريان السطحي ومستوى مياه البحر الميت. المعادلة رقم 9 تستخدم في حساب مؤشر النبات.

معادلة رقم (9):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NDVI هو مؤشر الغطاء النباتي.

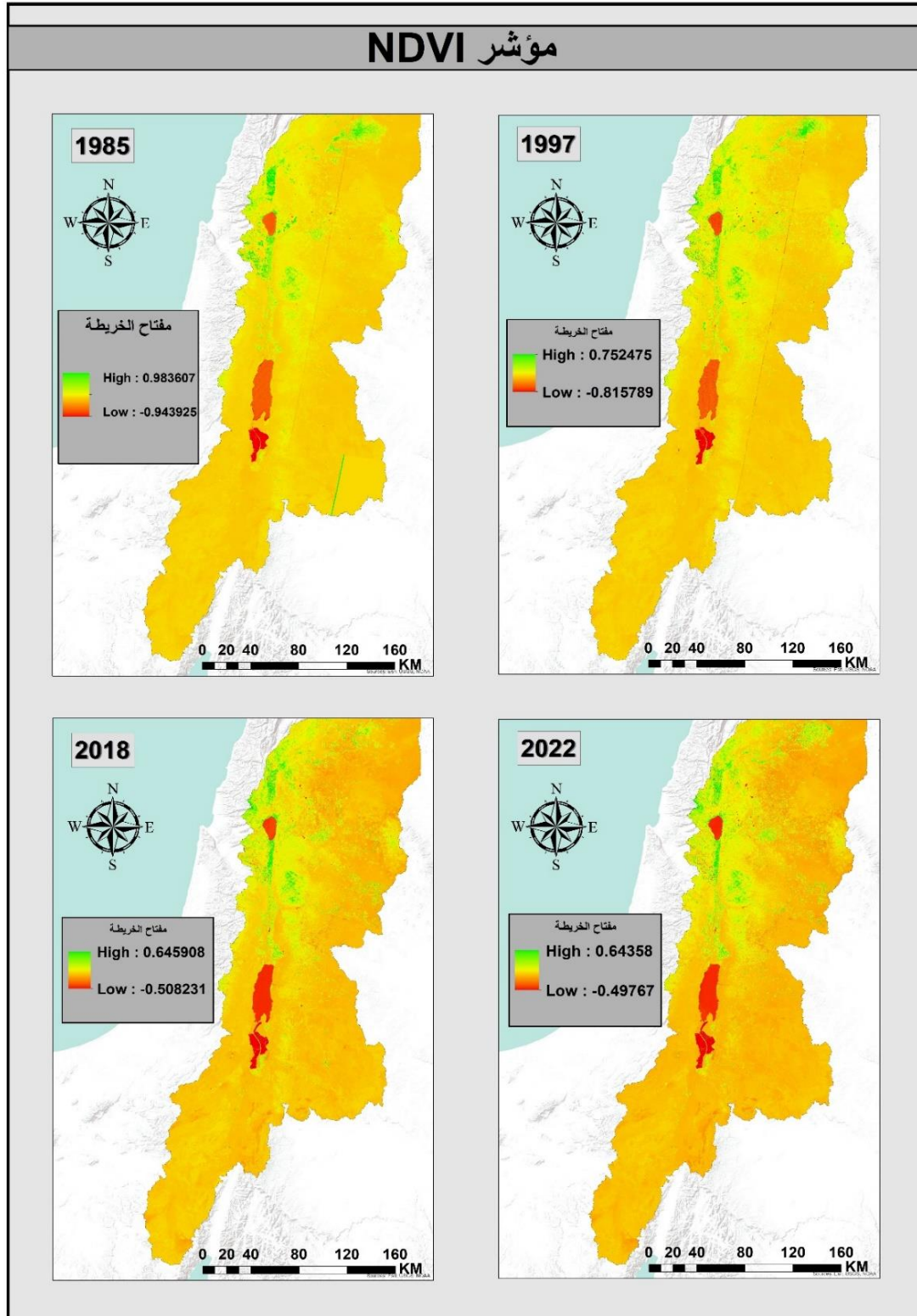
NIR هو نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة.

RED هو النطاق الأحمر.

تتراوح قيمة مؤشر الغطاء النباتي NDVI ما بين القيمة "1 و-1"، حيث القيمة ما بين "0 و1" تمثل الغطاء النباتي السليم المناطق الخضراء، أما القيمة التي تتراوح ما بين "0 و-1" الذي يمثل الأراضي الحضرية ومناطق المياه وأيضاً الفارغة، والخريطة (19) تبين مؤشر الغطاء النباتي NDVI للسنوات الاربعة، انظر الجدول (11-14) ملحق (ب).

خريطة (19)

مؤشر الغطاء النباتي NDVI



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي USGS (بتصرف الباحثة).

من خلال الخرائط والجداول يتبين بأنه مع مرور الوقت يزداد الغطاء النباتي في المنطقة، حيث أنّ مجموع المناطق ذات الغطاء النباتي العالية في عام 1985 بلغت إجمالي مساحتها 17973 كيلومتر مربع تقريباً ونسبة 36%، وفي السنوات اللاحقة بلغت هذه المساحة، والتي وصلت في عام 1997 حوالي 17292 كيلومتر مربع تقريباً بنسبة 34.61%، أما سنة 2018 فقد ازدادت مساحتها حيث سجلت حوالي 48853 كيلومتر مربع تقريباً بنسبة 97.79% ، ويعود ذلك إلى تنفيذ مشاريع زراعية تعتمد على طرق الري الحديثة، وكذلك زراعة النباتات التي تتكيف مع الظروف القاحلة، وتحمل الملوحة العالية كأشجار النخيل، أما في سنة 2022 بلغت 48888 كيلومتر مربع تقريباً بنسبة 97.86%، وهذا يدل على أن الغطاء النباتي يزيد مع مرور الزمن، وهذا بدوره يزيد من سرعة جفاف البحر الميت، لربط الغطاء النباتي مع جفاف البحر الميت بعلاقة طردية.

مؤشر فرق رطوبة التربة (NDMI)

ويعد هذا المؤشر من المؤثرات الطبيعية المؤثرة على انخفاض منسوب سطح البحر الميت، حيث يؤدي انخفاض رطوبة التربة على زيادة قدرة التربة لامتصاص الماء، وبالتالي يزداد تماسك حبيبات التربة، مما تسهم في نمو جذور النبات وزيادة فعالية الغطاء النباتي، وهذا بدوره يقلل الجريان السطحي للماء مما يخفض من مستوى مياه البحر الميت. بينما يشير ارتفاع رطوبة التربة إلى تقليل امتصاص التربة للماء، وتقلل من تماسك حبيبات التربة، مما يؤثر سلباً على كمية ونوعية الغطاء النباتي حيث يؤدي إلى جفاف النبات وبالتالي موتها، فإن ارتفاع هذا المؤشر يعد عاملاً جيداً لكمية الجريان السطحي مما يسهم في رفع مستوى مياه البحر الميت. إذ يهدف هذا المؤشر لقياس مقدار المياه العالقة أو المخزنة في التربة، وهذا المؤشر تختلف قيمته من تربة لأخرى بناءً على خصائصها الفيزيائية وغيرها، ويتم حساب المؤشر بالاعتماد على المعادلة معادلة 11.

معادلة رقم 11، هيئة المسح الجيولوجي الامريكي:

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

NDMI هو مؤشر فرق رطوبة التربة.

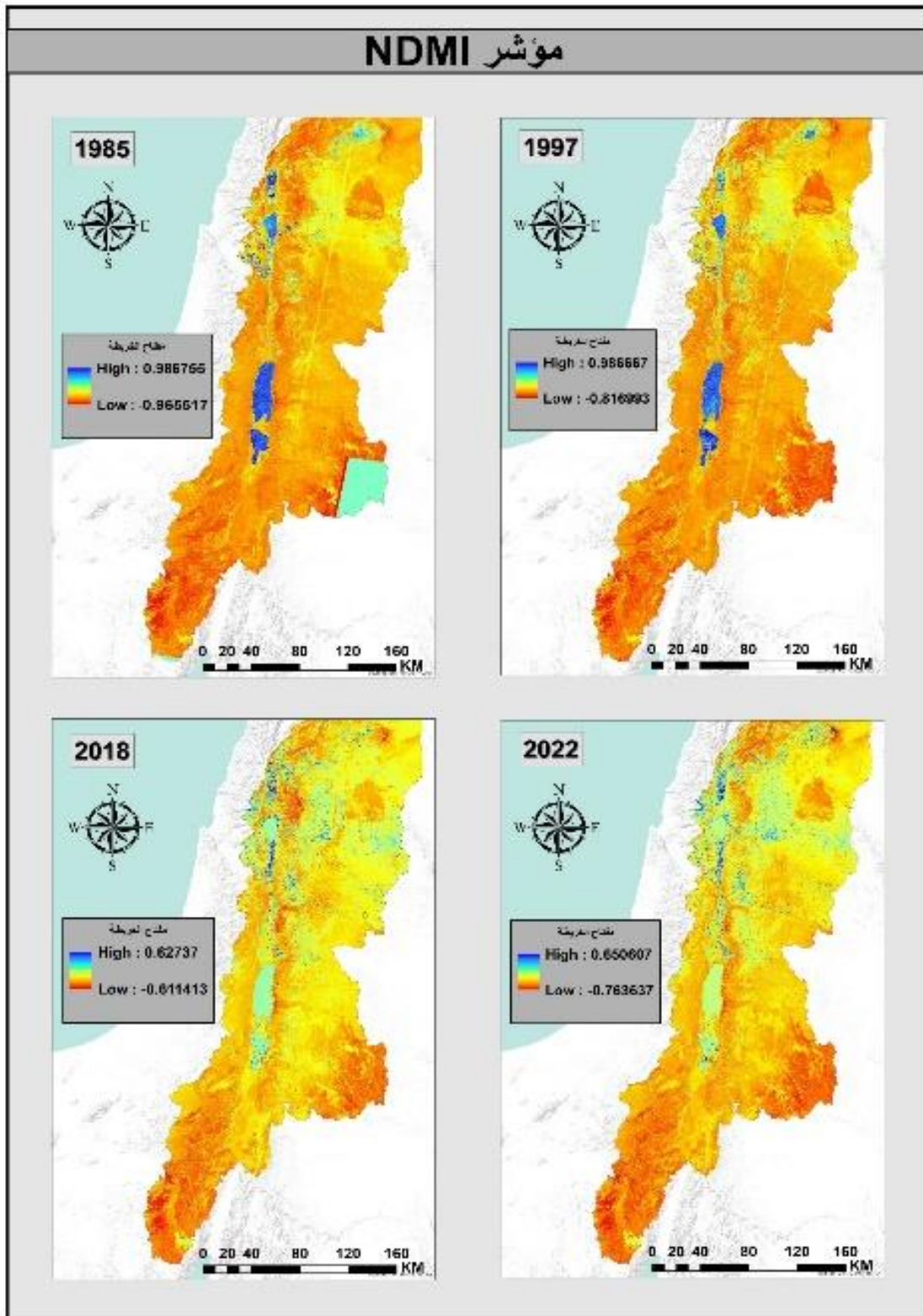
NIR هو النطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة.

SWIR هو النطاق الأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة.

قيمة NDMI تتراوح ما بين (1 أو -1)، حيث إن القيمة ما بين (1 الى 0) تمثل مناطق ذات رطوبة عالية مثل المناطق النباتية والمائية، وما بين (0 إلى -1) فإنها تمثل مناطق ذات محتوى رطوبة أقل أو أنها تعاني من الجفاف، فكلما قل محتوى رطوبة التربة فإن قيمته تقل عن 1، والخريطة (20) تبين مؤشر فرق رطوبة التربة NDMI، انظر الجداول (15-18) ملحق (ب).

خريطة (20)

مؤشر فرق رطوبة التربة



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي USGS (بتصرف الباحثة).

من خلال الخرائط والجداول يتبين بأنه تشتت بمحتوى الرطوبة في التربة من سنة إلى أخرى، حيث كان مجموع المناطق ذات المحتوى الرطوبة في التربة في عام 1985 بلغت إجمالي مساحتها 1849.47 كيلومتر مربع أي بنسبة 3.70%، أما المناطق الأقل في المؤشر فبلغت نسبتها 96.24%. وفي سنة 1997 انخفضت هذه المساحة حتى وصلت إلى حوالي 1806.72 كيلومتر مربع بنسبة 3.62%، وفي سنة 2018 بلغت مساحتها حوالي 8960.45 كيلومتر مربع بنسبة 17.94%، أما في سنة 2022 فقد بلغت 10610.70 كيلومتر مربع بنسبة 21.24%، وهذا يدل على أن المنطقة تأثرت في السنوات الأخيرة بمحتوى رطوبة قليل، مما أثر على منسوب مياه البحر الميت، إذ إنها كلما زادت رطوبة التربة فإنها تؤدي إلى تزايد تماسك التربة، وبالتالي تقلل من جريان المياه للبحر الميت.

إلى جانب انخفاض محتوى الرطوبة في التربة، هناك عوامل أخرى يمكن أن تؤثر على جفاف البحر الميت تُبرزها بيانات مؤشر **NDWI**، مثل تراجع الغطاء النباتي الذي يقلل من تثبيت التربة، والاستخدام البشري المفرط لمصادر المياه التي تغذي البحر الميت، مثل نهر الأردن. إضافة إلى ذلك، تؤدي التغيرات المناخية، مثل ارتفاع درجات الحرارة، وقلة الأمطار، إلى زيادة التبخر، بينما يسهم التصحر وزحف المناطق الجافة في تقليل تغذية البحر بالمياه. كما تؤثر الأنشطة البشرية، مثل مشاريع استخراج الأملاح والمعادن، والتغيرات في النظام الهيدرولوجي، في انخفاض منسوب المياه، مما يجعل مؤشر **NDWI** أداة هامة لتقييم هذه العوامل.

3.3.2 العوامل البشرية

لعبت العوامل البشرية دوراً رئيساً في تراجع وانخفاض منسوب المياه في البحر الميت، وتمثلت في العديد من المشاريع المائية على الروافد المغذية للبحر الميت، ولعل أبرزها:

1. تجفيف بحيرة الحولة

إن مشروع تجفيف بحيرة الحولة جزء من المخططات الإسرائيلية للسيطرة على المصادر المائية، وتتميز مثل هذه المشاريع بتجاهل الحقوق العربية والفلسطينية، وتخلّ بالاتفاقيات المعقودة مع الدول العربية، إذ قامت إسرائيل عام 1950 بتجفيف المستنقعات المجاورة لبحيرة الحولة لأغراض زراعية، وفي عام 1951م باشرت بتجفيف البحيرة نفسها، فتّمت عملية التجفيف على ثلاث مراحل، وصلت تكاليفها حوالي 2,666,400 دولار أمريكي حتى انتهت من هذه العملية في تشرين ثاني عام 1957م (البرغوثي، 1986).

المرحلة الأولى: بدأت من عام 1951-1953 وخلال هذه المرحلة تم توسعة وتعميق مجرى الأردن بمقدار 4 م بطول 4.5 كم إلى الجنوب من البحيرة، التي عملت على نقل وتصريف حوالي من 200-300 مليون م³/سنة من مياه بحيرة الحولة والمستنقعات المجاورة لها إلى مجرى النهر.

المرحلة الثانية: استمرت هذه المرحلة من عام 1953-1955 باشرت بالتنفيذ شركة أمريكية استخدمت آلات حفر عائمة أقامت طريقها في منتصف المستنقعات وشقت 3 قنوات لتصريف المياه:

1. القناة الشرقية: وتعد القناة الرئيسية للمشروع لتصريف مياه نهر الأردن، طولها حوالي 19.5 كم، وعرضها 50 متر.

