مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية والمعمارية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 6

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص **المدير المسؤول عن المجلة**

أ. د. وليد حمادة	**رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية**
أ. د. درغام سلوم	**رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية**

د.محمد فراس رمضان	عضو هيئة التحرير
د. مضر سعود	عضو هيئة التحرير
د. ممدوح عبارة	عضو هيئة التحرير
د. موفق تلاوي	عضو هيئة التحرير
د. طلال رزوق	عضو هيئة التحرير
د. أحمد الجاعور	عضو هيئة التحرير
د. الياس خلف	عضو هيئة التحرير
د. روعة الفقس	عضو هيئة التحرير
د. محمد الجاسم	عضو هيئة التحرير
د. خليل الحسن	عضو هيئة التحرير
د. هيثم حسن	عضو هيئة التحرير
د. أحمد حاج موسى	عضو هيئة التحرير

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الالكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- **اذا كان الباحث طالب دراسات عليا:**

يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقته على النشر في المجلة.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:**

يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :**

يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.

- **اذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :**

يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.

- **يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):**

عنوان البحث . . ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1- مقدمة

2- هدف البحث

3- مواد وطرق البحث

4- النتائج ومناقشتها .

5- الاستنتاجات والتوصيات .

6- المراجع.

- **يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسـبة لكليات (الآداب – الاقتصـاد– التربية – الحقوق – السياحة – التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):**
- عنوان البحث . . ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
3. أهداف البحث و أسئلته.
4. فرضيات البحث و حدوده.
5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
7. منهج البحث و إجراءاته.
8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
9. نتائج البحث.
10. مقترحات البحث إن وجدت.
11. قائمة المصادر والمراجع.

7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

أ- قياس الورق 17.5×25 B5.

ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 – يمين 2.5- يسار 2.5 سم

ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8

ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20

ـ كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي ـ العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.

ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.

8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.

9- تقديم أي بحث للنشـر في المجلة يدل ضـمناً على عدم نشـره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة ـ الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة ـ سنة النشر ـ وتتبعها معترضة (–) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة ـ دار النشر وتتبعها فاصلة ـ الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة.

وفيما يلي مثال على ذلك:

–MAVRODEANUS, R1986– **Flame Spectroscopy**. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

ـــ بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة ـــ المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة ـــ أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.

مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases **Clinical Psychiatry News** , Vol. 4. 20 – 60

ج. إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. **دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.**
2. **دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .**
3. **دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .**
4. **دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.**

المحتوى

اسم البحث	اسم الباحث	الصفحة
تقييم التفسير البصري لصور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد والصور الفضائية عالية الدقة (WorldView-30cm) لجرد الانزلاقات الأرضية في منطقة كسب(سورية) عن طريق المسح الحقلي.	هيام الأشقر د.أحمد العمر د.شادي عبدالله	42-11
دراسة تغيرات السعة الامتزازية للألومينا غاما النانوية المستخدمة في معالجة المياه الملوثة بديكلوفيناك الصوديوم	نبيلة الخطيب د.درغام سلوم د.ثناء شريتح	64-43
إدارة قواعد البيانات المكانية لشبكة الاتصالات الهاتفية باستخدام المعطيات الفضائية ونظم دعم القرار	د.أيمن اليوسف د.حبيب سليم د.هناء عيسى	86-65
تحليل باستخدام الشبكات العصبونية الاصطناعية للهبوط السطحي الأعظمي أعلى الأنفاق المنفذة بالطريقة النمساوية الحديثة	د.ريم بوبو	118-87
تحديد مواقع الخزانات المائية في منطقة سهل الغاب	كنان الأحمد د.مازن سلوم د.محمود السباعي	142-119

تقييم التفسير البصري لصور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد والصور الفضائية عالية الدقة (WorldView-30cm) لجرد الانزلاقات الأرضية في منطقة كسب(سورية) عن طريق المسح الحقلي.

م. هيام الأشقر [1]، د. أحمد العمر [2]، د. شادي عبد الله[3]

(1) طالبة دكتوراه - قسم الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص.

Email: Hiamalashkar2014@gmail.com

(2) أستاذ - قسم الطبوغرافية -كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص.

Email: manager@aoceco.com

(3) مدير أبحاث - المركز الوطني للاستشعار عن بعد – المجلس الوطني للبحوث العلمية - لبنان.

Email:chadi@cnrs.edu.lb

الملخص

تصنف الانزلاقات الأرضية كواحدة من الأخطار الجيومورفولوجية التي ينتج عنها في الغالب إزاحة كتل كبيرة من الترب والصخور أو حدوث هبوطات وزحف تُلحق الأضرار بالأبنية والطرقات والمنشآت القائمة في مناطق حدوثها. ساهم تطور تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة وتحليل ظاهرة الانزلاقات الأرضية وغيرها من المخاطر الطبيعية، إذ شكلت صور (Google Earth) والصور الفضائية عالية الدقة مصدراً مهماً لجرد الانزلاقات الأرضية وخاصة في المناطق النائية التي يصعب الوصول إليها.

يهدف البحث إلى تقييم دقة التفسير البصري لصور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد بالتكامل مع صور القمر الصنعي (WorldView) ذي الدقة المكانية 30سم، في جرد الانزلاقات الأرضية في منطقة كسب وذلك من خلال المسح الحقلي للانزلاقات في المنطقة. أظهرت نتائج الدراسة أن صور(Google Earth)ثلاثية الأبعاد بالتكامل مع صور(WorldView-30cm) تعتبر وسيلة

فعالة لجرد الانزلاقات الأرضية في المواقع النائية التي يصعب الوصول إليها ،حيث أمكن تفسير (85%) من انزلاقات المنطقة بصرياً ، ولم تتجاوز نسبة الخطأ في تحديد الانزلاقات (15%)، وبين المسح الحقلي أن (22%) من انزلاقات المنطقة أُغفلت خلال التفسير البصري ولم يمكن تحديدها إلا حقلياً ،وقد وقعت في المناطق المأهولة بالسكان حيث تم قطع المنحدرات لشق الطرق إضافة إلى أنشطة بشرية أخرى يمكن أن تحرض على حدوث الانزلاقات.

كلمات مفتاحية: جرد الانزلاقات الارضية، صور (Google Earth) ثلاثية الابعاد، WorldView-30cm، التفسير البصري، منطقة كسب.

Evaluation of visual interpretation of 3D Google Earth imagery and high-resolution satellite images (WorldView-30cm) for landslide inventory in Kasab area (Syria) by field survey.

Hiam Alashkar[(1)], Ahmad Alomar[(2)], Chadi Abdallah[(3)]

(1) Postgraduate student, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University, Homs, Syria.
Email: Hiamalashkar2014@gmail.com
(2) Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University, Homs, Syria.
Email: manager@aoceco.com
(3) Director of research, National Council for Scientific Research Lebanon (CNRS-L).
Email:chadi@cnrs.edu.lb

Abstract

Landslides are classified as one of the geomorphological hazards that often result in the displacement of large masses of soil and rocks or the occurrence of subsidence and creep that damage buildings, roads and existing facilities in the areas where they occur. The development of remote sensing techniques has contributed to the study and analysis of landslide phenomena and other natural hazards. In the same context, Google Earth imageries and high-resolution satellite images have been an important source for inventorying landslides, especially in remote areas that are difficult to access.

The research aims to evaluate the accuracy of visual interpretation of 3D Google Earth images, in integration with WorldView satellite images with a spatial resolution of 30 cm, in inventorying landslides in the Kasab area, the evaluation will be achieved through a field survey of landslides. The results of the study showed that 3D Google Earth images, integrated with WorldView-30cm images, are effective means of inventorying landslides in remote and difficult-to-access

locations, as 85% of landslides could be interpreted visually, and the error rate in identifying the landslides did not exceed 15%. The field survey showed that 22% of the landslides were overlooked during the visual interpretation and could only be identified from the field,and They occurred in urban areas where slopes are cut to pave roads, in addition to other human activities that can incite landslides.

Keywords: landslides inventory, 3D Google Earth imagery, WorldView 30cm, Visual interpretation, Kasab area.

1 مقدمة:

تُعتبر خريطة جرد الانزلاقات الأرضية حجر الأساس لتقييم قابلية الانزلاق، وخطره، ومخاطره [1]. ونظراً لأهمية هذه الخريطة فقد اتبع الباحثون طرقاً متعددةً لإعدادها ولكل من هذه الطرق مزاياها وسلبياتها. تعتبر طريقة رسم الخرائط الميدانية من خلال المسح الحقلي من أقدم الطرق المستخدمة لجرد الانزلاقات الأرضية، إلا أنها تتطلب وقتاً وجهداً وتكاليف كبيرة بالإضافة إلى صعوبة تمييز الانزلاقات القديمة التي اختفت معالمها لسبب أو لآخر. كما استخدمت خرائط الجرد الارشيفية من خلال مراجعة الدراسات السابقة وأرشيف الأخبار المحلية لتحديد مواقع الانزلاقات والاستفسار من الهيئات والجهات العاملة في المنطقة ومراجعة التقارير الفنية المعدة سابقاً [2،3]. ونظراً لأن الانزلاقات الأرضية غالباً ما تحدث على المنحدرات وفي المناطق ذات التضاريس المرتفعة حيث من الصعب إجراء المسح الحقلي، برزت أهمية التفسير البصري للصور الجوية والفضائية وثلاثية الأبعاد للاطلاع على المناطق النائية التي يصعب الوصول إليها بالعمل الحقلي، مع إمكانية جرد الانزلاقات الأرضية لفترات زمنية مختلفة، ولكن موثوقيته تبقى محدودة في مناطق السحب والغطاء الشجري الكثيف [4]. وحديثاً وفر الماسح الليزري LiDAR معلومات طبوغرافية عالية الدقة مما يتيح تحديداً دقيقاً للانهيارات الأرضية ولكنها طريقة مكلفة وتتطلب معالجة متخصصة [5]. كما برزت تقنية التداخل التفاضلي للرادار ذي الفتحة الصنعية DInSAR كأداة مفيدة لمراقبة وتحديد تشوهات سطح الأرض بدقات عالية، ولكنها قد تواجه صعوبة في تحديد الانهيارات الأرضية الصغيرة الحجم كما تحتاج خبرة فنية وبرمجيات متقدمة [6].

بالرغم من توفر التقنيات الحديثة والكشف الآلي عن الانزلاقات الأرضية، يظل التفسير البصري للصور ثلاثية الأبعاد أداة أساسية لا غنى عنها وخاصة في المناطق ذات التضاريس المعقدة، فضلاً عن أنها تعد معياراً أساسيا لتطوير وتقييم الأساليب الآلية. ففي كندا، استُخدمت الصور الفضائية بمختلف أنواعها وطرق التفسير الآلية وشبه الآلية وتبين أن هذه الطرق تحتوي على نسبة خطأ كبيرة وقيم متطرفة في معظم الأحيان وأن الرسم اليدوي لمضلعات الانزلاقات الأرضية من الصور الجوية الملونة وثلاثية الأبعاد أكثر دقة وسهولة [7]. وفي إيطاليا تم استخدام صور (Google Earth) لرسم مضلعات الانزلاقات الأرضية إلى جانب طرق أخرى مثل المسح الحقلي ومسح نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي والتفسير البصري من النموذج الثلاثي الأبعاد الناتج عن مسح الطائرة المسيرة والتفسير البصري لصور الأقمار الصناعية، وتبين أن التفسير البصري من الصور ثلاثية الأبعاد هو الأكثر دقة [8].

تتعرض منطقة كسب شمال غرب سورية بشكل متكرر للانزلاقات الأرضية وخاصة في فصل الشتاء، حيث بينت الدراسات السابقة أن معظم الانزلاقات تحدث على الطرق الحيوية مما يؤثر على حركة المرور والأنشطة الاقتصادية والاجتماعية. تتعدد الأسباب التي تسهم في تفاقم مخاطر الانزلاقات في كسب، فالمنطقة تتميز بتضاريس وعرة و انحدارات شديدة، كما تسجل معدلات أمطار مرتفعة [9]، مما يؤدي إلى تشبع التربة بالمياه و زيادة الضغط على الطبقات الأرضية، مما يعزز من احتمالية حدوث الانزلاقات الأرضية ، ويضاف إليه حرائق الغابات التي تتعرض لها المنطقة بشكل متكرر خلال الأعوام السابقة حيث تساهم في فقدان تماسك ترب المنحدرات[10]، ويتوقع أن زلزال العام 2023 ساهم في خلخلة المنحدرات، وأخيراً وليس آخراً النمو السكاني في المنطقة الذي أدى إلى تزايد النشاطات البشرية والتي شكلت بدورها إجهاداً للمنحدرات[11].

واتسمت الدراسات التي أجريت حتى الآن على انزلاقات منطقة كسب بأنها غير متكاملة، ووردت كجزئيات من دراسات عامة[12]أو دراسات لمواقع انزلاقات محددة مثل سد بلوران والقرعانية والحايك والجوهرة [13].

2 هدف البحث:

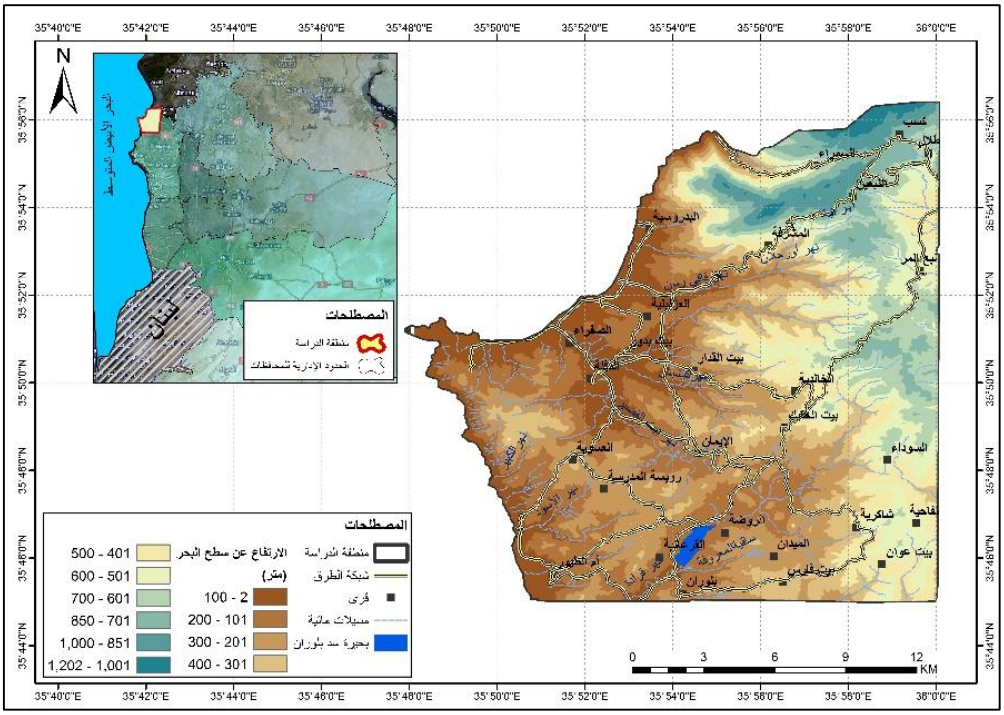
يهدف هذا البحث إلى إعداد خريطة جرد شاملة لمواقع الانزلاقات الأرضية في منطقة كسب خلال الفترة الزمنية الممتدة من عام 2010 إلى 2024. يتم ذلك باستخدام تقنيات التفسير البصري لصور ثلاثية الأبعاد مستمدة من منصة (Google Earth) وصور الأقمار الصناعية ذات الدقة العالية (WorldView-30cm). كما يتضمن البحث تقييم دقة التفسير البصري لهذه الصور في تحديد مواقع الانزلاقات الأرضية، وذلك من خلال مقارنة النتائج مع البيانات الميدانية المستمدة من المسح الحقلي ومواقع الانزلاقات المؤكدة التي تم الإشارة لها في الدراسات السابقة والأخبار المحلية. علاوة على ذلك، يسعى البحث إلى دراسة توزع الانزلاقات في المنطقة بناءً على العوامل الجيولوجية والطبوغرافية، مما يساهم في فهم أعمق للعوامل المؤثرة في حدوث هذه الظاهرة وتحديد المناطق الأكثر عرضة لها.

3 أهمية البحث:

تكتسب هذه الدراسة أهمية بالغة نظراً لكونها تتناول منطقة كسب في شمال غرب سورية، والتي تعد من أكثر المناطق عرضة للانزلاقات الأرضية في سورية. وعلى الرغم من ذلك، فإن المنطقة تفتقر حتى الآن إلى خريطة جرد شاملة لمواقع الانزلاقات الأرضية. فالدراسات السابقة اقتصرت في معظمها على رصد الانزلاقات الرئيسية على امتداد الطريق الحيوي الرابط بين كسب واللاذقية. ومن خلال هذا البحث سيتم سد هذه الفجوة المعرفية من خلال إعداد خريطة متكاملة لمواقع الانزلاقات الأرضية في منطقة كسب. وتكمن أهمية هذه الخريطة في كونها ستشكل أساسًا متيناً لدراسات مستقبلية تتناول قابلية حدوث الانزلاقات الأرضية. كما سيقوم البحث بتحليل العلاقة بين مواقع الانزلاقات والخصائص الجيولوجية والطبوغرافية للمنطقة، مما سيساهم في تحديد المناطق الأكثر عرضة لخطر الانزلاقات الأرضية. إن النتائج المتوقعة من هذا البحث ستكون ذات قيمة علمية وعملية كبيرة، إذ ستوفر قاعدة بيانات أساسية يمكن الاعتماد عليها في تطبيق النماذج الرقمية وغيرها من الأساليب العلمية الحديثة لتقييم مخاطر الانزلاقات الأرضية وإدارتها بشكل أكثر فعالية.

4 منطقة البحث:

تقع منطقة الدراسة في الزاوية الشمالية الغربية من سورية، محصورة بين خطي طول $(35^{\circ}48'4''\ E;\ 36^{\circ}00'2''E)$ وخطي عرض $(35^{\circ}45'5''\ N;\ 35^{\circ}56'19''N)$ ، تحدها الحدود التركية شمالاً، والبحر المتوسط غرباً، وبلوران جنوباً، وقرى الطلال ونبع المر والتفاحية شرقاً. تبلغ مساحة المنطقة المدروسة ($272\ km^2$). الشكل (1).

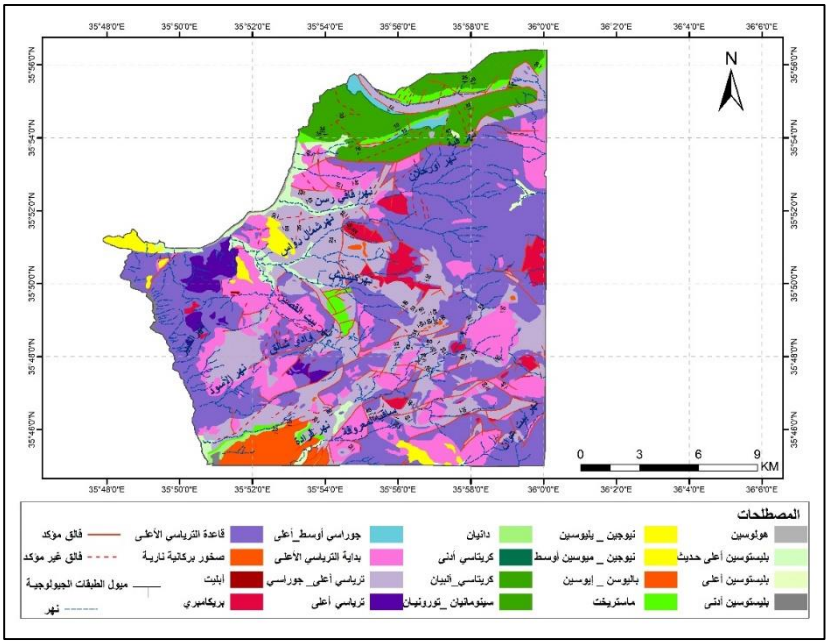


الشكل (1) الموقع العام لمنطقة الدراسة.

تتراوح ارتفاعاتها بين مستوى سطح البحر غرباً و(1200م) في جبل الأقرع شمالاً، وينخفض الارتفاع باتجاه الجنوب والغرب، تتميز المنطقة بتضاريس حادة ومجزأة بعمق، تخترقها وديان فالقيه باتجاهات مختلفة ومسيلات مائية ضيقة تأخذ شكل الحرف V باتجاه الغرب [14]. وتغطي الغابات مساحات كبيرة منها. تتمتع المنطقة بمناخ تحت مداري متوسط الرطوبة معتدل صيفا وبارد شتاء. وتتناقص درجات الحرارة شتاء إلى ما دون الصفر

مع تساقط الثلوج أحيانا، يبلغ الهطول المطري الأعظمي (1500 مم/ السنة) ويكون في الذروة خلال شهري كانون الأول وكانون الثاني إذ يمكن أن يتجاوز الهطول المطري (125 مم/الشهر) [9].

جيولوجياً، تقع المنطقة على الحافة الشمالية الغربية من الركيزة العربية وتتميز بتركيب معقد نسبياً. إذ تشغل رسوبيات المعقد الأفيوليتي باير – البسيط الجزء الأكبر منها، وتتألف من بلوكات غير منتظمة و تخلعات شديدة خاصة في الراديولاريت. كما توجد

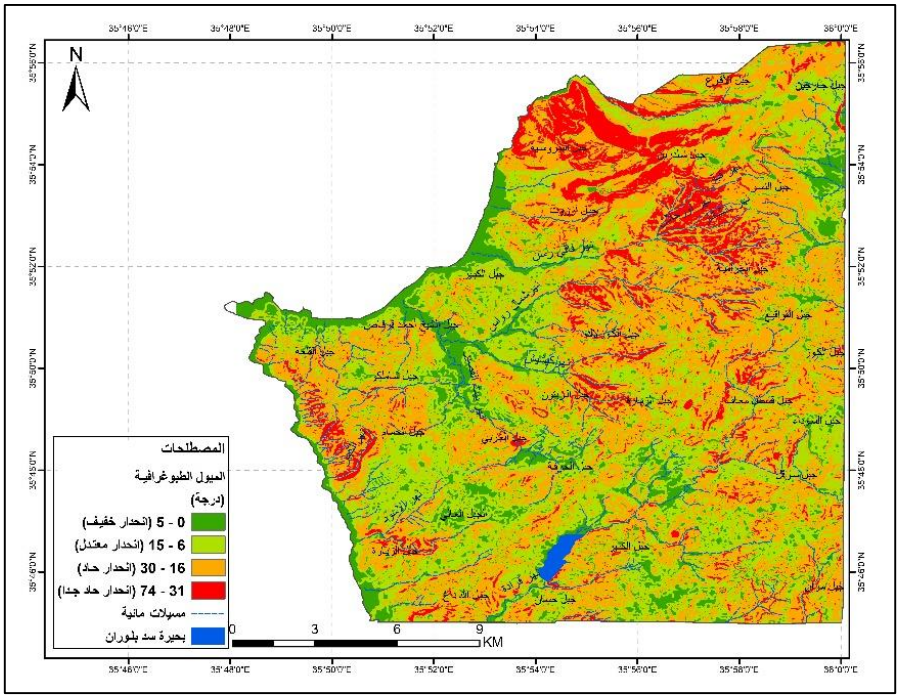


صخور رسوبية تمتد من عمر الجوراسي– كريتاسي إلى الماستريخت و البالوجين ، إضافة إلى توضعات النيوجين.تتميز المنطقة بتخلع تكتوني قوي بسبب حزم الفوالق ذات الاتجاهات شمال شرق – جنوب غرب وشرق –غرب والتي تشكل سطوح الانزلاق التي يحصل وفقها الانهيار أو الانزلاق الارضي[14] ، الشكل (2).

الشكل(2) الخريطة الجيولوجية لمنطقة اللاذقية بمقياس 1:50000 (المصدر: كازمين وكولاكوف، 1968)

تم تصنيف ميول منطقة الدراسة كما يلي [15]: انحدار خفيف: (0 – 5 درجة)، انحدار معتدل: (6 – 15 درجة)، انحدار حاد :(16–30 درجة)، انحدار حاد جداً:

(31–74 درجة). حيث تشـكل المنحدرات ذات الميول الحادة (42%) من المنطقة، بينما تشـغل المنحدرات المعتدلة (35%). أما المنحدرات الحادة جداً فتشـكل (10%) وتقتصـر على السفوح الشمالية والجنوبية لجبل سلدرين والسفوح الجنوبية لجبل النسر، الشكل (3).

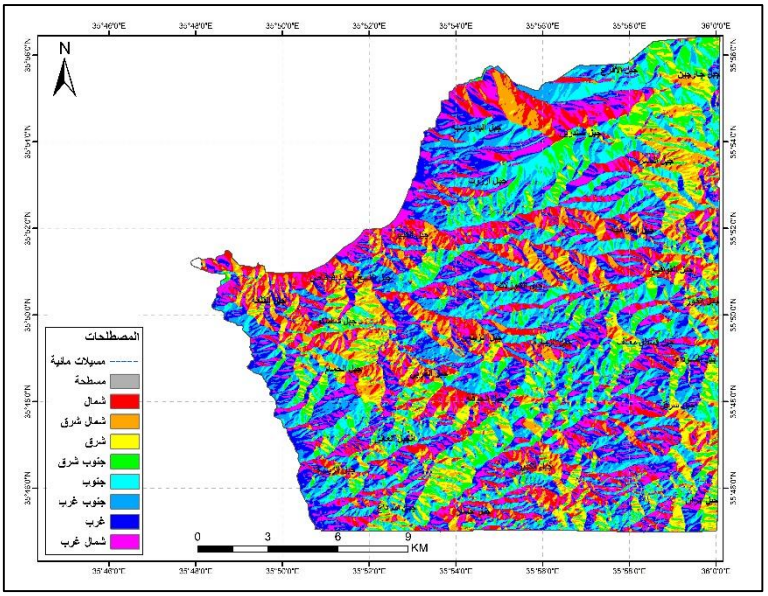


الشكل (3) خريطة الميول.

المصدر: المؤسسة العامة للمساحة العسكرية، خريطة طبوغرافية بمقياس 1:25000.

أما اتجاهات المنحدرات في منطقة الدراسة فهي متوزعة بشكل غير متساوٍ، حيث تهيمن الاتجاهات الغربية على النسـبة الأكبر منها. إذ تشـكل المنحدرات المتجهة نحو الغرب والجنوب الغربي والشـمال الغربي (42%) من إجمالي المنحدرات. في حين تمثل المنحدرات ذات الاتجاه الجنوبي والجنوبي الشـرقي (30%) من مجموع المنحدرات في المنطقة. يلعب هذا التوزع في اتجاهات المنطقة دوراً مهماً في حدوث الانزلاقات خاصـة وأن اتجاهات هطول الأمطار في المنطقة غربية وشـمالية غربية، مما يزيد من احتمال

حدوث الانزلاقات الأرضـــية في المنحدرات المتوافقة مع اتجاهات الهطولات المطرية، الشكل (4).



الشكل (4) خريطة اتجاهات الميول.

المصدر: المؤسسة العامة للمساحة العسكرية، خريطة طبوغرافية بمقياس 1:25000.

5 طرق ومنهجية البحث:

5.1 البيانات المستخدمة في البحث

5.1.1 صور (Google Earth) الثلاثية الأبعاد

يُعدُّ تطبيق (Google Earth) أداة فعالة لرصد التغيرات في سطح الأرض، وذلك بفضل مجموعة من الميزات المتقدمة التي يوفرها، إذ يَعتمد التطبيق على صـــور عالية الدقة للأرض مســـتمدة من الأقمار الصـــناعية مثل Landsat وspot و terra و sentinel

وهذه الصور تُحدّث بانتظام مما يتيح تتبع التغيرات الأرضية عبر الزمن والحصول على معلومات حديثة ودقيقة عنها[16].

إحدى الميزات البارزة للتطبيق هي إمكانية استكشاف التضاريس بشكل ثلاثي الأبعاد، وهو ما يسهم بشكل كبير في اكتشاف التغيرات الطبوغرافية والتشوهات الأرضية بشكل أفضل وتعتبر هذه الميزة مفيدة جداً في دراسة الانزلاقات الأرضية [18,17]. علاوة على ذلك، يوفّر (Google Earth) مجموعة من الأدوات التحليلية المفيدة، مثل قياس المسافات والمساحات بالإضافة إلى إمكانية رسم المقاطع العرضية للمنحدرات. هذه الأدوات تمكن الباحثين من قياس التغيرات في حجم وشكل التضاريس، مما يعزز قدرتهم على تحليل وفهم الظواهر الجيومورفولوجية بشكل أعمق [19].

5.1.2 صور فضائية عالية الدقة (WorldView −30cm)

تعد صور (WorldView-30cm) من أحدث وأدق الصور الفضائية المتاحة. التُقطت هذه الصور بواسطة القمر الصناعي WorldView-3، الذي أُطلق عام 2014. تتميز بقدرتها على التقاط نطاقات طيفية متعددة، بما في ذلك النطاق البانكروماتي والنطاقات متعددة الأطياف، مع دقة تمييزية مكانية استثنائية تصل إلى 30 سم.

تكمن أهمية هذه الصور في قدرتها الفائقة على رصد التفاصيل الدقيقة للمشاهد الأرضية، مثل المباني والطرق وأنماط الغطاء الأرضي [20]. وقد برزت أهميتها بشكل خاص في دراسات الانزلاقات الأرضية لرسم حدود الانهيارات بدقة عالية، وخاصة في المناطق ذات التضاريس الشديدة الانحدار حيث تعاني الصور ذات الدقة الأقل من أخطاء تصحيح جغرافية شديدة [21]. نظرًا لقيمتها العلمية العالية وعدم توفرها مجانًا للباحثين، تم الحصول على هذه الصور لدعم هذا البحث من خلال تعاون مع المركز الوطني للاستشعار عن بعد في لبنان (CNRS).

5.1.3 الخريطة الطبوغرافية مقياس 1:25000:

تم الحصول على خريطة بمقياس ($\frac{1}{25000}$) من المؤسسة العامة للمساحة العسكرية، تغطي هذه الخريطة منطقة الدراسة بالكامل من خلال ثلاث رقع طبوغرافية: كسب1، كسب2، كسب 4. استناداً إلى هذه الخريطة تم توليد نموذج ارتفاع رقمي بدقة (12.5 م)، حُددت هذه الدقة بحسب [22] وفقا للمعادلة التالية:

$$\Delta S = \frac{A}{2\sum L}$$

حيث:

ΔS: بعد الخلية (كم).

A: مساحة منطقة الدراسة (كم^2).

∑ L: مجموع أطوال خطوط التسوية الطبوغرافية في منطقة الدراسة (كم).

$$\Delta S = \frac{272}{2 * 10700} = 12.5\ m$$

باستخدام ArcGIS تم اشتقاق خرائط الميول والاتجاهات من نموذج الارتفاع الرقمي.

5.1.4 الخريطة الجيولوجية:

تم الاعتماد على الخريطة الجيولوجية لرقعة كسب بمقياس 1:50000، والتي أعدها كازمين وكولاف في العام 1968، خضعت هذه الخريطة لعملية رقمنة باستخدام ArcGIS شملت كلاً من حدود الطبقات الجيولوجية، والفوالق المؤكدة وغير المؤكدة، معلومات ميول الطبقات الجيولوجية، والليثولوجيا. هذه العملية أتاحت تحويل المعلومات الجيولوجية القيمة إلى صيغة رقمية، مما يسهل دمجها مع البيانات الأخرى في نظم المعلومات الجغرافية وتحليلها بشكل أكثر فعالية في سياق دراسة الانزلاقات الأرضية في منطقة كسب.

5.2 منهجية البحث:

تضمنت منهجية البحث ست مراحل رئيسية وهي كالتالي: (1) التفسير البصري لصور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد. (2) جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بالانزلاقات الأرضية من الدراسات السابقة والأخبار المحلية، مما يساهم في بناء قاعدة بيانات شاملة. (3) إجراء المسح الحقلي للتحقق من الانزلاقات المفسرة من الصور الفضائية، مع تحديد مواقع الانزلاقات المعروفة، واكتشاف انزلاقات جديدة لم يتم رصدها سابقاً. كما يتم جمع بيانات حول الانزلاقات والغطاء الأرضي والنشاط البشري. (4) تقييم دقة التفسير البصري لصور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد وذلك لضمان موثوقية النتائج. (5) إنشاء خريطة جرد الانزلاقات الأرضية النهائية حيث توضح مواقع الانزلاقات الارضية. (6) دراسة التوزيع المكاني للانزلاقات الأرضية من الناحية الطبوغرافية والجيولوجية مما يساعد في فهم العوامل المؤثرة على حدوث هذه الظواهر.

تسهم هذه المنهجية في تقديم رؤية شاملة حول الانزلاقات الأرضية وأسبابها، مما يعزز القدرة على تحليل مخاطرها والتقليل من آثارها السلبية.

5.2.1 التفسير البصري لصور (Google Earth)

اعتمدت المرحلة الأولى من منهجية البحث على التفسير البصري لصور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد مع تضخيم البعد الشاقولي لتحسين وضوح التضاريس. هدفت هذه المرحلة إلى تحديد مناطق الانزلاق الأرضية خلال الفترة الزمنية الممتدة بين عامي 2010 و2024، وذلك باستخدام ثلاثة معايير تُعرف ببصمة الانزلاق (landslide signature) [23] وهي:

- التغير في الغطاء النباتي: يتميز موقع الانزلاق بفقدان الغطاء النباتي مقارنة بالمناطق المحيطة، ويمكن ملاحظة هذا التغير من خلال استعراض السلاسل الزمنية للصور المتوفرة للموقع، الشكل (A-5، B-5).
- التغير في مورفولوجيا المنطقة: يتغير ارتفاع المنحدر وميله بعد حدوث الانزلاق الأرضي، مما يمكن ملاحظته بوضوح في الصور ثلاثية الأبعاد، الشكل(C-5).

- وجود الركام والترب والصخور المنزلقة: يتمثل ذلك في تراكم المواد المنقولة أسفل منطقة الانزلاق.

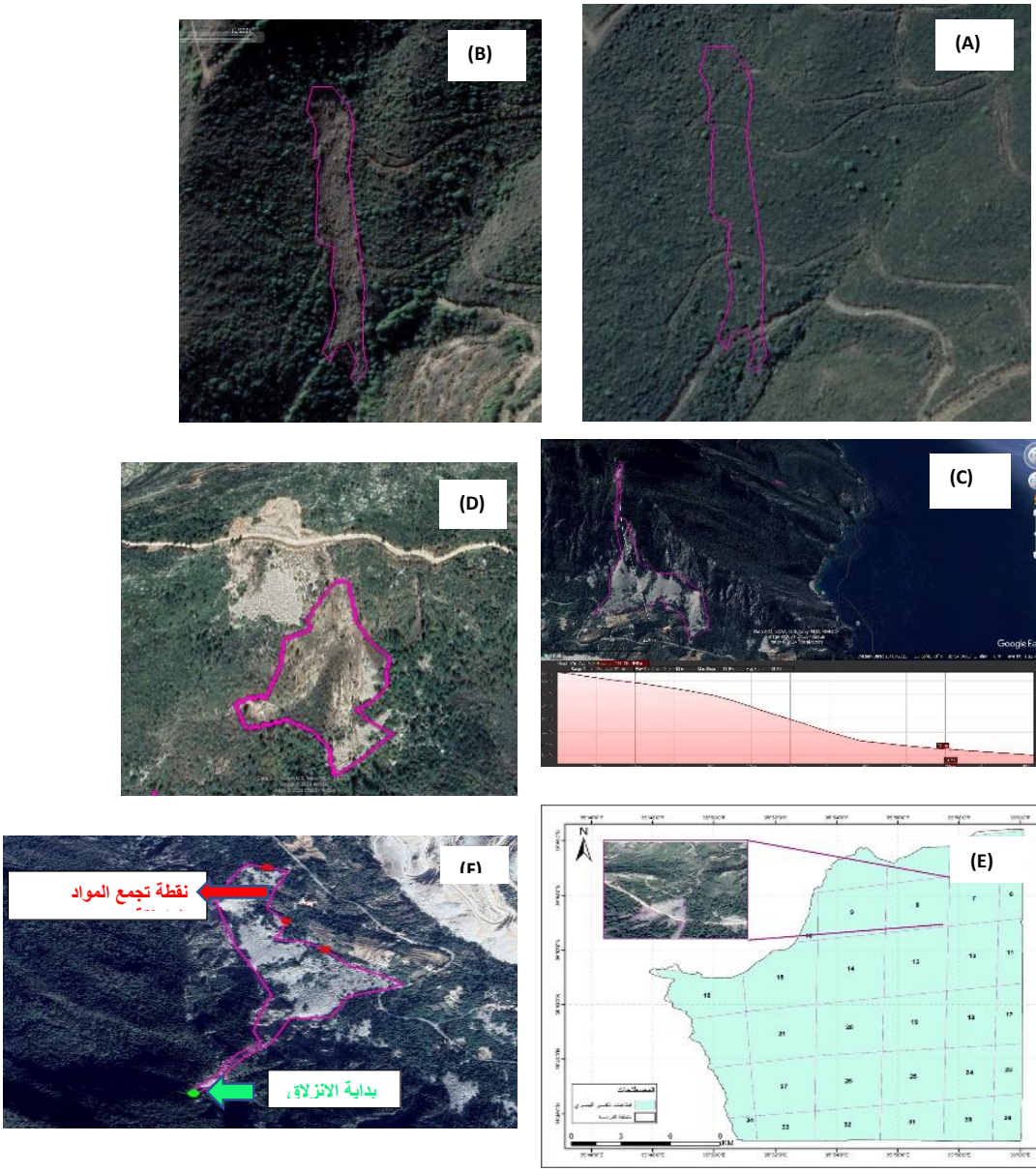
تتميز هذه الطريقة ببساطتها واعتمادها على أدوات متاحة دون الحاجة إلى برمجيات متقدمة، حيث إن صور (Google Earth) متوفرة لجميع الدول ولتواريخ متعددة، مما يتيح إمكانية جرد الانزلاقات خلال فترات زمنية مختلفة. ومع ذلك، فإن لهذه الطريقة بعض القيود، إذ قد يحدث خطأ في تفسير ظواهر طبيعية أو بشرية مثل بعض الحقول المحصودة أو المناطق التي تعرضت للفيضانات أو المقالع، أو التكشفات الصخرية باعتبارها انزلاقات أرضية. لذلك، لا بد من المسح الحقلي للتحقق من صحة التفسير، الشكل(D-5).

تم تقسيم منطقة الدراسة إلى (34) قطاعاً منتظماً بتباعد (3 كم * 3 كم) باستخدام برنامج ArcGIS الشكل(E-5)، خلال عملية الجرد التي استهدفت كل قطاع على حدة. تم تحديد مواقع الانزلاقات كنقاط فقط على خرائط (Google Earth) نظراً لعدم إمكانية رسم مضلعات دقيقة تمثل حدود الانزلاقات الأرضية من صور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد. بعد ذلك، تم استيراد الشريحة النقطية التي تمثل مواقع الانزلاقات إلى بيئة نظم المعلومات الجغرافية من أجل البدء بالمرحلة الثانية من منهجية البحث.

5.2.2 رسم مضلعات الانزلاقات الأرضية على صور (WorldView- 30cm):

في هذه المرحلة تم استخدام ثلاث صور فضائية (WorldView-30 cm) لمنطقة الدراسة، تمثل ثلاث سنوات هي 2018، 2021، 2023.وذلك لتتبع تطور الانزلاقات الأرضية بصرياً على مدار السنوات الخمس الماضية.

تم الاعتماد على صور (WorldView-30cm) ونموذج الارتفاع الرقمي المستنتج من الخريطة الطبوغرافية (DEM12.5m) ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية لرسم مضلعات تعكس الامتداد الجغرافي للانزلاقات الأرضية بدقة عالية. استفادت هذه الدراسة من الدقة العالية لصور(WorldView-30cm) لتحديد نقطة البداية لكل انزلاق أرضي، بالإضافة إلى نقطة النهاية التي تمثل تجمع المواد المنزلقة، والتي تظهر على شكل حصى او أتربة أو كتل صخرية، الشكل(F-5).



الشكل (5) A) الغطاء الأرضي قبل الانزلاق ،B) الغطاء الأرضي بعد الانزلاق ،C) موقع انزلاق على (Google Earth) والمقطع الطولي للمنحدر المنزلق D) موقع مقلع تم تفسيره بالخطأ على أنه انزلاق ، E) قطاعات التفسير البصري ، F) تحديد مضلع الانزلاق و نقطة البداية ونقطة النهاية على صورة WorldView،.

5.2.3 جرد الانزلاقات الأرضية الارشيفية:

تمت مراجعة الدراسات السابقة المتعلقة بالانزلاقات الأرضية في منطقة كسب، حيث شملت هذه المراجعة الأبحاث العلمية المنشورة [25,24] والمشاريع المنفذة من قبل جهات حكومية في سورية مثل المؤسسة العامة للطرق والمؤسسة العامة للجيولوجيا، وكذلك تم مراجعة الجرائد المحلية والمواقع الإخبارية التي تقدم معلومات يومية حول الطرق التي قُطعت بسبب الانزلاقات الأرضية، بالإضافة إلى أخبار المشاريع الحكومية لإصلاح وإعادة تأهيل المرافق المتضررة، وبخاصة الطرقات.

من خلال هذه المصادر، تم تحديد حوالي (15) موقع شهدت انزلاقات أرضية متكررة خلال العقدين الماضيين، ومن أبرز هذه المواقع: القرعانية، الجوهرة، الحايك، قسطل معاف، الإيمان، قرة فلاح، المشرفة، الشيخ حسن، النبعين، مدخل كسب[13] ، وبناء عليه تم إجراء بحث تفصيلي حول هذه المواقع باستخدام صور (Google Earth) وصور (WorldView) عالية الدقة، وكذلك من خلال مراقبة الصور التاريخية خلال الفترات التي حدثت فيها الانزلاقات. وقد أظهرت هذه المراقبة أعمال الصيانة التي تمت على الطرقات بعد وقوع الانزلاقات.

5.2.4 العمل الحقلي:

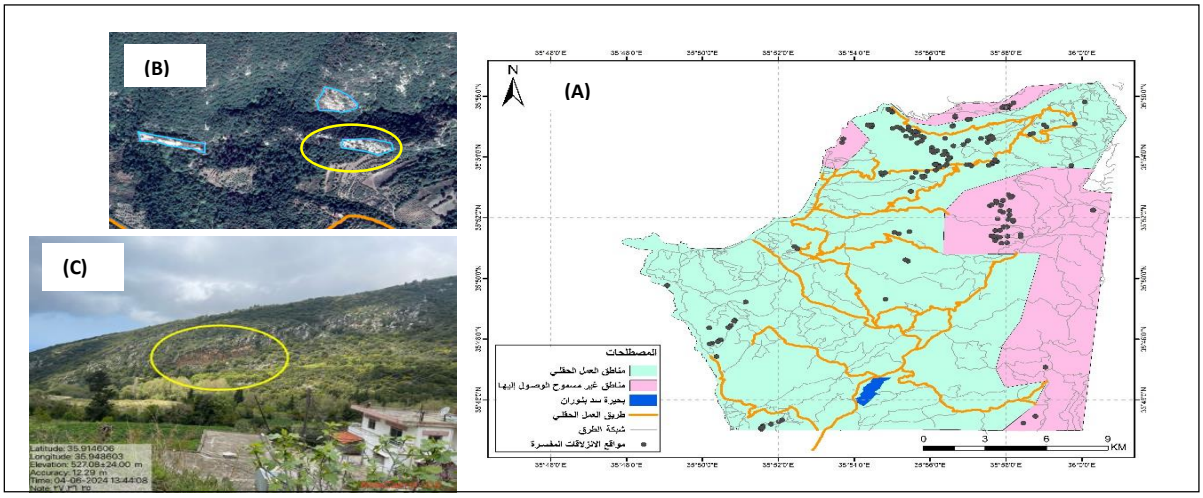
تم تنفيذ العمل الحقلي من خلال جولتين ميدانيتين خلال عام 2024، كانت الجولة الأولى في شهر نيسان واستمرت لمدة أسبوع، بينما كانت الجولة الثانية في شهر آب واستمرت ثلاثة أيام، حيث تم تخصيص كل انزلاق مفسر من الصور الفضائية برقم فريد، وذلك لتسهيل تمييزه أثناء العمل الحقلي. تم التحقق من جميع مواقع الانزلاقات المفسرة باستخدام الصور الفضائية للتأكد من صحتها، باستثناء المناطق التي كانت محظورة لأسباب أمنية.

بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء جرد لمناطق العمل الحقلي بهدف اكتشاف انزلاقات جديدة لم يتم تحديدها سابقاً عبر الصور الفضائية. استُخدم برنامج تتبع المواقع (GPS tracker) لتحديد مواقع الانزلاقات المستخلصة من صور (Google Earth) في الحقل وتحديد مسارات السير نحو مناطق الانزلاق. كما تم استخدام تطبيق كاميرا (Notecam)

على الهواتف المحمولة لتوثيق المواقع المكتشفة، حيث تم التقاط الصور مع معلومات خط الطول وخط العرض وتوقيت التقاط الصورة بالإضافة لحقل معلومات توصيفية يضيفها المساح عن الموقع، الشكل (6).

بعد ذلك، ثم تمت مراجعة السلسلة الزمنية للصور الفضائية لتفحص مواقع الانزلاقات المكتشفة وتحديد أسباب عدم إمكانية تمييزها. تم عرض الصور الملتقطة للانزلاقات ضمن واجهة برنامج (Arcmap)، وتم رسم مضلع منطقة الانزلاق بالاستعانة بصور (WorldView- 30cm).

في الخطوة التالية، تم إعداد قالب يتضمن الانزلاقات الأرضية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية، بحيث يحتوي الجدول التوصيفي للشريحة على المعلومات التالية : رقم الانزلاق الأرضي، وتاريخ حدوثه، واسم القرية، ونوع الانزلاق إذا أمكن تمييزه، والطبقة الجيولوجية التي بدأ منها الانزلاق الأرضي، وموقع الانزلاق على حافة طبقة جيولوجية، والميل الجيولوجي، والميل الطبوغرافي ، والارتفاع عن سطح البحر، ونوع التربة، ونوع الغطاء الأرضي، وحقل ملاحظات يضم أي معلومات تفصيلية تم جمعها عن الموقع سواء من العمل الحقلي أو من الدراسات السابقة أو من الأخبار.



الشكل (6) A) مناطق العمل الحقلي،B)انزلاق مفسر من (Google Earth)،C)التحقق من وجود الانزلاق بالعمل الحقلي من خلال الوصول إلى الانزلاق في حال إمكانية ذلك أو رؤيته من الجانب الآخر للمنحدر وتحديد موقعه من خلال (GPS tracker).

5.2.5 تقييم دقة التفسير البصري للانزلاقات الأرضية من الصور الفضائية:

يُعزى عدم اليقين في تقييم الانزلاقات الأرضية من الصور الفضائية إلى عدة عوامل، منها انخفاض الدقة المكانية للصور، مما يؤدي إلى عدم القدرة على تمييز الانزلاقات التي تقل عن حجم معين. كما أن تدنّي الدقة الزمانية للصور يمكن أن يُغفل بعض الانزلاقات خلال فترات زمنية محددة. بالإضافة إلى ذلك، تُشكل تعقيدات التضاريس وكثافة الغطاء الشجري عائقاً أمام عملية التفسير. علاوةً على ذلك، تلعب خبرة المفسر ومدى تحيزه دورًا في هذه العملية، فضلاً عن اكتمال عملية التحقق الحقلي وإمكانية الوصول إلى معظم المناطق [26،27].

في هذا البحث تم تقييم دقة التفسير البصري باستخدام مصفوفة الارتباك التي أُعتمدت في العديد من دراسات الانزلاقات الأرضية للحصول على عدد من المعاملات الإحصائية التي تعكس الدقة والموثوقية [28،29]، يمثل العمود في المصفوفة، عدد الانزلاقات المفسرة من العمل الحقلي بينما يمثل السطر عدد الانزلاقات المفسرة من الصور الفضائية، جدول (2).

تتضمن مصفوفة الارتباك أربع حالات رئيسية، الشكل (7):

1- True Positive (TP) (تصنيف إيجابي حقيقي): و تمثل المنطقة التي تم تصنيفها من خلال الصورة الفضائية كمنطقة انزلاق وتبين خلال العمل الحقلي أنها كذلك.

2- False Negative (FN) (تصنيف سلبي خاطئ): تشير إلى المنطقة التي اكتشفت خلال العمل الحقلي كانزلاق، ولكن لم يتم تفسيرها من الصور الفضائية.

3- False Positive (FP) (تصنيف إيجابي خاطئ): وتمثل الانزلاقات التي تم تفسيرها من الصور الفضائية ولكن تبين عند التحقق الحقلي ليست مناطق انزلاق.

4- True Negative (TN) (تصنيف سلبي حقيقي): يشير إلى المنطقة التي لم يتم تصنيفها من الصور الفضائية كانزلاق ، ولم يكشف العمل الحقلي عكس ذلك.

يمثل P: العدد الإجمالي للانزلاقات الحقيقية في المنطقة سواء من الصور الفضائية أو العمل الحقلي. وتمثل N: العدد الإجمالي للانزلاقات التي تم تفسيرها بشكل خاطئ من الصور الفضائية.

يمكن حساب المقاييس الإحصائية التالية:

- معدل الخطأ الموجب (The false positive rate) ويعبر عن نسبة مناطق الاستقرار التي صنفت بشكل خاطئ كمناطق انزلاق يحسب من المعادلة:

$$the\ false\ negative\ rate = \frac{FP}{FP+TP} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

- معدل الخطأ السالب (The false negative rate) وتعبر عن نسبة مناطق الانزلاق التي صنفت بشكل خاطئ كمناطق استقرار، ويحسب من المعادلة:

$$the\ false\ negative\ rate = \frac{FN}{TP+FN} \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

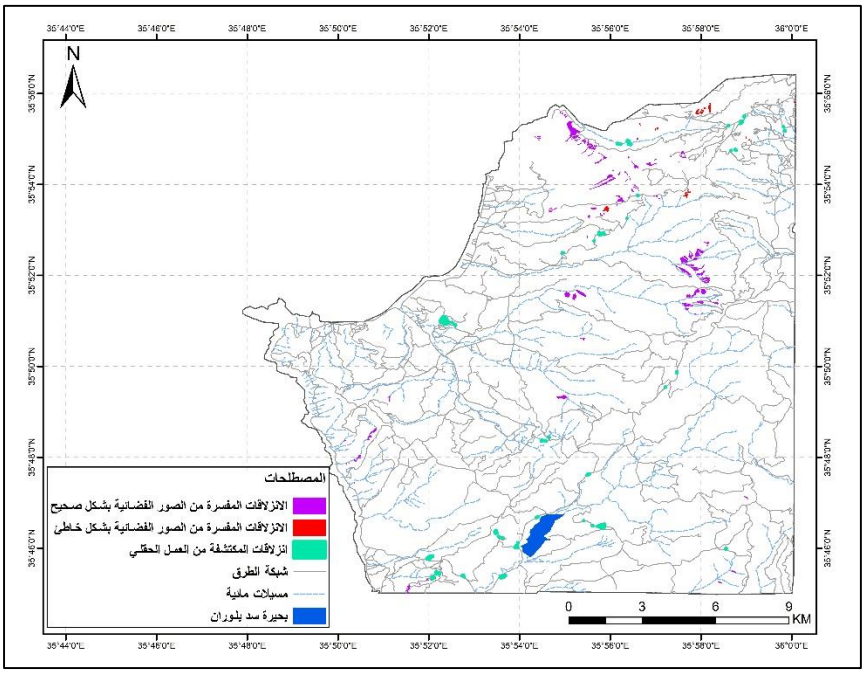
تصنيف التفسير البصري	تصنيف العمل الحقلي	
	انزلاق	ليس انزلاق
انزلاق	True Positive (TP)	False Positive (FP)
ليس انزلاق	False Negative (FN)	True Negative (TN)
المجموع	**P**	**N**

تصنيف التفسير البصري	تصنيف العمل الحقلي	
	انزلاق	ليس انزلاق
انزلاق	165	29
ليس انزلاق	46	180
المجموع	**211**	**29**

الشكل (7) مصفوفة الارتباك.

6 النتائج والمناقشة:

تم تفسير (194) انزلاق أرضي باستخدام الصور المتعاقبة من (Google Earth) ثلاثية الأبعاد خلال الفترة الممتدة من (2010) إلى (2023). وقد تم التحقق من هذه التفسيرات من خلال العمل الحقلي حيث أظهرت النتائج أن (165) انزلاق من أصل (194) كانت تفسيرات صحيحة، مما يعني أن قيمة TP (True Positive) في مصفوفة الارتباك تساوي (165). في المقابل، تم تصنيف (29) موقعاً على أنها انزلاقات بشكل خاطئ، مما يجعل قيمة FP (False Positive) في مصفوفة الارتباك تساوي (29)، كما تم اكتشاف (46) انزلاقاً خلال العمل الحقلي لم يمكن كشفها من خلال التفسير البصري للصور الفضائية، وبالتالي فإن قيمة FN (False Negative) في مصفوفة الارتباك تساوي (46)، أما عدد مناطق الاستقرار TN (True Negative) في مصفوفة الارتباك فتم افتراضه يساوي (180) لتحقيق توازن العينة [30]، الشكلان (7،8).



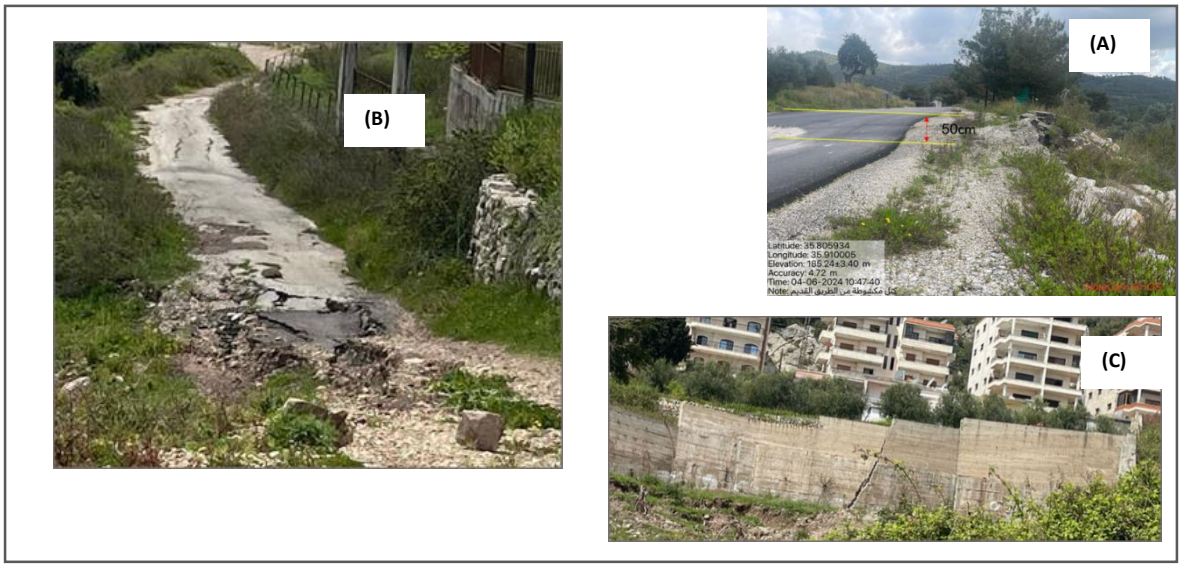
الشكل (8) مواقع الانزلاقات المفسرة من صور (Google Earth) الصحيحة والخاطئة والانزلاقات المكتشفة خلال العمل الحقلي.

أثناء العمل الحقلي، تم التأكد من صحة (84) انزلاقاً من أصل (165) انزلاقاً تم تفسيرها من الصور الفضائية. ومع ذلك، لم يكن بالإمكان الوصول إلى (81) انزلاق لأسباب متعددة، مثل المناطق المحظورة لعدم الأمان، كما هو الحال في غابات الفرنلق وقرية بيت عوان والمناطق المجاورة لها. أو لعدم وجود طرق سالكة. ولكن تم إعادة تدقيق هذه المواقع من (Google Earth) واعتبرت مواقع انزلاقات صحيحة بالمقارنة مع انزلاقات تم الوصول اليها في نفس المنطقة، وقد استند هذا التقييم إلى توصيات دراسات سابقة تشير إلى عدم ضرورة التحقق الحقلي لجميع المواقع، خاصة تلك التي يصعب الوصول إليها، مع ضرورة عدم إغفال الانزلاقات المفسرة من الصور الفضائية التي لم يمكن التحقق منها حقلياً[2] .

أما بالنسبة للانزلاقات المفسرة بشكل خاطئ والتي بلغ عددها (29)، فقد تبين أنها في معظمها تكشفات صخرية وقعت شمال منطقة الدراسة في السمرا، بالإضافة إلى كتل كلسية

فالقية وقعت في المشرفة، ومنطقة مقلع واحدة و منطقة ردميات بناء في مدينة كسب. كما أن (80%) من الانزلاقات المفسرة بشكل خاطئ وقعت ضمن الكريتاسي الأوسط (سنومانيان تورونيان).

تم اكتشاف (46) انزلاقاً خلال العمل الحقلي، لم يتم تفسيرها من خلال الصور الفضائية، حيث وقعت نسبة (50%) منها ضمن مناطق حضرية مثل قرى بلوران وبيت عوان وأم الطيور والقرعانية والحايك وقسطل معاف والمشرفة وكسب والسمرا، حيث تم قطع المنحدرات بزوايا شبه قائمة لشق الطرقات، كما هو الحال في طريق قسطل معاف. بينما جزء منها كانت عبارة عن هبوطات وزحف تم رصده في مناطق مثل القرعانية والإيمان والرويسة والمزرعة وفي مدخل كسب، كما تم رصد تساقطات حديثة للصخور في كسب– عين الدلبة وقسطل معاف والمشرفة وقد تم التأكد من السكان المحليين أنها موجودة قبل زلزال 6 شباط للعام 2023. ومعظمها لم يمكن التعرف عليها من الصور الفضائية حتى بعد تحديد موقعها في الحقل، ويعزى ذلك إلى أن الزحف و الهبوطات لا يمكن تمييزها من خلال التفسير البصري للصور الفضائية بل تحتاج إلى استخدام تقنيات أخرى مثل تقنية التداخل التفاضلي للرادار ذي الفتحة الصنعية (DInSAR) ، الشكلان (9،10).



الشكل (9) A) هبوط في الطريق من مفرق الإيمان إلى مفرق بيت القصير، يقدر مقدار الهبوط في الطريق ب 50 سم على الأقل. يتم ترميم هذا الطريق بشكل دوري سنويا B) تخريب و تكسر الطريق في كسب نتيجة الزحف، C) جدار استنادي في كسب صمم لمنع زحف الكتلة فوقه، الجدار متشقق بسبب ضغط الكتلة الزاحفة، تم تتبعه من خلال صور (Google Earth) ليتبين انه أنشئ في العام 2011 .

الشكل (10) انزلاق كبير على يسار الطريق إلى الروضة.

وبهذا يكون العدد الكلي للانزلاقات في منطقة الدراسة يساوي 211 انزلاق وهو عبارة عن مجموع الانزلاقات المفسرة من الصور الفضائية بشكل صحيح والانزلاقات المكتشفة من الحقل.

لتقييم دقة التفسير البصري من صور (Google Earth) تم تطبيق المعادلتين (1) و (2) لحساب معاملي نسبة الانزلاقات المفسرة خطأ ونسبة الانزلاقات المغفلة خلال التفسير البصري:

$$\text{نسبة مناطق الانزلاق المفسرة خطأ من الصور الفضائية} = \frac{29}{29+165} = 15\%$$

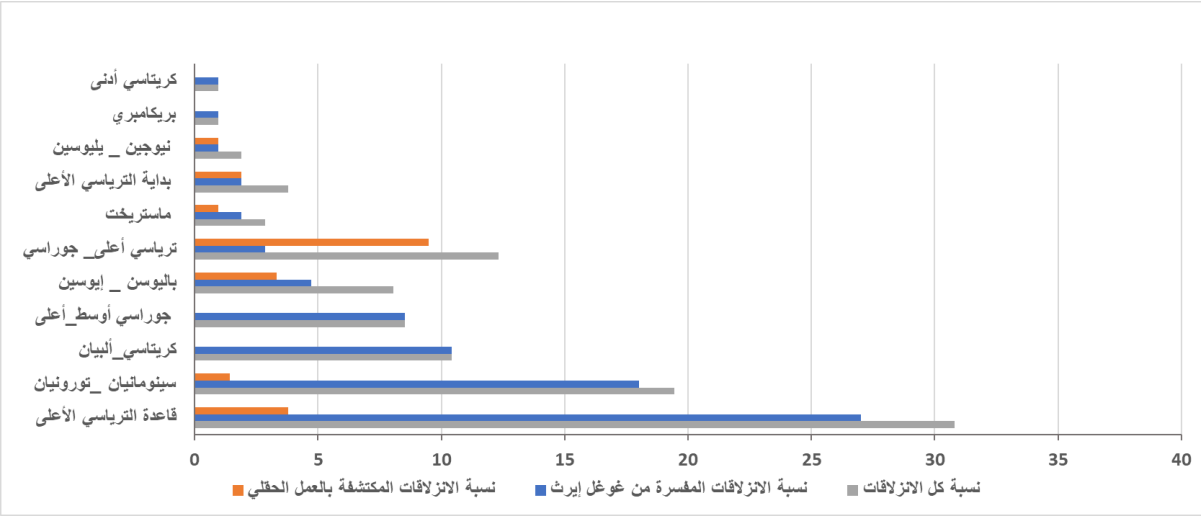
$$\text{نسبة الانزلاقات المغفلة من الصور الفضائية التي لم يمكن تفسيرها إلا من العمل الحقلي} = \frac{46}{211} = 22\%$$

وقد أظهرت النتائج أن دقة التفسير البصري للانزلاقات من صور (Google Earth) بلغت (85%) حيث لم تتجاوز نسبة الانزلاقات المفسرة بشكل خاطئ (15%). كما تبين أن (22%) من الانزلاقات في المنطقة لم يمكن تفسيرها إلا بالعمل الحقلي. وهذه النتيجة متقاربة مع ما توصلت إليه دراسات أخرى لتقييم دقة تفسير الانزلاقات الأرضية من الصور الفضائية، ففي شمال شرق صقيلية في إيطاليا بلغت دقة تحديد الانزلاقات الأرضية من الصور الفضائية (81.8%) [31]، وفي الهند تم استخدام الصور الفضائية المتعددة الاطياف مع مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي لتحديد مواقع الانزلاقات الأرضية و بلغت دقتها (76.4%) [32].