2. القناة الغربية: تم تخصيصها لتجميع مياه الينابيع بطول 16 كم وعرض 20 متر.

3. القناة الشمالية: مهمتها الربط بين القناتين الشرقية والغربية بطول 4 كم وعرض 12متر، تبدأ القناتان من الجهة الشمالية للمستنقعات، ويتم بداخلها جمع كافة مياه السيول والمستنقعات حيث تلتقيان داخل بحيرة الحولة لتتصل القناة الشرقية في مجرى نهر الأردن، ومن نتائج هذه القناة استصلاح ما يقارب 12 ألف دونم إلى الشمال من القناة الرئيسية (القناة الشمالية).

المرحلة الثالثة: استمرت من عام 1955_ 1957م خلال هذه الفترة عملت على تصفية الماء المتجمع عند السطح، وتوصيله إلى القنوات التي تصب في مجرى نهر الأردن، وأيضاً أزال سد الكبير التي تم تشييده عند نقطة القناة الشرقية بنهر الأردن.

وفي نهاية عام 1957م أنهت سلطات الاحتلال الاسرائيلي مشروع تجفيف البحيرة واختفاؤها نهائياً، أما المناطق التي جففت فقد بلغت حوالي 60 ألف دونم، تم تقسيمها بين الشركات الاستثمارية والمستوطنات، وبينما حصلت جمعية حماية الطبيعة بـ 4000 دونم لمنزله وطني.

2. مشروع الناقل القطري:

وهو مشروع قامت به سلطات الاحتلال الإسرائيلي في ستينات القرن الماضي، وهذا المشروع هو جزء من خطة إسرائيلية للسيطرة على المياه في منابع نهر الأردن، ومهمة هذا المشروع هو نقل المياه من بحيرة طبريا إلى أراضي النقب لري مساحات واسعة من أراضي النقب وتشجيع الاستيطان فيها. لخدمة المشروع قامت سلطات الاحتلال الاسرائيلي بمصادرة آلاف الدونمات من الأراضي العربية امتدت من الجليل إلى النقب، وبسطة سيطرتها على روافد نهر الأردن وبحيرة طبرية. ونتيجة لذلك قلّت عذوبة مياه نهر الأردن وأصبحت غير صالحة للاستهلاك البشرية عند تدفقه من بحيرة طبرية. وفي عام 1961 تمكنت سلطات الاحتلال من إنجاز مشروعها " ناقل المياه القطري، بحيث يعمل على نقل حوالي 320 مليون متر مكعب/ سنوياً من المنطقة الشمالية الغربية لبحيرة طبريا إلى صحراء النقب في الجنوب، وعلاوة على ذلك تقوم أيضاً بسحب ما يقارب 180 مليون متر مكعب /سنوياً من مياه بحيرة طبريا بشكل مباشر، وبذلك يصل

مجموع ما تسحبه إسرائيل من بحيرة طبريا وحدها 500 مليون متر مكعب/سنوياً (الهواش، قمصية، و أبو سعدى، 1992) ، وهذا يؤثر سلباً على تدفق المياه الواصلة للبحر الميت من خلال نهر الأردن حيث إن ضخ سلطات الاحتلال الإسرائيلي لمثل هذه الكميات من المياه يؤدي إلى انخفاض تدفق المياه في نهر الأردن، وبالتالي انحسار كميات المياه الواصلة إلى البحر الميت، مما ينجم عنه انخفاض وتراجع في مستوى مياه البحر الميت.

وفي عام 1956 بدأت العمل في مشروعها لنقل المياه، وتم إقرار سير التنفيذ على مرحلتين:

المرحلة الأولى: وينتهي العمل بها عام 1964 وهدفها نقل 180 مليون متر مكعب/ سنوياً من بحيرة طبرية إلى النقب، ليستخدم جزءاً منها في تغذية الحوض الجوفي الساحلي، لارتفاع ملوحة مياهه الناجمة عن الاستنزاف المفرط لها. والجزء المتبقي يواصل جريانه إلى النقب لري مستوطنات النقب ومزارعه.

المرحلة الثانية: وكان من المتفق عليه أن تتم عام 1966، وهدفها إيصال باقي كمية المياه المتفق على نقلها إلى النقب وتقدر بحوالي 320 متر مكعب سنوياً.

ومن المشاريع التي كانت من ضمن مشروع الناقل القطري:

- إنشاء سد تحويلي عند جسر بنات يعقوب الواقع جنوب شرق سهل الحولة لسحب المياه من السد إلى بحيرة طبرية.
- إنشاء محطة كهربائية تنشأ على نفس الموقع لتوليد الطاقة الكهربائية، للاستفادة منها في ضخ المياه.
- ضخ المياه إلى خزان البطوف في منطقة سهل البطوف بالقرب من مدينة الناصرة المنشأ لاستيعاب مليار متر مكعب.
- تحويل المياه من خزان البطوف إلى النقب.

3. مشروع قناة الغور الشرقية:

باشرت الأردن بتنفيذ مشروع قناة الغور الشرقية عام 1960، وأطلق عليها أيضاً اسم " قناة الملك عبد الله"، وتمّ بموجب هذ المشروع تحويل كميات من مياه اليرموك قبل وصول هذه المياه إلى نهر الأردن إلى المساحات الزراعية في منطقة الغور الشرقي، بواسطة قناة رئيسة بلغ طولها 70 كم، وبعدها تتوزع القناة الرئيسية إلى قنوات فرعية لري حوالي 120 ألف دونم (كالي، 1991).

4. السدود:

لقد أدى التوسع في انتشار بعض المشاريع لاستغلال المياه كالسدود وغيرها على الروافد الغربية والشرقية لنهر الأردن والبحر الميت، أدى إلى هبوط في مستوى البحر الميت كقيام سوريا والأردن وإسرائيل ببناء أكثر من 40 سداً خلال السنوات الأخيرة، حيث عملت على إيقاف جريان المياه في نهري الرقاد واليرموك، لاستغلال المياه في الجانبين السوري والأردني، الأمر الذي أدى إلى عدم تدفق المياه إلى البحر الميت من هذين النهرين.

- سد وادي زقلاب: أقامت الأردن مشروع سد وادي زقلاب على نهر زقلاب، تصل قدرته الاستيعابية 4 مليون متر مكعب من المياه ويؤمن 8 مليون متر مكعب سنوياً (كالي، 1991)، ويعتبر هذا السد استكمالاً لمشروع قناة الغور الشرقية، إذ يزودها بالمياه خاصة في فصل الصيف، ويصل مساحات أخرى من الأراضي الزراعية التي لا تصلها مياه قناة الغور.

- سد العدسية: يضم سداً تحويلياً وأنفاقاً وقنوات مائية، ويبدأ من نهر اليرموك قرب نفق العدسية وينتهي في بداية الغور، وهو يسهم كغيره من السدود في التأثير على كمية المياه المتدفقة إلى البحر الميت، وبالتالي يؤدي إلى انخفاض مستواه. ويتم استخدامه لتوزيع المياه بين الأردن وسلطات الاحتلال الإسرائيلي، حسب اتفاقيات السلام الموقعة بين الطرفين، فيتم تحويل تدفقات المياه لأغراض الشرب

والذي بدلا من جريان هذه المياه نحو البحر الميت. حيث تحصل سلطات الاحتلال الإسرائيلي على حوالي 37 مليون متر مكعب سنوياً من المياه (المناصر ، 2012).

- سد اليرموك (الوحدة): تم إنشاؤه في منطقة المقارن على الحدود السورية الأردنية، ويقع على نهر اليرموك، حيث تبلغ مساحة حوض نهر اليرموك حوالي 8378 كم²، منها 64.10% في الأراضي السورية، ونسبة 26.40% في الأراضي الأردنية و9.5% في الأراضي الفلسطينية. ويتميز نهر اليرموك بأهمية كبيرة؛ لأنه يرفد نهر الأردن بكميات كبيرة تقدر حوالي 475 مليون متر مكعب / سنوياً، وتشكل نسبة 38% مما يرفد نهر الأردن (الربيعي، 2000).

لقد تم الاتفاق بين سوريا والأردن على إقامة هذا المشروع عام 1953، ولكنه لم يتم تنفيذه بسبب اعتراض إسرائيل عليه، إلا أنه قد تم البدء في إنشائه عام 2004م وتشغيله عام 2009، حيث يبلغ ارتفاعه 86 م، وتبلغ سعته التخزينية 110 مليون م³ من مياه نهر اليرموك ومياه الأمطار لأغراض ري مساحات زراعية واسعة في الأراضي الأردنية، ولإنتاج الطاقة الكهرومائية لسوريا، ذلك أن وجود هذه السدود يؤثر على المجرى المائي لكلا النهرين، ويؤدي إلى تغير في معدل التدفق المائي الواصل من نهر اليرموك إلى نهر الأردن، وبالتالي يؤثر سلباً على كمية المياه المتدفقة منه إلى البحر الميت، مما يؤدي إلى انخفاض منسوب سطح البحر الميت. ومن الجدير ذكره أن سوريا أنشأت خلال الأعوام الأخيرة أكثر من 40 سداً، حيث أوقفت الجريان المائي في نهري الرقاد واليرموك، واستهلاك هذه المياه داخل الأراضي السورية والأردنية، وهذا ما يفسر عدم وصول كميات كبيرة من مياه النهرين إلى البحر الميت.

5. الاستغلال المفرط للمياه في عمليات التصنيع واستخراج المعادن:

مصانع البحر الميت الإسرائيلية: تأسست عام 1952، وتقع على الضفاف الغربية للبحر الميت، حيث عملت سلطات الاحتلال الإسرائيلي على استغلال واستنفاد الثورات المعدنية التي تعم فيه، بحيث تقوم على استخراج البوتاس والبروم لاستخدامها في صناعات الأسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية وغيرها، لتطوير

الصناعات الكيماوية للنهوض بالاقتصاد الإسرائيلي حيث وصل إنتاج سلطات الاحتلال من البوتاس حسب إحصائيات عام 1970 ما يقارب 0.707 مليون طن، بينما وصل مجموع البوتاس المستخرج من البحر الميت سنوياً حسب إحصائيات 2022 حوالي 3.83 مليون طن (أبو هديب، 2022)، وبلغت كمية المياه المستهلكة 300 مليون متر مكعب/ سنوياً، ومن العناصر الأخرى المهمة التي يتم استخراجها المغنيسيوم الذي يدخل في صناعة السبائك والمواد العازلة والبطاريات، وهناك أملاح معدنية مثل الكلور والكالسيوم والصوديوم.

تعمل عمليات الاستخراج الكثيفة للمعادن والعناصر من البحر الميت على الوقوف على العديد من الآثار السلبية أهمها: انخفاض مستوى مياهه نتيجة لضخ المياه من البحر الميت إلى البرك التبخرية المخصصة لاستخراج المعادن إلى انخفاض في مستوى مياهه، حيث تملك سلطات الاحتلال الإسرائيلي 130 كم² من أحواض التبخير (أبو الرب، 1993)، ويعمل أيضاً على رفع مستوى الملوحة نتيجة للانخفاض الكبير في مستوى المياه، فتزداد كمية الملوحة في المياه المتبقية، وكذلك تعمل على تدهور التربة وارتفاع تلوث الهواء نتيجة انبعاث غازات ضارة أثناء عمليات الاستخراج والتكرير وتغيير المناظر الطبيعية نتيجة لإنشاء العديد من برك التبخير ومسارات مخصصة لنقل المواد الخام.

شركة البوتاس العربية: تم تأسيسها عام 1956 على الجانب الشرقي للبحر الميت، وتقوم على استخراج وتصنيع أملاح البوتاسيوم والعديد من المعادن الأخرى. وتحتل شركة البوتاس العربية المرتبة الثامنة لإنتاج البوتاس عالمياً، والوحيدة لإنتاج البوتاس في دول العالم العربي، حيث بلغت كمية إنتاج الشركة من كلوريد البوتاسيوم 2.621 مليون طن / سنوياً، بينما بلغت نيترات البوتاسيوم 150 ألف طن/ سنوياً، أما ثنائي فوسفات الكالسيوم فبلغت 60 ألف طن/ سنوياً. وتراوحت كمية المياه المستهلكة ما يقارب 250 مليون م³ سنوياً، وهذا كله يؤدي إلى تسريع عمليات التبخر وبالتالي سرعة انخفاض منسوب البحر الميت، وانحسار مساحته. (البوتاس العربية، 2022).

3.4 التصنيف الموجه

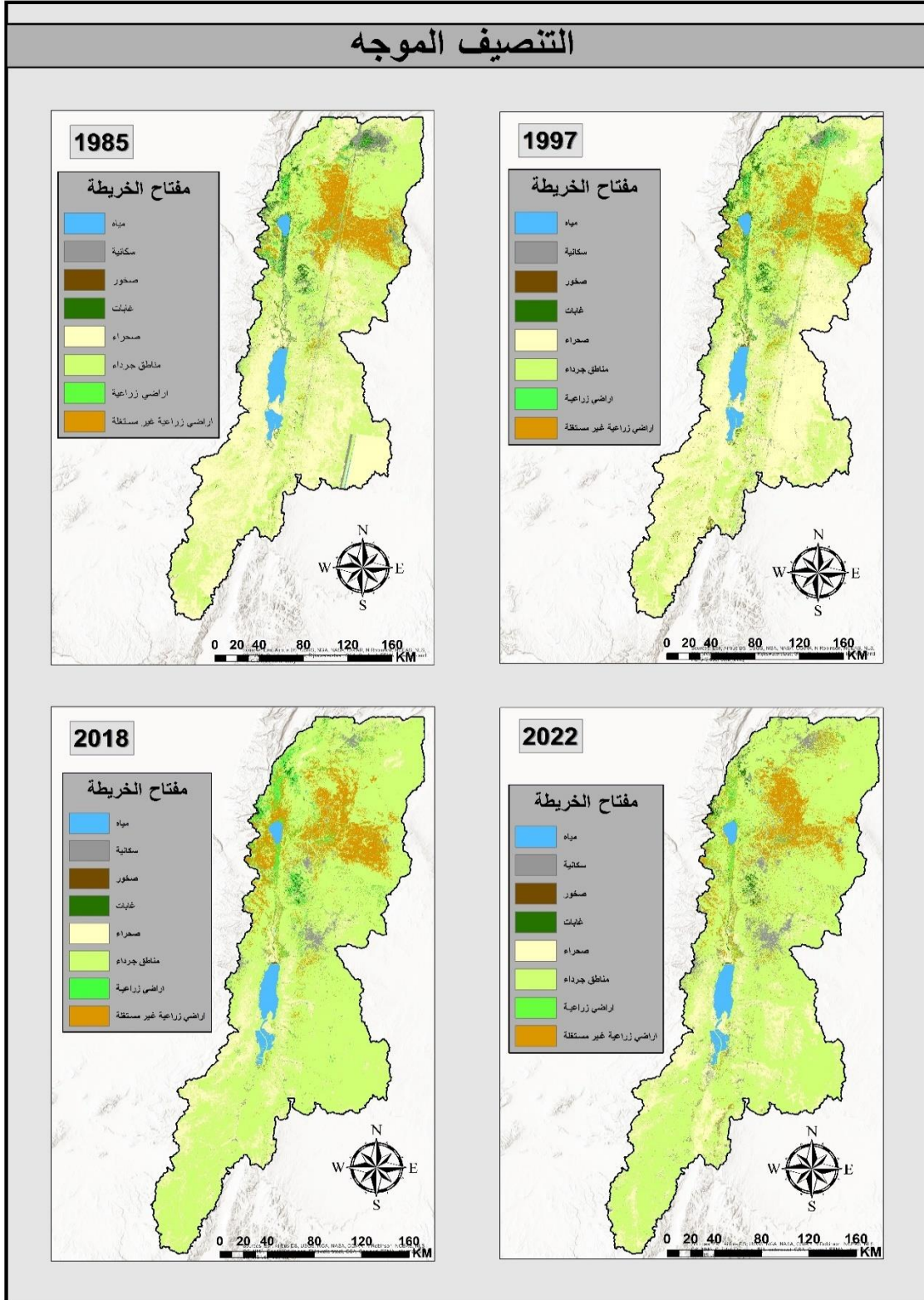
يُعرف تصنيف الصورة بأنه: تحويل الصورة إلى خريطة موضوعية تحمل معلومات عن الظواهر الموجودة في المنطقة المحصورة، وذلك من خلال تحديد الظاهرة الأرضية التي تمثلها كل وحدة من وحدات الصورة.