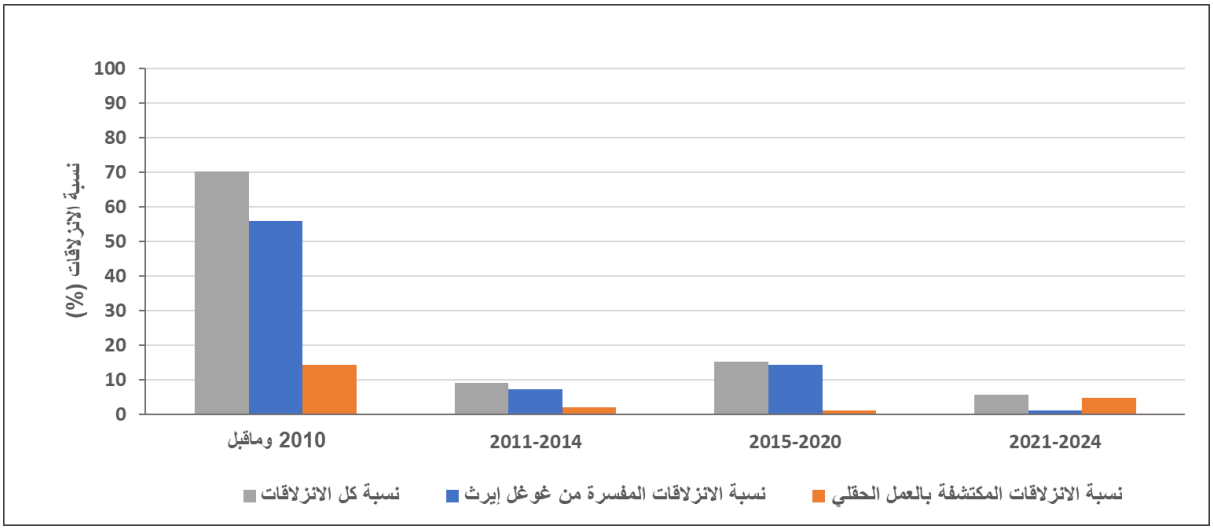
يبين الشـــكل (11) أن حوالي (31%) من الانزلاقات في المنطقة تنتمي إلى قاعدة التريـاســـي الأعلى (بيريدوتيت، ســـربنتين، دونيت) ، بينما تنتمي (19%) منها إلى الكريتاسي الأوسط (سينومانيان تورونيان). يمكن تفسير هذه النتائج بأن قاعدة التريـاسي الأعلى تشـكل أكبر طبقة جيولوجية في المنطقة إذ تغطي حوالي (36%) من المسـاحة المدروسـة، كما أنها تعتبر صـخور ضـعيفة المقاومة بسـبب تركيبتها المغماتية والرسـوبية المسربنتة (الفاسدة) [12] ،كما أن التجوية تحول السربنتين إلى غضـار مما يضـعف بنية الصـخر و يجعله أكثر عرضة للانزلاق[12].أما الكريتاسي الأوسط (السنومانيان تورونيان) فهو حجر كلسي دولوميتي مفكك في قسمه العلوي و صـخور خضـراء مفككة في قسمه

السـفلي[12] مع ميول طبقات حادة تتجاوز 30درجة متوافقة مع الميول الطبوغرافية مما يعجّل من عمليتي التساقط و الزحف. كما يلاحظ أن 40% من الانزلاقات المكتشفة في الحقل وقعت ضمن التزياسي أعلى – جوراسي وهي من المجموعة الرسوبية النارية القسم الأسفل و التي تضم تناوبات أرجيلية و راديولاريتية وكلس مسيلس، إن هذه التوضعات تتميز بأنها شديدة التكسر و التبدل نتيجة الضغوط المعاكسة من الكتل الصخرية المتوضعة فوقها وبخاصة السنومانيان تورونيان والتي يفصلها عنها تماس تكتوني يزيد من الضغوطات و يسرع عملية الانزلاق[12]، كما أن الميل العام لهذه التوضعات كبير و يصل لأكثر من 30 درجة باتجاه أسفل المنحدر.

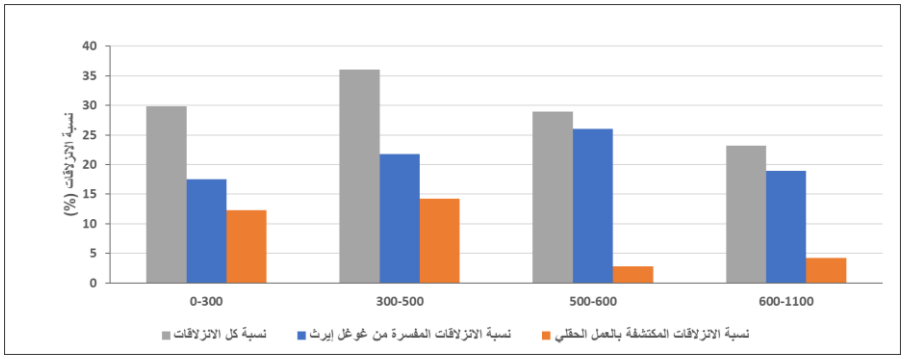
إن معظم الانزلاقات في المنطقة قديمة وتعود لتاريخ ما قبل عام 2010، أما الانزلاقات الحديثة التي حدثت خلال الفترة 2021 – 2024 فمعظمها تم اكتشافه في الحقل ولم يمكن تفسيره من (Google Earth) كونه يقع ضمن المناطق الحضرية، الشكل (12). كما وقع (85%) من الانزلاقات ضمن فئة المنحدرات ذات الميول الحادة إلى الحادة جداً (تزيد عن 30درجة) وضمن فئة الارتفاعات من (100 – 600) م بشكل أساسي، في حين وقعت معظم انزلاقات المفسرة في الحقل على منحدرات ذات ميول حادة تتراوح بين (16 – 33) درجة، وضمن فئة الارتفاعات من (100–400) م، الأشكال(13،14).



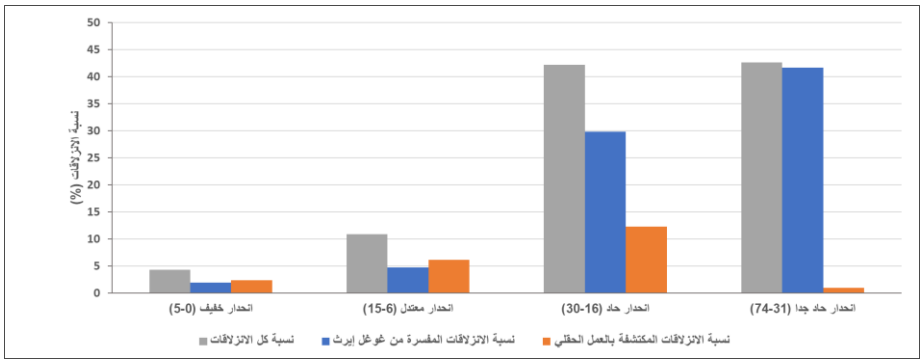
الشكل (11) نسبة الانزلاقات بحسب تواجدها ضمن الطبقة الجيولوجية التي بدأ منها الانزلاق.



الشكل (12) نسبة الانزلاقات بحسب تاريخ حدوثها.



الشكل (13) نسبة الانزلاقات بحسب الارتفاعات الطبوغرافية.



الشكل (14) نسبة الانزلاقات بحسب ميول المنحدرات.

7 الاستنتاجات:

استناداً إلى النتائج المستخلصة من هذا البحث، يمكن تلخيص الاستنتاجات الرئيسية كما يلي:

- بلغ العدد الإجمالي للانزلاقات المؤكدة في المنطقة 211 انزلاقاً، والتي تركزت بشكل رئيسي ضمن طبقات قاعدة التراسي الأعلى والسنومانيان تورونيان.
- أظهرت النتائج أهمية التكامل بين صور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد وصور WorldView بالإضافة إلى العمل الحقلي حيث ساهمت صور (Google Earth) ثلاثية الأبعاد في تفسير الانزلاقات في المناطق النائية التي يصعب الوصول إليها في المنطقة. مما أدى إلى تفسير حوالي (80%) من انزلاقات

كسب، مع نسبة خطأ (15%)، كما ساعد العمل الحقلي على كشف الانزلاقات المغفلة من الصور الفضائية والتي بلغت نسبتها (20%) من كامل انزلاقات المنطقة وانحصرت في المناطق المأهولة حيث توجد الطرقات التي تسمح بالوصول إليها.

- من الناحية الطبوغرافية، حدثت معظم الانزلاقات ضمن المنحدرات التي تجاوزت ميولها 30 درجة، وضمن فئة ارتفاعات تراوحت بين (100 – 600) متر.
- معظم انزلاقات المنطقة قديمة تعود إلى ما قبل العام (2010).

8 التوصيات:

يوصى باستخدام تقنية قياس التداخل التفاضلي للرادار ذو الفتحة الصنعية DInSAR في المناطق المأهولة التي لم يمكن تفسير الانزلاقات فيها باستخدام الصور الفضائية المرئية الثلاثية الأبعاد وخاصة مع ميزة ترابط موجات الرادار في هذه المناطق التي تتيح إمكانية أكبر لاكتشاف مقدار التشوه في سطح الأرض، وهذا ما سيتم العمل عليه مستقبلاً.

المراجع:

1. Bălteanu, D., Chendeş, V., Sima, M. and Enciu, P. (2010) 'A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania', Geomorphology, 124, pp. 102–112. doi: 10.1016/j.geomorph.2010.07.011.
2. Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M. and Chang, K.T. (2012) 'Landslide inventory maps: New tools for an old problem', Earth-Science Reviews, 112(1-2), pp. 42-66.
3. Van Den Eeckhaut, M., Hervás, J. and Jaedicke, C. (2007) 'Statistical modeling of landslide susceptibility in Europe', Geophysical Research Abstracts, 9, 2441.
4. Mondini, A.C., Chang, K.T. and Guzzetti, F. (2021) 'Remote sensing for landslide inventory mapping: Methods, progress, and challenges', Earth-Science Reviews, 223, 103818.
5. Razak, K.A., Straatsma, M.W., van Westen, C.J., Malet, J.P. and de Jong, S.M. (2011) 'Airborne laser scanning of forested landslides: An analysis of the influence of vegetation density on detection and mapping', Earth Surface Processes and Landforms, 36(6), pp. 780–795.
6. Colesanti, C. and Wasowski, J. (2006) 'Investigating landslides with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry', Engineering Geology, 88(3-4), pp. 173–199.
7. Deijns, A.A., Bevington, A.R., van Zadelhoff, F., de Jong, S.M., Geertsema, M. and McDougall, S. (2020) 'Semi-automated detection of landslide timing using harmonic modelling of satellite imagery', International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 84, p. 101943.
8. Fiorucci, F., Giordan, D., Santangelo, M., Dutto, F., Rossi, M. and Guzzetti, F. (2018) 'Criteria for the optimal selection of remote sensing optical images to map event landslides', Natural Hazards and Earth System Sciences, 18(1), pp. 405-417.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021) Climate Change 2021: Interactive Atlas: Regional information on climate change for the Eastern Mediterranean. Sixth Assessment Report (AR6). Available at: https://interactive-atlas.ipcc.ch.

10. حاج موسى، فاطمة، لايقة، سرحان و علي، محمود (2011) 'دراسة تأثير الحريق في تجدد الغطاء النباتي الطبيعي في منطقة كسب'، مجلة جامعة دمشق الأساسية، 27(1).
11. Mohammed, S., Abdo, H.G., Szabo, S., Pham, Q.B., Holb, I.J., Linh, N.T.T., Anh, D.T., Alsafadi, K., Mokhtar, A., Kbibo, I. et al. (2020) 'Estimating Human Impacts on Soil Erosion Considering Different Hillslope Inclinations and Land Uses in the Coastal Region of Syria', Water, 12(10), p. 2786. doi:10.3390/w12102786.
12. Parrot, J-P.(1977) 'Assemblage ophiolitique du Baer – Bassit et termes effusifs du volcano-sédimentaire pétrologique d'un fragment de la croûte océanique téthysienne chariée sur la plateforme syrienne', O.R.S.T.O.M Paris.
13. محمد، فراس و بلال، أحمد (2016) 'دراسة جيولوجية وتحليلية للانزلاقات الأرضية في منطقة البسيط – شمال غرب سورية'، مجلة جامعة البعث،38 (2)
14. Kazmin, V.G. and Kulakov, V.V. (1968) The Geological Map of Syria, Sheet-1: I-36-XXIV-4d Scale (1:50,000), Explanatory Notes. Contracts No.(944) between the Syrian Ministry of Petroleum and the USSR Technoexport company.
15. Agriculture and Agri-Food Canada (n.d.) Slope classes (Version 3.2) Canadian Soil Information System (CanSIS). Available at: https://sis.agr.gc.ca/cansis/nsdb/slc/v3.2/cmp/slope.html
16. Google Earth (n.d.) Available at: https://www.google.com/intl/en/earth/
17. Sato, H.P., Harp, E.L.(2009) 'Interpretation of earthquake-induced landslides triggered by the 12 May 2008 M7.9 Wenchuan earthquake in the Beichuan area', Landslides, 6(2), pp.153–159.
18. Cheaib, A.(2021) Etude des glissements de terrain actifs au Liban à l'aide de la télédétection satellitaire (Doctoral dissertation). Université Grenoble Alpes.
19. Google Earth Support (n.d.) Available at: https://support.google.com/earth/?hl=en#topic=7364880
20. European Space Agency (ESA) (n.d.) WorldView-3 - Earth Online. Available at: https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-3.

21. Belfiore,O.R.and Parente,C.(2015)'Orthorectification and pan-sharpening of worldview-2 satellite imagery to produce high resolution coloured ortho-photos', Modern Applied Science,9(9),p122.
22. Smith,M.P.Zhu,A.-X.Burt,J.E.& Stiles,C.(2006)'The effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey',Geoderma,137,p58-69.
23. Marchesini,I.Rossi,M.Mondini,A.C.Santangelo,M.Bucci,F.(2014)' Morphometric signatures of landslides',In:Third Open Source Geospatial Research & Education Symposium,Espoo,Finnland ,10-13 June ,pp99-105.
24. Mohammed,F.(2009)'دراسة جيولوجية للانزلاقات والانهيارات وتأثيراتها السلبية على المنشآت والتجمعات البشرية في شمال اللاذقية' أطروحة ماجستير،قسم الجيولوجيا،كلية العلوم،جامعة دمشق.
25. Shati,R.(2018)' معالجة وتفسير معطيات النيوتكتونيك والزلزالية لبيان مدلولاتها الجيومورفولوجية والجيوهندسية في رقعة اللاذقية – سورية' رسالة دكتوراه،قسم الجيولوجيا،جامعة دمشق.
26. Steger,S.Brenning,A.Bell,R.and Glade,T.(2016)'The propagation of inventory-based positional errors into statistical landslide susceptibility models',Nat.Hazards Earth Syst.Sci.,16,p2729–2745.doi:10.5194/nhess-16-2729-2016.
27. Steger,S.Brenning,A.Bell,R.and Glade,T.(2017)'The influence of systematically incomplete shallow landslide inventories on statistical susceptibility models and suggestions for improvements',Landslides,14,p1767–1781.
28. Chen, X., Zhao. C., Xi, J. Lu, Z., Ji, S. & Chen, L.(2022) 'Deep Learning Method of Landslide Inventory Map with Imbalanced Samples in Optical Remote Sensing'. Remote Sensing, 14, p.5517. doi.org/10.3390/rs14215517.
29. Karantanellis,E.(2021)'landslide detection and characterization using OBIA methodology and UAV photogrammetry' Doctoral Thesis.
30. Yordanov,V.and Brovelli,M.A.(2020)'Comparing model performance metrics for landslide susceptibility mapping',International Archives of the Photogrammetry ,Remote Sensing and Spatial Information Sciences,43(3),pp1277–1284.

31. Lu,P.Stumpf,A.Kerle,N.Casagli,N.(2011)'Object-oriented change detection for land slide rapid mapping','IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters'8(4),pp701–705.
32. Martha, T.R. Kerle, N. Jetten, V. van Westen, C. Vinod Kumar, K.(2010) 'Characterising spectral, spatial and morphometric properties of landslides for semi-automatic detection using object-oriented methods. Geomorphology' 116, p24–36.

Study of adsorption capacity changes of gamma alumina nanoparticles used in the treatment of water polluted with diclofenac sodium

Nabila Al Khteeb*,Durgham Salloum**, Thanaa Shriteh *|**

Abstract

In this study, laboratory-synthesized gamma alumina nanoparticles were used as an adsorbent to treat water contaminated with different concentrations of diclofenac sodium (DS), the highest removal rate was achieved at a concentration of 50 mg/L of DS.

Additionally, the changes in the adsorption capacity of alumina were studied in relation to different concentrations of the contaminant (DS). It was found that the adsorption capacity increases with increasing concentration of DS.

To reduce the costs of the water treatment process, the used nano-gamma alumina was reactivated through heat treatment up to 300°C and then reused to treat water contaminated with DS at a concentration of 100 mg/L. The removal rates of DS using the reactivated alumina were comparable to those achieved with the raw (fresh) alumina.

Keywords : Gamma alumina nanoparticles, Activated alumina, Diclofenac sodium, Removal rate, Adsorption capacity.

*) Master's student in Civil Engineering - Department of Environment - Faculty of Civil Engineering - Al-Baath University

**) Professor - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Al-Baath University

Professor, Chemistry Department, Faculty of Science, AL Baath University ***) Associate

دراسة تغيرات السعة الامتزازية للألومينا غاما النانوية المستخدمة في معالجة المياه الملوثة بديكلوفيناك الصوديوم

نبيلة الخطيب * ، د. درغام سلوم ** ، د. ثناء شريتح***

ملخص البحث

في هذه الدراسة استخدمت جزيئات الألومينا النانوية غاما المصنعة مخبرياً كمادة مازة لمعالجة المياه الملوثة بتراكيز مختلفة من ديكلوفيناك الصوديوم (DS) ، وكانت أعلى نسبة إزالة قد حققت من أجل تركيز 50mg/L من (DS).

أيضاً درست تغيرات السعة الامتزازية للألومينا تبعاً لتراكيز مختلفة من المادة الملوثة (DS)، ووجد أن السعة الامتزازية تزداد بازدياد تركيز المادة الملوثة(DS).

لتخفيض تكاليف عملية معالجة المياه تم إعادة تنشيط الألومينا غاما النانوية المستهلكة بمعالجتها حرارياً حتى 300°C، ومن ثم إعادة استخدامها لمعالجة المياه الملوثة بـ 100mg/L من(DS)، فكانت نسب إزالة (DS) في حالة استخدام الألومينا المنشطة متقاربة مع مثيلتها الخام.

كلمات مفتاحية: ألومينا غاما، ألومينا منشطة، ديكلوفيناك الصوديوم، نسبة الإزالة، سعة امتزازية.

* طالب ماجستير هندسة مدنية – قسم البيئة– كلية الهندسة المدنية – جامعة حمص

** استاذ– قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية – جامعة حمص

*** أستاذ مساعد– قسم الكيمياء– كلية العلوم الثانية – جامعة حمص

1- مقدمة:

أصبح الطلب المتزايد للمياه ونقص مصادرها النظيفة مشكلة تعاني منها جميع أنحاء العالم، كما أن تلوث المياه يفاقم من حجم هذه المشكلة، حيث تتلوث المياه بمصادر عدة تعتبر الصناعة أهمها، وتعد صناعة الأدوية من أخطر هذه الصناعات، حيث تتميز منصرفاتها باحتوائها على كميات كبيرة من المواد العضوية والملوثات ذات السمية الحيوية والملوحة العالية، الأمر الذي دفع الباحثين في حماية البيئة لأهمية معالجة هذا النوع من المنصرفات قبل صرفها إلى البيئة المحيطة لتجنب آثارها السلبية على التربة والماء والهواء [1,2] ، كما يمكن أن تتراكم الهالوجينات العضوية القابلة للامتصاص (AOX) وغيرها من المنتجات الثانوية و بقايا الأدوية مثل المضادات الحيوية API في مياه الصرف الصحي الصيدلانية لتصل إلى البيئات الطبيعية مما يؤدي إلى مخاطر سامة على الصحة[3].

تختلف مواصفات مياه الصرف الدوائية بالتركيب وأيضاً بالكمية وذلك حسب المواد المصنعة اعتماداً على المواد الخام والعمليات المستخدمة في تصنيع الأدوية المختلفة [4].

في عام 2022 استخدم من قبل الباحث SM Safwat وآخرون جسيمات أكسيد الألومنيوم النانوية كمادة مازة لإزالة المركبات الفينولية من المحاليل المائية، وقد حددت هذه الدراسة العديد من البارامترات العملية الفيزيائية والكيميائية مثل درجة الحرارة ودرجة الحموضة وتركيز الفينول الأولي وكمية المادة المازة، بالإضافة إلى تأثير تلك البارامترات على آلية إزالة الفينول بالامتزاز، وأبرزت النتائج أن جسيمات أكسيد الألومنيوم النانوية أظهرت بنجاح إزالة متفوقة للفينول من المحلول المائي، بالإضافة إلى إمكانية تجديد عالية للجسيمات النانوية المستهلكة بواسطة حمض كلور الماء، وبالنسبة لكتلة المادة المازة التي تبلغ 0.5g وصل امتزاز الفينول إلى 92%، وكانت أقصى سعة للامتزاز 16.97mg/g [5] .

كما تم في نفس العام من قبل الباحث Al-Ghouti وفريقه تخليق أكسيد الألومنيوم النانوي غاما ($\gamma-Al_2O_3$) من رقائق الألومنيوم المهدرة وتطبيقه لإزالة البورون والبروميد من المحاليل، وتم فحص العديد من البارامترات المهمة التي تحكم عملية الامتزاز مثل الرقم الهيدروجيني ودرجة حرارة المحلول وتركيز الأيونات الأولي، وقد وجد أن البورون يفضل بيئة قاعدية بينما يفضل البروميد بيئة حمضية ضعيفة، كما أظهر الماز المحضر كفاءة

إزالة عالية جداً، حيث تم تحقيق نسبة إزالة تصل إلى 88.35% من البورون و87.65% من البروميد، وكانت أقصى سعات امتزاز تساوي 25.86mg/g عند درجة الحرارة 35°C من أجل البورون و 90.72mg/g عند الدرجة 25°C من أجل البروميد، وأكدت تجارب الامتزاز أنه يمكن تجديد المواد المازة المستهلكة وإعادة استخدامها بشكل فعال، كما تم اختبار أكسيد الألومنيوم النانوي غاما ($\gamma-Al_2O_3$) باستخدام عينة مياه جوفية حقيقية، وتبين أن 96.25% من البورون و100% من البروميد تم امتزازهما بنجاح، بالإضافة إلى ذلك تبين أيضاً أنه تم إزالة 99% من أيونات الكبريتات، وهذا يدل على أن المادة المازة المحضرة لديها ميل لامتزاز أيونات متعددة من عينة المياه الجوفية الحقيقية [6] .

في عام 2023 تم من قبل الباحث Sangor وآخرون تصنيع أكسيد الألومنيوم النانوي ($\gamma-Al_2O_3$) من رقائق الألومنيوم المهدرة لامتزاز فعال لصبغة الميثيلين الأزرق(MB) ، ومن أجل توضيح عملية الامتزاز تم دراسة بعض البارامترات كالرقم الهيدروجيني وتركيز الصبغة الأولي ودرجة الحرارة، وبينت النتائج أن لأكسيد الألومنيوم النانوي المحضر سعات امتزاز تبلغ 148.9mg/g، كما أشارت دراسات الامتزاز إلى أن استخدام حمض كلور الماء(0.5M) كان قادرًا على استعادة (37.5%) من(MB) المستنفد، و كانت أقصى سعة للامتزاز 175.4 mg/g عند درجة الحرارة 45°C [7].

وأخيراً في عام 2024 قدم الباحث Gharbi وفريقه نهجاً صديقاً للبيئة وفعّالاً من حيث التكلفة لتصنيع جسيمات النانو Al_2O_3 باستخدام مستخلصات مشتقة من أوراق Calligonum comosum، فتم الحصول على جسيمات النانو Al_2O_3 بشكل كروي مع ترتيبات بلورية ومتوسط بعد للبلورة 25.1nm ، وذلك لاستخدامها كمادة مازة لإزالة الصبغتين الضوئيتين أزرق الميثيلين وروز بنغال، حيث حدثت عمليات التحلل تحت إشعاع ضوء الشمس مع وقت اتصال يبلغ 120min، ودرجة حموضة ثابتة تبلغ7 ودرجة حرارة 25°C، فكانت كفاءة الإزالة بنسبة 98% لأزرق الميثيلين و 90.5% لروز بنغال [8] .

2- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

1) استخدام الألومينا غاما النانوية المحضرة مخبرياً كمادة مازة لمعالجة المياه الملوثة بالمادة الدوائية ديكلوفيناك الصوديوم (DS) Diclofenac sodium.
2) دراسة تغيرات السعة الامتزازية للألومينا غاما باستخدام مياه ملوثة بتراكيز مختلفة من ديكلوفيناك الصوديوم (DS).
3) دراسة إمكانية تنشيط الألومينا غاما لإعادة استخدامها في إزالة ديكلوفيناك الصوديوم(DS) من المياه الملوثة.

3- القسم التجريبي:

3-1- الأجهزة المستخدمة:

- سخانة كهربائية مزودة بمحرك مغناطيسي مع حساس حراري.
- فرن ترميد حراري من النوع Carbolat يصل مداه إلى 300ºC.
- جهاز توليد ماء مقطر عالي النقاوة:

Ultra-Pure Water Machine Production:

ينتج ماء ثلاثي التقطير منزوع الشوارد، ناقليته الكهربائية لا تزيد عن 0.02 µs/cm ودرجة حموضة الوسط pH=6.98 ± 0.5 ويعمل بطاقة إنتاجية (30L/Hour) من انتاج شركة SG الألمانية.

- **مجموعة من الأدوات المخبرية الزجاجية:** استُخدمت مجموعة من الدوارق الحجمية بسعات مختلفة، وماصات ذات حجوم مختلفة ميكروية وعادية، وأقماع زجاجية مختلفة السعة، وبياشر بسعات مختلفة، بالإضافة إلى مجموعة من الأدوات المتوفرة في أغلب المخابر البحثية.
- أعمدة زجاجية مزودة بصنبور للامتزاز طول 20Cm وقطر 2Cm.
- ميزان تحليلي بدقة 0.1mgr، إضافة إلى زجاجيات متنوعة.

3-2- المواد الكيميائية المستخدمة:

- ألومينا غاما محضرة مخبرياً بطريقة الترسيب الكيميائي متوسط بعد الحبيبة 32nm .
- ديكلوفيناك الصوديوم Diclofenac Sodium (DS) .

- ملح مور، برمنغنات البوتاسيوم، حمض الكبريت المركز 98%.
- كاشف الفروين.
- حمض كلور الماء المركز.
- مزيج كرومي للتنظيف.
- صوف زجاجي.
- إيتانول ، أسيتون، ماء مقطر ثلاثي التقطير.

3-3- تنقية المياه الملوثة بديكلوفيناك الصوديوم بالامتزاز على الألومينا غاما النانوية:

تم تصنيع الألومينا النانوية مخبرياً وذلك عن طريق حل كلوريد الألمنيوم في ماء مقطر ويضاف له محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى نحصل على هيدروكسيد الألمنيوم ثم تترك كامل كمية هيدروكسيد الألمنيوم حتى تترسب في الأسفل وتنفصل عن الطور المائي ثم تتم عملية التجفيف والطحن، ثم ينقل الناتج إلى فرن تكليس لمدة 3 ساعات عند الدرجة $300\ ^oC$ للحصول على الألومينا غاما، تم قياس أبعاد الألومينا النانوية غاما باستخدام المجهر الالكتروني الماسح في مركز هيئة الطاقة الذرية بدمشق فكان متوسط أبعادها 32nm.

تمت تنقية المياه الملوثة بديكلوفيناك الصوديوم باستخدام الألومينا غاما النانوية وفق ما يلي:

3-3-1- تحضير عينات المياه الملوثة بدكلوفيناك الصوديوم (DS):

تم تحضير ست عينات مياه ملوثة بـ (DS)، وذلك بأن يوضع في دورق حجمي سعة ليتر كمية معينة من ديكلوفيناك الصوديوم وتحل بـ ليتر من الماء المقطر وفق الجدول (1) التالي:

الجدول (1): عينات المياه الملوثة بـ (DS)

اسم العينة	تركيز العينة (mg/l)
A	50
B	60
C	70
D	80
E	90

F	100

3-3-2- تجهيز عمود الامتزاز:

تم استخدام عمود زجاجي طوله 20Cm وقطره 2Cm، ويوضع في قعره طبقة من الصوف الزجاجي بعد غسله بالأسيتون وتجفيفه (لمنع تسرب الألومينا)، ثم يضاف 15g من الألومينا غاما، وتوضع فوق الألومينا طبقة أخرى من الصوف الزجاجي لتجانس جريان المياه على طول العمود، حيث يتم تمرير المياه من الأعلى إلى الأسفل، ويضبط تدفق المياه من خلال مفتاح الصنبور الموجود أسفل العمود(تم ضبط مفتاح الصنبور بحيث يتم مرور 24 نقطة في الدقيقة وبالتالي حجم مياه معالجة مارة يصل إلى 160mL في الساعة) الشكل(1).

الشكل(1): عمود الامتزاز

3-3-4- إجراء عملية الامتزاز:

بعد تجهيز عينات المياه وعمود الامتزاز، مررت عينات المياه على أعمدة الامتزاز (تم استخدام عمود لكل عينة) بمعدل 160mL/h ، ثم تم تحديد قيم الأوكسجين الكيميائي المنحل (COD) للمياه الممتزة وفق الطريقة التالية:

تم أخذ $2.5\ cm^3$ من عينة المياه الملوثة بـ (DS)، ويضاف لها $1.5cm^3$ من ثاني كرومات البوتاسيوم و $3.5\ cm^3$ من حمض الكبريت المركز، ومن ثم الحضن لمدة ساعتين، و يغسل الأنبوب بـ $1\ cm^3$ من الماء المقطر، ثم يوضع الناتج في بيشر ويضاف له نقطتين من كاشف الفروين ثم يعاير باستخدام ملح مور، ويقاس الحجم المستهلك من ملح مور (v_2) وذلك عند تغير لون العينة الى لون اخضر مزرق ثم أحمر، ثم يحدد حجم ملح مور المستخدم من اجل عينة مياه مقطرة(v_1) ، ويكون COD لهذه المياه:

$$\mathbf{COD = (V_1 - V_2) * N * 8 * \frac{1000}{V}}$$

حيث:

V_1: حجم عينة الماء المقطر.

V_2: حجم عينة المياه المدروسة.

ومن قيمة COD للمياه الخام الخارجة من المياه الملوثة وقيمة COD للمياه المعالجة بالامتزاز على الألومينا حددت نسب الازالة (الكفاءة) وفق العلاقة التالية:

$$\text{نسبة الإزالة} = \frac{COD_0 - COD}{COD_0} * 100$$

4-3 - تنشيط الألومينا غاما بعد عملية الامتزاز:

حتى لا يتم استبدال الألومينا غاما بعد كل عملية امتزاز، تم تنشيطها باستخدام بعض الطرائق الشائعة والتي استخدمت في هذا البحث:

<u>التنشيط الحراري:</u> وذلك بتسخين عمود الامتزاز إلى درجات حرارة عالية (300^oC) لتحفيز إزالة ديكلوفيناك الصوديوم الممتزة في جو خامل لتجنب تأكسد الألومينا، و يتم التحكم بعناية في رفع درجة الحرارة والوقت للحفاظ على سلامة الألومينا.

4- النتائج والمناقشة:

4-1- دراسة معالجة المياه الملوثة بـ (DS) بالامتزاز على الألومينا النانوية-γ :

تمت دراسة فعالية الألومينا غاما الامتزازية باستخدامها لتنقية المياه الملوثة بديكلوفيناك الصوديوم، وذلك من خلال تجهيز ستة أعمدة امتزاز وست عينات من المياه الملوثة بـ **(DS)** وهي (A,B,C,D,E,F) وتمرير هذه العينات على أعمدة الامتزاز بمعدل

160mL/hعلى دفعات بحجم قدره 40mL، وحددت قيم الـ COD للمياه الممتزة وحسبت نسب الازالة وفق العلاقة التالية:

$$\text{نسبة الإزالة} = \frac{COD_0 - COD}{COD_0} * 100$$

حيث:

COD_0: قيمة COD من أجل المياه ملوثة مقدرة ب (mg/L).

COD: قيمة COD من أجل المياه المعالجة مقدرة ب (mg/L).