وتعد من أهم الخطوات؛ كونها تعمل على استنباط المعلومات بعد إجراء كل عمليات التعديل والتحسين، فمن خلال عملية التصنيف الموجه يتم التعرف إلى وحدات الصورة ذات الخصائص المتماثلة، والتي يفترض أن تتبع نفس الصف، أو الظاهرة، أو اللون الواحد، ويقصد التصنيف الموجه أو المراقب بتحويل بيانات الأقمار الصناعي الممثلة على شكل نطاقات إلى خريطة موضوعية، وذلك بعد دمج النطاقات، للتعرف على الظواهر الأرضية التي تمثلها كل وحدة من وحدات الصورة، والتي تحمل معلومات عن الظواهر الموجودة في منطقة محددة.

في البداية اعتمد التصنيف 7 أصناف، وهي المياه لتشمل المناطق التي تغطيها المياه مثل الأنهار والبحيرات والبحار، ومناطق البناء، والمناطق الصخرية، والغابات، والصحراء، والمناطق الجرداء، الأراضي الزراعية، والمناطق الزراعية غير المستغلة، وبعدها تم دمج التصنيفات واعتماد ثلاثة تصنيفات لتحليل المساحات في منطقة الدراسة، لتصبح التصنيفات الأساسية على النحو الآتي: مناطق مياه، مناطق جرداء، مناطق غطاء نباتي. ولدراسة التغيرات التي حدثت في استخدام الأراضي تم تصنيف المرئيات للسنوات الأربعة الآتية:

خريطة (21)

التصنيف الموجه



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي USGS (بتصرف الباحثة).

من خلال التصنيف الموجه للسنوات الأربعة يتضح تراجع البحر الميت من عام 1985 إلى 2022، والزيادة في مساحات المناطق السكانية خاصة في مدينة عمان والسلط في الأردن وكذلك مدينة أريحا، الجدول (19) ملحق (ب) يبين مساحة كل تصنيف بالكيلومتر مربع.

3.5 دقة التصنيف

بعد الانتهاء من عملية تصنيف البيانات رقمياً، يتم تحديد الأخطاء وإحصاؤها في الخريطة من خلال مقارنة بيانات الخريطة المصنفة مع البيانات المرجعية المقابلة لها، وبالتالي الحصول على نتائج لتحديد دقتها.

وهناك أنواع مختلفة من دقة التصنيف المستخدمة لتقدير دقة التصنيف، وهي: الدقة الكلية، والتقييم الجزئي، حيث يتم من خلال الدقة الكلية تقييم التصنيف، وذلك عن طريق تقييم تصنيف استخدام الأراضي ومقارنتها بالبيانات المرجعية التي تتمثل بالصور الجوية والفضائية الدقيقة، وكذلك باستخدام مصفوفة الخطأ، والتي يتم حسابها عن طريق قسمة مجموع قيم الخلايا القطرية على قيمة خلية الجمع. أما التقييم الجزئي، فهو التقييم الذي يمكن من خلاله تحديد دقة كل نوع من تصنيف البيانات كل على حدة، حيث يمكن تقييم دقة التصنيف من خلال دقة المستخدم ودقة المنتج.

- دقة المستخدم

وتعكس دقة المستخدم احتمالية حدوث خطأ في الوحدات المتوقعة للفئة الواحدة، والتي قد تكون بعض الوحدات المتوقع تثبيتها في طبقة معينة غير صحيحة، ويتم حساب الدقة في استخدام كل فئة باستخدام مصفوفة الخطأ: عدد الخلايا القطرية مقسوماً على إجمالي عدد الفئات.

- دقة المنتج

هو عدد الخلايا المصنفة بشكل صحيح في نمط استخدام الأراضي، مما يعكس خطأ الإغفال للخلايا التي تنتمي فعلياً إلى الفئة المحددة من خلال المعلومات المرجعية في الموقع؛ لأن بعض الخلايا سيتم تصنيفها بشكل خاطئ وتصنيفها كغئة في صورة التصنيف.

حيث يمكن حساب دقة المنتج لكل وضع استخدام عن طريق قسمة عدد الخلايا القطرية على إجمالي عدد الأعمدة باستخدام مصفوفة الخطأ.

- مصفوفة الخطأ

جمعت البيانات المستخدمة لتقدير دقة التصنيف بالتزامن مع جمع البيانات في مجال التدريب، وخلال العمل الميداني كان لدى الباحثين حقلان لكل نوع من الاستخدام، بحيث تم استخدام الحقل الثاني لتقييم دقة بيانات التصنيف. للعثور على مصفوفة خطأ دقة التصنيف، حيث تمت عملية التصنيف من خلال مقارنة المرئيات المصنفة مع البيانات المرجعية كالصور الجوية والفضائية.

وتشمل عملية مصفوفة الأخطاء عدداً من الطرق الإحصائية التي يمكن بواسطتها استخدام مصفوفة الخطأ لتقدير دقة الصورة المصنفة، ومنها طريقة (كابا)، والصحيح المئوي، حيث تعتمد طريقة كابا هذه الطريقة لقياس مدى التوافق، واحتمال مقارنة تصنيف بآخر، مع الأخذ في الاعتبار جميع عناصر مصفوفة الخطأ، بينما الصحيح المئوي يعبر عن نسبة مجموع القيم القطرية الصحيحة لمصفوفة الخطأ بالمقارنة بالرقم الكلي للخلايا المستخدمة في تقييم الدقة.

وبناءً على الحسابات المذكورة، فقد انتجت المصفوفة لتقدير دقة عملية تصنيف المرئيات المأخوذة من الأقمار الصناعية، ولتطبيق ذلك أخذ الباحث ثلاثين خلية لكل صنف، وحسب دقة المنتج ودقة

المستخدم والدقة الكلية، وطبقت على كل سنوات الدراسة، وكما هو موضح في الجداول (20، 21، 22، 23) ملحق (ب).

بالاعتماد على الجداول (20، 21، 22، 23) الناتجة عن عملية دقة التصنيف لسنوات الدراسة، فقد بلغت الدقة الكلية للتصنيف في عام 2022 بلغت 86%، أما في عام 2018 بلغت 87%، وفي عام 1997 بلغت 83%، أما في عام 1985 بلغت 89%، وتعتبر دقة التصنيف في سنوات الدراسة مرتفعة، وتعود هذه النسب المرتفعة إلى العينات التي تمثل الغطاءات الرئيسية في منطقة الدراسة مثل المياه، التي صنفنا على غطاء رئيس واحد، دون تحديد أنواع المياه كالأنهار والبرك المائية.

3.5.1 آلية معالجة المرئيات

بعد الحصول على المرئيات الفضائية للسنوات الأربع تم اقتطاع المرئية الفضائية وفق حدود التحليل الهيدرولوجي المستخدم في الدراسة، واستخراج بعض المؤشرات التي تهدف إلى رصد التغيرات في المنطقة على مدار كل سنة مثل مؤشر فرق رطوبة التربة Normalized Difference Moisture Index (NDMI)، ومؤشر الغطاء النباتي (NDVI) normalized difference vegetation index، وأيضاً إجراء التصنيف الموجه للمرئية من أجل رصد التغيرات في أحواض البحر الميت الفرعية، إضافة إلى التغير في مساحة البحر الميت والتقلص في فترات الدراسة الأربعة.

وفي هذه الدراسة تم إجراء عملية التصحيح الهندسي للصور الفضائية، وذلك بتحديد الإحداثيات الفلكية للمرئيات 1985، 1997، 2018 بتجميع نقاط تحكم أرضي من خلال المرئية لعام 2022، وذلك من خلال إنشاء Shapefile على شكل نقاط يتم من خلالها اختيار نقاط على معالم ثابتة في الصور الأربعة، بحيث يتم إظهار جميع البيانات فيها، وبعدها يتم عمل (mosaic) لكل الباندات في كل سنة، يليها عمل (marge) من خلال أداة Image Analysis، وبعدها تتم مرحلة الربط الإحداثي.

وقد تم العمل على مؤشري الغطاء النباتي (NDVI)، وفرق رطوبة التربة (NDMI) من خلال أداة Raster coagulator، ووضع فيها معادلة لكل مؤشر حسبما تم توضيحه مسبقاً في هذه الدراسة.

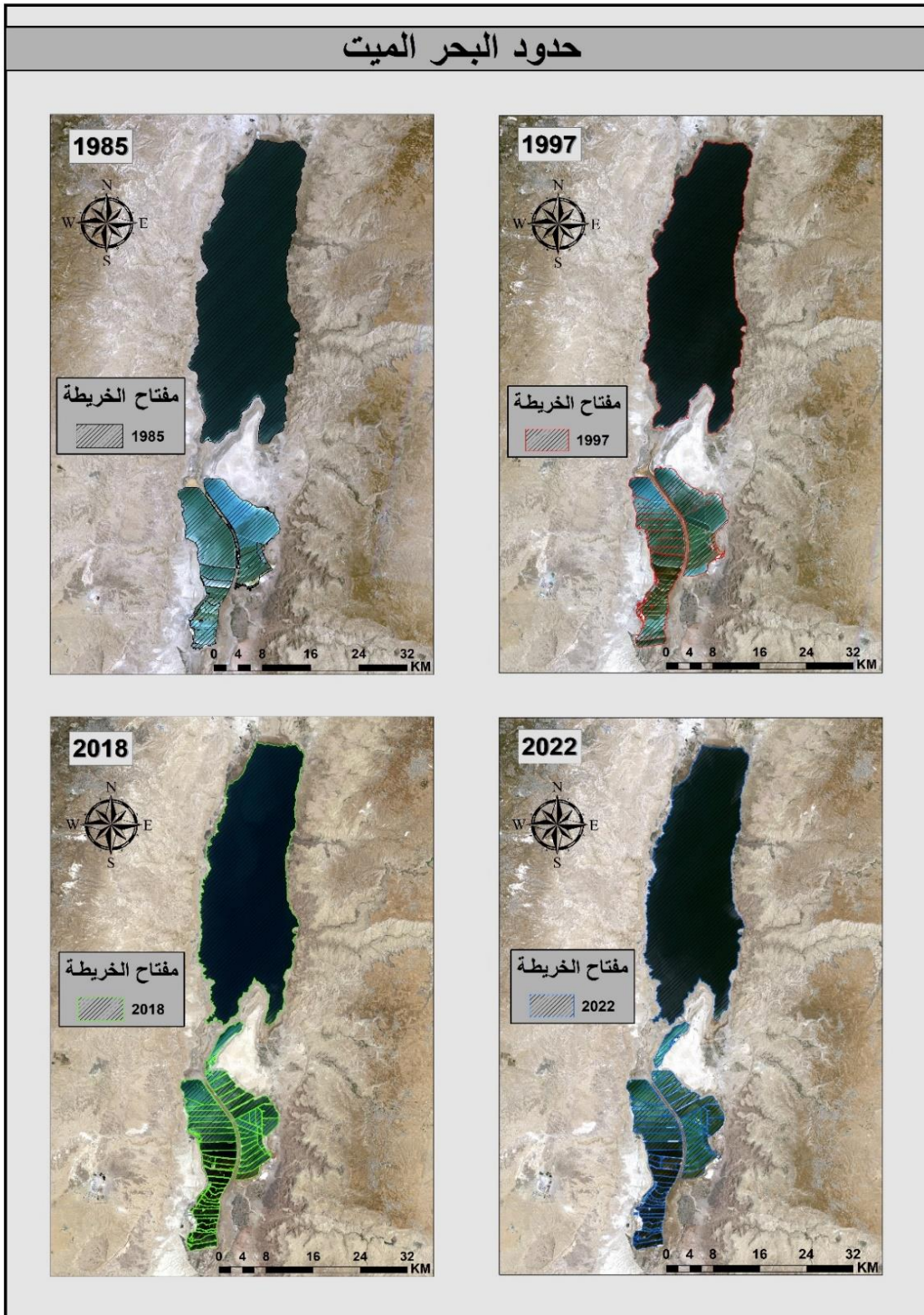
وقد عملت الدراسة على اتباع أسلوب التصنيف الموجه الذي يعتمد على اختيار المواقع، والتي تمثل مجموعة من العينات المتشابهة داخل المرئية بالاعتماد على الخرائط لمنطقة الدراسة، وتم مراعاة أن تكون هذه العينات ثابتة على جميع مرئيات الدراسة للسنوات المختلفة، وتقع هذا العينات تحت مفهوم مناطق التدريب (Training area) من خلال استخدام (Base Maps)، وهي تمثل المناطق المتجانسة طيفياً بالاعتماد على بياناتها الرقمية، وبعدها يتم تحديد كل خلية ضمن نمط الغطاء الأرضي الأقرب لها، إذ يعتبر هذا التصنيف ذا نتائج جيدة عندما تكون حقول التدريب تمثل الظواهر السطحية في المرئية الفضائية بشكل واضح.

3.6 التغيير على مساحات البحر الميت

لقد عانى منسوب البحر الميت مؤخراً من التراجع المستمر، حيث يرجع هذا الأمر إلى عدد من الأسباب الرئيسية، كالاستخدام المكثف لمصادر المياه، وأهمها نهر الأردن، وضخ المياه من الحوض الجنوبي، حيث يتكون البحر الميت حالياً من حوضين؛ شمالي وجنوبي، يقسمهما شبه جزيرة اللسان. ونتيجة للانخفاض المستمر لهذا المستوى، فقد تعرّض الجزء الجنوبي من البحيرة للجفاف، ذلك أنّ الجزء الجنوبي أقل عمقاً من نظيره الشمالي، وبسبب الجفاف وتراجع منسوبه أدى ذلك إلى فصل الحوض الجنوبي عن الحوض الشمالي واللذان كان متصلين ببعضهما، حيث أصبح الجزء الجنوبي عبارة عن برك متفرقة، والخريطة (22) توضح حدود البحر الميت في سنوات الدراسة، وأمّا الخريطة (23) ملحق (أ) فتوضّح التغيير في مساحات البحر الميت. وتبيّن الدراسات العلمية أنّ مستوى سطح البحر الميت ينخفض بشكل واضح منذ منتصف القرن الماضي (النواصرة، 2016)، فقد بلغت نسبة الانخفاض السنوي حوالي 120 سم سنوياً حسب الحدود الزمانية للدراسة، وقد وصلت كمية الانخفاض خلال ما يقارب النصف قرن حوالي 35 متراً، والجدول (24) ملحق (ب) يوضح الارتفاعات مستوى سطح البحر، إضافة إلى مساحة أجزاء البحر الميت. وتشير بيانات هذا الجدول إلى أنّها نتائج الدراسة التي توصلت إليها الباحثة

خريطة (22)

حدود البحر الميت



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي USGS (بتصرف الباحثة).

الفصل الرابع

النتائج والتوصيات

4.1 النتائج

لقد خلصت الدراسة المجراة إلى عدد من النتائج المهمة، وكان أبرزها:

1. تبين من الدراسة أن شبه جزيرة اللسان تتسع بشكل كبير على حساب مساحة مياه البحر الميت.
2. بينت الدراسة أن مناسيب سطح حوض البحر الميت متفاوتة بشكل كبير بين الانخفاض الكبير له تحت مستوى سطح البحر الذي يصل إلى 415م على جانبيه الشرقي والغربي، و1320م فوق مستوى سطح البحر في المناطق المحاذية له، وبهذا فإن فرق الارتفاع بين أعلى نقطة وأقل نقطة يشكل حوالي 1735م.
3. وضحت الدراسة أن طبيعة المناخ الجاف لمنطقة البحر الميت الذي يتمثل بارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدل التبخر، أنه السبب الرئيس في فقدان المياه من البحر، إضافة إلى قلة كميات مياه الأمطار الهاطلة على المنطقة التي تتراوح ما بين 50-100 ملم /سنوياً، والتي تؤثر على النقص في امتدادات المياه الجارية، فعندما تتأثر المنطقة المحيطة بالبحر الميت بقلة مياه الأمطار فإنه سينعكس سلباً على نقص الامتدادات في المياه الجارية إلى البحر من الأنهار إلى المصادر المائية الأخرى.
4. أظهرت الدراسة أن للأسباب البشرية دورا كبيرا في تراجع وانخفاض منسوب البحر الميت، حيث تمثلت بالعديد من المشاريع المائية على الروافد المغذية للبحر الميت، مثل مشروع المياه القطري الذي يهدف إلى نقل المياه من بحيرة طبرية إلى صحراء النقب، وكذلك انتشار بناء السدود على الروافد الشرقية والغربية لنهر الأردن، والتي أدت إلى عدم تدفق المياه إلى البحر الميت، وكذلك الاستغلال للمياه من قبل الشركات البوتاس العربية والإسرائيلية.

5. سلّطت الدراسة الضوء على تنفيذ مشروع قناة البحرين (المتوسط - الميت) في المستقبل، وبيان الانعكاسات السلبية لإنشاء القناة على مختلف المناحي البيئية والسياسية والاقتصادية كافة، والتي أثرت على تراجع وانخفاض منسوب البحر الميت، وأيضاً إنّ تنفيذ هذا المشروع يعزز تشييد محطة طاقة نووية جديدة على أراضي الاحتلال، بدلاً من المحطات التقليدية، وهذا سيعزز قدراتها النووية والعسكرية.

6. أوضحت الدراسة أنّ المشروع الثاني (مشروع القناة المقترح الميت - الأحمر)، الذي يحمل في طياته العديد من الآثار والمخاوف، حيث إنه في أهدافه المعلنة يشير إلى أنه مشروع هدفه الأساسي إنفاذ البحر الميت من الجفاف، وبأهدافه الاقتصادية يعمل على حل المشكلة المائية من خلال توفير كميات من المياه، ولكنه يشكل كارثة بيئية خطيرة في الدرجة الأولى على البحر الميت، حيث سيؤثر على الحياة المائية، والشعب المرجانية في خليج العقبة، إذ إن نقل كميات كبيرة من المياه سيؤثر أيضاً على نظام البحر الميت؛ نتيجة خلط مياه البحر الميت بمياه البحر الأحمر، أمّا من الناحية الجيولوجية، فلمشروع قناة البحرين نتائج خطيرة، خاصة أن القناة ستمر في منطقة صدع نشط وأنها أكثر عرضة لحدوث الزلازل، ومن المتوقع حدوث زلزال تصل شدته من 5 - 6 درجات حسب مقياس ريختر، ويعود ذلك إلى تسرب المياه إلى الفوالق والشقوق على امتداد قناة البحرين في حال تم تنفيذ مشروع القناة.

7. أظهرت الدراسة الأحواض الرئيسية في منطقة البحر الميت، وهي حوض نهر الأردن، وحوض وادي عربة، وحوض وادي الموجب، وحوض وادي الحسا. وتختلف كثافة التصريف في كل حوض، وقد توصلت الدراسة إلى أن حوض نهر الأردن هو أكبر الأحواض مساحةً.

8. أظهرت نتائج الدراسة فاعلية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، في استنباط مقدار التراجع والتغير في منسوب المياه في البحر الميت، وذلك من خلال إنتاج خرائط دقيقة، مثل: خرائط

طبوغرافية السطح، وخرائط الجيولوجية لمنطقة الدراسة، وخرائط الهيدرولوجي، وخرائط المؤشرات الأرضية، والتي خدمت الأهداف المرجوة من الدراسة.

9. أظهرت الدراسة عددا من المؤشرات أهمها: مؤشر NDVI الخاص القيمة الغطاء النباتي، مؤشر NDMI الخاص بفرق رطوبة التربة، حيث بيّنت تراجعاً في المؤشرات على مدار سنوات الدراسة، فمثلاً في مؤشر المياه، تبين أنه وفي عام 1985 وجود نبات ومناخ رطب، وفي عام 1997 انخفض منسوب المياه، فكانت بداية حدوث الجفاف، بينما في عام 2018م فقد استمر منسوب المياه في الانخفاض والزيادة في الجفاف والتصحر، أما في 2022م فبلغ منسوب المياه أدنى مستوياته بقيمة تتراوح (0.57965 الى -0.579764).

10. بينت الدراسة أنّ مقدار التراجع في مستوى مياه البحر الميت بانخفاض مستمر، وذلك في الحدود الزمانية للدراسة من سنة 1985م إلى 2022م، بحيث انخفض منسوبه بمعدل 120 سم سنوياً. وأيضاً بحسب التحليلات والأرقام الناتجة عن الدراسة، فإنّ المساحة الكلية للبحر الميت بلغت 923 كيلومتر مربع في عام 1985م، بينما تقلّصت مساحته في عام 2022م إلى 834 كيلومتر مربع.

4.2 التوصيات

شملت الدراسة على عدد من التوصيات كان من أهمّها:

1. ضرورة استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لرصد التراجع والانحسار الذي يحدث في منطقة البحر الميت، وتطوير طرق أخرى لحساب المساحة والانخفاض وغيرها من التطبيقات للبيئات البحرية.
2. تعزيز الأبحاث باستخدام تكنولوجيا المرئيات الفضائية لرصد تدهور منطقة البحر الميت، وإيجاد حلول فعالة لوقف التدهور السريع للبيئة المحيطة، وسد فجوات البيانات، وعرض النتائج على أصحاب القرار من أجل تحقيق استدامة في المنطقة.

3. العمل على الاستخدام الآمن لمياه البحر الميت عن طريق تقليل ضخ المياه إلى الحوض الجنوبي لأغراض التعدين، واستخراج ملح البوتاس بطريقة تحافظ على توازن مياه البحر الميت نفسها.

4. تعزيز دور البحث العلمي في المجالات العملية في موضوع منطقة البحر الميت، وتوفير متطلبات البحث العلمي من الصور الجوية والفضائية، وإتاحتها للباحثين من أجل تحفيز البحث العلمي في مختلف المجالات العلمية على البحر الميت، والخروج بالنتائج الصحيحة التي ستساعد البحث العلمي.

المصادر العلمية

المراجع العربية

- أبو الرب، مجدولين. (1993). ثروات البحر الميت من الاحتكارات الاستعمارية إلى النهب الصهيوني. مجلة صامد الاقتصادي، العدد 92.
- أبو العينين، حسن سيد. (1995). أصول الجيومورفولوجيا دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض. الإسكندرية: مؤسسة الثقافة الجامعة، ط11.
- أبو صفت، محمد. (2023). جيومورفولوجية فلسطين. نابلس: دار الفاروق للثقافة والنشر، ط1.
- أبو هديب، شحادة. (2022). البوتاس العربية.
- الأسطل، محمود. (2014، 3، 20). قناة البحرين الأحمر والميت. أمد للإعلام.
- آل حسين، أسعد، و عبد الرحمن، يحيى. (2019). الخصائص المورفومترية لحوض وادي كويسنجق - اربيل باستخدام نظم المعلومات. المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض، المجلد 19، العدد 2، 15-40.
- بارود، نعيم سلمان، و كحيل، شادي زهير. (2014). استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم الخصائص المورفوبئية لقناة البحرين (الميت - الأحمر). غزة، فلسطين: الجامعة الإسلامية.
- البرغوثي، بشير. (1986). المطامع الإسرائيلية في مياه فلسطين والدول العربية المجاورة. عمان: دار الجليل للنشر.
- التل، سفيان. (2008). قناة البحرين: بين الاعتبارات الفنية والاعتبارات السياسية. مركز دراسات الوحدة العربية. مج30. ع347. ص130-148.
- جبور، سمير. (1981). قناة البحرين المتوسط والميت المشروع الإسرائيلي وأخطاره. بيروت: مؤسسة الدراسات الفلسطينية.
- حبيب، إبراهيم محمود، و الكيلاني، رضوان جهاد. (2007). جفاف البحر الميت وقناة البحرين (الأحمر - الميت). مجلة الجامعة الإسلامية (سلسلة الدراسات الطبيعية والهندسة)، غزة، مجلد15، عدد2، ص283-317.

الحلاق، جابر. (2011). انحسار وتراجع منسوب المياه في البحر الميت والآثار الاقتصادية والبيئية المرتبة عليه وأثر مشروع قناة البحرين المقترحة (البحر الأحمر، البحر الميت). القاهرة: جامعة عين شمس، مجلة البحث العلمي في الآداب، عدد 12.

الدباغ، مصطفى مراد. (2018). بلادنا فلسطين. مؤسسة الدراسات الفلسطينية، الجزء الأول.

الربيعي، صاحب. (2000). الأمن المائي ومفهوما السيادة والسلام في دول حوض نهر الأردن. دمشق: دار الحصاد.

سعد، علي، و عباس، هدى. (2013). التحليل المكاني لمحطات التعبئة بالوقود في مدينة النجف الأشرف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS- جامعة الكوفة. العراق. مجلة كلية التخطيط العمراني. المجلد العاشر، الصفحات 90 - 415.

سعيد، هند فخري. (2022). البحر الأحمر ومشروع قناة البحرين دراسة في التحولات والتطورات. العراق: جامعة الموصل.

سلامة، حسن. (2004). اصول الجيومورفولوجيا. الأردن: عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.

عابد، عبد القادر، و الوشاحي، صايل خضر. (1999). جيولوجية فلسطين والضفة الغربية وقطاع غزة. القدس: مجموعة الهيدرولوجيين الفلسطينيين.

عابد، عبد القادر. (1985). جيولوجية البحر الميت نشأته ومياهه وأملاحه وقناة البحرين. عمان: دار الأرقم، ط1.

عبد العظيم، مشتهى، و اللوح، منصور. (2015). جغرافية فلسطين الطبيعية. غزة: جامعة الأزهر.

عويس، عبد الله، و دلال، زين. (2019). الأخطار الجيومورفولوجية على الطريق بإقليم البحر الميت- فلسطين. جامعة القدس كلية الآداب المجلة العربية للنشر العلمي، العدد الثالث عشر.

عويس، عبدالله، الخطيب، محمد، العتال، محمد، و زين، دلال. (2022). وادي القلط: دراسة جيومورفولوجية- فلسطين. مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية، المجلد(6)، العدد(4).

غزوان، سلوم. (2012). حوض وادي القنديل (دراسة مورفومترية). مجلة جامعة دمشق، المجلد 28، العدد 1، ص 401.

كالي، إيشع. (1991). المياه والسلام وجهة نظر إسرائيلية. بيروت: مؤسسة الدراسات الفلسطينية.

المجد، هيفاء. (2011). *مراقبة وتحليل التغيرات البيئية للبحر الميت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقات الاستشعار عن بعد*. عمان: الجامعة الأردنية، رسالة ماجستير.

المجنوب، طارق. (1998). *لا احد يشرب - مشاريع المياه في استراتيجية اسرائيل*. بيروت، لبنان: رياض الريس للكتب والنشر. ط1.

المناصير، عواد. (2012). *الأمن المائي الأردني: التحديات والأخطار*. جامعة الشرق الأوسط.

نبيل السمان. (1997). *حرب المياه من الفرات إلى النيل*. الخليل: دار المستقبل للدراسات والنشر والاعلام.

النواصرة، عواد. (2009). *البحر الميت دراسة جغرافية تاريخية*. عمان: دار فضاءات للنشر، ط1.

النواصرة، عواد. (2014). *أثر تراجع مستوى البحر الميت في شكل حفر الإذابة*. مجلة جامعة الحياة، عدد7،.

النواصرة، عواد. (2016). *جيومورفولوجية البحر الميت*. الخرطوم: جامعة الزعيم الأزهرى.

هاني حوراني. (26 ديسمبر، 2019). *عن أحياء البحر الميت.. بحر الأسرار*. مجلة العربي الجديد.

الهواش، شوقي، قمصية حازم، و أبو سعدى، رياض. (1992). *المياه في فلسطين. سلسلة دراسات الوعي البيئي*، مج5، 15-26.

اليقوبي، أحمد، و عبدالغفور، ذيب. (2011). *نبذة حول مصادر المياه في فلسطين*. رام الله: سلطة المياه الفلسطينية.

المراجع الأجنبية:

Abu Ghazleh, S., & Abez, A. M. (2011). *Lake Lisan and the Dead Sea: Their Level Changes and the Geomorphology of their Terraces*. der Technischen Universität Darmstadt (D17).

Abu Ghazleh, S., Abed, A. M., & Kempe, S. (2011). *The Dramatic Drop of the Dead Sea: Background, Rates, Impacts and Solutions*. DOI:10.1007/978-3-642-14779-1_4.

Al-Eisawi, D. (1996). *Vegetation of Jordan*. UNESCO-Cairo Office.

Al-Mohsen, A. Y., & Abdul Abbas, A. (2002). Impact of morphological characteristics in determining the pelvic area, al-Khazar Basin,. *Journal of Education and Science*, 139.

- BENTTOR, Y. (1961, December 4). Some Geochemical aspects of the Dead Sea and the question of its age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, pp. 239-240.
- Deer, P. (1999). *Digital Change Detection Techniques*. ivilian and C, Military Application Published in the UK. s.l.: Taylar & Francis Ltd.
- Enzel, Y. E., & others. (2013). *Impacts of abrupt climate changes in the Levant from Last Glacial Dead Sea levels*. Pergamon.
- Ghodieh, A. (2022). *Studying the Water Resources and Hydrological Characteristics of the West Bank and Gaza Strip, Palestine Using GIS and Remote Sensing Data*. DOI:10.1007/978-3-031-15549-9_14.
- Horton. (1932). Drainage basin characteristics. *Trans. Amer. Geophys. Union.*,13, pp. 350-361.
- Horton, R. E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins Hydrophysical approach to quantitative morphology*. Geol. Soc. America Bull., 56: pp. 275-370.
- Kagan, E. J., Langgut, D., Boaretto, E., Neumann, F., & Stein, M. (2015). *Dead Sea Levels during the Bronze and Iron Ages*. Israel: The Weizmann Institute of Science.
- Kennedy, M., & John Wiley , &. (2006). *Introducing Geographic Information System with ArcGis9*. Ireland: University College Dublin.
- Meteoblue. (2022).
- Miller, V. C. (1953). *A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee*. Department of Geology, Columbia University, New York.
- Neev, D., & Emery, K. (1967). *The Dead Sea, geological survey of Israel ball*. pp41-147.
- Oroud, I. (2000, July 18). Evaporation From the Dead Sea: past, Present and Future Trends. *Abhath AL Yarmouk, Vol. ,10, No,2B Yarmouk University*, pp. 359 -376.
- Reuma, A., Sagi, F., & AVNI, Y. (2012). *Monitoring changes along receding lake environments*. Israel.
- Schumm, S. A. (1956). Evoution of Drainge system and slpes in Badies at peath Amboy. *Bull.Geol.soc America .vol.67*, pp. 646 - 597.
- Strahler, A. (1964). *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks*. In: Chow, V.T., Ed. Handbook of Applied hydrology, Mc-Graw Hill Book Company, New York, Section 4-11.
- W.H, T. (1970). *toward a climatic class fication baed upon et radiation*. Proc Ass. Of amer. Geographers.