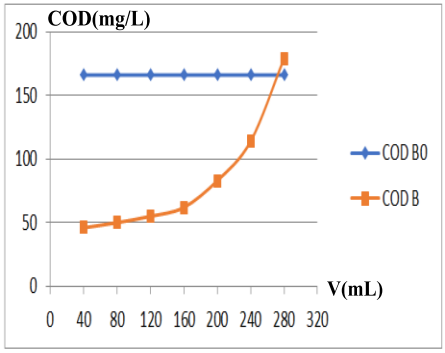
ودونت النتائج وفق الجدول(2) التالي:

الجدول(2): قيم نسب الإزالة و الـ COD للمياه الممتزة على الألومينا غاما النانوية

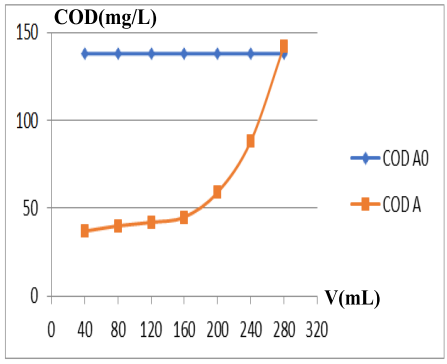
اسم العينة	تركيز المادة الملوثة (mg/L)	COD_0 (mg/L)	حجم المياه الملوثة المارة في عمود الامتزاز (mL)	COD (mg/L)	نسبة الإزالة (%)
A	50	138	40	37	73
			80	40	71
			120`	42	69
			160	45	67
			200	59	57
			240	88	55
			280	153	-
B	60	166	40	46	72.2
			80	50	70
			120	55	66.8
			160	62	62.2
			200	83	50
			240	114	31.3
			280	179	-
C	70	193	40	54	72
			80	59	69.4
			120	67	65.2
			160	75	61.1
			200	105	45.5
			240	148	31.3
			280	179	-
D	80	221	40	64	71
			80	71	67.8
			120	81	63.3
			160	100	54.7
			200	129	41.6
			240	184	16.7
			280	243	-

69.7	75	40	248	90	E
66.5	83	80			
62.1	94	120			
52	119	160			
38.7	152	200			
10	223	240			
-	281	280			
68.1	90	40	282	100	F
64.8	99	80			
57.4	120	120			
48.9	144	160			
34.7	184	200			
-	284	240			
-	-	280			

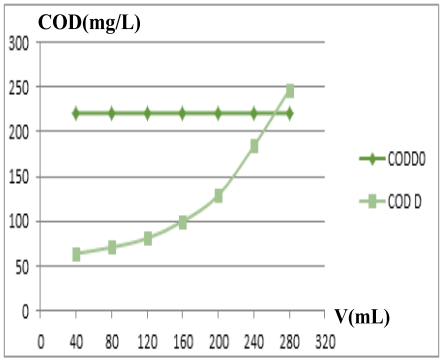
وبرسم العلاقة بين حجم المياه المارة في عمود الامتزاز وقيم الـ COD للمياه الناتجة لكل عينة على حدا وفق المخططات البيانية الموضحة بالشكل(2) التالي:



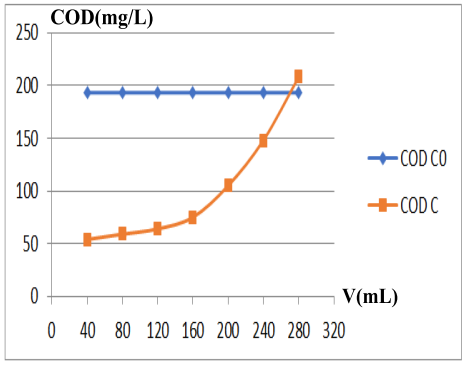
Sample(B)



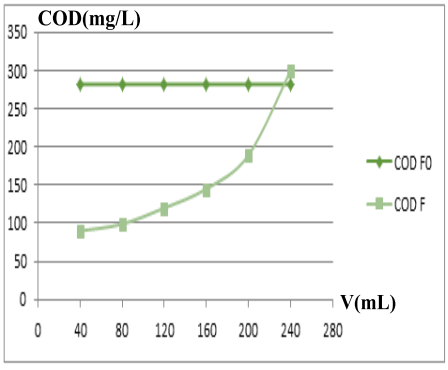
Sample(A)



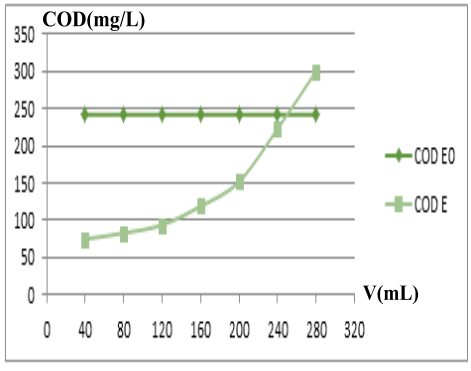
Sample(D)



Sample(C)



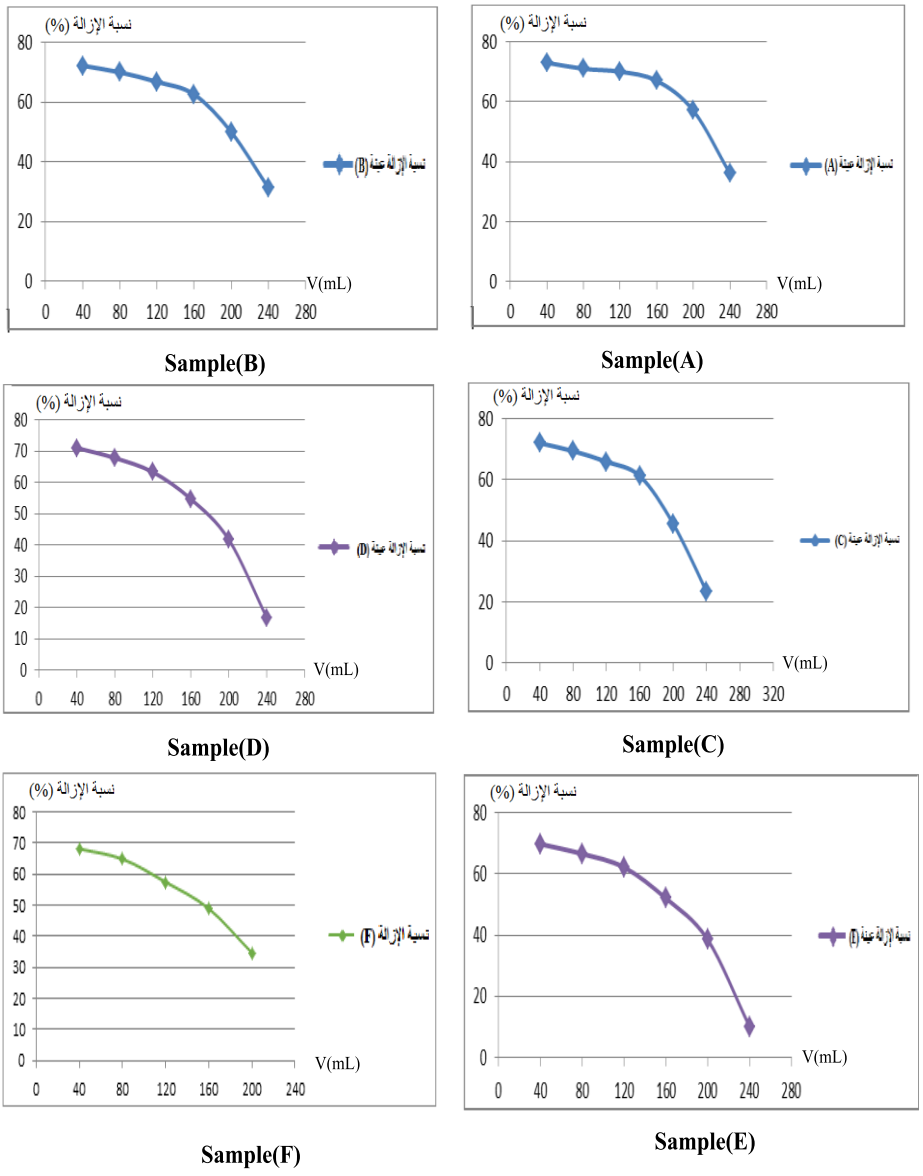
Sample(F)



Sample(E)

الشكل(2):المخططات البيانية للعلاقة بين حجم المياه المارة في عمود الامتزاز وقيم الـ COD للمياه الناتجة

وبرسم العلاقة بين حجم المياه المارة في عمود الامتزاز ونسب الإزالة لكل عينة على حدا أيضاً وفق المخططات البيانية الموضحة بالشكل (3)



الشكل(3):المخططات البيانية للعلاقة بين حجم المياه المارة في عمود الامتزاز ونسب الإزالة للمياه الناتجة

لوحظ من المخططات السابقة الموضحة بالشكلين (2) و(3): أن نسبة إزالة ديكلوفيناك الصوديوم تتناقص بازدياد حجم المياه المارة عبر عمود الامتزاز مع مرور الزمن وبازدياد تركيز المادة الدوائية، ويعود ذلك للأسباب التالية:

1) يكون في البداية السطح النوعي للألومينا فعالاً مما يؤدي إلى نسبة إزالة عالية.
2) عند زيادة تركيز المادة الدوائية يتشبع السطح النوعي للألومينا وتقل فعاليته مما يؤدي إلى انخفاض نسبة الإزالة.

4-2-تحديد السعة الامتزازية(Q) للألومينا غاما النانوية:

بناءً على قيم الـ COD التي تم التوصل إليها حددت قيم السعة الامتزازية للألومينا غاما للعينات الستة من أجل 1g منها ، وذلك وفق الطريقة المرجعية [9] باتباع الخطوات التالية:

- أولاً: تم تحديد قيمة COD_1 من أجل حجم 40mL من المياه الملوثة المارة من عمود الامتزاز بالعلاقة التالية:

كل V_0 من المياه الخام تحوي COD_0

كل V من المياه الخام تحوي COD_1

$$COD_1 = COD_0 \times V / V_0$$

حيث:

COD_1: قيمة COD_0 من أجل حجم(40mL) من المياه الخام الملوثة المارة.

COD_0 : قيمة COD_0 من أجل حجم(1000mL) من المياه الخام الملوثة الكلية.

V : حجم المياه الملوثة المارة (40mL).

V_0 : حجم المياه الملوثة الكلي (1000mL).

- ثانياً: بنفس الطريقة تم تحديد قيمة COD_2 من أجل حجم 40mL من المياه المعالجة المارة من عمود الامتزاز بالعلاقة التالية:

$$COD_2 = COD \times V / V_0$$

حيث:

COD_2 : قيمة COD من أجل حجم (40mL) من المياه المعالجة المارة .

COD : قيمة COD لكل (1000mL) من المياه المعالجة المارة.

V : حجم المياه المارة المعالجة (40mL).

V_0 : حجم المياه المعالجة الكلية (1000mL).

- ثالثاً: تم تحديد السعة الامتزازية من أجل 1gr من الألومينا النانوية غاما بالاعتماد على العلاقة:

$$Q = (COD_1 – COD_2) / m$$

Q : السعة الامتزازية مقدرة mg/g .

COD_1: قيمة COD_0 من أجل حجم (40mL) مياه خام ملوثة مارة.

COD_2 : قيمة COD من أجل حجم(40mL) مياه معالجة مارة .

m: وزن الألومينا النانوية المستخدمة في عمود الامتزاز وتعادل 15gr.

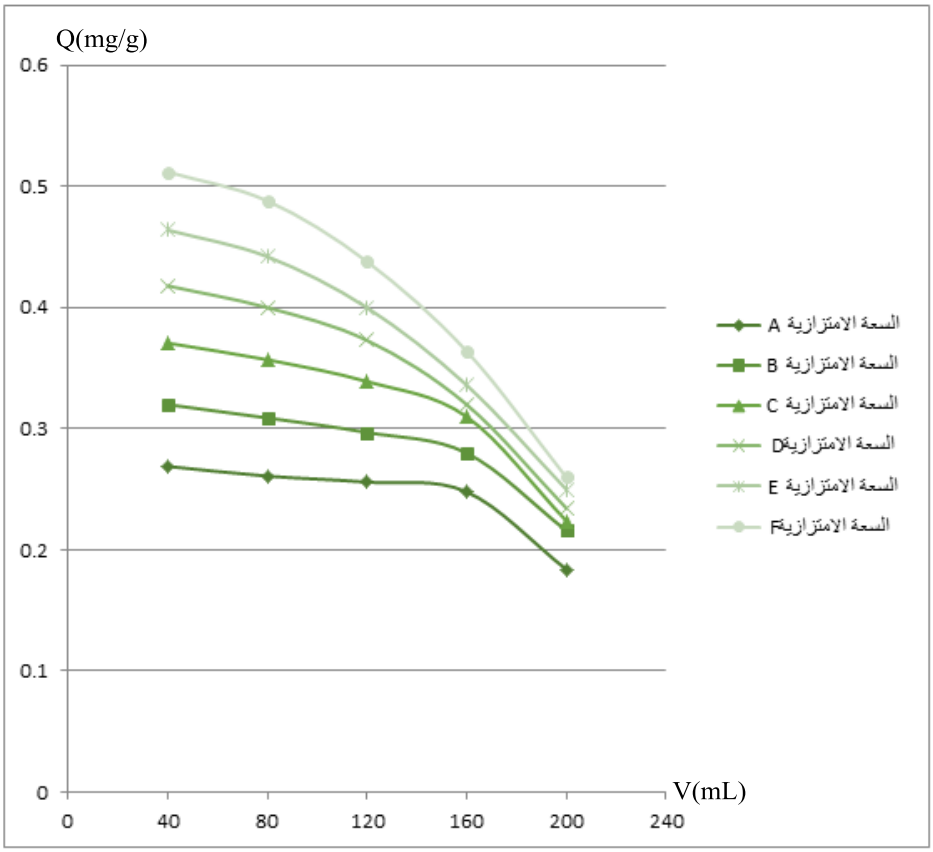
ونبين في الجدول (3) قيم السعة الامتزازية Q(mg/g) للألومينا غاما النانوية من أجل جميع عينات المياه الملوثة بديكلوفيناك الصوديوم بدلالة حجم المياه المارة بعمود الامتزاز.

الجدول (3): قيم السعة الامتزازية للألومينا غاما النانوية من أجل جميع عينات المياه

اسم العينة	تركيز المادة الملوثة (mg/L)	COD_0 (mg/L)	حجم المياه الملوثة المارة في عمود الامتزاز (mL)	Q(mg/g)
A	50	138	40	0.269
			80	0.261
			120`	0.256
			160	0.210
			200	0.133
B	60	166	40	0.320
			80	0.309
			120	0.296
			160	0.280
			200	0.221
C	70	193	40	0.370
			80	0.357
			120	0.336
			160	0.310
			200	0.234
D	80	221	40	0.410
			80	0.400

0.373	120			
0.322	160			
0.245	200			
0.46	40	248	90	E
0.44	80			
0.41	120			
0.346	160			
0.258	200			
0. 51	40	282	100	F
0.488	80			
0.43	120			
0.368	160			
0.261	200			

وبرسم العلاقة بين تغير السعة الامتزازية للألومينا غاما النانوية بدلالة تغير حجم المياه المارة عبر أعمدة الامتزاز بمرور الزمن من أجل جميع عينات المياه الملوثة بديكلوفيناك الصوديوم نحصل على مخطط بياني موضح بالشكل (4) التالي:



الشكل (4): المخطط البياني للعلاقة بين تغير السعة الامتزازية للألومينا غاما النانوية و تغير حجم المياه المارة عبر أعمدة الامتزاز

لوحظ من المخطط السابق: أن أعلى قيمة للسعة الامتزازية للألومينا غاما النانوية كانت من أجل العينة (F)، وأخفض قيمة كانت من أجل العينة (A)، ويعود ذلك إلى أنه عند زيادة تركيز ديكلوفيناك الصوديوم في المحلول(عينة المياه الملوثة) تزداد القوة المحركة الناتجة عن فرق التركيز بين المحلول وسطح الألومينا، مما يعزز توجه الجزيئات الممتزة نحو السطح الماز.

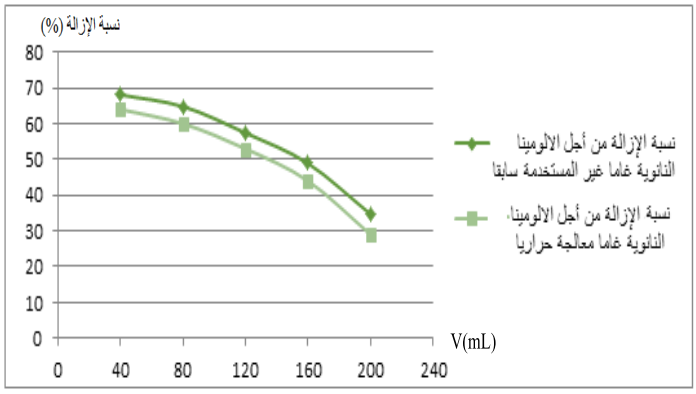
2-4- دراسة تنشيط الألومينا النانوية-γ بعد عملية الامتزاز:

بعد عملية الامتزاز باستخدام الألومينا غاما، أُعيد تنشيطها لإعادة استخدامها في عملية امتزاز جديدة لتخفيض تكلفة عملية معالجة المياه الملوثة بـ(DS) ، حيث تم استخدام طريقة التنشيط بالحرارة، والتوصل إلى النتائج الموضحة بالجدول(4) التالي:

الجدول(4): قيم نسب الإزالة و الـ COD للمياه الممتزة على الألومينا غاما النانوية المنشطة بالحرارة

اسم العينة	COD_0 (mg/L)	حجم المياه الملوثة المارة في عمود الامتزاز (mL)	COD (mg/L)	نسبة الإزالة (%)
عمود امتزاز يحوي ألومينا غاما نانوية خام	282	40	90	68.1
		80	99	64.8
		120`	120	57.4
		160	144	48.9
		200	184	34.7
عمود امتزاز يحوي ألومينا غاما منشطة بالحرارة	282	40	101	64.1
		80	113	60
		120`	132	53.1
		160	158	43.9
		200	200	29.1

وبرسم العلاقة ما بين حجم المياه المارة بعمود الامتزاز ونسب الإزالة في حالة استخدام كل من الألومينا الخام والألومينا المنشطة بالحرارة، تم الحصول على مخطط بياني موضح بالشكل (4):



الشكل(4): العلاقة بين حجم المياه المارة بعمود الامتزاز ونسب الإزالة في حالة استخدام كل من الألومينا الخام و الألومينا المنشطة بالحرارة

لوحظ من الشكل السابق: إن قيم نسب إزالة ديكلوفيناك الصوديوم باستخدام الألومينا غاما النانوية المستهلكة المنشطة بالمعالجة حرارياً متقاربة نوعاً ما من نسب الإزالة في حالة استخدام الألومينا الخام غير المستخدمة سابقاً.

5- الاستنتاجات والمقترحات:

1. تم بنجاح استخدام الألومينا غاما النانوية كمادة مازة لإزالة ديكلوفيناك الصوديوم من المياه.
2. وجد أن نسبة إزالة ديكلوفيناك الصوديوم تتناقص بازدياد حجم المياه المارة عبر عمود الامتزاز مع مرور الزمن وبازدياد تركيزها، ويعود ذلك لطبيعة السطح النوعي للألومينا.
3. تم التوصل إلى علاقة طردية ما بين السعة الامتزازية وتركيز المادة الممتزة، أي كلما ازداد تركيز ديكلوفيناك الصوديوم كلما ازدادت قيمة السعة الامتزازية للألومينا غاما النانوية.
4. عند التنشيط الحراري للألومينا غاما النانوية المستهلكة تم الحصول على نسب إزالة للمادة الممتزة (DS) متقاربة نوعاً ما من نسب الإزالة في حالة استخدام الألومينا الخام غير المستخدمة سابقاً.
5. نقترح بمتابعة البحث باستخدام الألومينا غاما لمعالجة مياه صرف معامل الأصبغة.
6. نقترح استخدام مواد مازة نانوية أخرى من مخلفات البيئة كقشور الرمان والجوز لمعالجة مياه صرف معامل الادوية نظراً لتكلفتها المنخفضة.
7. استخدام عبوات الألمنيوم الفارغة المستهلكة لتوليد أكسيد الألمنيوم النانوي بما يساعد من المحافظة على الموارد الطبيعية وتقليل التلوث.

6- المراجع:

[1]. Radjenovic, J., Petrovic, M., & Barceló, D. (2007). Analysis of pharmaceuticals in wastewater and removal using a membrane bioreactor. Analytical and bioanalytical chemistry, 387(4), 1365-1377.

[2]. Fawzy, M. E., Abdelfattah, I., Abuarab, M. E., Mostafa, E., Aboelghait, K. M., & El-Awady, M. H. (2018). Sustainable approach for pharmaceutical wastewater treatment and reuse: case study. Journal of Environmental Science and Technology, 11(4), 209-219.

[3]. Chu TP, Nguyen NT, Vu TL, Dao TH, Dinh LC, Nguyen HL, Hoang TH, Le TS, Pham TD. Synthesis, characterization, and modification of alumina nanoparticles for cationic dye removal. Materials. 2019 Feb 1;12(3):450.

[4]. Nguyen NT, Dao TH, Truong TT, Nguyen TM, Pham TD. Adsorption characteristic of ciprofloxacin antibiotic onto synthesized alpha alumina nanoparticles with surface modification by polyanion. Journal of Molecular Liquids. 2020 Jul 1;309:113150.

[5]. Safwat SM, Mohamed NY, Meshref MN, Elawwad A. Adsorption of phenol onto aluminum oxide nanoparticles: performance evaluation, mechanism exploration, and principal component analysis (PCA) of thermodynamics. Adsorption Science & Technology. 2022 Apr 4;2022:1924117.

[6]. Al-Ghouti MA, Khan M, Malik A, Khraisheh M, Hijazi D, Mohamed S, Alsorour S, Eltayeb R, Al Mahmoud F, Alahmad J. Development of novel nano-γ-Al2O3 adsorbent from waste aluminum foil for the removal of boron and bromide from aqueous solution.

Journal of Water Process Engineering. 2022 Dec 1;50:103312.

[7]. Sangor FI, Al-Ghouti MA. Waste-to-value: Synthesis of nano-aluminum oxide (nano-γ-Al2O3) from waste aluminum foils for efficient adsorption of methylene blue dye. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2023 Dec 1;8:100394.

[8]. Gharbi AH, Laouini SE, Hemmami H, Bouafia A, Gherbi MT, Ben Amor I, Hasan GG, Abdullah MM, Trzepieciński T, Abdullah JA. Eco-Friendly Synthesis of Al2O3 Nanoparticles: Comprehensive Characterization Properties, Mechanics, and Photocatalytic Dye Adsorption Study. Coatings. 2024 Jul 6;14(7):848.

[9]. Water Treatment Plant Operation Volum 1+2 Third Edition, kenneth D.kerri California State University , U.S.A 1996.

إدارة قواعد البيانات المكانية لشبكة الاتصالات الهاتفية باستخدام المعطيات الفضائية ونظم دعم القرار

أيمن اليوسف [1*]، حبيب سليم[2]، هناء عيسى[3]

[1]: باحث رئيسي– دكتوراه في الهندسة المدنية – المساحة التصويرية، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سوريا.
[2]: باحث رئيسي، – دكتوراه في الهندسة المدنية – المساحة التصويري،ة الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سوريا.
[3]: باحث مساعد، – ماجستير في الهندسة المدنية – المساحة، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سوريا
[*]: للمراسلة (د.م أيمن اليوسف) البريد الإلكتروني: alyousef.ayman@gmail.com

الملخص: يقدم هذا البحث طريقة من أجل نمذجة البيانات الجغرافية باستخدام نموذج البيانات الكينونة–علاقة الموَسع Extended Entity Relationship Model أو اختصاراً EER Model بهدف تصميم وبناء قاعدة بيانات جغرافية علائقية. تتضمن المنهجية المقترحة أولاً إنشاء النموذج الأولي لقاعدة البيانات الجغرافية Conceptual Data Model استناداً إلى نموذج البيانات الكينونة–علاقة الموَسع EER Model، ثانياً تصميم النموذج المنطقي Logical Data Model لقاعدة البيانات من خلال تطبيق خوارزمية التحويل Mapping Algorithm على النموذج الأولي للبيانات، ثالثاً يتم بناء النموذج الفيزيائي Physical Data Model لقاعدة البيانات الجغرافية وبالتالي تحقيق الوجود الفعلي لقاعدة البيانات الجغرافية العلائقية وذلك استناداً إلى مخطط قاعدة البيانات Database Schema الناتج عن النموذج المنطقي. تمت هذه الدراسة على شبكة الاتصالات الهاتفية لمركز اتصالات قرى الأسد بريف دمشق، حيث تم استخدام MS Visio من أجل تخطيط كل من النموذج الأولي والنموذج المنطقي لقاعدة البيانات الجغرافية العلائقية، بينما تم بناء النموذج الفيزيائي وتحقيق الوجود الحقيقي لقاعدة البيانات الجغرافية العلائقية للحالة المدروسة ضمن برنامج ArcMap. أظهر استخدام نموذج البيانات EER Model لبناء قاعدة البيانات الجغرافية العلائقية لشبكة اتصالات قرى الأسد مرونة وفاعلية كبيرة في تصميم مخططات قواعد بيانات دقيقة تعكس خصائص وقيود البيانات بشكل أكثر دقة الأمر الذي يؤدي إلى قاعدة بيانات جيدة الإنشاء وفعّالة من الناحية الوظيفية والتشغيلية.

الكلمات المفتاحية: Extended Entity Relationship Model, Conceptual Data Model, Physical Data Model, Database Schema

Managing Spatial Databases for The Telephone Communications Network Using Satellite Data and Decision Support Systems

[1*]Ayman Alyousef, [2] Habib Salim, [3] Hana Essa.

[1]: Main Researcher, PHD of Photogrammetry, GORS, Damascus Syria

[2]: Main Researcher, PHD of Photogrammetry, GORS, Damascus Syria

[3]: Assistant Researcher, PHD student of Photogrammetry, GORS, Damascus Syria.

[*]: Email pf correspondence author, [*]: DR.ENG. Ayman Alyousef, Email: alyousef.ayman@gmail.com

ABSTRACT: This research presents a method for modeling geographic data using the Extended Entity Relationship Data Model, or EER Model with the aim of designing and building a relational geographic database. The proposed methodology includes firstly creating Initial Model for geographic database Conceptual Data Model based on Extended Entity-Relationship Data Model (EER Model), secondly designing Logical Data Model for database by applying Mapping Algorithm to initial data model, thirdly, building Physical Data Model for geographic database, thus achieving the actual existence of relational geographic database based on Database Schema resulting from logical model. This study was carried out on telephone communications network of Qura Al-Assad Communications Center in Damascus countryside, where MS Visio was used to plan both initial and logical models of relational geographic database, while physical model was built and the real existence of relational geographic database was achieved within ArcMap program.

Keywords: Extended Entity Relationship Model, Conceptual Data Model, Physical Data Model, Database Schema

مقدمة:

أدت التطورات في نظم المعلومات الجغرافية GIS إلى التوجه نحو الاستخدام الفعال لقواعد البيانات من خلال تحديد العلاقة Relationship بين الكيانات Entities في العالم المدروس والذي يمكن أن يتحقق من خلال الاختيار الصحيح لنموذج البيانات Data Model من أجل تمثيل المحيط الجغرافي المدروس. هنالك العديد من الطرق التي يمكن من خلالها نمذجة العالم الجغرافي من حولنا حيث سيؤثر التمثيل الذي نختاره لنموذج البيانات على كيفية أخذ عينات من المحيط الجغرافي، وكيفية عرضها مرئياً، والعلاقات بين الكيانات التي يمكن تمثيلها، بالإضافة إلى عمليات الاستعلام والتحليل التي يمكن تطبيقها على البيانات. يمكن أن نلاحظ الجهود التي بذلت على مر السنوات لتطوير نماذج البيانات لملاءمة تعقيدات العالم الجغرافي الذي نعيشه حيث تم تقديم نموذج الكينونة –علاقة Entity–Relationship Model من قبل الباحث (Chen, 1976). أدخل الباحث (Smith, 1977) مفاهيم التعميم Generalization على نموذج الـ ER. في الدراسة المقدمة من قبل الباحث (Elmasri et al, 1980) تمت مناقشة القيود الممكنة على العلاقات بين الكيانات في العالم الجغرافي المدروس. اقترح الباحث (Hammer et all. 1981) نموذجا للبيانات قائم على مفهوم الكيان الأب والكيان الابن super class\sub class لتمثيل العلاقة بين الكيانات في العالم الجغرافي. كما تم دمج الصفات متعددة القيم والمركبة للكيانات ضمن نموذج ER في الدراسة المقدمة من قبل (Elmasri, R., and Larson. 1985). قدم الباحث (Eick, 1991) تصميم وتحويل مخططات النماذج الأولية لقواعد البيانات الجغرافية بما يلائم العمل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية. عرض الباحث (Mylopoulos,2004) عدة استراتيجيات لبناء مخطط النموذج الأولي لقاعدة البيانات باستخدام نموذج EER. أوضح (Elsevier, 2012) أن الكيانات المكانية معقدة والهدف هو تبسيط عرضها في النماذج الأولية حيث قدم مجموعة من الرموز المقترحة إلى نموذج ER بحيث تلائم هذه النماذج البيانات المكانية. أوصى الباحث (Robson, et.al, 2012) بأن يتضمن مخطط نموذج البيانات بكافة التعريفات metadata التي تصف

الكيانات والعلاقات والقيود التي تحكمها وقواعد التكامل والتحقق و...إلخ وذلك لتسهيل مهمة صيانة وتحديث قاعدة البيانات لاحقا. ينظم مؤتمر لنشر نتائج البحوث المتعلقة بنماذج البيانات بشكل منتظم ودوري منذ عام 1979 وحتى يومنا هذا حيث يعرف المؤتمر حاليا باسم **المؤتمر الدولي للنمذجة الأولية للبيانات** وقد عُقد المؤتمر في دورته 39 في عام 2020 في فيينا في استراليا، كما ناقشت ورشات عمل دولية مرافقة للمؤتمر الدولي للنمذجة الأولية للبيانات مسألة دمج مفاهيم نماذج البيانات الأولية في نظم المعلومات الجغرافية (SECOGIS2009, 2010, 2012, 2013, 2014). يهدف هذا البحث إلى تصميم وبناء قاعدة بيانات جغرافية لأحد محاور شبكة الاتصالات الهاتفية في مركز اتصالات قرى الأسد بريف دمشق. تم استخدام نموذج البيانات الكينونة – علاقة الموسع Extended Entity–Relationship model أو باختصار EER model لبناء قاعدة البيانات الجغرافي للحالة المدروسة. في هذا البحث يتضمن المقطع الثاني عرض منطقة العمل (بلدة قرى الأسد في ريف دمشق)، يبين المقطع الثالث الطرائق والمواد المستخدمة لبناء قاعدة البيانات الجغرافية لمنطقة العمل. يتضمن المقطع الرابع التطبيق العملي ونتائج استخدام نموذج البيانات EER Model. يسرد المقطع الخامس الخلاصة والتوصيات وفي نهاية البحث قائمة المراجع.

1. مشكلة البحث:

غالباً ما يتم تنفيذ مشاريع إدارة قواعد البيانات دون تصميم النموذج الأولي للحالة المدروسة مما قد يتسبب بنقص في تشخيص هذه الحالة بما تحتويه من سمات وكائنات وعلاقات، وهذا بدوره ينعكس على النموذج المنطقي المحوسب والنموذج الفيزيائي النهائي من حيث إغفال عوامل قد يكون لها وزنها في عملية دعم صناعة القرار.

2. مبررات وأهمية البحث:

تكمن أهمية ومبررات هذا البحث من خلال تقديمه لدراسة منهجية عن إدارة قواعد البيانات المكانية من حيث مراحل العمل لتصميم هيكلية قواعد البيانات بناءً على تحليل واقعي

للحالة المدروسة ومن ثم تصميم النموذج الاولي للحالة وفق مخططات منهجية ورموز معتمدة للكائنات والصفات والعلاقات بكافة أنواعها، ومن ثم تطبيق الخوارزميات المعتمدة لتحويل النموذج الأولي إلى نموذج منطقي يحاكي لغة الحاسب وصولاً إلى النموذج الفيزيائي والذي يعتبر المنتج النهائي لعملية إدارة قواعد البيانات المكانية. من خلال هذه المنهجية يتم تلافي أي ثغرات تعترض عملية التوصيف الدقيق للحالة المدروسة مقارنة بالطرق الأخرى المتبعة.

3. منطقة العمل

تقع منطقة العمل ضمن مدينة ريف دمشق بلدة قرى الأسد ويتركز العمل على مواقع عناصر شبكة الاتصالات الهاتفية لأحد محاور الكوابل الرئيسة ومساراته الفرعية وكذلك مواقع الكبائن والعلب الهاتفية على طول هذا الخط. يوضح الشكل (1) الصورة الفضائية لمنطقة العمل.

الشكل (1): صورة فضائية لمنطقة العمل – بلدة قرى الأسد

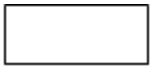
4. المواد والطرائق

1.4. نموذج الكينونة – علاقة الموسع Extended Entity–Relationship model (EER model)

يستخدم نموذج الكينونة–علاقة الموسع EER Model في هذا البحث في بناء النموذج الأولي لقاعدة البيانات الجغرافية العلائقية للحالة المدروسة. يتميز نموذج الـ EER Model بقدرته على التعامل مع البيانات المعقدة (المركبة) والتي تتألف من مستويات متعددة، السمات المكانية القياسية الموجودة في نظم المعلومات الجغرافية، التمثيلات المتعددة للسمات المكانية، والطبولوجيا (العلاقات المكانية) بين السمات. هذه الميزات تجعل من نموذج الـ EER قادرا على تجاوز النقص في تمثيل العناصر الجغرافية والمتطلبات الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية في نماذج البيانات التقليدية والتي تنفع في الغالب لأغراض تصميم وبناء قواعد بيانات تجارية. يستخدم نموذج البيانات الـ EER مجموعة من الأدوات و**المفاهيم** والرموز التخطيطية والتي تشكِّل بمجموعها ما يُسمَّى بـ EER Diagram والذي يعبر عن مكونات العالم الجغرافي المدروس والعلاقات التي تحكمها بطريقة تخطيطية. فيمايلي أهم هذه المفاهيم:

1. الكيان أو الكينونة (Entity):

هو الوحدة الأساسية التي يتم تمثيلها في مخطط الـ EER، ويشير هذا الكيان إلى "شيء" حقيقي في منطقة الدراسة سواء كان له وجود فعلي مثل (عقار، مالك، ...الخ)، أو وجود منطقي مثل (مُلكية، مقرر، ...الخ). ويتم تمثيل الكيان باستخدام شكل مستطيل يكتب داخله اسم الكيان أو الكينونة، كذلك يمكن أن يحتوي المستطيل على معلومات إضافية تشير إلى النوع المكاني للكيان (نقطة أو خط أو مضلع) ورمز يشير إلى الطبولوجيا (العلاقة المكانية) ورمز يشير إلى ترميز الكيان المكاني بالإحداثيات، الشكل (2).

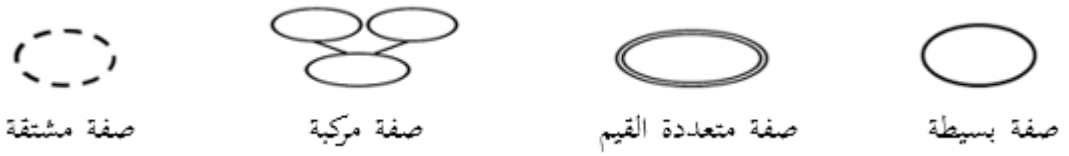


الشكل (2): الكيان في مخطط EER

2. الصفة (Attribute):

تَصف الكيان وتكون تابعة له في مخطط EER، مثل (مساحة عقار)، (عنوان المالك)،...الخ، كل صفة تتبع كيان معين ولا تتبع كيان آخر. الصِّفة يمكن أن تكون بسيطة (simple attribute) أو مركبة (composite attribute). يمكن أن تكون أحادية القيمة أو متعددة القيم (multivalued attribute). كذلك الصِّفة المشتقة

(derived attribute) والتي هي صفة بسيطة يمكن الحصول عليها من صفة بسيطة أخرى بالطرق الحسابية المعروفة. يتم تمثيل الصَّفة في مخطط EER باستخدام شكل بيضاوي، الشكل (3).



الشكل (3): الصفة في مخطط EER

3. مفتاح الكيان (Entity Key):

صفة خاصة تميز كل كيان عن غيره أي تُعرِّف الكيان بطريقة وحيدة تُسمَّى المفتاح الأساسي Primary key(PK) ونُميزَه في مخطط EER بوضع خط مستمر تحته، الشكل (4).

الشكل (4): المفتاح الأساسي في مخطط EER

4. العلاقات Relationship

العلاقة (R) بين مجموعة من الكيانات (E1,E2,... En) تُمثِّل الارتباطات بين هذه الكيانات في منطقة الدراسة التي تمثلها قاعدة البيانات. تنقسم العلاقات ضمن قاعدة البيانات الجغرافية إلى:

- علاقات عادية: علاقة واحد-إلى-واحد (one-to-one) 1:1
- علاقة واحد-إلى-كثير (one-to-many)
- 1:N وعلاقة كثير-إلى-كثير (many-to-many) أو M:N.

يتم تمثيل هذه العلاقات في مخطط EER باستخدام شكل المُعيَّن والذي يرتبط مع الكيانات بخطوط مستقيمة، ويكتب داخل المُعيَّن اسم العلاقة بصيغة فعل مضارع (غالباً)، ويمكن أن تتحول العلاقة فيما بعد إلى حقل في جدول ويمكن أن تصاغ كجدول منفصل.

- علاقات مكانية: يتم تحديدها من خلال تعريف العلاقات الطبولوجية (الاتصال، الجوار، الاحتواء، ...إلخ) بين الكيانات الجغرافية. يتم تمثيل العلاقات الطبولوجية في مخطط

EER باستخدام شكل سداسي الأضلاع يرتبط مع الكيانات بخطوط مستقيمة الشكل (5).

الشكل (5): العلاقة المكانية في مخطط EER

إن أهم مايميز نموذج البيانات EER Model عن غيره من نماذج البيانات التقليدية والتي تجعله فعالاً في تمثيل العناصر الجغرافية ومواجهة المتطلبات الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية:

1. مفهوم الكيان الأب/الابن Super\Sub Class والعلاقة الرابطة بينهما والتي تدعى الميراث Inheritance والتي تشير إلى آلية وراثة الكيانات الأبناء الصفات والعلاقات من الكيانات الآباء في مخطط EER.
2. مفهوم التخصيص/التعميم Specialization\Generalization إذ يشير التخصيص إلى الآلية التي يتم من خلالها إنشاء كيانات أبناء ترتبط بالكيان الأب (التعميم هو العملية المعاكسة للتخصيص) ويتم تنفيذ ذلك استناداً إلى صفة محددة أو نوع علاقات معين.

2.4. خوارزمية تحويل نموذج البيانات Data Model Mapping Algorithm

تطبق خوارزمية التحويل في هذا البحث على مخطط EER الأولي وذلك بهدف الحصول على النموذج المنطقي للبيانات والذي يمثل بنية قاعدة البيانات الجغرافية العلائقية كما يجب أن تنفذ ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية. تتألف خوارزمية التحويل من الخطوات التالية:

1. تحويل الكيانات (الكينونات) والصفات:

تحويل كل كيان إلى جدول يتكوَّن من الحقول الَّتي تقابل صفات ذلك الكيان. يتمُّ تحديد أحد صفات الكيان وتسميته بالمفتاح الرئيسي Primary Key (PK).

2. تحويل العلاقات الثنائية من النَّوع 1:1

تتم عملية التَّحويل وفق عدَّة خيارات أشهرها خيار يُسمَّى بطريقة المفتاح الأجنبي foreign key (FK) وفيها يُضاف المفتاح الرَّئيسي لأحد الجدولين المرتبطين إلى الجدول الآخر كمفتاح أجنبي.

3. تحويل العلاقات الثنائية من النَّوع 1:N

يُنشَأ جدولين لتمثيل الكيانين المرتبطين، على أن تُطبق طريقة المفتاح الأجنبي السَّابقة، وذلك بإضافة المفتاح الرئيسي للجدول من جهة العلاقة (1) إلى الجدول المرتبط بالعلاقة (N).

4. تحويل العلاقات الثُّنائية من النَّوع M:N

يُستخدم في هذا النَّوع من العلاقات جدول جديد، وبالتالي يكون ناتج هذه العلاقة ثلاثة جداول. جدولين لتمثيل الكيانين المرتبطين ويضمُّ الجدول الثَّالث حقلين كمفتاحين أجنبيين يمثِّلان المفتاحين الرئيسيين في الجدولين المرتبطين، ويمكن إضافة أي حقل آخر يكون له مغزى، كأن تكون العلاقة لها صفة بذاتها فتتحول الصِّفة إلى حقل في الجدول الجديد.

من حيث المعطيات المستخدمة في العمل فقد تم استخدام مشهد فضائي لبلدة قرى الأسد مأخوذ من التابع الصنعي IKONOS في العام 2002 بقدرة تمييز مكانية (1) متر، ومخطط تنظيمي ورقي للبلدة المذكورة يتضمن مسارات خطوط الاتصالات الهاتفية ومواقع الكبائن و العلب الهاتفية يتم الاستناد عليه لبناء كافة الكينونات الجغرافية ومن خلال زيارات ميدانية لمنطقة العمل تم تحديد الاحتياجات والمتطلبات وبالتالي جمع كافة البيانات الوصفية اللازمة لبناء قاعدة البيانات الجغرافية المراد تصميمها في هذا البحث.

5. مراحل العمل والنتائج

1.5 فهم هيكل المؤسسة وتحليل آلية العمل

تم إنجاز هذه المرحلة من خلال الخطوات التالية:

1. التعرف إلى الهيكل التنظيمي للمؤسسة.
2. تحديد المهام التي تقوم بها المؤسسة.

3. من أجل كل مهمة تم تحديد جميع أنواع ومصادر البيانات اللازمة لإنجاز هذه المهمة وذلك من خلال جرد لجميع أنواع البيانات التي تحتفظ بها المؤسسة.
4. تنظيم البيانات (الوصفية والمكانية) في مجموعات منطقية.

تم تنفيذ زيارة ميدانية إلى موقع العمل – مركز اتصالات قرى الأسد، وبنتيجة الزيارة تبين ما يلي:

تم تصنيف البيانات كما يلي:

- بيانات مكانية لعناصر الشبكة متوفرة بشكل ورقي على المخطط التنظيمي للبلدة.
- بيانات وصفية لمواصفات عناصر الشبكة ولكتها تحتاج إلى توثيق بشكل يخدم العمل من خلال تفريغها بشكل كتابي إما على الحاسب أو على الورق.

تبدأ شبكة الاتصالات من غرفة التجربة والتي تحتوي على تجهيزات وتوصيلات يتم من خلالها التحكم بكافة عناصر الشبكة.

تتصل غرفة التجربة بغرفة الزيرو والتي تنطلق منها شبكة الاتصالات إلى مناطق التغطية المختلفة عبر عدة محاور كل محور متمثل بكبل لتمر عبر كبائن تخدم عدة علب لتنتهي الشبكة الهاتفية بالمشتركين.

2.5 إنشاء النموذج الأولي لقاعدة البيانات الجغرافية (مخطط EER)

يتم تحويل نتائج المرحلة الأولى المتمثلة باستخلاص البيانات والمتطلبات الخاصة بالمستخدمين إلى مخطط رسومي له بنية مفهومة وسهلة يسمى النموذج الأوَّلي لقاعدة البيانات حيث يتميز هذا النَّموذج بأنه مستقل عن طبيعة البيانات وخصائصها وكذلك عن الطَّريقة الَّتي ستتمُّ فيها عملية التَّنفيذ. أُنشئ النموذج الأولي لقاعدة البيانات الجغرافية باستخدام نموذج البيانات EER وفق االخطوات التالية:

1. تحديد الكينونات Entities ضمن منطقة الدراسة. وهو إما أن يكون كيان عادي بسيط (non-geographic) أو أن يكون كيان جغرافي (geographic) حيث يرافق عملية تحديد الكينونات:

- تحديد النوع المكاني Spatial type للكيانات الجغرافية.

– تعريف العلاقات الطبولوجية topology بين الكيانات الجغرافية.

– تعريف العلاقات العادية Relationship التي تربط بين الكينونات على أرض الواقع ضمن منطقة الدراسة.

2. تحديد صفات Attribute كل كيان بسيط أو جغرافي.

3. تطبيق مفهوم التخصيص على الكينونات ضمن منطقة الدراسة. يتضمن ذلك تحديد:
– الكيانات الأبناء Subclass لكل كيان أب Superclass
– الصفات الخاصة بكل كيان ابن والتي تميزه عن غيره من الكيانات الأبناء (لنفس الأب) .
– العلاقة بين الكيان الابن والكيانات الأخرى ضمن منطقة الدراسة (حيث أن الكيان الابن يمكن أن يرث من الكيان الأب علاقته بالمحيط المدروس).
– الأنواع الفرعية Subtypes لكل كيان أب أو ابن.
عند تطبيق التخصيص على الكيانات نحن أمام أهم قرارات التصميم حيث أنه من الضروري في بعض الأحيان إنشاء فئات إضافية من الكيانات (كيانات أبناء) إما بسبب سمات إضافية محددة أو بسبب أنواع علاقات معينة وفي أحيان أخرى يتوجب أن يبقى الكيان وحدة واحدة إنما ينطوي على أنواع فرعية subtype.

4. تحديد المفتاح الرئيسي لكل كيان(أب/ابن) Primary Key (PK)

يبين الجدول (1) كافة مكونات هيكلية قواعد البيانات المنشودة مع صفاتها وارتباطاتها ومفاتيحها الرئيسية و الأجنبية.

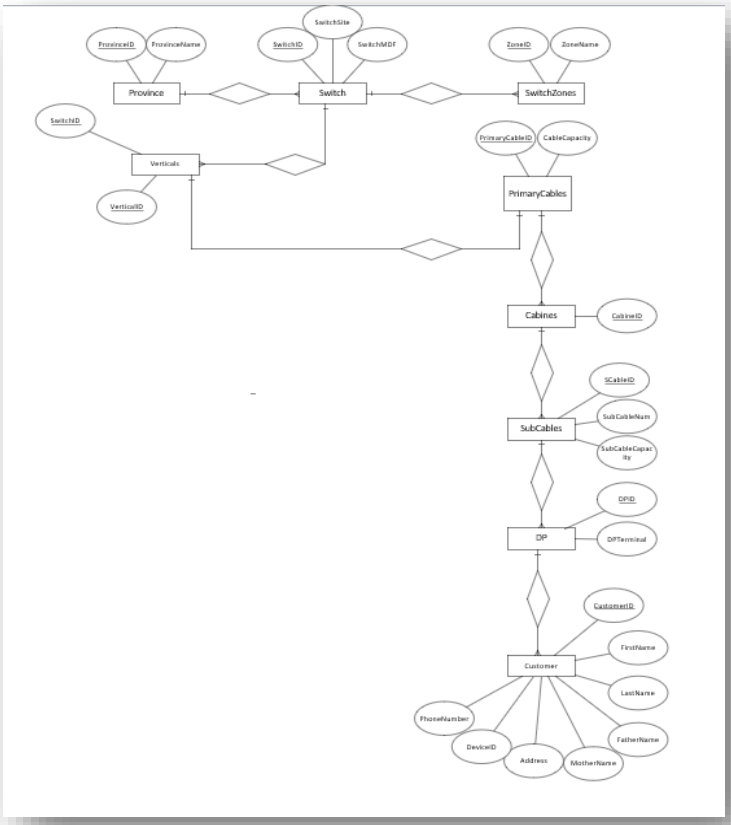
الجدول (1) مكونات هيكلية قواعد البيانات

المكون	الصفات	يرتبط مع	المفتاح الأجنبي
المحافظة (Proviance)	الاسم –الرمز (المفتاح الرئيسي)	المقسم	

المقسم (Switch)	الاسم –الرمز (المفتاح الرئيسي)	المحافظة	رمز المحافظة
الموقع (Switch zone)	الاسم –الرمز (المفتاح الرئيسي)	المقسم–االتجربة	رمز المقسم
التجربة (موجودة داخل المقسم)	الرمز (المفتاح الرئيسي)	المقسم–القائم	رمز المقسم
القائم (Vertical)	الرقم –الرمز (المفتاح الرئيسي)	التجربة–الرئيسي على القائم	رمز التجربة
الرئيسي على القائم (جزء من القائم)	الرمز (المفتاح الرئيسي)	القائم–الكبل الرئيسي	رمز القائم
حالة الرقم	ACTIVE – FREE– FAULTY –RESERVED	الرئيسي على القائم	رمز الرئيسي على القائم
الكبل الرئيسي(Primary Cable)	الرقم –الرمز (المفتاح الرئيسي)	الرئيسي على القائم–المجموعة	رمز الرئيسي على القائم
المجموعة (Cabinet)	الاسم –الرمز (المفتاح الرئيسي)	الكبل الرئيسي–الرئيسي على المجموعة	رمز الكبل الرئيسي
الرئيسي على المجموعة (امتداد الكبل الرئيسي)	الرمز (المفتاح الرئيسي)	المجموعة–الفرعي على المجموعة	رمز المجموعة
الفرعي على المجموعة (Sub Cable)	الرمز (المفتاح الرئيسي)	الرئيسي على المجموعة –الكبل الفرعي قي المحموعة	رمز الرئيسي على المجموعة
الكبل الفرعي قي المجموعة (امتداد الفرعي على المجموعة)	الاسم –السعة–الرمز (المفتاح الرئيسي)	الفرعي على المجموعة –علبة التوزيع	رمز الفرعي على المجموعة
علبة التوزيع (DP)	الرمز (المفتاح الرئيسي)	الكبل الفرعي قي المحموعة –التيرمينال على علبة التوزيع	رمز الكبل الفرعي قي المجموعة
التيرمينال على علبة التوزيع (جزء من علبة التوزيع)	الاسم –الرمز (المفتاح الرئيسي)	علبة التوزيع –المشترك	رمز علبة التوزيع

المشترك (Customer)	الاسم– رقم الاشتراك –تجهيزة رقم الاشتراك –العنوان–الرقم الوطني (المفتاح الرئيسي)	التيرمينال على علبة التوزيع	رمز التيرمينال على علبة التوزيع

كما يبين الشكل (6) النموذج الأولي لنظام إدارة قواعد البيانات المكانية في مركز اتصالات قرى الأسد ضمن محافظة ريف دمشق.



الشكل (6) النموذج الأولي لنظام إدارة قواعد البيانات المكانية في مركز اتصالات قرى الأسد

3.5. تصميم النموذج المنطقي لقاعدة البيانات الجغرافية (مخطط قاعدة البيانات Database Schema

تم في هذه المرحلة تطوير مخطط تدفق flowchart يشمل وصفاً لبنية قاعدة البيانات الجغرافية كما يجب أن تُنفذ ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية يسمى مخطط قاعدة البيانات Database schema ناتج عن معالجة خاصة لمخطط EER الناتج من المرحلة السابقة (النموذج الأولي). يبين مخطط قاعدة البيانات مجموعات البيانات والعلاقات والهيكل التنظيمي والتدفق ضمن قاعدة البيانات الجغرافية العلائقية. تم إنشاء مخطط قاعدة البيانات الجغرافية (النموذج المنطقي) استنادا إلى مخطط EER على مرحلتين:

1.3.5 تخطيط قاعدة البيانات المكانية:

أنشئ مخطط قاعدة البيانات المكانية باعتماد أسس التصنيف التالية للكيانات المعرفة ضمن النموذج الأولي:

- تصنيف الكيانات في النموذج الأولي إلى طبقات مستقلة feature classes حيث تُعرَّف الطَّبقة بأنَّها تصنيف منفصل لنوع من السِّمات feature المكانية (نقطة، خط، مضلع).
- تنظيم الطبقات ضمن مجموعات feature dataset بحيث أن:

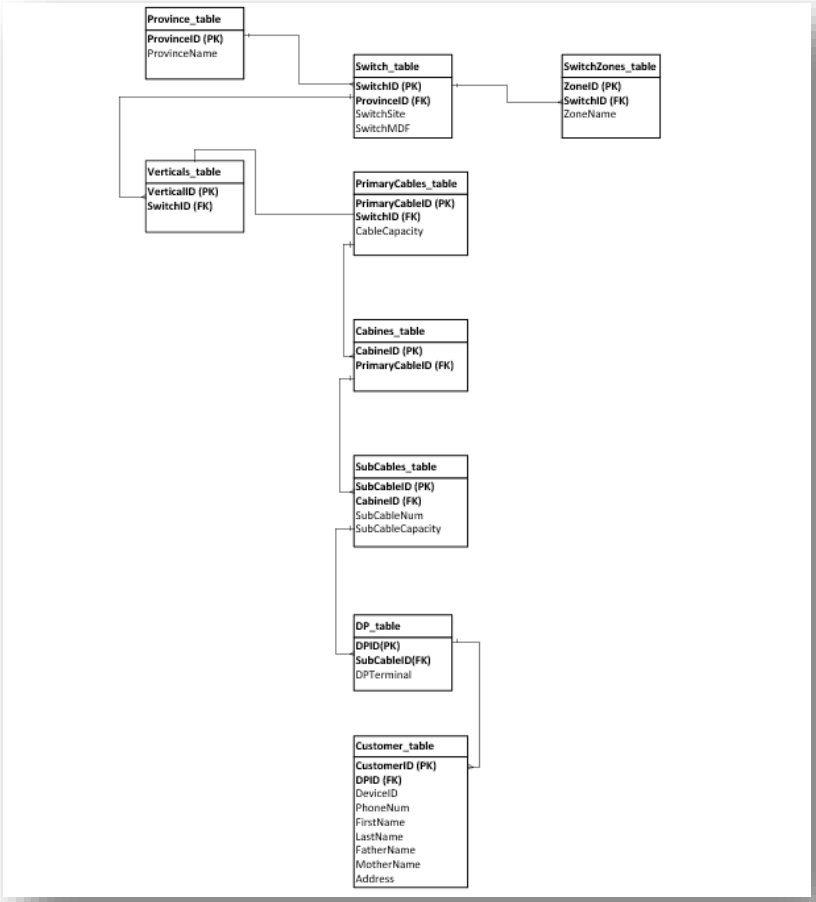
– كل شبكة من شبكات البنية التحتية (الطرق، الكهرباء، **الهاتف**، ...إلخ) تجمع العناصر (السمات) المكونة لها feature class ضمن مجموعة واحدة.

– يمكن أن نجمع الكيانات التي تتشارك بعلاقات مكانية (طبولوجية) ضمن مجموعة واحدة.

– الكيانات الفردية التي لا ترتبط بأي علاقات مكانية أو لاتنتمي إلى أي من شبكات البنية التحتية يمكن أن تجمع في مجموعة واحدة (على الرغم من اختلاف نوعها المكاني)

2.3.5 تخطيط قاعدة البيانات العلائقية:

تم الحصول على مخطط قاعدة البيانات العلائقية (المرتبطة بالطبقة المكانية) من تطبيق خوارزمية التحويل على مخطط EER، الشكل (7).



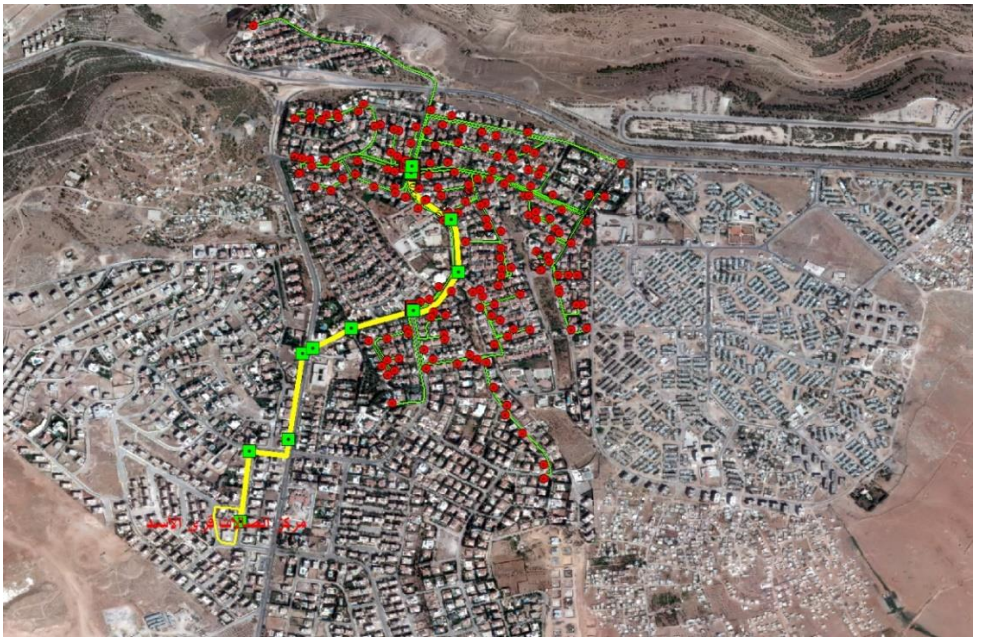
الشكل (7) النموذج المنطقي لنظام إدارة قواعد البيانات المكانية في مركز اتصالات قرى الأسد

إن اجتماع مخطط قاعدة البيانات المكانية ومخطط قاعدة البيانات العلائقية يشكل مخطط قاعدة البيانات الجغرافية كما يجب أن تنفذ ضمن بيئة عمل نظم المعلومات الجغرافية GIS.

4.5 إنشاء قاعدة البيانات الفيزيائية

يتحول التركيز الآن إلى تحقيق وجود فعلي لمخطط قاعدة البيانات الجغرافية ضمن بيئة عمل GIS وهذا يتطلب فهم مكونات ووظائف نظم المعلومات الجغرافية من جهة وخبرة في نمذجة قواعد البيانات الجغرافية بالإضافة إلى امتلاك تقنيات إدارة البيانات من جهة أخرى. أُنشئت قاعدة البيانات الجغرافية الفيزيائية ضمن برنامج ArcMap استناداً إلى النموذج المنطقي (مخطط قاعدة البيانات) الناتج في المرحلة السابقة وفق الخطوات التالية:

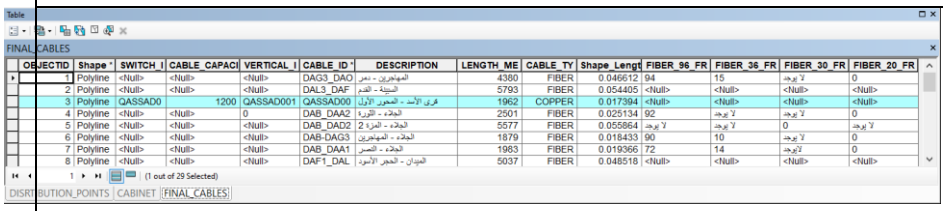
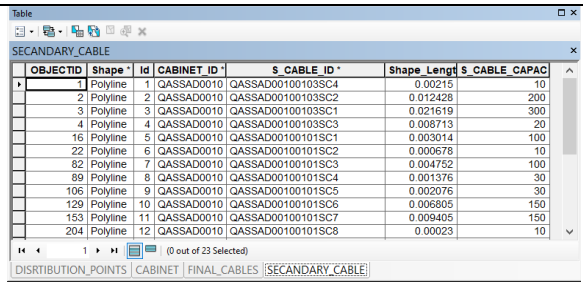
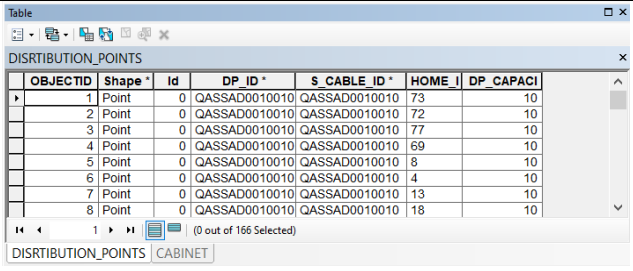
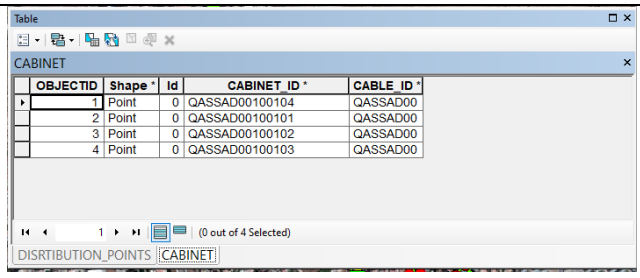
1. إنشاء الطبقة المكانية وفق البنية المحددة لها في مخطط قاعدة البيانات. لأجل ذلك تم استخدام جميع مصادر البيانات المكانية المتوفرة، حيث استخدمت معطيات الاستشعار عن بعد (الصورة الفضائية) كذلك تم استخدام المعطيات المكانية المتوفرة لدى مركز اتصالات قرى الأسد (مسارات الكابلات الرئيسية والثانوية ومواقع الكبائن والعلب الهاتفية) الشكل (8).



الشكل (8): الطبقة المكانية لشبكة اتصالات مركز قرى الأسد – المحور الأول

2. إنشاء الجداول وفق البنية المحددة لها في مخطط قاعدة البيانات وهي إما أن تصف كيان جغرافي وتكون تابعة له أو أن تكون جداول فردية ترتبط بعلاقة مع الكيانات الجغرافية، الجدول (2).

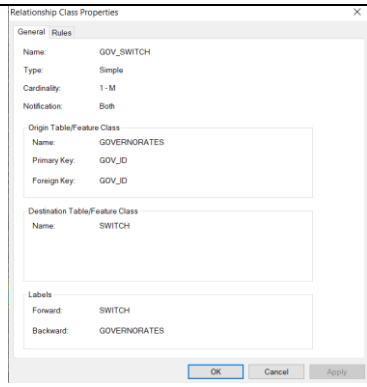
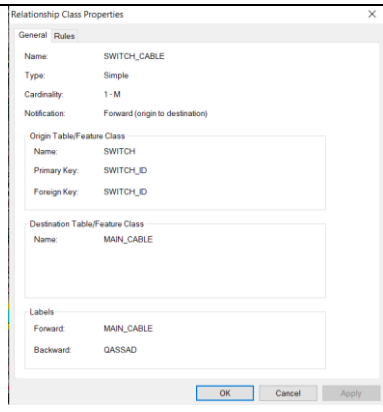
الجدول (2): توصيف بعض الكائنات الجغرافية

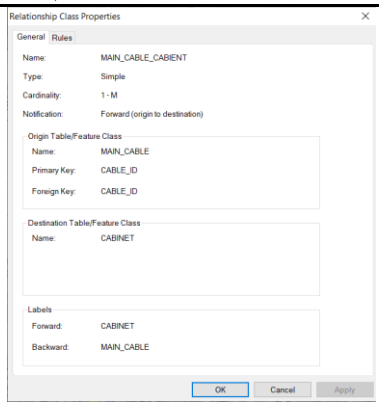
الكائن	الصفات
الكابلات الرئيسية	
الكابلات الثانوية	
نقاط التوزيع	
الكبائن	

الشكل (9):

3. إنشاء العلاقات relationship class المعرّفة بين الكيانات وذلك استناداً إلى مخطط قاعدة البيانات حيث يلعب المفتاح الرئيسي (في الجدول الأصل) والمفتاح الأجنبي (في الجدول الوجهة) دورا مهماً وأساسياً في تعريف تلك العلاقة الرابطة بين الكيانات على اختلاف أنواعها، الجدول (3).

الجدول (3): توصيف بعض العلاقات

العلاقة	التوصيف
المحافظة مع مركز الاتصالات	
مركز الاتصالات مع الكابلات الرئيسية	

الكابلات الرئيسية مع الكبائن	

6. الخلاصة والتوصيات

تم في هذا البحث نمذجة البيانات الجغرافية لشبكة الاتصالات الهاتفية في أحد مراكز الاتصالات من خلال تصميم وبناء قاعدة بيانات جغرافية علائقية استناداً إلى نموذج البيانات الكينونة – علاقة الموَسع EER Model. وبناءً على ماأنجز في هذا البحث فإنه يمكن تصنيف نموذج البيانات EER Model في المقدمة عند تصميم قواعد البيانات الجغرافية العلائقية كونه يوفِّر كافة الأدوات للتَّعبير عن الكينونات وصفاتها والعلاقات فيما بينها، قادر على التعبير عن مستويات عدة من الكيانات وبالتالي مستويات متعددة من الصفات والعلاقات، بإمكانه التعامل مع السمات المكانية القياسية الموجودة في نظم المعلومات الجغرافية والتمثيلات المتعددة للسمات المكانية والطبولوجيا (العلاقات المكانية). ومن جهة أخرى، يتيح نموذج البيانات EER Model عرض قاعدة البيانات بالكامل وتقييم كيفية تفاعل الجوانب المختلفة منها وبالتالي فإنه يؤدي إلى قاعدة بيانات جيدة الإنشاء وفعالة من الناحية الوظيفية والتشغيلية الأمر الذي يؤدي إلى زيادة المرونة في استرجاع البيانات وتحليلها، القابلية للتوسع التي تتلاءم بسهولة مع الوظائف المستقبلية، وتقليل تكرار البيانات ...إلخ. استنادا إلى ماأنجز في هذا البحث فإنه يوصى بالاهتمام بعملية التصميم لقواعد البيانات الجغرافية حيث أن إنفاق الوقت والمال لتحديد مشكلات التصميم وحلها مبكراً يوفر الحاجة إلى إنفاق موارد أكبر لاحقاً في محاولة لحل ما قد يصبح مشكلات لا

يمكن التغلب عليها، كذلك التأكيد على أهمية التوثيق لقاعدة البيانات من خلال إنشاء كتالوج قاعدة البيانات كونه حجر الأساس في تطوير قواعد البيانات الحديثة مقارنةً بالنظم القديمة الَّتي لم تكن تستخدم هذه التِّقنية. في الدراسات المستقبلية من أجل تصميم وبناء قاعدة بيانات جغرافية فإنه يمكن إدخال عامل الزمن **t** إلى قواعد البيانات الجغرافية وذلك لتحقيق المرونة في إدارة التغيرات مع الزمن لكل من البيانات الوصفية والمكانية.