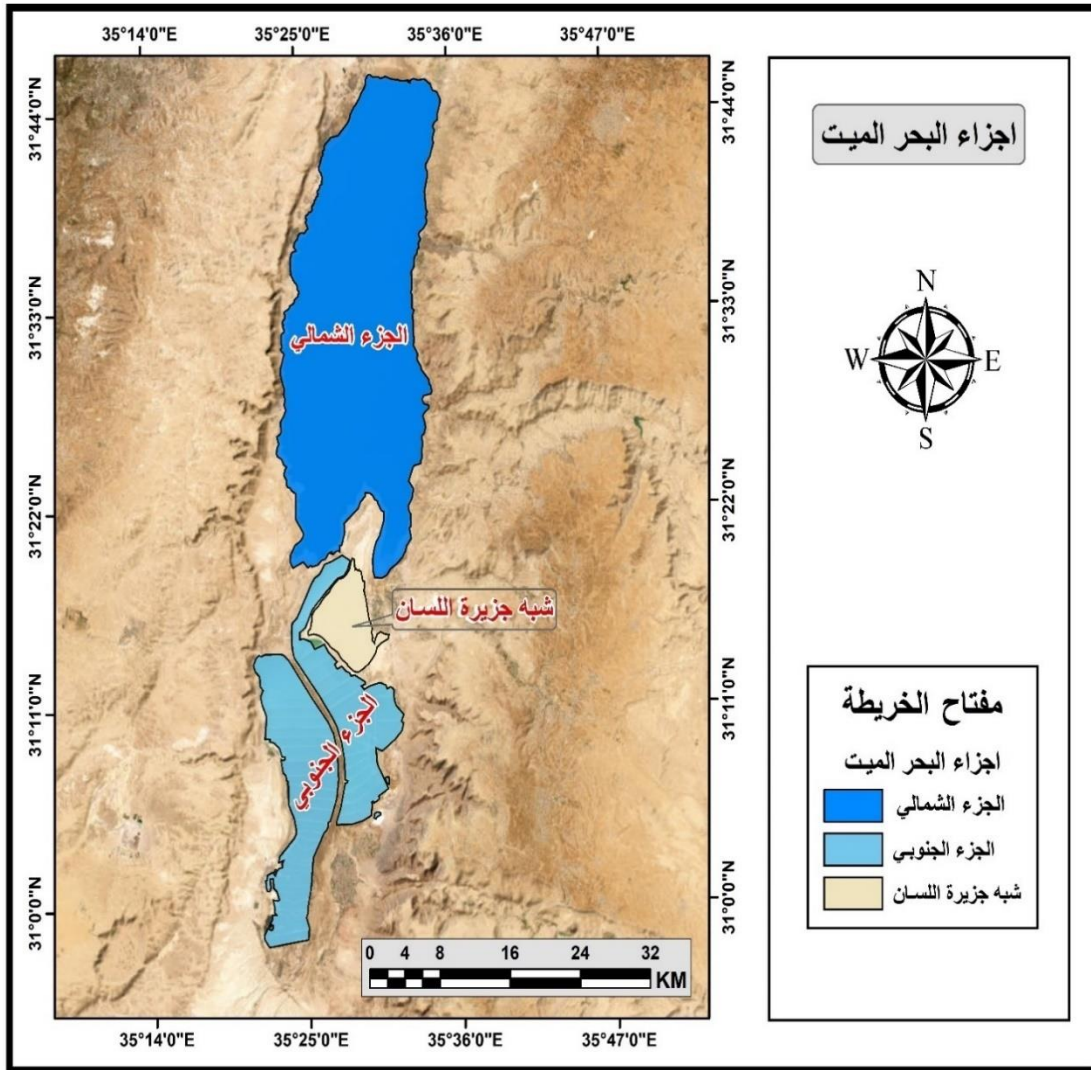
الملاحق

ملحق (أ)

الخرائط

خريطة (2)

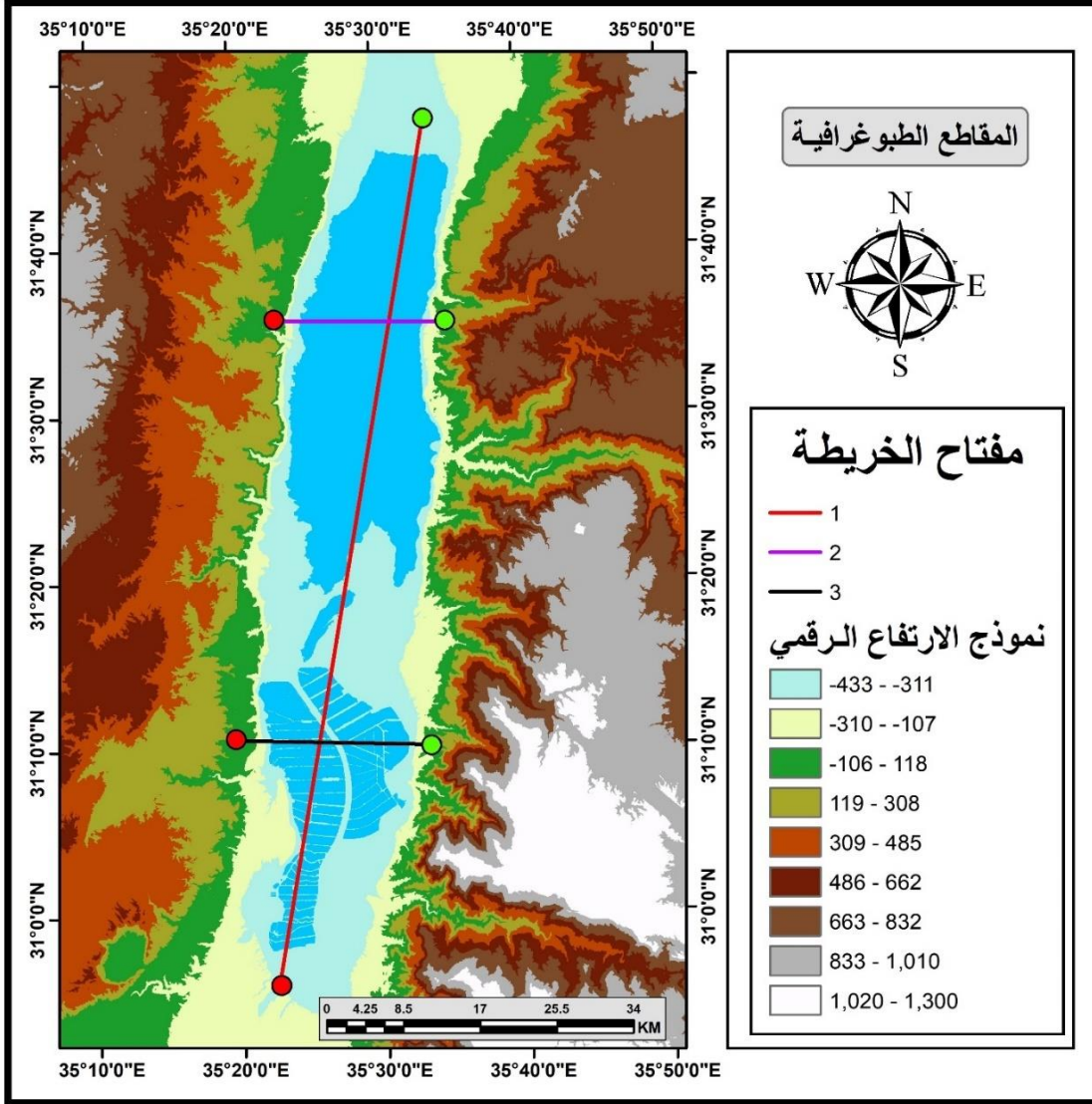
أجزاء البحر الميت



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (3)

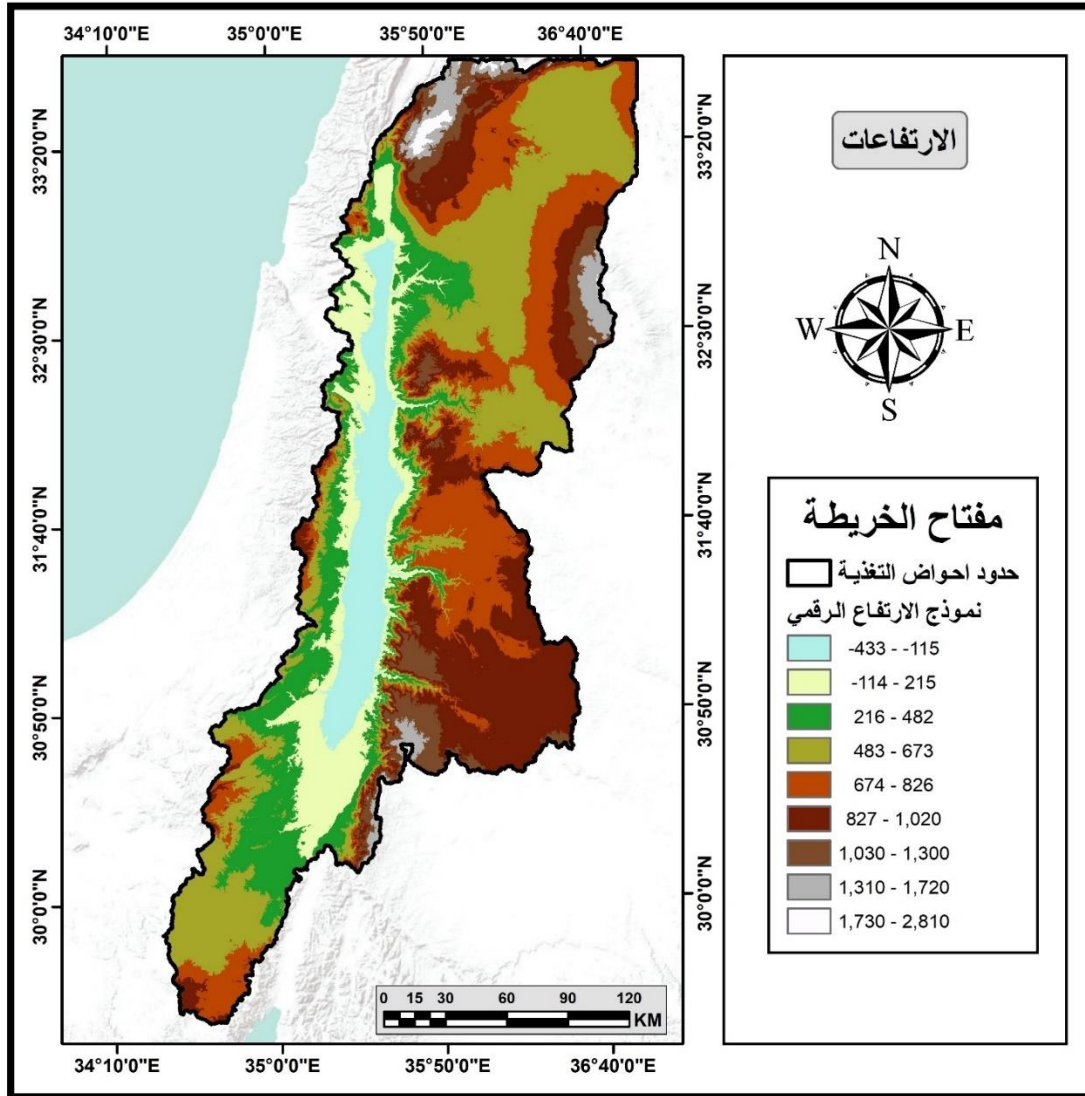
المقاطع الطبوغرافية



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (4)

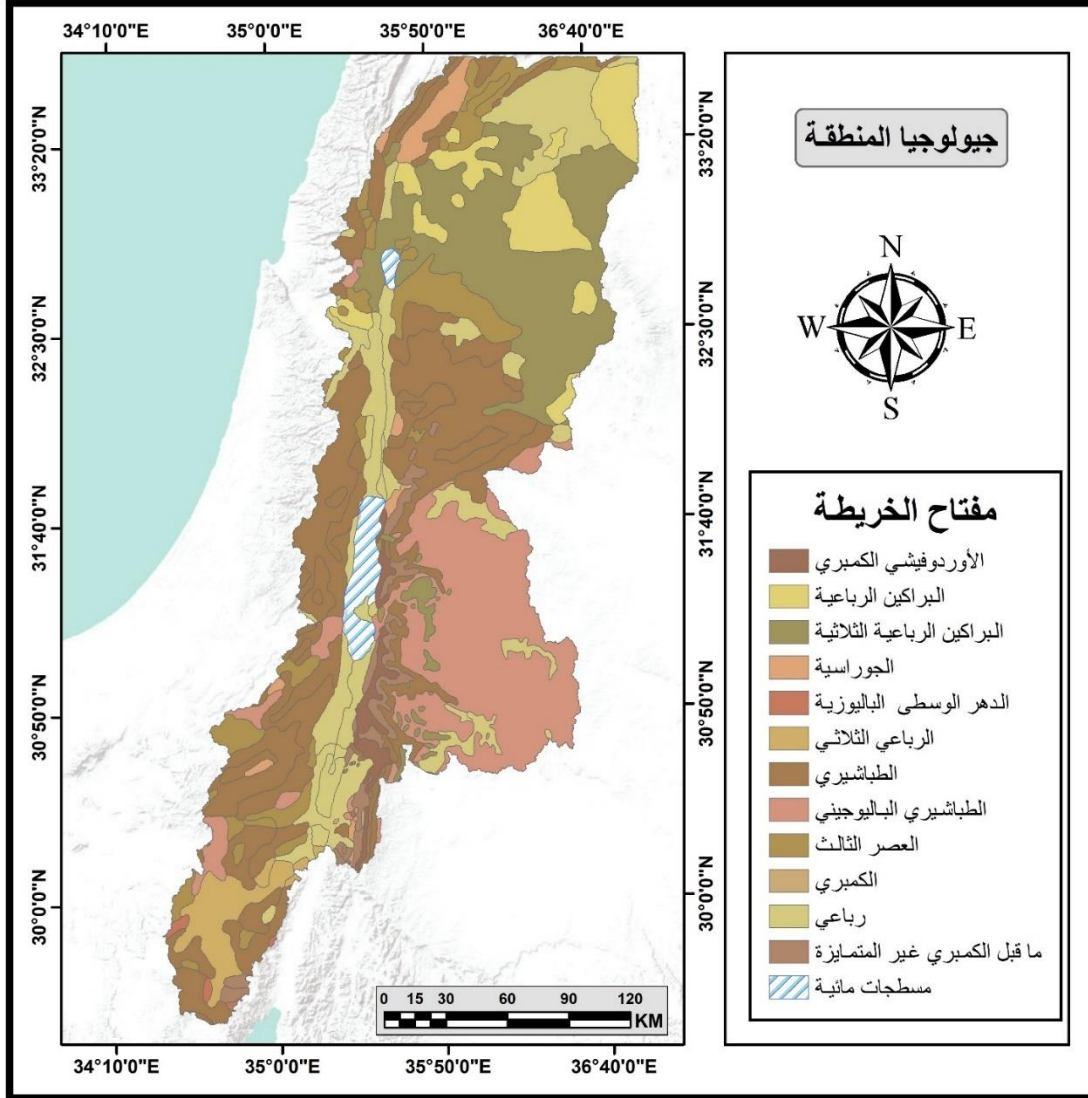
طبوغرافية حوض البحر الميت



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (7)

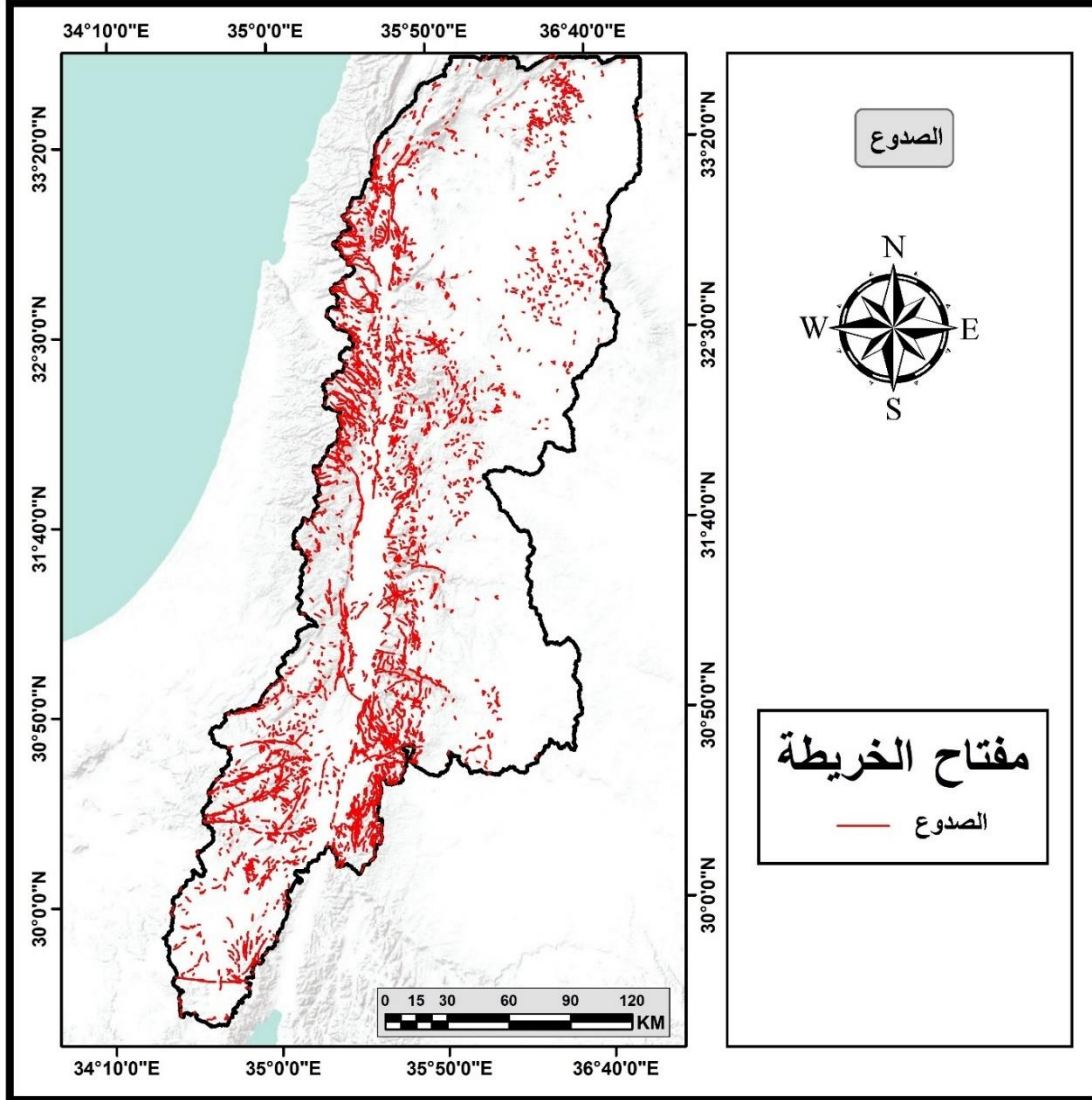
العصور الجيولوجية



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (8)

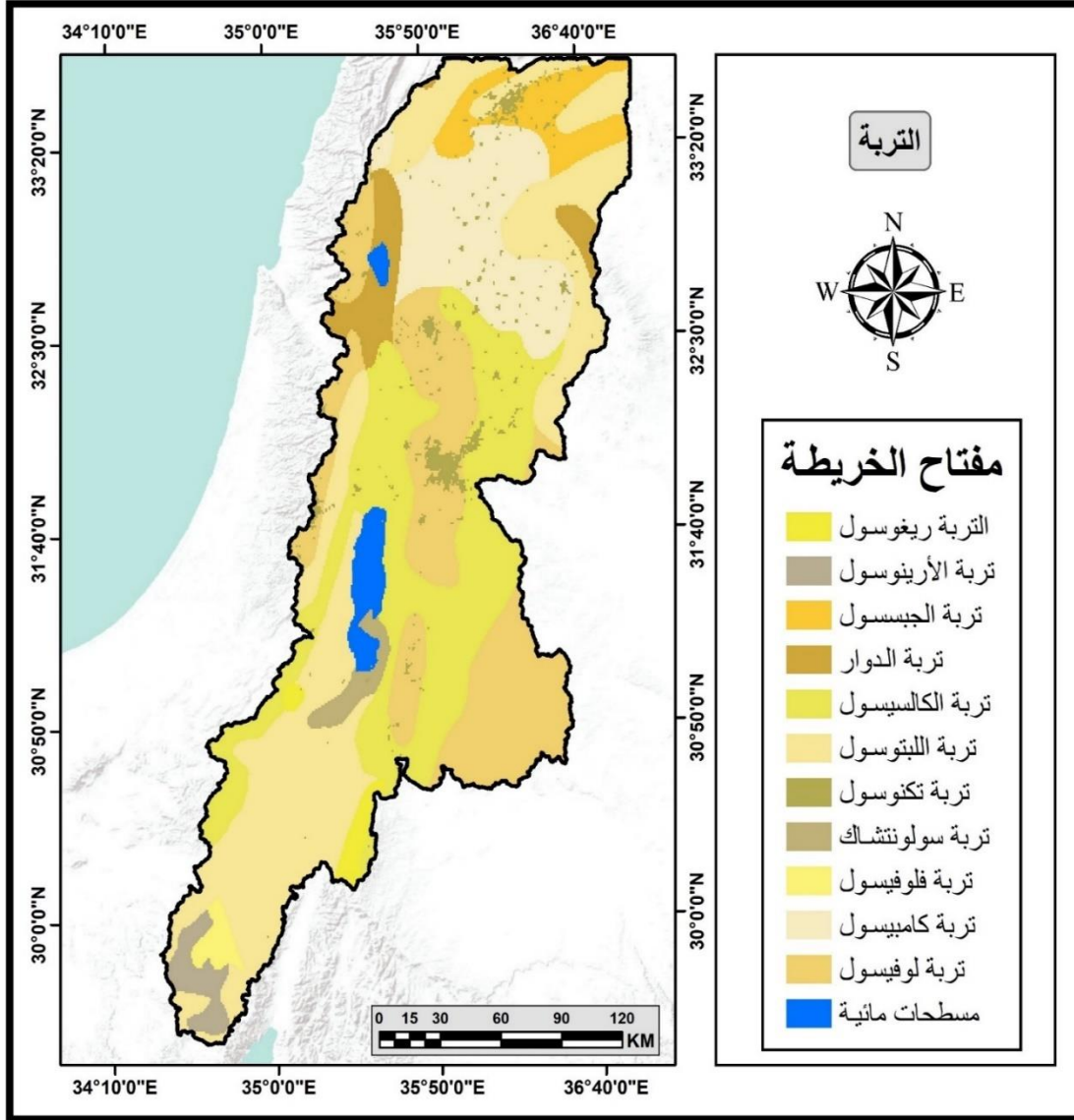
الصدوع في منطقة الدراسة



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (9)

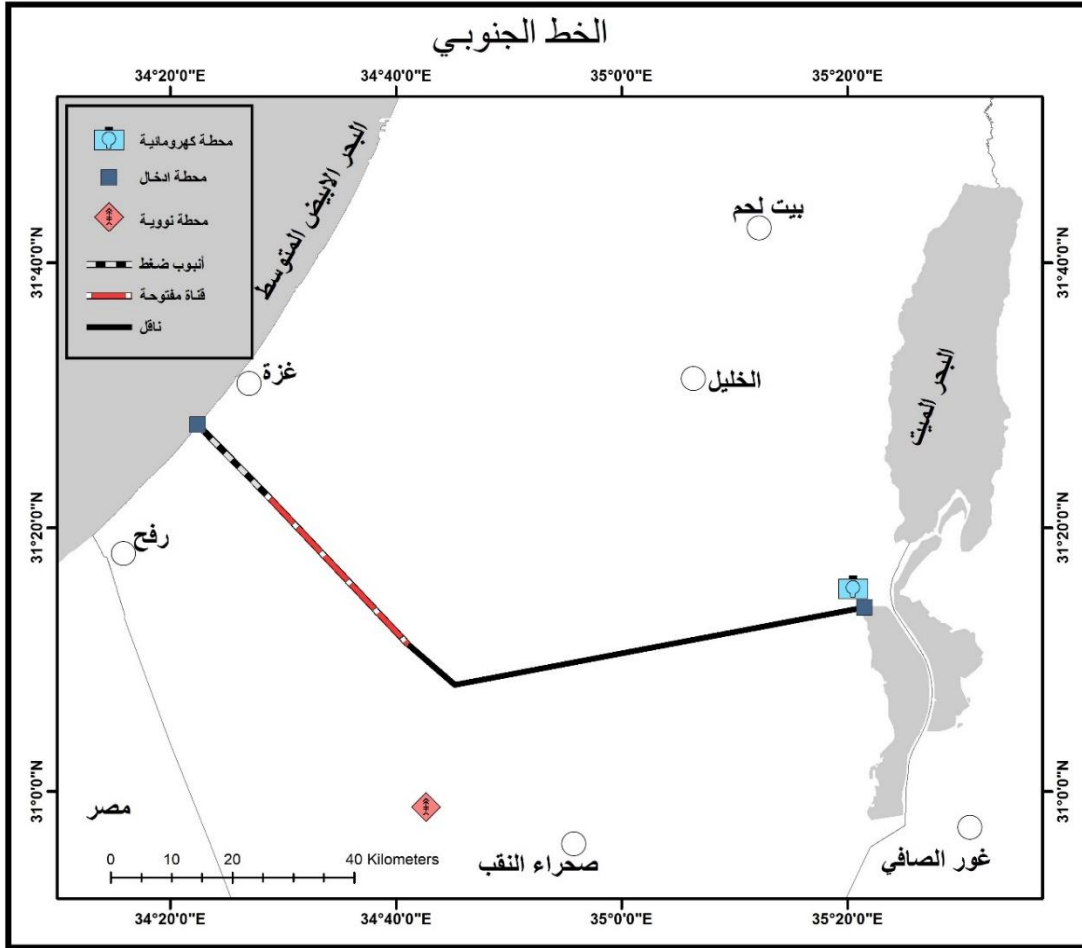
أنواع التربة



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (10)

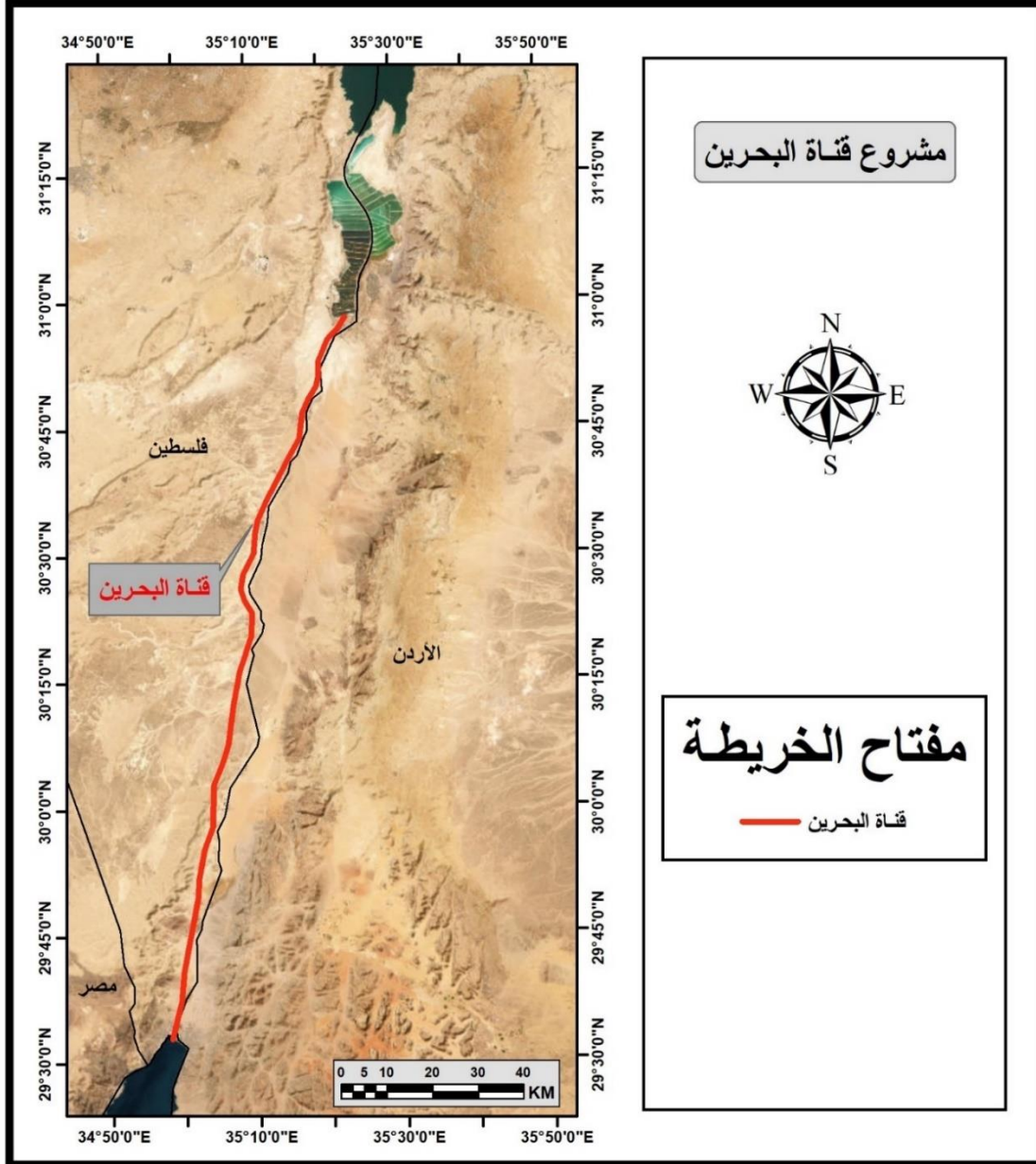
الخط الجنوبي (القطيف - مسعدة)



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الدكتور عابد عبد القادر (عابد، 1985).