7. المراجع:

Chen, P, 1976— *The Entity Relationship Mode—Toward a Unified View of Data*, Center for Information Systems Resear Cambridge, Massachusetts, 68p.

Eick, C. 1991, *A Methodology for the Design and Transformation of Conceptual Schemas*, Proceectings of the 17th International Conference on Very Large Data Bases

[1] Elmasri, R., and Wiederhold, G— 1980, *Structural Properties of Relationships and Their Representation*, NCC, AFIPS, 49.

[2] Elmasri, R., and Larson, J. 1985— *A Graphical Query Facility for ER Databases*, in ER Conference.

[3] Elmasri, R., Weeldreyer, J., and Hevner, A. 1985— *The Category Concept: An Extension to the Entity- Relationship Model*, DKE, 1:1, May 1985.

[4] Elmasri, R. and Shamkant B., 2016— *Fundamentals OF Database Systems*, seventh edition, chapter 4, The Enhanced Entity–Relationship (EER) Model, Library of Congress,1273.

[5] Elsevier Ltd.2012—*Entity-relationship and object-oriented formalisms for modeling spatial environmental data*, Environmental Modelling & Software 33 (2012) 80-91

[7] Hammer, M., and McLeod, D. 1981— *Database Description with SDM: A Semantic Data Model*, TODS, 6:3, September.

[8] Hugh W. Calkins 1996— *Entity Relationship Modeling of Spatial Data for Geographic Information Systems*, International Journal of Geographical Information Systems

[9] John M., 2004— *Conceptual Modeling with the (Extended)Entity-Relationship Model. ECS-165A WQ'11*

[10] Parent C., and Spaccapietra, S. 1985— *An Algebra for a General Entity-Relationship Model*, TSE, 11:7, July 1985

[11] Robson do N. Fidalgo, Elvis Maranhão, Sergio España, Jaelson Castro, Oscar Pasto, 2012— *EERMM: A Metamodel for the Enhanced Entity-Relationship Model International Conference on Conceptual Modeling*

[12] Shashi S., Ranga R.V., Sanjay C., and Thomas E. B. *2000—Spatial Pictogram Enhanced Conceptual Data Models and Their Translation to Logical Data Models.*

[13] Silvia G. and Robert L., 2001— *Conceptual Modeling of Geographic Applications*, advanced geographic information systems – vol. i - conceptual modeling of geographic applications,

[14] Smith J. and Smith D., 1977— *Database Abstractions: Aggregation and Generalization*, TODS, 2:2, June.

[15] Soutou, G. 1998— *Analysis of Constraints for N-ary Relationships*, in ER98 conference.

تحليل باستخدام الشبكات العصبونية الاصطناعية للهبوط السطحي الأعظمي أعلى الأنفاق المنفذة بالطريقة النمساوية الحديثة

د. ريم بوبو[1]

ملخص

يتناول هذا البحث دراسة هبوط سطح الأرض الناتج عن تنفيذ الأنفاق قليلة العمق بالطرق التقليدية التي تتطلب حفر وتدعيم النفق على مراحل متتالية. تضمنت الدراسات المرجعية اقتراح العديد من العلاقات التجريبية لحساب قيمة الهبوط السطحي الأعظمي أعلى الأنفاق اعتماداً على خصائص الوسط المحفور بالإضافة لبعض الخصائص الجيومترية مثل قطر النفق وسماكة طبقة التغطية أعلاه. بالرغم من أهمية طريقة تنفيذ النفق وما يمكن أن تلعبه من دور في حدوث الهبوطات إلا أنها لم تؤخذ بعين الاعتبار بشكل واضح في الأبحاث السابقة عند حساب قيمة الهبوط أعلى النفق. يقترح هذا البحث دراسة العلاقة بين الهبوط السطحي الأعظمي أعلى النفق وقيمة التشوه القطري convergence الناتج في محيط حفرية النفق أثناء تنفيذه بالطريقة النمساوية الحديثة. حيث يتناول البحث دراسة دور سماكة طبقة التغطية أعلى النفق في تخامد التشوهات الناتجة عن أعمال الحفر وعلاقتها بقيمة الهبوط السطحي الأعظمي. تضمنت الدراسة تحليل معطيات عدد هام من الحالات المرجعية باستخدام منهجية معتمدة على توظيف الشبكات العصبونية الاصطناعية للتنبؤ بقيمة الهبوط السطحي الأعظمي أعلى النفق.

كلمات مفتاحية: هبوط، أنفاق، الطريقة النمساوية الحديثة، تشوه قطري، شبكات عصبونية اصطناعية.

1. أستاذ مساعد ـ قسم الجيوتكنيك ـ كلية الهندسة المدنية ـ جامعة حمص.

ANN analysis of maximum surface settlement above NATM tunnels.

Abstract

This research contains a study of the ground surface settlement resulting from shallow tunnels construction using traditional methods that require tunnel excavation and support in successive steps. Many previous studies have addressed the issue of the maximum settlement above tunnels, where many experimental relationships have been proposed to calculate the value of the maximum settlement, taking into account the characteristics of the excavated ground in addition to some geometric parameters such as the tunnel diameter and its cover thickness. Despite the importance of the tunnel excavation method and the role it plays in causing settlements, it was not clearly taken into account when calculating the value of the settlement above tunnels. This research proposes to study the relationship between the maximum surface settlement and the tunnel convergence. The research studies the role of the cover thickness above the tunnel in depreciation the deformations resulting from excavation works and its relationship to the maximum surface settlement. The study included analyzing the data of a large number of reference cases using a methodology based on artificial neural networks to predict the value of the maximum settlement above the tunnel.

Keywords: Settlement, tunnel, NATM, convergence, ANN.

مقدمة

يتسبب حفر وتنفيذ الأنفاق بتشوهات تبدأ في محيط حفرية النفق وتنتقل عبر الطبقات المحيطة وقد تصل لسطح الأرض الطبيعية وذلك تبعاً لعمق النفق وللطريقة المعتمدة لحفره وتدعيمه. يتضمن تنفيذ الانفاق بالطرق التقليدية ومنها الطريقة النمساوية الحديثة NATM [1] العمل على مراحل متتالية حيث يتم التقدم بخطوة حفر معينة ومن ثم التوقف لتنفيذ تدعيم مؤقت للجزء المحفور. يترافق تسلسل هذه المراحل مع نشوء تشوهات مرتبطة بأسباب عديدة منها تفريغ كتلة التربة المحفورة في واجهة الحفر، التأخير في تنفيذ التدعيم المؤقت أو بسبب تشوه التدعيم المنفذ أو عدم كفايته. إن هذه التشوهات من الأهمية بحيث يجب ألا تهمل عند دراسة وتقدير قيم الهبوط السطحي أعلى الأنفاق كونه مرتبط بتكنولوجيا تنفيذ النفق التقليدية التي لا تضمن التدعيم الكافي الذي تؤمنه الطرق الأخرى كالآلات الدرعية على سبيل المثال.

أهمية وأهداف البحث

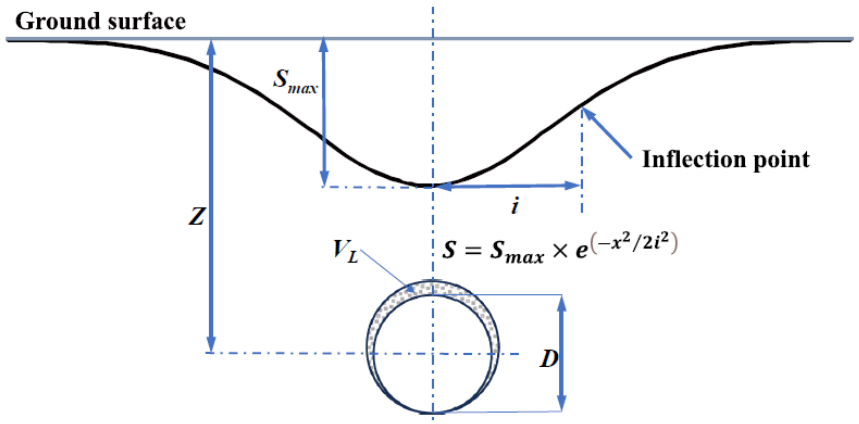
تتجلى أهمية هذا البحث في دراسة هبوط سطح الأرض الأعظمي الناتج أعلى الأنفاق المنفذة بالطريقة التقليدية NATM والذي يؤثر على الأبنية والمنشآت المجاورة وبالتالي يعتبر تقديره والتنبؤ به أمراً بالغ الأهمية.

تهدف هذه الدراسة لتحليل العوامل المؤثرة على الهبوط السطحي الأعظمي وبشكل خاص دور التشوهات الناشئة في محيط حفرية النفق Convergence والعلاقة المشتركة مع قطر النفق وسماكة التغطية أعلاه. إذ أن الدراسات التجريبية والتحليلية لم تأخذ هذه التشوهات بعين الاعتبار في العلاقات المقترحة لحساب الهبوط الأعظمي أعلى الأنفاق. كذلك يهدف البحث لدراسة تأثير خصائص الوسط المحفور على قيم الهبوط المدروس وذلك من خلال توظيف منهجية معتمدة على الشبكات العصبونية الاصطناعية.

هبوط سطح الأرض أعلى حفريات الأنفاق

تناول العديد من الأبحاث السابقة دراسة هبوط سطح الأرض أعلى حفريات الأنفاق، حيث استخدمت الطرق التجريبية [2,3,4] لدراسة هذه الهبوطات بشكل واسع جداً في حين اعتمد البعض الطرق التحليلية [5, 6,7] أو الرقمية [8, 9,10]. اعتمدت الطرق التجريبية على معالجة البيانات التي تم الحصول عليها من الملاحظات الحقلية وبرامج المراقبة المعتمدة للعديد من الأنفاق المنفذة بالطرق التقليدية [11, 12, 13].

اتفق في معظم الدراسات على أن هبوط سطح الأرض يأخذ شكل حوض يعبر عنه في مقطع عرضي على محور النفق بمنحني غوصي يسمى حوض الهبوط Settlement Trough [2] يأخذ قيمته الأعظمية S_{max} أعلى محور النفق كما يبين الشكل 1:



الشكل 1: حوض الهبوط السطحي في مقطع عرضي على النفق [14].

اقترح Peck [2] المعادلات التالية المستخدمة لتمثيل حوض الهبوط أعلى الأنفاق السطحية:

$$S(x) = S_{max}.\exp(\frac{-x^2}{2i^2}) \quad (1)$$

$$S_{max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi}*i} \quad (2)$$

$$V_s = V_L * \pi D^2/4 \quad (3)$$

حيث أن:

$S(x)$: الهبوط في نقطة تبعد مسافة x عن محور النفق الشاقولي (محور تناظر حوض الهبوط)، S_{max}: الهبوط الأعظمي أعلى مستوي محور النفق، i: احداثي نقطة الانعطاف لمنحني حوض الهبوط، V_S: حجم حوض الهبوط في متر طولي، V_L: فاقد الحجم في محيط النفق Volume Loss، D: قطر النفق.

بالاعتماد على الفرضيات الأساسية التي وضعها Peck [2] تم اقتراح العديد من العلاقات التجريبية لحساب قيمتي كلاً من i, S_{max} حيث اقترح O'Reilly and New [11] علاقة مبسطة لحساب قيمة i لاقت قبولاً واسعاً وهي:

$$i = k * Z \quad (4)$$

حيث أن Z هو عمق محور النفق، k: ثابت تتراوح قيمته $0.2-0.3$ في حالة الأنفاق السطحية المنفذة في الترب المفككة ويأخذ القيمة $0.4-0.7$ في حالة الترب الغضارية أو السلتية الناعمة. يوضح الجدول 1 المزيد من العلاقات التجريبية التي اقترحت من قبل باحثين آخرين لحساب قيمة الهبوط السطحي الأعظمي S_{max} أعلى النفق:

الجدول 1: علاقات تجريبية اقترحت لحساب الهبوط السطحي الأعظمي أعلى الأنفاق.

المرجع	العلاقة المقترحة
Sagaseta [15]	$S_{max} = \frac{\gamma D^2}{E}(0.85 - \nu)$
Farmer [16]	$S_{max} = \frac{D}{1000}(\frac{kD}{H})^{\frac{1}{n}}$
Poupelloz [3]	$S_{max} = \frac{R}{1000}(\frac{AD}{H})^{\frac{1}{n}}$
Herzog [17]	$S_{max} = 0.785(\gamma z + \sigma_s)(\frac{D^2}{i.E})$
Chakeri and Ünver [18]	$S_{max} = 398.744\left(\frac{D}{Z}\right) \times \left[\left(\frac{\gamma z + \sigma_s - (c + 0.3\sigma_T)}{E}\right)(1-\nu)(1 - sin\varphi)\right]^{0.8361}$

Mair *et al*. [19]	$S_{max} = 0.313(\frac{V_L * D^2}{i})$
Wang *et al*. [20]	$S_{max} = 384\, V_L/105\pi R$

كما يبين الجدول السابق اعتمدت علاقات Farmer, Poupellouz على استخدام ثوابت تجريبية A, k, n تأخذ قيمتها بحسب نوع التربة المحفورة إلا أنه لم تعطى أي قيمة تناسب تنفيذ الأنفاق في الأوساط الصخرية. يمكن اعتبار العلاقة المقترحة من قبل Sagaseta أبسط وأشمل هذه العلاقات إلا أنها لم تأخذ بعين الاعتبار سماكة التغطية أعلى النفق وهو عامل لا يمكن إهماله. في حين اعتمد Peck على حجم حوض الهبوط أعلى النفق وهو قيمة تتأثر بطريقة تنفيذ النفق وبظروف الوسط المحفور.

نلاحظ أيضاً أن بعض العلاقات السابقة أخذت بعين الاعتبار قيم الهبوط في قمة النفق المحفور والمسماة فاقد الحجم Volume loss (VL) أما حجم حوض الهبوط أو حجم الهبوط على سطح الأرض Vs غالباً ما اعتبر أنه يساوي قيمة VL وهو تقريب غير واقعي يهمل تخامد التشوهات الحاصل في الطبقات التي تعلو النفق في حال سماكات التغطية الكبيرة أعلى النفق.

لقد لاقت العلاقات التجريبية رواجاً واسعاً نظراً لبساطة المعادلات المقترحة التي تقدم تقديراً سريعا لقيم الهبوط المتوقع بشكل تقريبي. بالرغم من ذلك فإن دقة العلاقات التجريبية محدودة في الحالات الجيولوجية المعقدة حيث أن غالبية العلاقات التجريبية بنيت على اعتبارات تجانس الوسط المحفور واعتبرت حالات محددة لطريقة تنفيذ النفق وخصائص الوسط المحفور والتي يصعب تعميمها في حالات أخرى. إن معظم العلاقات التجريبية تعتبر صالحة في حالات تنفيذ الأنفاق في الأوساط الترابية ويصعب تطبيقها في الأوساط الصخرية. ولهذا فإن الاعتماد على الطرق التجريبية لوحدها لدراسة هبوطات سطح الأرض أعلى الأنفاق لا يمكن اعتباره كافياً في الظروف المعقدة التي تتطلب دقة عالية.

قدمت الطرق التحليلية والرقمية نموذجاً أكثر شمولية مبني على معادلات رياضية دقيقة معتمدة على قوانين سلوك الأوساط الصلبة ولكن الأمر تطلب استخدام الكثير من الفرضيات

لتبسيط المسألة المطروحة للدراسة ومنها فرضيات السلوك الخطي وفرضيات الأوساط المستمرة المتجانسة متماثلة الخواص وغيرها.

في حين تقدم طرق الذكاء الصنعي وسيلة جديدة تساعد في حل المسائل المعقدة بتقنيات عديدة متطورة أهم ما يميزها المقدرة على استيعاب كمية ضخمة من البيانات ومعالجة عدد كبير من بارامترات الدراسة مع إمكانية تمثيل عدم التجانس أو العلاقات اللاخطية المعقدة. يعود ذلك إلى المبدأ الأساسي وهو التعلم بالتدريب باستخدام تطبيقات عديدة منها: الشبكات العصبونية الاصطناعية ANN [21, 41]، شعاع الدعم الآلي SVM [22]، أشجار اتخاذ القرار (DTs) [23]، تحليل الانحدار غير الخطي (MARS) [24]، نظام الاستدلال العصبوني الضبابي المكيف ANFIS [42] وغيرها.

وظفت الشبكات العصبونية الاصطناعية بشكل واسع لدراسة الهبوط الناتج عن تنفيذ الأنفاق وبرهنت مهارة عالية في التنبؤ بقيم الهبوط وفي تحليل العوامل المؤثرة عليه [25].

إن معظم الأبحاث التي وظفت الشبكات العصبونية لدراسة الهبوط تناولت حالات أنفاق منفذة بالآلات الدرعية حيث ركزت بشكل أساسي على تحليل تأثير عوامل تشغيل الآلات الدرعية على قيم الهبوط. في حين نجد عدد أقل من الدراسات تناول موضوع الأنفاق المنفذة بالطرق التقليدية وذلك يعود لعدة أسباب منها عدم توفر كم كافي من المعطيات كتلك التي تسجلها أجهزة التحكم في الآلات الدرعية بشكل اوتوماتيكي أثناء تقدمها [21]، والسبب الثاني يرتبط بظروف تنفيذ الأنفاق بالطرق التقليدية التي لا تتصف باستمرارية وانتظام طريقة الحفر والتدعيم في ظل العوامل الكثيرة التي يمكن أن تتدخل وتؤثر على قيم الهبوط. وظف Bizjak and Petkovšek [26] الشبكات العصبونية الاصطناعية لدراسة نفق Golovec المنفذ بالطريقة النمساوية الحديثة ووجد أن العامل الأكثر تأثيراً على هبوط سطح الأرض هو معامل الزمن المرتبط بتدعيم النفق بالإضافة لصلابة طبقة التدعيم المؤقتة.

درس Kim *et al.* [27] نفق Seoul المنفذ بالطريقة التقليدية بالاعتماد على الشبكات العصبونية الاصطناعية حيث تضمنت الدراسة 19 عاملاً شكلت مداخل الشبكة العصبونية. بالاعتماد على شبكة مؤلفة من ثلاث طبقات مخفية تم دراسة عاملين هما هبوط سطح

الأرض الأعظمي وقيمة المعامل i (احداثي نقطة انعطاف حوض الهبوط) حيث تم التوصل إلى أن أهم العوامل المؤثرة على الهبوط السطحي أعلى النفق هي: عمق النفق، ارتفاع حفرية النفق، منسوب المياه الجوفية، نوعية الصخور المحفورة وسرعة تقدم الحفر.

وجد Leu *et al.* [28] مستخدماً الشبكات العصبونية أن العوامل المرتبطة بطريقة تنفيذ النفق هي العوامل الأساسية التي تتحكم في استقرار نفق منفذ بالطريقة التقليدية في وسط صخري متوسط المقاومة في تايوان.

كما أعطت الشبكات العصبونية الاصطناعية نتائج جيدة لدى تحليل الهبوطات الناتجة عن تنفيذ الأنفاق المزدوجة Twin tunnels في الدراسة التي أجريت على معطيات نفق Shiraz في إيران[29] .

استخدم Adoko *et al.* [30] الشبكات العصبونية بنجاح للتنبؤ بقيمة التشوهات القطرية convergence في محيط نفق Daguan المنفذ بالطريقة النمساوية الحديثة حيث استخدمت خصائص الوسط الصخري المحفور والخصائص الجيومترية للنفق واقترح الباحث إضافة عامل الزمن لمدخلات للشبكة باعتباره عنصر هام عند التنفيذ بالطريقة النمساوية الحديثة.

وجد Satici and Topal [23] أن سماكة التغطية أعلى النفق تعتبر من أهم العوامل المؤثرة في نشوء التشوهات في محيط النفق وذلك مقارنةً بخصائص الوسط المحفور c, φ, E وخصائص الفواصل متمثلة بقيمتي RMR, Q، حيث وظف الشبكات العصبونية الاصطناعية للتنبؤ بقيمة التشوهات القطرية convergence في محيط مجموعة من الأنفاق المنفذة بالطريقة النمساوية الحديثة.

أجرى Mohammadi *et al.* [31] دراسة مقارنة بين الطرق التجريبية والاحصائية (تحليل الانحدار) وطريقة الشبكات العصبونية لتقييم الهبوط أعلى نفق Niayesh المنفذ بالطريقة النمساوية الحديثة. بالاعتماد على خصائص الوسط المحفور (c, φ, γ, E) كمدخلات في الدراسة وجد أن الشبكات العصبونية أعطت أفضل تقييم للهبوط السطحي أعلى النفق ووجد أن الوزن الحجمي للتربة هو أقل العوامل تأثيراً على الهبوط السطحي أعلى النفق.

وجد Mahmoodzadeha *et al.* [32] في دراسة مقارنة لسبع طرق مختلفة من طرق الذكاء الصنعي أن الشبكات العصبونية الاصطناعية كانت أفضل هذه الطرق في التنبؤ بقيم الهبوط السطحي الأعظمي وذلك بتحليل معطيات 300 نقطة قياس في ثمانية أنفاق في إيران.

قام Shi *et al.* [33] بتتبع هبوط سطح الأرض مع تقدم الحفر لنفق Brasili (6.5km) المنفذ بالطريقة NATM وذلك في مقطع طولاني حيث تم توظيف معطيات 600m الأولى من النفق من أجل تدريب الشبكة التي تم اختبارها باستخدام معطيات 500m الأخيرة من النفق.

أكدت معظم الدراسات التي وظفت الشبكات العصبونية الاصطناعية في مجال دراسة الأنفاق مقدرتها العالية على التنبؤ بالرغم من تنوع وعدم تجانس العوامل المدروسة في بعض الحالات، سواء باعتبار العوامل المتعلقة بالخصائص الجيولوجية أو الجيومترية، العوامل المتعلقة بتكنولوجيا التنفيذ والتدعيم أو العوامل المرتبطة بالزمن التي يصعب أخذها بين الاعتبار بالطرق التقليدية. بجميع الأحوال تتوقف دقة التنبؤ باستخدام الشبكات العصبونية الاصطناعية على نوعية وحجم البيانات التي توظف لتدريب الشبكة.

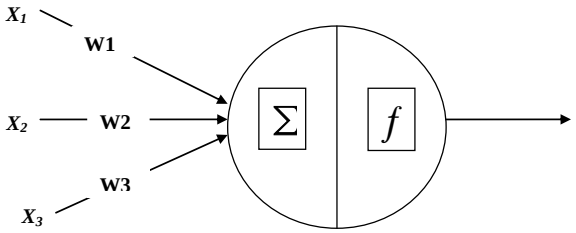
التنبؤ باستخدام الشبكات العصبونية الاصطناعية

تمثل الشبكات العصبونية الاصطناعية أحد تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) الذي يحاكي آلية عمل الخلايا العصبية في العقل البشري [34]. تتكون الشبكة العصبونية من مجموعة مركبة من عناصر معالجة مترابطة وموضوعة في بنية متعددة الطبقات تتألف من 3 مكونات أساسية: طبقة إدخال Input layer، وطبقة مخفية hidden layer لمعالجة البيانات، وطبقة إخراج Output layer لإظهار المتغيرات التي قامت الشبكة بحسابها، حيث يمكن أن تتعدد كل طبقة منهم وفقاً لمدى تعقيد الشبكة.

تتضمن الخطوات الأساسية لتصميم شبكة عصبونية: تحديد متغيرات الدخل والخرج بحسب المسألة المطروحة للدراسة، تحديد بنية الشبكة، تنفيذ مرحلة تدريب الشبكة العصبونية وفي النهاية تعميم الموديل المستخدم من قبل الشبكة من أجل معالجة معطيات جديدة.

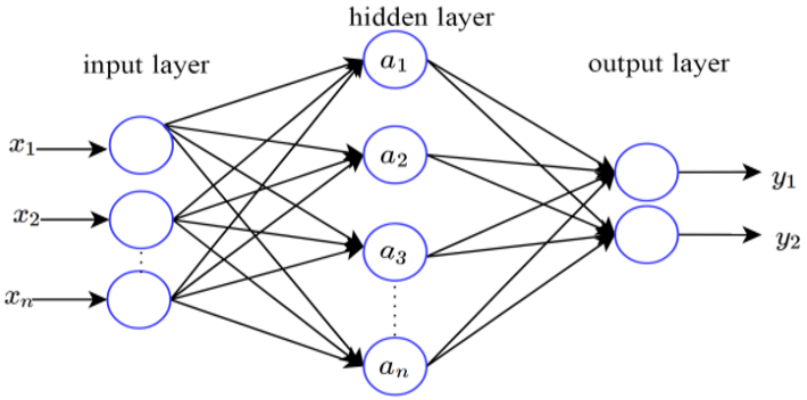
توجد أنواع مختلفة من الشبكات العصبونية الاصطناعية وحيدة أو متعددة الطبقات، ذات التغذية الأمامية أو الخلفية تنافسية أو متكررة وغيرها [35].

تتألف بنية الشبكة العصبونية الاصطناعية من العديد من العصبونات المرتبة في تعاقب من الطبقات. العصبون هو نموذج رياضي بسيط يستقبل العديد من المدخلات ليجمعها على شكل قيمة واحدة هي المخرج كما يبين الشكل 2 بنية Perceptron بسيط ينقل المعلومات في اتجاه واحد feedforward:



الشكل 2: بنية Perceptron بسيط مع تابع تجميع $(\sum)$ وتابع تحويل (f).

تم تطوير بنى أكثر تعقيداً مؤلفة من شبكات متعددة الطبقات MLP [36] حيث ترتبط العصبونات بطريقة تجعل كل عصبون في طبقة معينة مرتبط كلياً بعصبونات الطبقة التالية شكل:



الشكل 3: بنية شبكة عصبونية متعددة الطبقات MLP.

تعتبر الشبكات ذات المستقبلات متعددة الطبقات Multilayer Perceptrons (MLP) من أهم أنواع الشبكات العصبونية وأكثرها انتشاراً، فهي تستطيع تحليل العلاقات الخطية واللاخطية بين البيانات بالاعتماد على مبدأ الانتشار العكسي Backpropagation. وهي شبكات عصبية ذات تغذية أمامية، مما يعني أن المعلومات تتدفق في اتجاه واحد من طبقة الإدخال إلى طبقة الإخراج، كما يمكن زيادة عدد الطبقة المخفية لجعل النموذج أكثر دقة وتعقيداً وفقًا للمهمة المطلوب إنجازها.

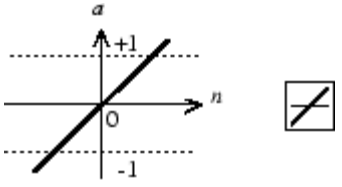
يعتمد مبدأ عمل الشبكات العصبونية الاصطناعية على استخدام تابعين (شكل 2) حيث يتم تجميع المدخلات العديدة x_j لكل عصبون (باستخدام تابع تجميع) في قيمة وحيدة يتم معالجتها لاحقا باستخدام تابع تحويل من أجل الحصول على مخرج العصبون. إن تابع التجميع الأكثر استخداماً هو تابع المجموع المثقل للمدخلات x_j مع استخدام الأوزان w_j التي يضاف إليها قيمة ثابتة w_0 وبالتالي يعطى المخرج المرتبط بالمدخل x_j بالعلاقة التالية:

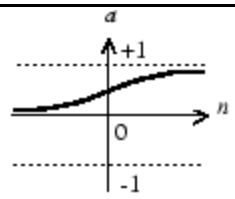
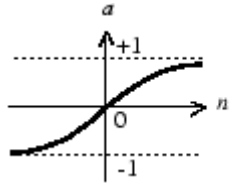
$$w_0 + \sum_{j=1}^{m} w_j\, x_j \qquad (5)$$

حيث أن m هو عدد المدخلات.

أما توابع التحويل الأكثر استخداماً فهي كما يبين الجدول 2: التابع السيني Sigmoid function، التابع الخطي Linear function، تابع الظل Tangent functionحيث يمكن أن يكون تابع التحويل مختلفاً من طبقة لأخرى [37].

الجدول 2: توابع التحويل المستخدمة في الشبكات العصبونية ضمن بيئة برنامج Matlab.

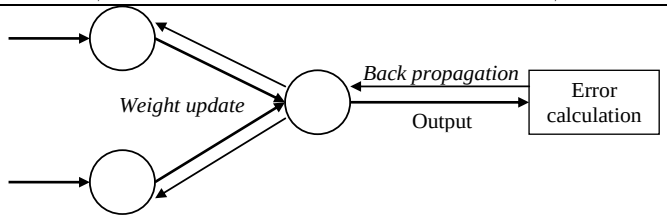
اسم التابع	الرسم البياني	الصيغة الرياضية
التابع الخطي (Linear) Purelin		$f(x) = x$

التابع السيغموئيد المنطقي Logistic Sigmoid Logsig		$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$
تابع الظل القطعي Hyperbolic Tangent Sigmoid Tansig		$f(x) = \frac{2}{1+e^{-2x}} - 1$

من أجل تحديد بنية شبكة عصبونية يجب تحديد عدد الطبقات المخفية، عدد العصبونات في كل طبقة ونوع توابع التحويل المستخدمة [38] ,[35] . يحدد عدد مداخل ومخارج الشبكة حسب المسألة المدروسة حيث أن متغيرات المسألة تشكل مداخل الشبكة والمخرج هو المتغير المطلوب حسابه من قبل الشبكة. أما عدد الطبقات المخفية فهو عشوائي يحدد بالتجريب وهو مرتبط بدرجة تعقيد المسألة التي يتم معالجتها وبنوعية معطياتها. يؤثر عدد العصبونات في الطبقة المخفية على النتائج كونه يؤثر على مقدرة الشبكة على تعميم المعلومات التي تعلمتها في مرحلة التدريب [39].

يلي مرحلة بناء الشبكة مرحلة تدريب تتضمن البحث عن التوزيع الأفضل لأوزان التثقيل لمدخلات الشبكة حيث تتجلى أهمية هذه المرحلة في مقدرة الشبكة – باستخدام أمثلة معينة – على معالجة أمثلة مشابهة ولكن مختلفة عن أمثلة التدريب. إن التعلم هو أحد الميزات الأساسية للشبكات العصبونية الاصطناعية ويمكن القيام به بطريقتين: التعلم الموجه أو غير الموجه.

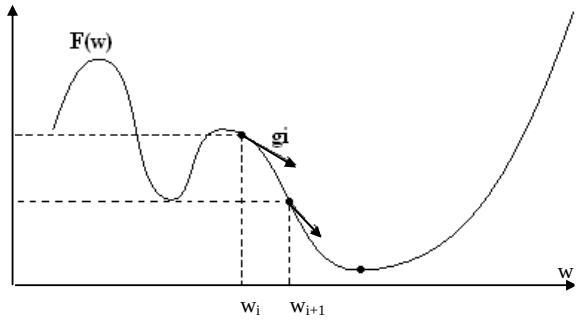
يعتبر التعلم الموجه هو الأكثر استخداماً في مسائل التنبؤ التقليدية حيث تتدرب الشبكة في هذا النوع من التعلم من خلال مقارنة النتائج التي قامت بحسابها مع القيم الأصلية للمخرج (المحدد للشبكة ضمن معطيات التدريب). تستمر الشبكة في تعديل الأوزان والتحديث حتى تجد المخرج المطلوب حيث يسمى هذا التدريب بالتدريب عبر الأمثلة. تستخدم الشبكة من أجل القيام بالتعلم في هذه الحالة قاعدة الانتشار الخلفي Backpropagation من أجل تهيئة الشبكة [34].