خريطة (11)

قناة البحرين

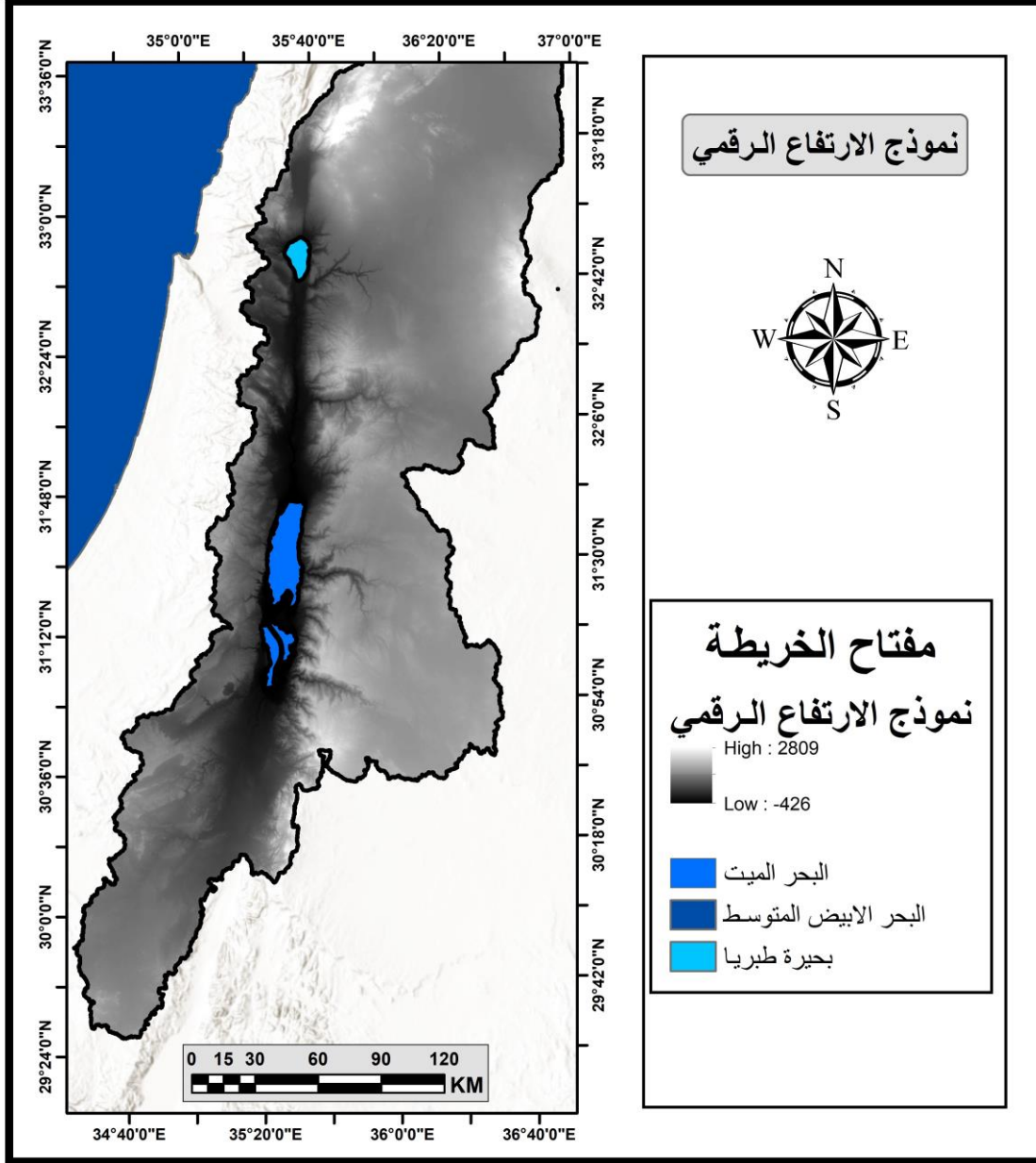


المصدر: اعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات.

JRV (1996). The Harza Group, Red Sea-Dead Sea Canal Project, Draft Prefeasibility Report, Main Report.

خريطة (12)

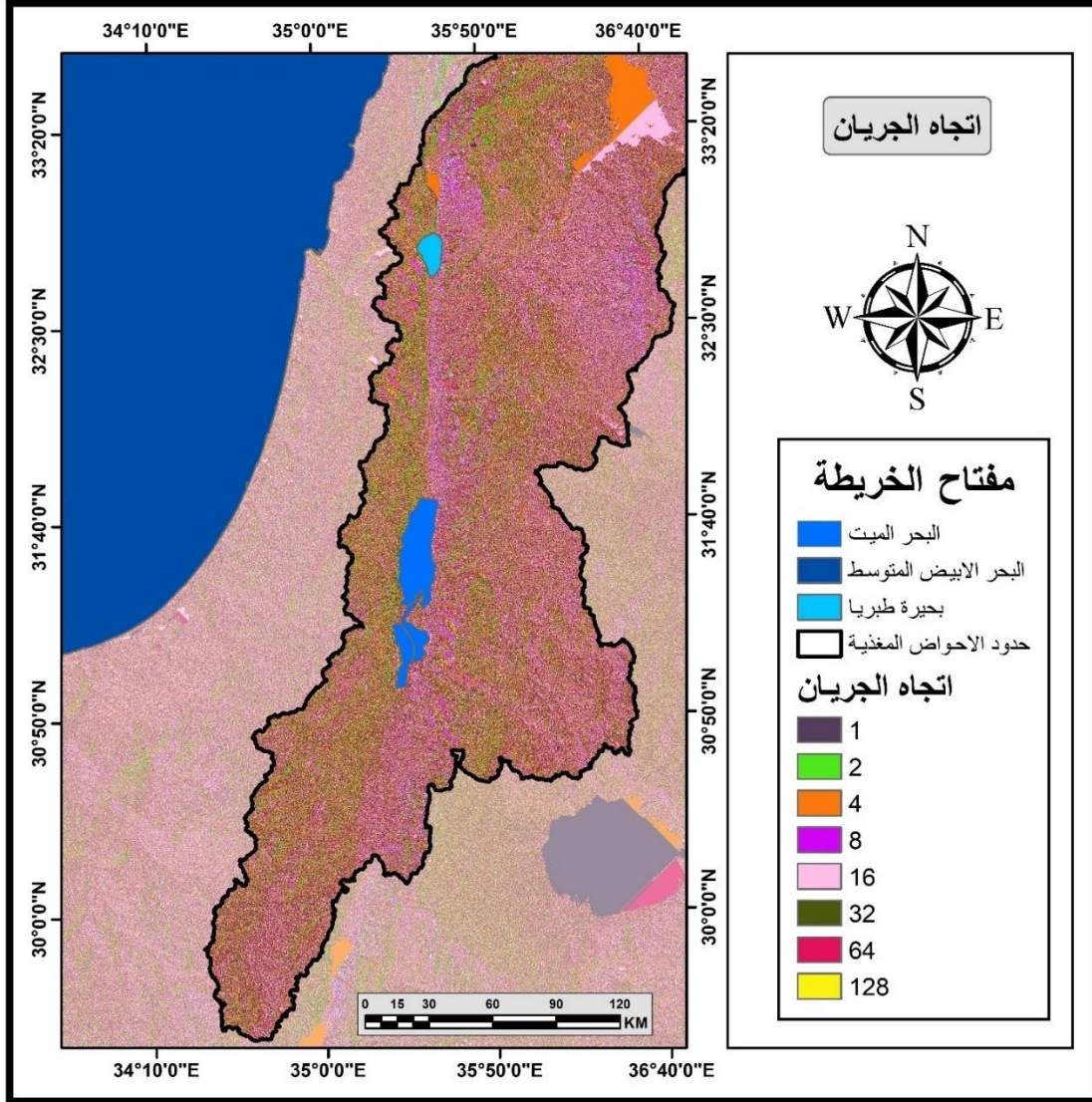
نموذج الارتفاع الرقمي لحوض البحر الميت



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (13)

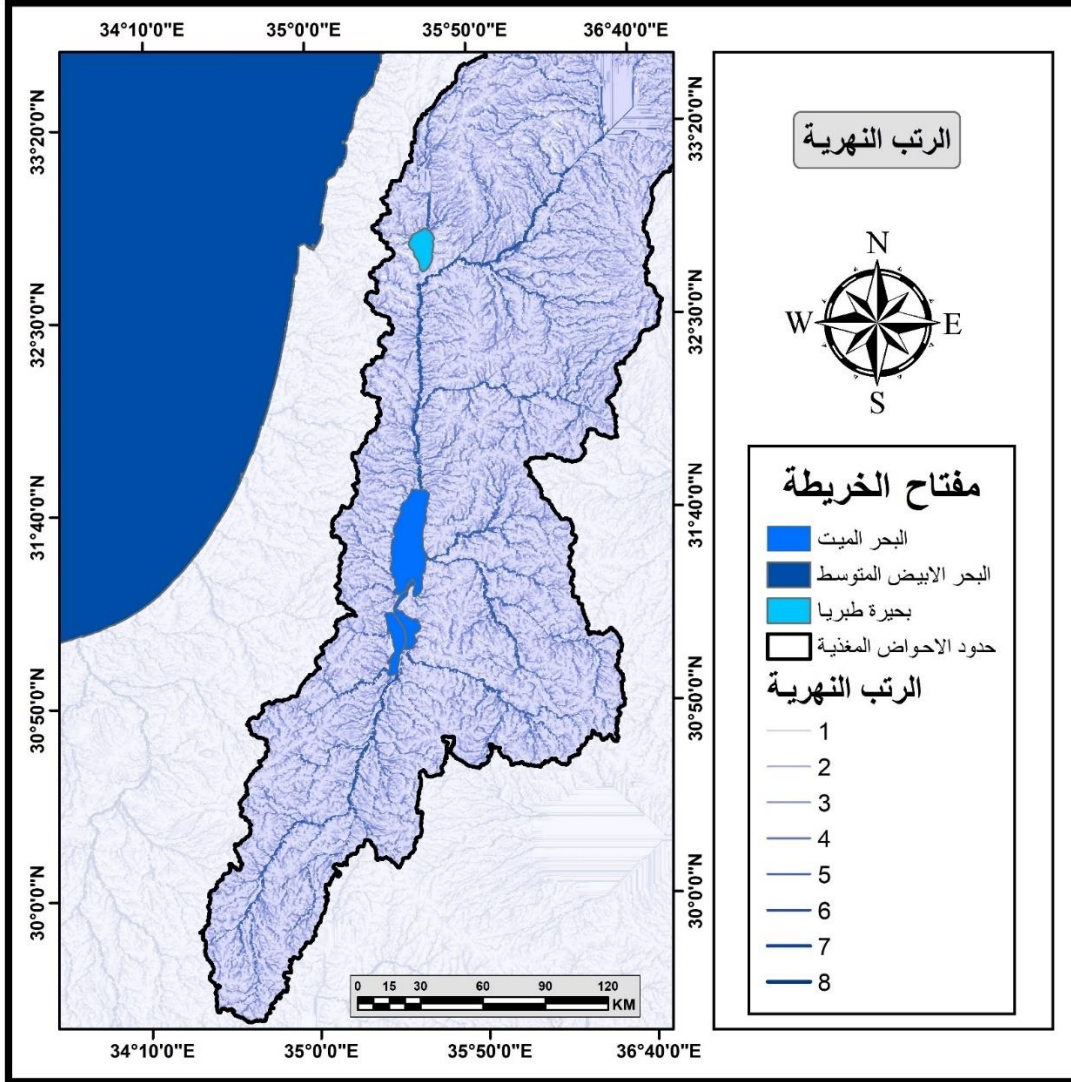
اتجاه الجريان



المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

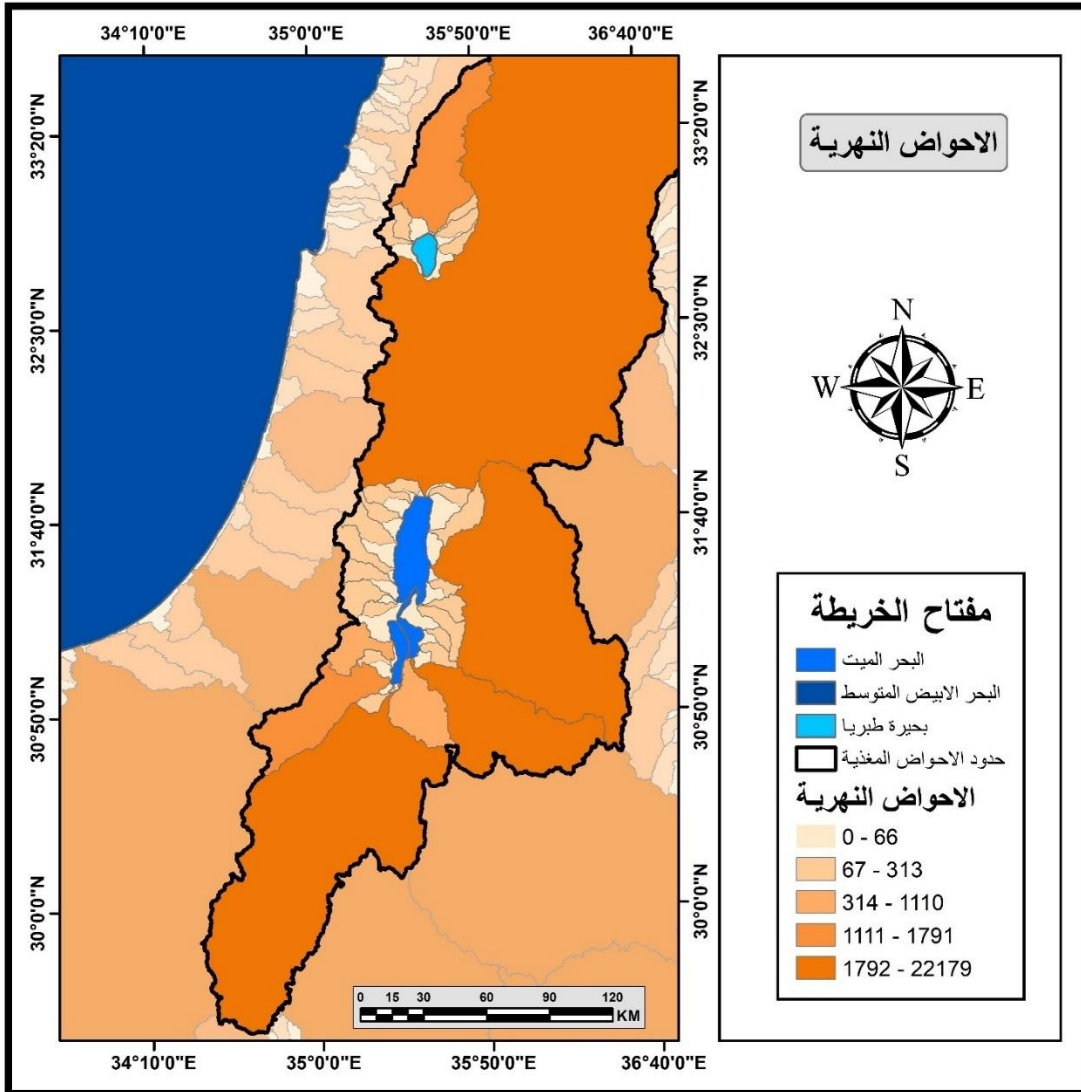
خريطة (15)

الرتب النهرية



خريطة (16)