الشكل 4: مبدأ قاعدة الانتشار الخلفي Backpropagation في التعلم.

تعتمد قاعدة الانتشار الخلفي أو العكسي على تعديل أوزان العصبونات من خلال تحديد الفرق e_iبين القيم المحسوبة والقيم الأصلية (المعطاة في بيانات التدريب) لمخرج الشبكة i ذو الوزن w_i. يتم تقليل قيمة تابع أداء$F(w)$ المعتمد على قيمة e_i. بالانطلاق من قيمة أولية w_0 يجب الوصول أو الاقتراب من قيمة أصغرية للتابع $F(w)$ حيث تعطى القيمة w_{i+1} للقيمة التي تلي w_i وفق العلاقة التالية:

$$w_{i+1} = w_i + \Delta w_i \quad where \quad \Delta w_i = \varepsilon_i . g_i \qquad (6)$$



الشكل 5: التعلم عن طريق البحث عن قيمة أصغرية لتابع الأداء gradient descent method.

حيث أن ε_i هو الخطوة learning rate و g_i هو الاتجاه الذي يتم البحث وفقه عن القيمة الأصغرية. يكون الهدف في هذه الحالة إيجاد قيم ε_i و g_i بحيث تكون قيمة $F(w_{i+1})$ أقل من قيمة $F(w_i)$ وبالتالي:

$$w_{i+1} = w_i - \varepsilon_i \acute{F}(w_i) \qquad (7)$$

تتوصل الشبكة في نهاية هذه المرحلة إلى حساب قيم المخرج الأقرب للقيم المطلوب حسابها.

في النهاية لا بد أن نذكر معيار هام وهو اختيار المعطيات المستخدمة في كل من مرحلتي التدريب وتفعيل الشبكة. يجب أن تكون معطيات التدريب متجانسة ومعبرة عن كل النماذج التي يمكن مصادفتها في مرحلتي عمل الشبكة، حيث يجب أن تكون الخصائص الإحصائية (الانحراف المعياري على سبيل المثال) متشابهة لكل من معطيات التدريب والتفعيل المستخدمة في الشبكة من أجل ضمان الأداء الجيد للشبكة [40].

التنبؤ بالهبوط السطحي الأعظمي أعلى حفريات الأنفاق

تم توظيف الشبكة العصبونية للتنبؤ بقيمة الهبوط الأعظمي S_{max} أعلى الأنفاق السطحية المنفذة بالطريقة التقليدية NATM آخذين بعين الاعتبار خصائص الوسط المحفور والخصائص الجيومترية للنفق المدروس.

نفذت الدراسة باستخدام تطبيق NNtool (Neural Network Tool) الموجودة في بيئة MATLAB R2017a.

تضمنت المرحلة الأولى من العمل بناء قاعدة البيانات المتضمنة نتائج القياسات الحقلية لمجموعة من الأنفاق المذكورة في الدراسات المرجعية. تم جمع بيانات 70 حالة لأنفاق سطحية منفذة ضمن أوساط صخرية متوسطة المقاومة تحت سماكات تغطية تتراوح بين D–2.5D. تضمنت بيانات الأنفاق المدروسة قيم الخصائص الجيوتكنيكية للوسط المحفور، سماكة التغطية أعلى النفق وقطر النفق في كل حالة، بالإضافة لقيم القياسات الحقلية لكل من الهبوط السطحي الأعظمي والتشوهات القطرية convergence في محيط حفرية النفق.

تم توظيف العوامل التالية كمدخلات للشبكة العصبونية:

- خصائص الوسط المحفور متمثلة بالعوامل التالية: الوزن الحجمي، التماسك، زاوية الاحتكاك الداخلي، معامل يونغ، معامل بواسون.
- الخصائص الجيومترية: قطر النفق، سماكة التغطية أعلى قمة النفق.
- أضيف للعوامل السابقة: التشوه القطري U المقاس في محيط النفق المحفور قبل التدعيم.

قسمت المعطيات إلى مجموعتين حيث وظفت نسبة 70% من البيانات (50 حالة) لتدريب الشبكة والنسبة 30% المتبقية (20 حالة) من أجل مرحلة التنبؤ النهائية. ومخرج الشبكة الذي ستقوم بالتنبؤ به هو قيمة الهبوط السطحي الأعظمي S_{max} أعلى النفق في كل حالة. تم اقتراح بنية أولية للشبكة تتألف من أربع طبقات هي التالية:

- طبقة إدخال تتضمن عدد من العصبونات يساوي عدد العوامل المستخدمة في التنبؤ.
- طبقتين مخفيتين في كل منهما عشرة عصبونات.
- طبقة المخرج وتتألف من عصبون واحد يعطي قيمة S_{max}.

تم اعتماد معيارين من أجل تقييم أداء الشبكة في مرحلة التنبؤ النهائية وهما:

- جذر متوسط مربعات الأخطاء Root Mean Square Error (RMSE) الذي يمثل دقة التنبؤ بقيمة S_{max} لعدد n من الحالات، معبراً عنه من خلال الفرق بين القيمة المقاسة S والقيمة التي تم التنبؤ بها C ويعطى بالعلاقة التالية:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(S-C)^2}{n}} \qquad (8)$$

كلما انخفضت قيمة RMSE كلما كان النموذج أكثر دقة، وكانت جودة التنبؤ أعلى.

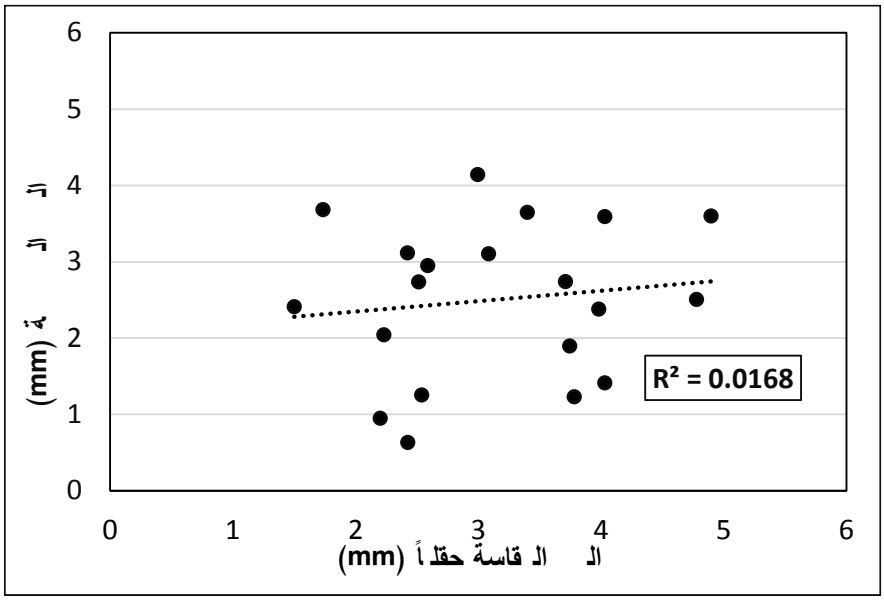
- معامل التحديد R^2: وهو مقياس إحصائي يمثل نسبة التباين بين القيم المقاسة والمحسوبة تقع قيمته بين 0 و 1 حيث يجب أن تكون قيمته أقرب ما يكون للواحد.

تم في البدء التحقق من مقدرة الشبكة على القيام بعملية التنبؤ بناءً على المعطيات المقترحة. بالرجوع للعلاقات المذكورة في الجدول 1 والمقترحة لحساب قيمة S_{max} أعلى النفق نجد أن بعض الفرضيات اعتمدت فقط على خصائص الوسط المحفور بينما أخذ آخرون بعين الاعتبار عمق وقطر النفق المحفور. لذلك وبناءً على هذه الفرضيات المختلفة تم تزويد الشبكة بالمعطيات على مراحل وذلك باعتبار الحالات الثلاث التالية:

- الشبكة 1: التنبؤ بهبوط سطح الأرض بناءً على خصائص الوسط المحفور فقط $(\gamma, c, \varphi, E, \upsilon)$.
- الشبكة 2: إضافة سماكة التغطية أعلى النفق Z لتصبح مدخلات الشبكة هي: $(\gamma, c, \varphi, E, \upsilon, Z)$.

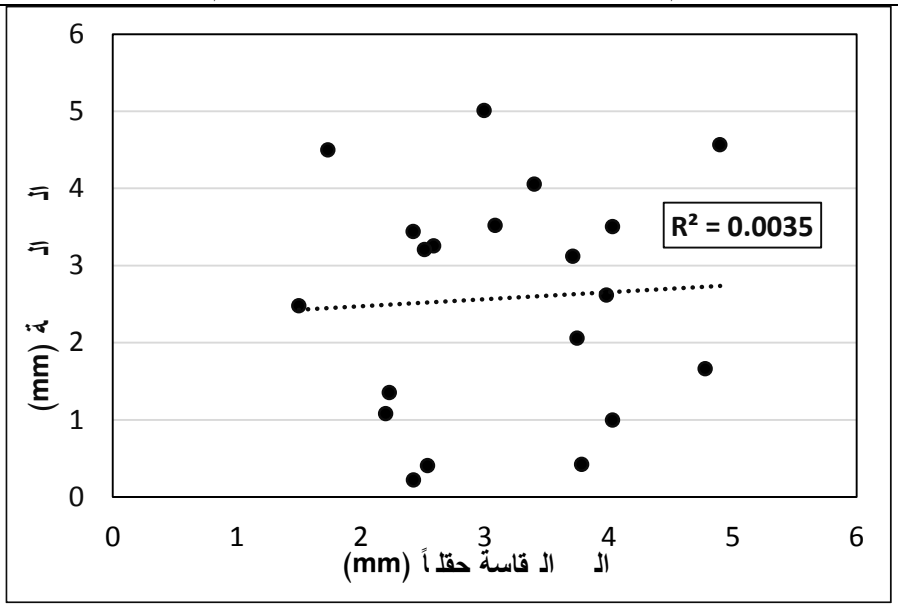
- الشبكة 3: إضافة قطر النفق وقيمة التشوهات القطرية U وبالتالي أصبحت مدخلات الشبكة هي $(\gamma, c, \varphi, E, \upsilon, Z, R, U)$.

أعطت الشبكة الأولى النتائج الموضحة في الشكل 6 حيث بلغت دقة الحساب RMSE=1.42mm وكما نجد من الشكل فالشبكة لم تعطي توافق جيد مع القيم المقاسة.



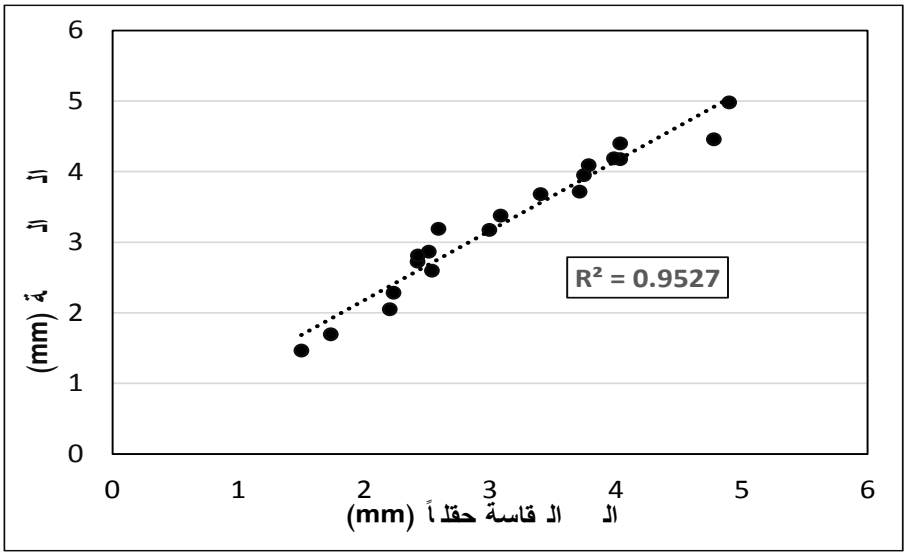
الشكل 6: نتائج التنبؤ بقيمة الهبوط في الشبكة الأولى بالاعتماد على خمسة عوامل.

تم في الشبكة الثانية إضافة المعامل Z لكن الشبكة ما زالت غير قادرة على التنبؤ بشكل دقيق كما يبين الشكل 7 حيث بلغت قيمة RMSE=1.77mm:



الشكل 7: نتائج التنبؤ بقيمة الهبوط في الشبكة الثانية بالاعتماد على ستة عوامل.

في الشبكة الثالثة أضيف معاملان إضافيان هما قطر النفق D وقيمة التشوهات القطرية U حيث نجد أن الشبكة أعطت نتائج مقاربة جداً للقيم المقاسة حقلياً كما يبين الشكل 8 وبلغت قيمة RMSE=0.26mm والمعامل $R^2 = 0.95$.



الشكل 8: نتائج التنبؤ بقيمة الهبوط في الشبكة الثالثة بالاعتماد على ثمانية عوامل.

بعد التحقق من مقدرة الشبكة على التنبؤ، تم في المرحلة التالية معايرة البنية الداخلية للشبكة للوصول إلى أفضل النتائج. حيث تم بدايةً اختبار كل توابع التحويل transfer functions المتاحة في بيئة Matlab (جدول 2) لاستخدامها في الطبقات المخفية للشبكة وذلك وفق التسلسل المبين في الجدول التالي:

الجدول 3: قيم R^2 ,RMSE بحسب أنواع توابع التحويل المستخدمة في الطبقات المخفية.

توابع التحويل	قيمة R^2	قيمة RMSE
Logsig – Logrisg	0.27	1.38
Purlin – Purlin	**0.94**	**0.26**
Tansig –Tansig	0.69	0.87
Purelin –Tansig	0.92	0.32
Tansig – Purlin	0.93	0.29

كما يبين الجدول 3 وجد أن استخدام تابع التحويل الخطي Purlin في كل من الطبقتين المخفيتين للشبكة يعطي أفضل النتائج (أقل قيمة لـ RMSE وأعلى قيمة لـ R^2) وبناءً على ذلك تم اعتماده في بنية الشبكة في الحسابات اللاحقة.

كما تم التحقق من عدد العصبونات الأمثل في كل من الطبقتين المخفيتين حيث تم اختبار الحالات المبينة في الجدول 4. تبين من هذا التحليل أن عدد العصبونات في الطبقات المخفية لا يؤثر بشكل كبير على نتائج التنبؤ حيث أن نوع توابع التحويل المستخدمة في الشبكة يعتبر أكثر أهميةً من هذا العامل. كذلك وجد أن استخدام اثني عشر عصبوناً في كل طبقة مخفية يعطي أفضل النتائج وبناءً عليه تم اعتماده في البنية النهائية للشبكة.

الجدول 4: قيم R^2 ,RMSE بحسب عدد العصبونات المستخدمة في طبقات الشبكة المخفية.

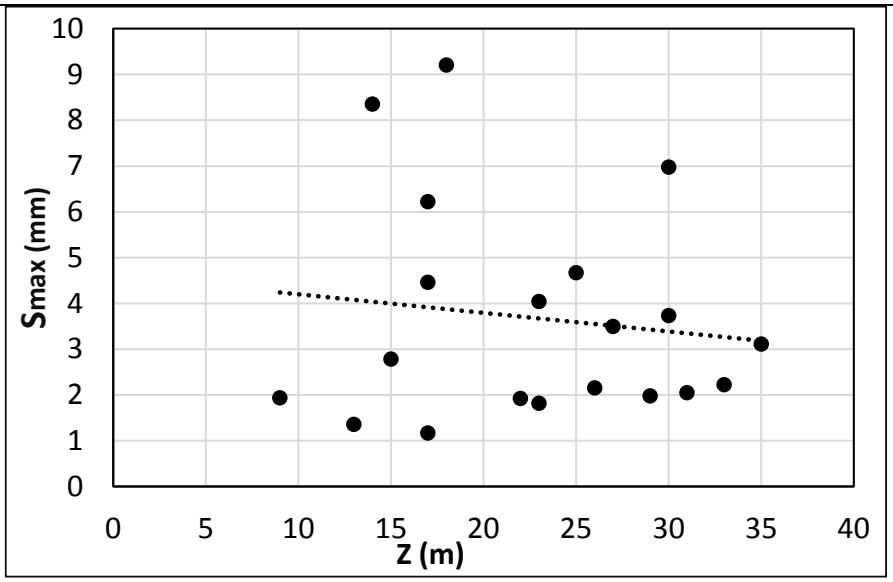
عدد العصبونات	قيمة R^2	قيمة RMSE
6	0.947	0.29
8	0.949	0.28
10	0.957	0.26
12	**0.959**	**0.25**
14	0.915	0.32

وبالتالي أصبحت بنية الشبكة المعتمدة:

- طبقة إدخال: تتكون من ثماني عصبونات هي العوامل التي اعتمدت ليتم توظيفها في التنبؤ $(\gamma, c, \varphi, E, \upsilon, Z, R, U)$.
- طبقتين مخفيتين: تتضمن كل منهما من 12 عصبون وتستخدم تابع التحويل الخطي Purlin في كلا الطبقتين.
- طبقة خرج وتتكون من عصبون واحد هو هبوط سطح الأرض الأعظمي S_{max} الذي ستقوم الشبكة بالتنبؤ به.

النتائج والمناقشة

بعد الانتهاء من بناء النموذج ومعايرته تم التوجه للتعمق في تحليل العلاقة بين الهبوط الأعظمي والعوامل المستخدمة في التنبؤ. بدايةً تم رسم العلاقة بين S_{max} المقاس حقلياً وZ سماكة التغطية أعلى النفق كما يبين الشكل 9:

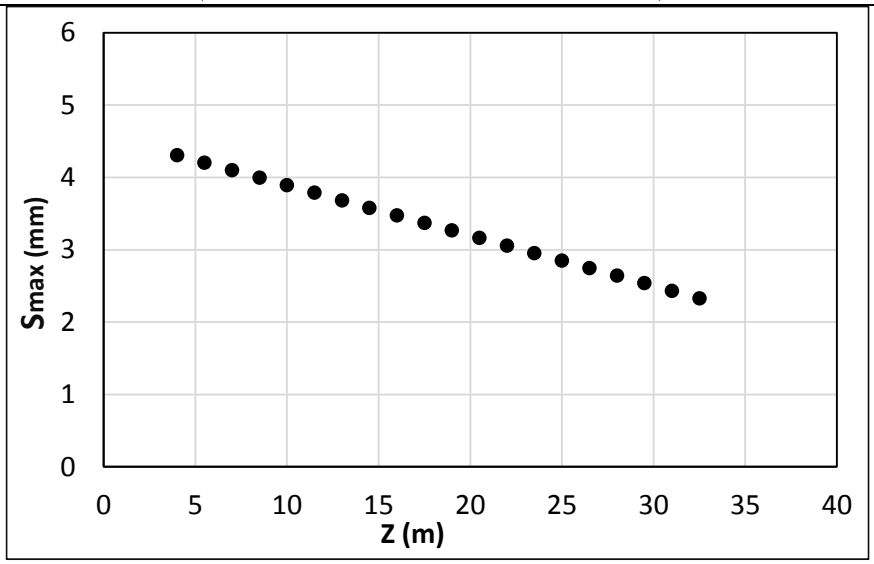


الشكل 9: العلاقة بين سماكة طبقة التغطية وقيم الهبوط السطحي المقاسة حقلياً.

لم نجد أن هناك علاقة واضحة بين قيم S_{max} و Z وذلك نظراً لتأثير العوامل الأخرى والتي تأخذ قيماً متفاوتة جعلت من الصعب استنباط علاقة واضحة، خاصةً وأن قيم الهبوطات مقاسة في ورشات أنفاق مختلفة في ظروف جيولوجية متنوعة. لذلك ولدراسة تأثير سماكة طبقة التغطية على الهبوط تم اتباع المنهجية التالية:

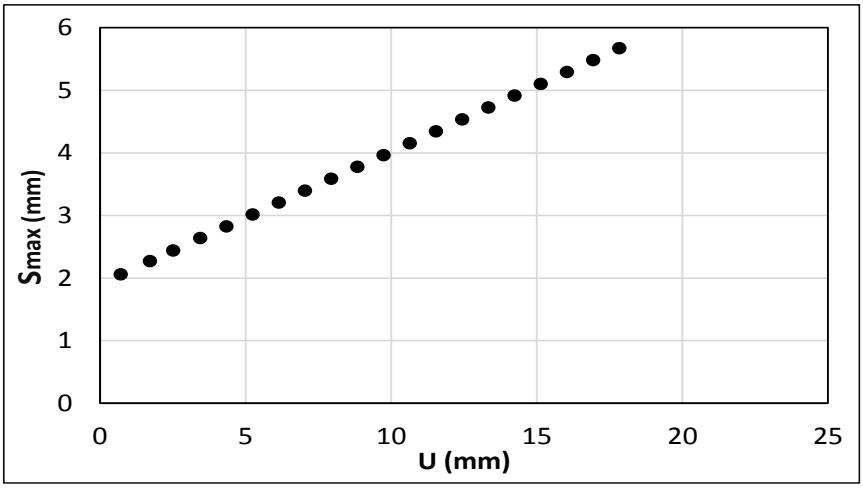
تدريب الشبكة كما سبق ذكره، ومن ثم تم في مرحلة التنبؤ التالية إعطاء العامل Z قيم متغيرة (تتراوح بين قيمته الأصغرية والأعظمية) مع تثبيت قيم العوامل السبعة الأخرى (باعتماد القيم الوسطية لكل منها) حيث تم الحصول على النتيجة الموضحة في الشكل 10.

بين التحليل باستخدام المنهجية المقترحة (التي تفترض حفر نفق ذو قطر ثابت D في وسط متجانس ثابت الخواص) أن ازدياد سماكة طبقة التغطية يترافق مع تناقص الهبوط السطحي الأعظمي أعلى النفق.



الشكل 10: العلاقة بين سماكة طبقة التغطية Z والهبوط S_{max} الذي تنبأت بها الشبكة.

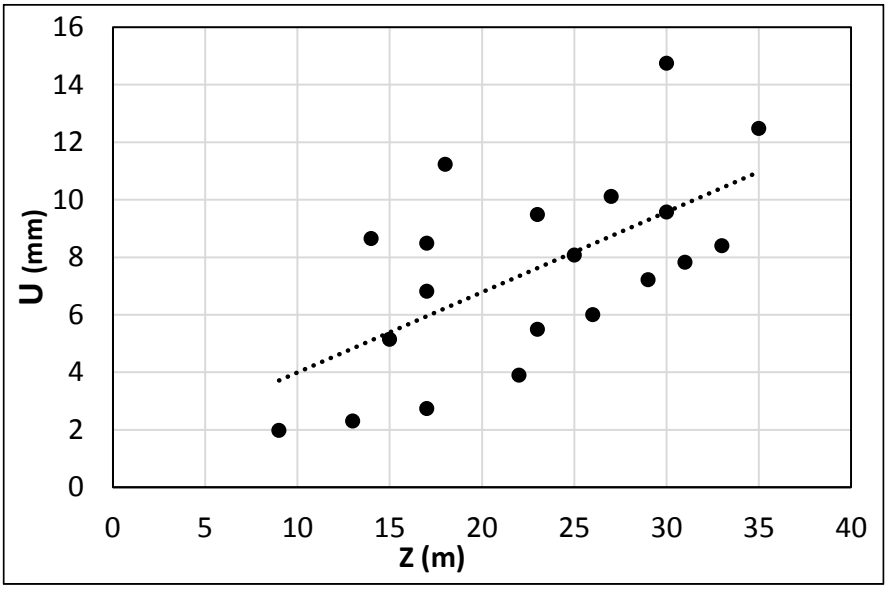
تم بأسلوب مماثل لما سبق التحري عن دور المعامل U المعبر عن التشوهات القطرية convergence المقاسة في محيط حفرية النفق غير المدعم (وذلك بإعطاء U فقط قيم متغيرة مع تثبيت قيم العوامل السبعة الأخرى). يبين الشكل 11 ازدياد قيم S_{max} بازدياد قيم التشوهات U في محيط النفق:



الشكل 11: العلاقة بين التشوهات القطرية U في محيط النفق والهبوط السطحي الأعظمي S_{max} الذي تنبأت بها الشبكة.

نلاحظ أن هذين العاملين Z, U متعاكسين في التأثير حيث:

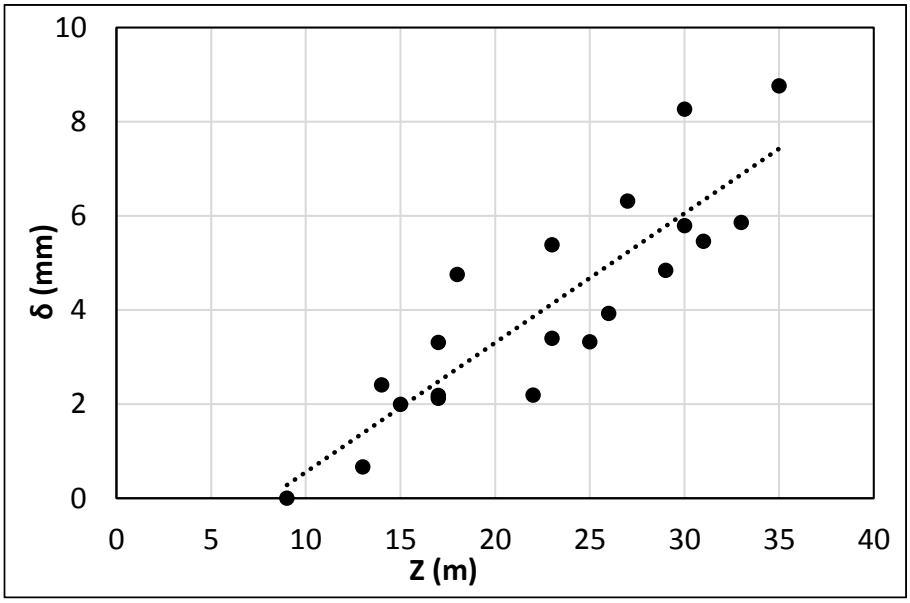
- تنشأ التشوهات في محيط حفرية النفق وتبدأ بالتخامد عبر طبقات التغطية التي تعلوه، وكلما ازدادت سماكة التغطية أعلى النفق تناقصت قيمة التشوهات الواصلة للسطح S_{max}.
- بنفس الوقت إن التشوهات القطرية في محيط حفرية النفق U تتأثر بسماكة التغطية أعلى النفق حيث أن ازدياد سماكة التغطية أعلى النفق يترافق مع قيم تشوهات أكبر في محيط حفرية النفق كما يبين الشكل 12:



الشكل 12: العلاقة بين التشوهات القطرية U وسماكة طبقة التغطية أعلى النفق Z.

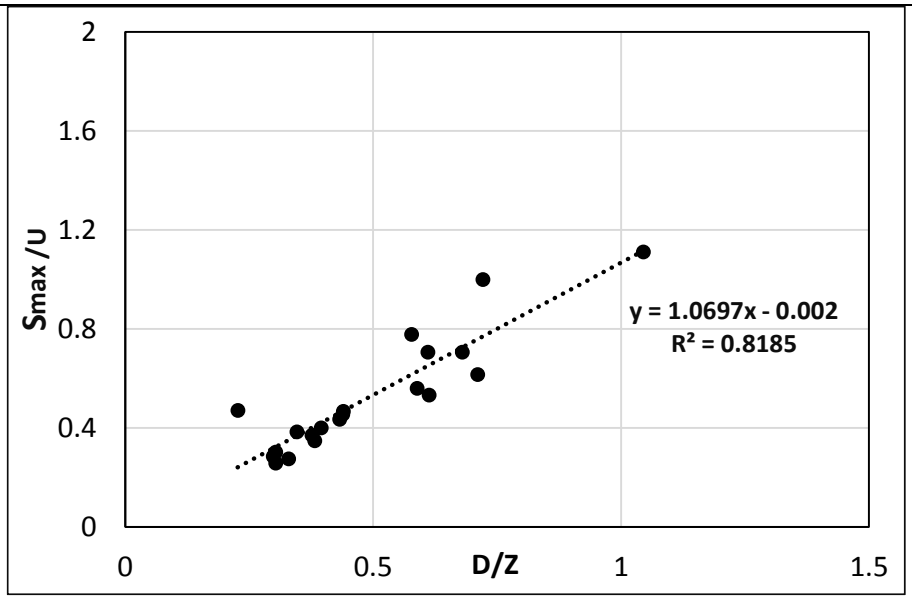
بالملخص تلعب سماكة التغطية أعلى النفق دورين متعاكسين في تأثيرها على S_{max}: حيث أن ازدياد سماكة التغطية أعلى النفق يتسبب بقيم أكبر للتشوهات U، وهو بنفس الوقت عامل مساعد على تخامد هذه التشوهات في طبقات التغطية أعلى النفق وصولاً إلى قيم أقل للهبوط السطحي S_{max}.

لدراسة هذا التخامد عبر طبقة التغطية أعلى النفق وعلاقه مع كلٍ من U ,S_{max} تم حساب قيمة δ الممثلة للتخامد والمعبرة عن الفارق بين قيمتي U المقاسة في محيط النفق والهبوط الذي تنبأت به الشبكة S_{max} في كل مقطع مدروس $(\delta = U - S_{max})$. تم رسم العلاقة بين δ, Z التي أكدت تزايد قيمة التخامد δ بازدياد سماكة التغطية أعلى النفق كما يبين الشكل 13:



الشكل 13: العلاقة بين مقدار تخامد التشوهات δ وسماكة طبقة التغطية Z أعلى النفق.

لدراسة العوامل المؤثرة على تخامد التشوهات تم رسم العلاقة التي تربط D/Z مع S_{max}/U والمبينة في الشكل 14:

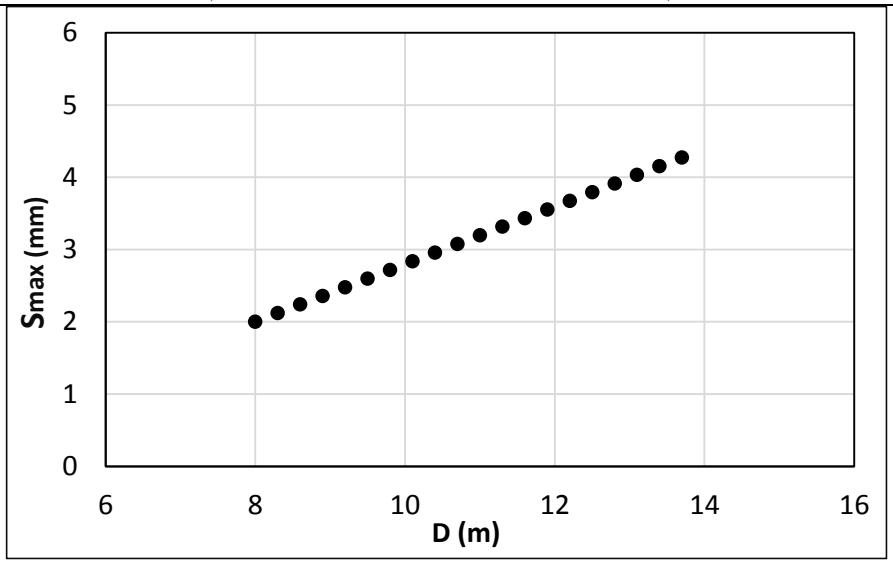


الشكل 14: العلاقة التي تربط كلاً من العاملين D/Z مع S_{max}/U.