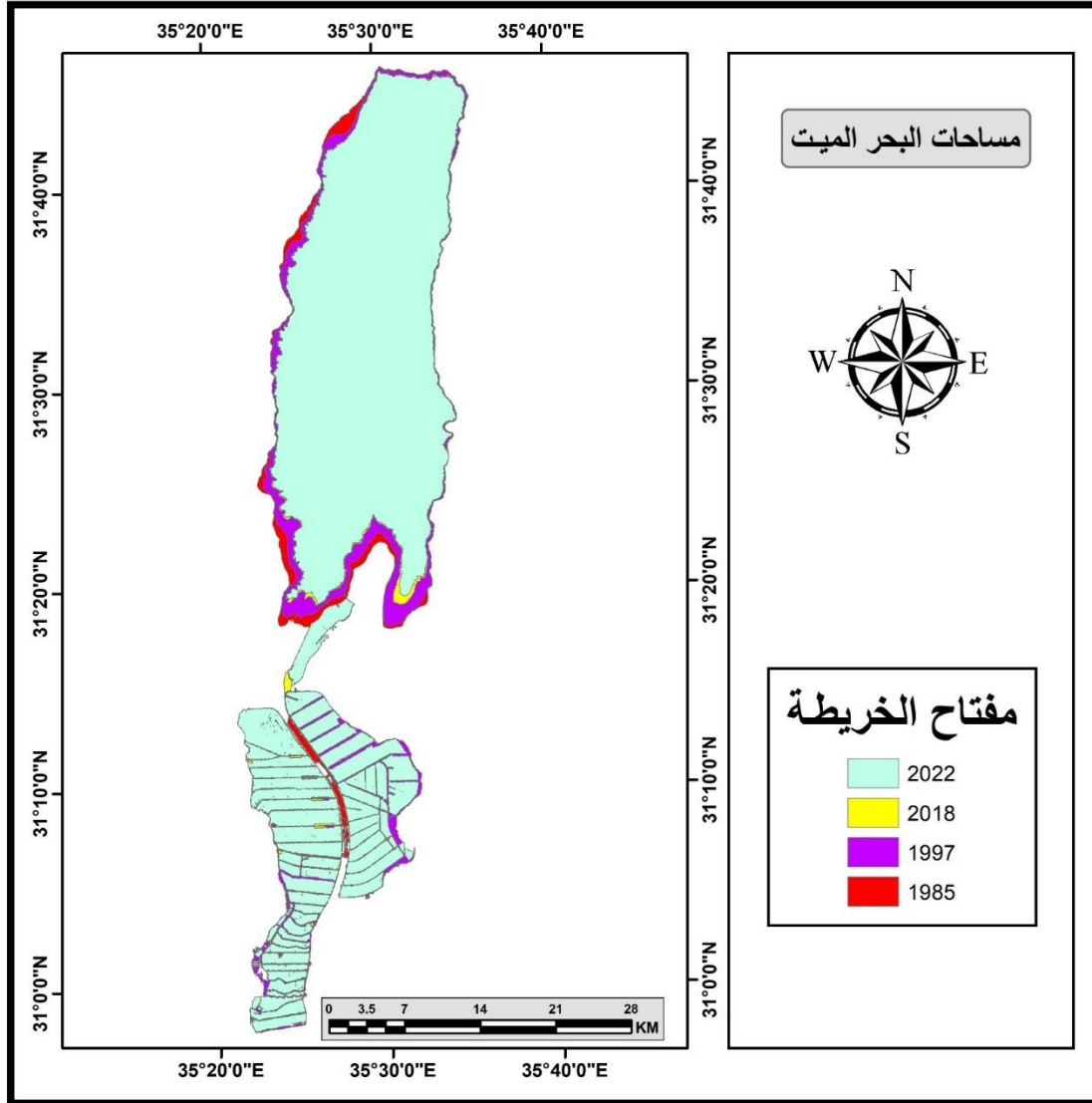
الأحواض النهرية



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (بتصرف الباحثة).

خريطة (23)

رصد التغير في مساحات البحر الميت



المصدر: بيانات هيئة المسح الجيولوجي USGS (بتصرف الباحثة).

ملحق (ب)

الجدول

جدول (11)

قيم NDVI ومساحاتها لعام 1985

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 64.00 | 31952.77 | -1 |
| 33.11 | 16530.47 | 0 - 0.2 |
| 1.90 | 947.04 | 0.2 -04 |
| 0.66 | 330.80 | 0.4 - 0.6 |
| 36.00 | 0.33 | 0.6 - 1 |

جدول (12)

قيم NDVI ومساحاتها لعام 1997

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 65.32 | 32634.41 | -1 |
| 31.53 | 15752.88 | 0 - 0.2 |
| 2.25 | 1121.98 | 0.2 -04 |
| 0.74 | 368.27 | 0.4 - 0.6 |
| 34.61 | 0.10 | 0.6 - 1 |

جدول (13)

قيم NDVI ومساحاتها لعام 2018

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 2.15 | 1073.02 | -1 |
| 93.66 | 46789.36 | 0 - 0.2 |
| 3.80 | 1898.93 | 0.2 -04 |
| 0.33 | 163.29 | 0.4 - 0.6 |
| 97.79 | 0.004 | 0.6 - 1 |

جدول (14)

قيم NDVI ومساحاتها لعام 2022

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 2.14 | 1068.63 | -1 |
| 92.74 | 46332.32 | 0 - 0.2 |
| 4.66 | 2328.10 | 0.2 -04 |
| 0.45 | 226.40 | 0.4 - 0.6 |
| 97.86 | 0.00 | 0.6 - 1 |

جدول (15)

قيم NDMI ومساحاتها لعام 1985

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 96.24 | 48077.21 | -1 |
| 1.98 | 988.39 | 0 - 0.2 |
| 1.66 | 828.41 | 0.2 -04 |
| 0.04 | 22.12 | 0.4 - 0.6 |
| 0.02 | 10.56 | 0.6 - 1 |

جدول (16)

قيم NDMI ومساحاتها لعام 1997

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 96.32 | 48119.96 | -1 |
| 2.29 | 1145.51 | 0 - 0.2 |
| 1.26 | 631.23 | 0.2 -04 |
| 0.05 | 24.87 | 0.4 - 0.6 |
| 0.01 | 5.10 | 0.6 - 1 |

جدول (17)

قيم NDMI ومساحاتها لعام 2018

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 82.00 | 40966.23 | -1 |
| 17.38 | 8683.17 | 0 - 0.2 |
| 0.54 | 269.98 | 0.2 - 0.4 |
| 0.01 | 7.30 | 0.4 - 0.6 |
| 0.00 | 0.00 | 0.6 - 1 |

جدول (18)

قيم NDMI ومساحاتها لعام 2022

| النسبة المئوية | المساحة بالكيلومتر مربع | القيمة |
|----------------|-------------------------|-----------|
| 78.76 | 39346.70 | -1 |
| 20.46 | 10219.40 | 0 - 0.2 |
| 0.76 | 381.40 | 0.2 - 0.4 |
| 0.02 | 9.86 | 0.4 - 0.6 |
| 0.0001 | 0.04 | 0.6 - 1 |

جدول (19)

مساحات غطاءات الأراضي في منطقة الدراسة

| 2022 | | 2018 | | 1977 | | 1985 | | السنة |
|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|------------------|
| المساحة | %% | المساحة | % | المساحة | % | المساحة | % | التصنيف |
| 1031.53 | 2.06% | 1039.42 | 2.08% | 1160.48 | 2.32% | 1149.17 | 2.30% | مناطق مياه |
| 48026.37 | 96.13% | 47342.36 | 94.82% | 46828.92 | 93.80% | 47375.96 | 94.89% | مناطق جرداء |
| 899.49 | 1.80% | 1544.90 | 3.09% | 1937.28 | 3.88% | 1401.55 | 2.81% | مناطق غطاء نباتي |

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي.

جدول (20)

دقة التصنيف لسنة 2022

| | W | P | R | F | D | B.A | A.L | U.A.L | Total | UA | K.A |
|-------|----|------|------|------|-----|------|-----|-------|-------|------|------|
| W | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 1 | 0 |
| P | 0 | 29 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0.94 | 0 |
| R | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 1 | 0 |
| F | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 1 | 0 |
| D | 0 | 0 | 1 | 0 | 24 | 1 | 0 | 2 | 28 | 0.86 | 0 |
| B.A | 0 | 1 | 7 | 2 | 5 | 28 | 0 | 8 | 51 | 0.55 | 0 |
| A.L | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 30 | 0 | 34 | 0.88 | 0 |
| U.A.L | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 20 | 21 | 0.95 | 0 |
| Total | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 240 | 0 | 0 |
| PA | 1 | 0.97 | 0.73 | 0.77 | 0.8 | 0.93 | 1 | 0.67 | 0 | 0.86 | 0 |
| K.A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.84 |

جدول (21)

دقة التصنيف لسنة 2018

| | W | P | R | F | D | B.A | A.L | U.A.L | Total | UA | K.A |
|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|------|------|
| W | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 1 | 0 |
| P | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 1 | 0 |
| R | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 1 | 0 |
| F | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 1 | 0 |
| D | 0 | 0 | 1 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0.96 | 0 |
| B.A | 0 | 3 | 3 | 1 | 8 | 26 | 0 | 4 | 45 | 0.58 | 0 |
| A.L | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 30 | 0 | 37 | 0.81 | 0 |
| U.A.L | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 26 | 31 | 0.84 | 0 |
| Total | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 240 | 0 | 0 |
| PA | 0.97 | 0.90 | 0.87 | 0.73 | 0.73 | 0.87 | 1 | 0.87 | 0 | 0.87 | 0 |
| K.A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.85 |

جدول (22)

دقة التصنيف لسنة 1997

| | W | P | R | F | D | B.A | A.L | U.A.L | Total | UA | K.A |
|-------|----|------|------|----|------|------|------|-------|-------|-------------|------|
| W | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 31 | 0.97 | 0 |
| P | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 1 | 0 |
| R | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 1 | 0 |
| F | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 2 | 0 | 32 | 0.94 | 0 |
| D | 0 | 2 | 2 | 0 | 25 | 5 | 0 | 0 | 34 | 0.74 | 0 |
| B.A | 0 | 0 | 6 | 0 | 5 | 23 | 0 | 8 | 42 | 0.55 | 0 |
| A.L | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 2 | 30 | 0.93 | 0 |
| U.A.L | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 19 | 23 | 0.83 | 0 |
| Total | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 240 | 0 | 0 |
| PA | 1 | 0.93 | 0.67 | 1 | 0.83 | 0.77 | 0.93 | 0.63 | 0 | <u>0.85</u> | 0 |
| K.A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.82 |

جدول (23)

دقة التصنيف لسنة 1985

| | W | P | R | F | D | B.A | A.L | U.A.L | Total | UA | K.A |
|-------|----|------|-----|------|-----|------|------|-------|-------|-------------|------|
| W | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 1 | 0 |
| P | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 27 | 0.96 | 0 |
| R | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 28 | 0.96 | 0 |
| F | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 1 | 0 | 29 | 0.97 | 0 |
| D | 0 | 0 | 1 | 0 | 24 | 4 | 0 | 0 | 29 | 0.83 | 0 |
| B.A | 0 | 4 | 1 | 1 | 6 | 26 | 0 | 4 | 42 | 0.62 | 0 |
| A.L | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 28 | 0 | 29 | 0.97 | 0 |
| U.A.L | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 26 | 0.96 | 0 |
| Total | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 240 | 0 | 0 |
| PA | 1 | 0.87 | 0.9 | 0.93 | 0.8 | 0.87 | 0.93 | 0.83 | 0 | <u>0.89</u> | 0 |
| K.A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.88 |

W = مياه، P = سكانية، R = صخور، F = غابات، D = صحراء، B.A = مناطق جرداء، A.L = أراضي زراعية

U.A.L = أراضي زراعية غير مستغلة، Total = المجموع، UA = دقة المستخدم،

K.A = كاتا وهي مقياس يُستخدم لتقييم توافق النموذج مع الحقيقة الأرضية، PA = الدقة المئوي

الدقة الكلية = الخلية التي تتقاطع في مع الدقة المئوي ودقة المستخدم

جدول (24)

مستوى الماء للبحر الميت ومساحاته

| السنة | مستوى سطح البحر (متر) | مساحة الجزء الشمالي | مساحة الجزء الجنوبي | المساحة الكلية | كمية المياه الناقصة كم3 |
|-------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------------------|
| 1985 | -392 | 682 | 241 | 923 | — |
| 1997 | -410 | 656 | 259 | 915 | 0.01647 |
| 2018 | -432 | 603 | 241 | 844 | 0.018568 |
| 2022 | -437 | 593 | 241 | 834 | 0.00417 |

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات USGS.



**An-Najah National University
Faculty of Graduate Studies**

**AN ANALYSIS OF THE MORPHOMETRIC
CHARACTERISTICS OF THE DEAD SEA BASIN AND
THE ESTIMATION OF WATER LEVEL DECLINE
UTILIZING REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEMS (GIS) TECHNIQUES**

**By
Aya Raed Ibrahim Qandeel**

**Supervisor
Dr. Ahmad Rafat**

**This Thesis is Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
of Master of Geomatics, Faculty of Graduate Studies, An-Najah National
University, Nablus, Palestine.**

2024

AN ANALYSIS OF THE MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE DEAD SEA BASIN AND THE ESTIMATION OF WATER LEVEL DECLINE UTILIZING REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) TECHNIQUES

By
Aya Raed Ibrahim Qandeel
Supervisor
Dr. Ahmad Rafat

Abstract

The study aimed to study the morphometric characteristics of the Dead Sea basin, and determine the extent of the decline in the water level in the Dead Sea and to evaluate the changes that took place from 1985 to 2022, using spatiotemporal analysis. The Dead Sea region is considered a realistic example of such changes.

The Dead Sea has witnessed a decline and retreat in its surface level since 1960 at a rate of 40 cm annually. This decline has further increased in recent years and reaches 120 cm annually. The study concluded that the Dead Sea area is still declining and shrinking. The surface area of the northern and southern parts reached approximately 923 square kilometers with a level of 392 meters below the mean sea level until 1985. In 1997, its surface area reached 915 square kilometers at 410 meters below sea level. By 2018, its area had decreased to around 844 square kilometers at 432 meters below the sea level. However, by the year 2022, its area had decreased to around 834 square kilometers with a level of 437 meters below sea level. This has resulted in severe consequences on environmental, economic, and political aspects. This study has also aimed to examine the negative impacts and to address both its natural and human causes, as human factors have played a significant role in the decline and reduction of the Dead Sea water level.

The total area of the Dead Sea, has reached approximately 923 square kilometers, with a level of 392 meters below sea level by the year 1985. However. By the year 2022, its area had decreased to reach around 834 square kilometers with a level of 437 meters below sea level. This has resulted in severe consequences on environmental, economic, and political aspects. This study has also aimed to examine the negative impacts and to address both of its natural and human causes, as human factors have played a significant role in the decline and reduction of the Dead Sea water level.

In this study, Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques were used, including satellite visual imagery belonging to Landsat satellites from the year 1985 to 2022, in addition to Digital Elevation Model data from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) satellite with an accuracy of 30 meters for the year 2014. Detailed maps such as topographic maps and geological maps were produced. Moreover, hydrological analysis of the Dead Sea basins was conducted, revealing that the Jordan River basin is the largest water basin in terms of area and the largest water source feeding into the Dead Sea. Directed classification of satellite imagery was used, resulting in 7 classes, and directed classification was relied upon to determine the areas of the Dead Sea basin. Additionally, some indicators were used, such as: the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), to show changes in the Dead Sea basin area.

The study concluded that the establishment of the canal of the two seas (Red-Dead) may have negative environmental effects on the region, In case that the canal project is implemented potentially leading to significant damage in the Dead Sea environment. The study has also addressed the project of the canal of the two seas (Mediterranean-Dead), highlighting the canal's negative impacts on environmental, political, and environmental aspects. It has also revealed that implementing this project would enhance the military and nuclear capabilities of the Israeli entity in the occupied Palestinian territories.

Keywords: Dead Sea; Morphometric characteristics; Dead Sea Basins; Remote sensing; Geographic Information Systems.