حيث وجد من الشكل 14 أن هذه العلاقة هي علاقة خطية يمكن بتقريب مقبول كتابتها كالتالي $D/Z = S_{max}/u$ ومنه يمكن التوصل إلى أن قيمة الهبوط السطحي الأعظمي هي نسبة من قيمة التشوهات القطرية المتولدة في محيط النفق U وفق العلاقة:

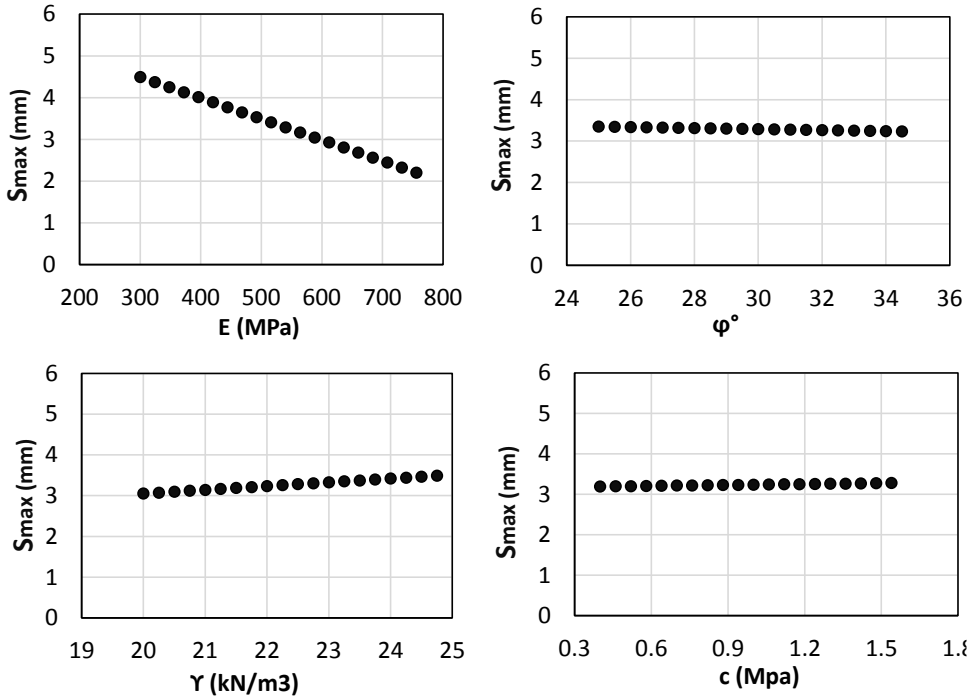
$$S_{max} = \frac{D}{Z} * U \qquad (9)$$

نلاحظ من العلاقة 9 أن قطر النفق يعتبر من العوامل المؤثرة على الهبوط السطحي S_{max} للتحقق من ذلك تم رسم العلاقة بين S_{max}, D (بنفس المنهجية المذكورة أعلاه بإعطاء D قيم متغيرة وتثبيت قيم مدخلات الشبكة الأخرى في مرحلة التنبؤ النهائية) فوجد أن قطر النفق ذو تأثير هام على قيمة S_{max} الذي يزداد بازدياد قطر النفق كما يبين الشكل 15:



الشكل 15: العلاقة بين قطر النفق D والهبوط السطحي S_{max} الذي تنبأت بها الشبكة.

تم في النهاية إجراء دراسة بارامترية لجميع العوامل المعبرة عن خصائص الوسط المحفور (γ, c, φ, E) فتبين أن العامل الأهم من هذه العوامل الخمسة هو E معامل مرونة الوسط المحفور (شكل 16). بينت الدراسة تناقص قيم S_{max} بازدياد قيم معامل المرونة E بينما لم يكن هناك تأثير واضح للعوامل γ, c, φ على قيم الهبوط في الحالة المدروسة.



الشكل 16: دراسة بارامترية لتأثير خصائص الوسط المحفور (γ, c, φ, E) على الهبوط السطحي الأعظمي S_{max} الذي تنبأت به الشبكة.

الاستنتاجات والتوصيات

استخدمت الشبكات العصبونية الاصطناعية لدراسة الهبوط السطحي الأعظمي الناتج عن حفر الأنفاق السطحية بالطريقة التقليدية NATM. تضمنت قاعدة البيانات دراسة 70 حالة مرجعية لحالات أنفاق منفذة في أوساط صخرية متوسطة المقاومة حيث تناولت الدراسة خصائص الوسط المحفور بالإضافة لقطر النفق وسماكة التغطية أعلاه وعامل إضافي هو قيمة التشوهات القطرية convergence المقاسة في محيط النفق غير المدعم.

أظهرت النتائج مقدرة الشبكات العصبونية الاصطناعية على التنبؤ بقيمة الهبوط السطحي الأعظمي بالاعتماد على العوامل المقترحة في الدراسة. حيث أعطت الشبكات العصبونية نتائج تنبؤ مقاربة جداً للقيم المقاسة حقلياً.

بينت النتائج أن ثلاثة عوامل أساسية تعتبر هي المؤثرة على قيم الهبوط السطحي الأعظمي وهي قطر النفق وسماكة التغطية اعلى النفق وقيمة التشوهات القطرية في محيط النفق. حيث وجد أن ازدياد قطر النفق وازدياد التشوهات القطرية في محيطه يترافق مع ازدياد الهبوط السطحي الأعظمي أعلى النفق. أما سماكة التغطية أعلى النفق فهي تقوم بدور مزدوج: فمن ناحية إن ازدياد سماكة التغطية أعلى النفق يترافق مع ازدياد التشوهات في محيط النفق ومن ناحية أخرى تساعد سماكة التغطية الكبيرة على تخامد هذه لتشوهات في طبقات التغطية أعلى النفق الأمر الذي يقلل من قيم الهبوط السطحي، حيث بينت الدراسة أن قيمة تخامد التشوهات تزداد بازدياد سماكة التغطية أعلى النفق.

تم إجراء دراسة بارامترية لتأثير خصائص الوسط المحفور على الهبوط السطحي الأعظمي التي بينت أن معامل يونغ في الحالات المدروسة كان من أهم هذه الخصائص حيث ترافق ازدياد قيمته مع تناقص قيمة الهبوط الأعظمي أعلى النفق.

ركز البحث على ضرورة الأخذ بعين الاعتبار لقيم التشوهات القطرية في محيط النفق عند دراسة الهبوط السطحي أعلى النفق، الأمر الذي لم تأخذه الدراسات التجريبية السابقة بعين الاعتبار (قد يكون ذلك عائداً لصعوبة القيام بالقياسات الحقلية لهذه التشوهات).

إن النتائج التي تم التوصل إليها في نهاية هذا البحث تشجع وتدعو لتوظيف الشبكات العصبونية الاصطناعية لدراسة حالات مرجعية أخرى لحفر أنفاق في أوساط ذات طبيعة جيولوجية مختلفة وباستخدام تقنيات حفر أخرى.

وهنا نؤكد على ضرورة التحقق من الدور الهام لقيمة التشوهات القطرية في محيط حفرية النفق في ورشات أخرى منفذة في ترب ضعيفة معرضة للانهيار حيث يمكن أن تكون قيم هذه التشوهات أكبر. كما يوصي البحث بضرورة إضافة معامل الزمن بعين الاعتبار الذي يتناول التأخير الزمني في تنفيذ تدعيم محيط النفق ودوره في تطور التشوهات الداخلية أو السطحية الأمر الذي لم يكن متاحاً في هذا البحث لعدم توفر معطيات كافية لدراسة هذا العامل.

المراجع

[1] AFTES. GT6. Recommandation (1979). Présentation de la méthode de construction des tunnels avec soutènement immédiat par béton projeté et boulonnage-texte provisoire. Tunnel et Ouvrages Souterrains, (31).

[2] Peck, R.B. (1969). Deep excavations and tunnelling in soft ground, Proceeding of the 7th International Conference on Soil Mechanism Foundation Engineering. Vol.3, pp.225-290.

[3] Poupelloz, B. (1984) Tassements engendrés par le creusement des galeries de petite section à faible profondeur – exemples en région parisienne. Rapport du laboratoire régional de l'est parisien, 78 p.

[4] Sagaseta, C. (1987). Analysis of undrained soil deformation due to ground loss. Geotechnique, 37 (3), 301–320.

[5] Loganathan, N., Poulos, H.G. (1998). Analytical prediction for tunnelling-induced ground movements in clay. J. Geotech. Geoenviron. 124 (9), 846–856.

[6] Bobet, A. (2001). Analytical solutions for shallow tunnels in saturated ground. J. Eng. Mech. – ASCE 12, 1258–1266.

[7] Verruijt, A., Booker, J.R. (1996). Surface settlement due to deformation of a tunnel in an elastic half plane. Geotechnique. 46 (4), 753–756.

[8] Ercelebi, S.G., Copur, H., Ocak, I. (2011). Surface settlement predictions for Istanbul Metro tunnels excavated by EPB-TBM. Earth Sci. Res. J. 62, 357–365.

[9] Melis, M., Medina, L., Rodriguez, J.M. (2002). Prediction and analysis of subsidence induced by shield tunnelling in the Madrid Metro extension. Can. Geotech. J. 39, 1273–1287.

[10] Suwansawat, S., Einstein, H.H. (2006). Artificial neural networks for predicting the maximum surface settlement caused by EPB shield tunnelling. Tunn. Undergr. Space Technol. 21, 133–150.

[11] O'reilly, M.P., New, B.M. (1982). Settlements above tunnels in the United Kingdom - their magnitudes and prediction, Tunnelling' 82, London: IMM. pp.173-181.

[12] Mair, R.J. (1983). Geotechnical aspects of soft-ground tunnelling. In: Proc. Conf. on Construction Problems in Soft Soils, N.T.I., Singapore.

[13] Attewell, P.B., Yeates, J. and Selby, A.R. (1986). Soil movements induced by tunnelling and their effects on pipelines and structures, London: Blackies. Sons Ltd. pp. 64-74.

[14] Zhou, J., Qi, H., Peng, K., Zhang, Y., & Khandelwal, M. (2024). Comprehensive review and future perspectives on prediction and mitigation of tunnel-induced ground settlement: A bibliometric analysis and methodological overview (2002–2022). Tunnelling and Underground Space Technology, 154.

[15] Sagaseta, C. and Moya, J.F. (1980). Estimation of ground subsidence over urban tunnels, 2nd int. conf. «ground movements and structure». Cardiff, pp. 331-345.

[16] Farmer, I.W. (1977). Case histories of settlement above tunnels in clay, Proc. of conf. « large ground movements and structures ». pp. 357-371.

[17] Herzog, M. (1985) Surface subsidence above shallow tunnels, Bautechnik 62 (11), pp. 375–377.

[18] Chakeri, H., Ünver, B. (2014). A new equation for estimating the maximum surface settlement above tunnels excavated in soft ground, Environ. earth Sci. 71 (7), pp. 3195–3210.

[19] Mair, R.J., Taylor, R.N., Bracegirdle, A. (1993). Subsurface settlement profiles above tunnels in clays. Geotechnique 43 (2), pp. 315–320.

[20] Wang, J., Zhou, P., Song, Z., Li, S., Zhang, Q. (2022). A new calculation method for tunneling-caused stratum settlement. KSCE J. Civ. Eng. 26 (6), 2624–2640.

[21] Boubou, R., Emeriault, F., Kastner, R. (2010). Artificial neural network application for the prediction of ground surface movements induced by shield tunnelling. Canadian Geotechnical Journal, 47(11), pp. 1214-1233.

[22] Yao B., Yao J., Zhang M., Yu L. (2014). Improved support vector machine regression in multistep-ahead prediction for rock displacement surrounding a tunnel. Scientia Iranica. Transaction A, Civil Engineering, 21(4), 1309.

[23] Satici, Ö., Topal, T. (2020). Prediction of tunnel wall convergences for NATM tunnels which are excavated in weak-to-fair-quality rock masses using decision-tree technique and rock mass strength parameters. SN Applied Sciences, *2*(4), 546.

[24] Fei, J., Wu, Z., Sun, X., Su, D., & Bao, X. (2021). Research on tunnel engineering monitoring technology based on BPNN neural network and MARS machine learning regression algorithm. Neural Computing and Applications, 33, 239-255.

[25] Shreyas, S. K., & Dey, A. (2019). Application of soft computing techniques in tunnelling and underground excavations: state of the art and future prospects. Innovative Infrastructure Solutions, 4(1), 46.

[26] Bizjak, K. F., Petkovšek, B. (2004). Displacement analysis of tunnel support in soft rock around a shallow highway tunnel at Golovec. Engineering Geology, 75(1), 89-106.

[27] Kim, C. Y., Bae, G. J., Hong, S. W., Park, C. H., Moon, H. K., Shin, H. S. (2001). Neural network based prediction of ground surface settlements due to tunnelling. Computers and Geotechnics, 28(6-7), 517-547.

[28] Leu, S. S., Chen, C. N., Chang, S. L. (2001). Data mining for tunnel support stability: neural network approach. Automation in construction, 10(4), 429-441.

[29] Khatami, S. A., Mirhabibi, A., Khosravi, A., Nahavandi, S. (2013). Artificial neural network analysis of twin tunnelling-induced ground

settlements. In 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 2492-2497.

[30] Adoko, A. C., Jiao, Y. Y., Wu, L., Wang, H., & Wang, Z. H. (2013). Predicting tunnel convergence using multivariate adaptive regression spline and artificial neural network. Tunnelling and Underground Space Technology, 38, 368-376.

[31] Mohammadi, S. D., Naseri, F., Alipoor, S. (2015). Development of artificial neural networks and multiple regression models for the NATM tunnelling-induced settlement in Niayesh subway tunnel, Tehran. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 74, 827-843.

[32] Mahmoodzadeh, A., Mohammadi, M., Daraei, A., Ali, H. F. H., Al-Salihi, N. K., Omer, R. M. D. (2020). Forecasting maximum surface settlement caused by urban tunneling. Automation in Construction, 120, 103375.

[33] Shi J., Ortigao J.A.R., Bai J. (1998). Modular Neural Networks for Predicting Settlements During Tunneling. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 124, n°5, pp. 389-395.

[34] Patterson D. (1996). Artificial neural networks. Singapore, Prentice Hall.

[35] Philippe D.W. (1997) Neural Network Models. Springer-Verlag, London.

[36] Hornik K., Stinchcombe M., White H. (1989) Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. Neural Networks, Vol. 2, n°5, p. 359-366.

[37] Berry M.J.A., Linoff G. (1997). Data mining. Techniques appliquées au marketing, à la vente et aux services clients, Masson, 378 p.

[38] Fausett F. (1994). Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

[39] Maier H.R., Dandy G. C. (1998). The effect of internal parameters and geometry on the performance of back-propagation neural networks: an empirical study. Environmental Modelling & Software, vol. 13, p. 193-209.

[40] Maier H.R. Dandy G.C. (2000). Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: A review of modeling issues and applications. Environmental Modeling & Software, vol. 15, p. 101-124.

[41] مردود فاطمة، سلامة معن، زقزوق عمار. (2022) انموذج شبكة عصبونية صنعية للتنبؤ بالتبخر الشهري من محطة سد الرستن، مجلة جامعة البعث، المجلد 44، العدد 9، 34-11.

[42] بوبو ريم. (2018) دراسة سلوك الأنفاق العميقة المعرضة للانهيار باستخدام المنطق العصبوني الضبابي Neuro-Fuzzy Logic، مجلة جامعة البعث، المجلد 40، العدد 35، 155- 182.

تحديد مواقع الخزانات المائية في منطقة سهل الغاب

م. كنان الاحمد: طالب دكتوراه – كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص
د.م.مازن سلوم: أستاذ مساعد - كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص
د.م.محمود السباعي: أستاذ مساعد - كلية الهندسة المدنية - جامعة حمص

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تحديد مواقع لإنشاء خزانات مائية في منطقة سهل الغاب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لحصاد مياه الأمطار بشكل فعّال ومستدام وذلك نظرًا لتزايد الطلب على المياه في المنطقة وتحديات التغير المناخي التي تؤثر على الموارد المائية المتاحة ويعتمد البحث على تحليل البيانات الجغرافية والهيدرولوجية بما في ذلك التضاريس والمناخ وكثافة المجاري المائية.

تم تحديد خمسة مواقع مقترحة لإنشاء الخزانات المائية من خلال استخدام برمجيات ArcGIS 10.6 وتم حساب سعة كل خزان بناءً على البيانات المناخية والهيدرولوجية. توصلت الدراسة إلى أن إجمالي كمية المياه التي يمكن تخزينها في هذه الخزانات تصل إلى حوالي 46 مليون متر مكعب سنويًا مما يساهم بشكل كبير في تخفيف العجز المائي في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: خزانات مائية ، سهل الغاب، حصاد مياه الامطار ، نظم المعلومات الجغرافية.

Determining the Locations of Water Reservoirs in the Al-Ghab Plain Region.

Eng. Kinan Alahmad: Postgraduate Student, Dept. of Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University
Dr. Mazen Saloom, Dept. of Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University
Dr. Mahmoud Al-Sibai, Dept. of Water Resources Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Homs University

Abstract

This study aims to identify suitable locations for establishing water reservoirs in the Al-Ghab Plain region using Geographic Information Systems (GIS) technology to rainwater harvesting. This effort addresses the increasing demand for water in the region and the challenges posed by climate change that affect available water resources. The research relies on analyzing geographical and hydrological data, including topography, climate, and stream density.

Using ArcGIS 10.6 software, five proposed locations for the construction of water reservoirs were identified. The capacity of each reservoir was calculated based on climatic and hydrological data. The study concluded that the total amount of water that can be stored in these reservoirs is approximately 46 million cubic meters annually, significantly contributing to alleviating water scarcity in the region

Key Words: Water reservoirs, Al-Ghab Plain, Rainwater Harvesting, GIS.

1- المقدمة:

تشكل الموارد المائية الأساس الذي تعتمد عليه حياة الإنسان وتطور المجتمعات والذي يترافق بتزايد النمو السكاني والنمو الصناعي والزراعي ولعل احدى التحديات المواكبة لهذا التطور تكمن في تأمين مصادر مياه مستدامة خصوصًا في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني من قلة الأمطار وقلة الموارد الجوفية.

حيث تتفاقم الحاجة إلى ابتكار حلول فعّالة ومستدامة للاستفادة من الموارد المائية الطبيعية المتاحة، وأحد أبرز هذه الحلول يتمثل في تقنية حصاد مياه الأمطار من خلال إنشاء الخزانات المائية.

تعد منطقة سهل الغاب احدى المناطق التي تواجه تحديات مائية كبيرة حيث تعتمد بتلبية احتياجاتها المائية على نهر العاصي والسحب من المياه الجوفية لتلبية احتياجاتها المتزايدة من المياه ومع تزايد الطلب على المياه نتيجة التوسع في الأنشطة الزراعية والنمو السكاني بات من الضروري البحث عن حلول بديلة وفعّالة تساهم في تحقيق الأمن المائي على المدى الطويل وفي هذا السياق تأتي دراسة إنشاء خزانات مائية لحصاد مياه الأمطار كأحد الخيارات الحيوية التي يمكن أن تسهم في توفير موارد مائية إضافية.

تعتمد فعالية هذه الخزانات بشكل كبير على اختيار مواقعها بعناية حيث أن الموقع الجغرافي يلعب دورًا محوريًا في تحديد فاعلية النظام المائي ومدى استدامته، وهنا تبرز أهمية تطبيق نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كأداة حديثة تساهم في تحسين عمليات اختيار المواقع من خلال تحليل البيانات المكانية والهيدرولوجية ،هذه التقنية تمكّن من إجراء دراسة شاملة للعديد من العوامل مثل التضاريس والمناخ والمجاري المائية مما يتيح تحديد المواقع لبناء الخزانات المائية ويضمن الاستفادة القصوى من مياه الأمطار والتي تساهم بدورها في تحسين إدارة الموارد المائية وتوزيعها، حيث تساعد هذه الخزانات في تقليل الاعتماد على المياه الجوفية واستنزافها وفي الحفاظ عليها كمخزون استراتيجي في ظل تزايد آثار التغير المناخي الذي يؤدي إلى تغييرات ملحوظة في أنماط الهطول

المطري ويدعو الى التفكير بشكل استباقي في كيفية استغلال مياه الأمطار بالشكل الأمثل و توفر حماية من الآثار السلبية لتقلبات المناخ وتعزز من مرونة النظام المائي لمواجهة هذه التحديات.

2- الدراسات المرجعية :

-تم في منطقة الخليل بفلسطين تحليل شبكة الاودية وتحديد افضل المواقع لاقامة خزانات مائية ،حيث تعاني منطقة الدراسة من شح مصادر المياه وتم اقتراح (15) موقع لانشاء خزان مائي وتم اختيار (3) منها من حيث القدرة التخزينية حيث بلغ مجموع حجوم المياه (21) مليون متر مكعب(4).

- تم اقتراح مواقع ثمانية خزانات مياه بحجم تخزين اجمالي يصل لـ (7) مليون متر مكعب سنويا في حوض وادي غزة مع الاخذ بعين الاعتبار المعايير البشرية والتحليل الطبوغرافي والهيدرولوجي لتحديد أفضل المواقع لإنشاء خزان مائي في الاحواض الداخلية لمنطقة الدراسة (2).

-تم في حوض وادي النعمان في المملكة العربية السعودية دراسة افضل المواقع لإنشاء خزانات مياه وذلك بسبب زيادة الطلب على الموارد المائية في منطقة الدراسة واستنزاف المياه الجوفية لسد حاجة السكان بالإضافة لتعرض الحوض لمخاطر السيول بسب قلة الغطاء النباتي الذي يقلل من سرعه المياه الجارية وبناء عليه تم اقتراح موقعين لإنشاء الخزانات المائية تبلغ مساحة الحوض الساكب(2.8)كم2على وادي المجاريش و(3.5) كم2 على وادي النعمان (3).

- كما تم اجراء نمذجة هيدرولوجية لحوض نهر الأبرش في سورية وتحديد الموازنة المائية للحوض باستخدام تقنيات (GIS) للحصول على قاعدة بيانات متكاملة يتم الانطلاق منها لإدارة الموارد المائية، وقد تضمن ذلك بناء نموذج رياضي للمنطقة المدروسة تلا ذلك تطبيق عدد من التحليلات على النموذج بعد الأخذ بالحسبان التغيرات الديموغرافية و المناخية المتوقعة وبينت النتائج المفروضة أن جميع الاحتياجات المائية

في الحوض مغطاة بالكامل حتى عام 2040. كما تم حساب الموازنة المائية للحوض خلال عام مرجعي 2012 وبينت النتائج أن حجم الهطول المطري خلال هذا العام بلغ (634.34) مليون متر مكعب بحجم جريان سطحي بلغ (146.11) مليون متر مكعب.كما أنه يمكن الحصول على اكتفاء ذاتي مائي ضمن الحوض عند تحول القطاع الزراعي بشكل كامل نحو الري الحديث الذي يعطي وفرة مائية تصل إلى 30 MCM.(9)

–وبتحديد الخصائص الجيومورفولوجية وخصائص الشبكة المائية التي تطورت في المنطقة الحرة بالأردن باستخدام الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وبالاعتماد على تحليل نموذج الارتفاع الرقمي ،تم تقسيم منطقة الدراسة على أساس الإرتفاع النسبي الى عدة أقسام كما اتصفت المنطقة بالتجانس في درجات الإنحدار، وتم تحديد الأشكال الأرضية بناء على الخصائص الجيومورفولوجية والانحدار، وبناء على الخصائص الهيدرولوجية أمكن تحديد مناطق المساقط المائية التي يمكن استخدامها لإدارة المياه (7) .

3- مبررات البحث:

تُعاني منطقة الدراسة من عجز مائي متزايد نتيجة التغيرات المناخية والطلب المتزايد على المياه مما يستدعي البحث عن حلول مستدامة لتعزيز الأمن المائي. ويُعد حصاد مياه الأمطار من الخيارات الفعالة للحد من الفاقد المائي الناتج عن تبخر الامطار أو تسربها عبر التكوينات الكارستية في المناطق الجبلية أو الجريان السطحي غير المستغل الذي ينتهي إلى المصارف A وB. وفي ظل التراجع المستمر في مستويات المياه الجوفية فإن إنشاء خزانات مائية في مواقع مدروسة يُسهم في تخفيف الضغط عنها والحد من تدهورها على المدى الطويل.

4– هدف البحث:

الهدف الأساسي من هذا البحث هو دراسة مختلف العوامل الطبيعية والجغرافية لتحديد المواقع الملائمة لإنشاء خزانات مائية تضمن تجميع واستغلال كميات من مياه الأمطار

بفعالية وكفاءة لتخفيف العجز المائي في منطقة الدراسة وتقديم حلول لتعزيز استدامة الموارد المائية.

5- طرائق البحث والمنهجية:

اعتمدت هذه الدراسة على منهجية متكاملة تستند على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لاختيار أفضل المواقع لإنشاء خزانات مائية لتجميع مياه الأمطار واستغلالها بشكل مستدام.

❖ البيانات المستخدمة:

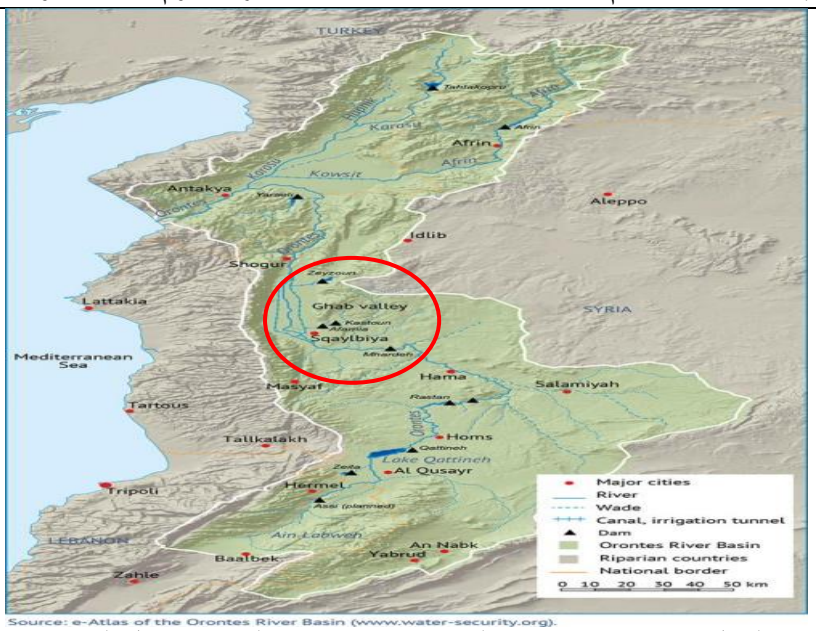
تم جمع البيانات من مصادر متعددة وهي: الصور الفضائية، الخرائط الطبوغرافية. وتم استخراج هذه البيانات من منصات الأقمار الصناعية المتاحة (هيئة المسح الجيولوجي الامريكية USGS).

❖ نظم المعلومات الجغرافية (GIS):

تم توظيف برمجيات GIS مثل ArcGIS 10.6 لتحليل البيانات المكانية واجراء تحليلات هيدرولوجية لاختيار المواقع المناسبة وذلك بعد معالجة وتحليل البيانات الطبوغرافية، المجاري المائية والهطول المطري كما ساهم في توليد الخرائط النهائية التي توضح مواقع إنشاء الخزانات المائية.

6- منطقة البحث:

تقع منطقة الدراسة ضمن اراضي حوض العاصي الأوسط في الشمال الغربي للجمهورية العربية السورية و يحد المنطقة من الشمال محافظة ادلب ومن الجنوب مدينة محردة وفي الجزء الغربي السفوح الشرقية للجبال الساحلية اما الشرق جبل الزاوية، ويعد نهر العاصي المصدر المائي الرئيس للمنطقة وهو نهر دائم الجريان (5) ويوضح الشكل (1) منطقة الدراسة.



الشكل (1) : خريطة منطقة الدراسة (منطقة وجود المشروع سهل الغاب)

وتصنف منطقة الدراسة إلى المناخ المتوسطي الذي يتصف بشتاء بارد وماطر وصيف حار وجاف مع فصلين انتقاليين يتصفان باعتدالهما وعدم استقرار الطقس فيهما.

تظهر البيانات الواردة في الجدول (1) تغير متوسط درجة حرارة الهواء في منطقة الدراسة. (8)

الجدول (1): تغير درجة حرارة الهواء في منطقة الدراسة (8)

المحطة	المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء	المتوسط السنوي لأدنى درجة حرارة	المتوسط السنوي لأعظم درجة حرارة
الجيد	17.7	10.7	24.3
الكريم	17.8	10.6	24.1
حواش الغاب	18.1	12	23.9
حورات	18	11.1	24.6

عمورين			
عين الكروم	18.4	12.8	23
محردة	18	11.7	24.7

وتؤدي الرطوبة النسبية دوراً عند حساب الاحتياجات المائية حيث يوضح الجدول (2) قيم الرطوبة النسبية للهواء لمحطات سهل الغاب

الجدول (2): تغير الرطوبة النسبية للهواء في منطقة الدراسة

المحطة	المتوسط السنوي للرطوبة النسبية%	التغير الشهري%	
		أدنى متوسط شهري	أعلى متوسط شهري
الجيد	65	46	85
الكريم	62	42	84
حواش الغاب	63	44	83
حورات عمورين	60	40	82
عين الكروم	62	42	82
محردة	60	42	83

وتعد الامطار من أهم العوامل المناخية التي تؤثر على الاحتياجات المائية للمحصول ويعرض الجدول (3) قيم الهطول المطري بمنطقة الدراسة.

الجدول (3): المتوسط السنوي للهطولات المطرية باحتمال 75%

المحطة	المتوسط السنوي للهطولات المطرية باحتمال 75% (mm)
الجيد	517.4
الكريم	529.4
حواش الغاب	379.6
حورات عمورين	379.6
عين الكروم	999.2
محردة	299

ولا يعتمد نمو المحصول فقط على الهطول المطري فقط بل على عوامل مناخية أخرى مثل فترة السطوع الشمسي حيث نجد من الجدول (4) قيمة المتوسط لساعات السطوع الشمسي.

الجدول (4): تغير ساعات السطوع الشمسي (ساعة / اليوم) في منطقة الدراسة

المحطة	المتوسط السنوي لعدد ساعات السطوع	التغير الشهري	
		أدنى متوسط	اعلى متوسط
الجيد	7.6	2.7	11.9
الكريم	7.6	2.9	12.1
عين الكروم	7.1	2.5	11.5

نتيجةً لضعف الميل العام لسطح الرقعة الزراعية ، الذي يأتي بعد الانحدار الشديد لجوانب الحوض ، وانعكاس ذلك على مسار الجريان العام و نقل وترسيب مواد التربة، تكون في الحوض الزراعي التدرّج التالي للتربة :

1. تربة رسوبية حطامية: ذات قوام خشن وغير متجانس، تشكلت من ترسيب سريع قرب الصخور الأم وتوجد على أطراف الحوض وفي نهايات الأودية.
2. تربة رسوبية مارلية: حمراء غضارية ذات أصل بركاني تنتشر في المناطق ذات الارتفاع بين 200 و300 متر.
3. تربة رسوبية غضارية–رملية: ناعمة ورمادية قليلة الغمر ذات منشأ كلسي وتنتشر حول الجزء المحوري من الحوض.
4. تربة رسوبية لحقية مغمورة: غضارية داكنة غنية بالمواد العضوية تشكل مصاطب مجرى نهر العاصي داخل الحوض الزراعي.

7–العناصر الأساسية في الدورة الهيدرولوجية:

عند حدوث هطول مطري معين فوق سطح حوض ساكب يوجد فترة بدائية يمكن من خلالها ملاحظة الظواهر الآتية:

- ❖ جزء من الهطول المطري تعترضه المباني والأشجار وأوراق النباتات وعناصر أخرى تمنعه من الوصول إلى الأرض ويدعى باعتراض الهطول المطري (Interception rainfall)، وتختلف كميته التي يصعب تقديرها تبعاً لنوع الغطاء النباتي وكثافته ولخصائص العاصفة المطرية. وقد بينت الدراسات أن قيم فواقد الاعتراض تتفاوت بين (10..20%) من كمية الهطول الكلي خلال موسم نمو النباتات، وترتفع حتى 25% من قيمة الهطول السنوي في مناطق الغابات. وفي الدراسات الهيدرولوجية التي تعالج مسألة الفيضانات الناتجة عن العواصف المطرية الشديدة يمكن إهمال الضياعات بالاعتراض نظراً لكميتها القليلة. وتقسم فواقد الاعتراض إلى قسمين أحدهما يتبخر في أثناء الهطول

المطري والآخر يحتجز على أوراق النباتات ثم يتبخر بعد انتهاء العاصمة المطرية.

- قسم من الهطول يتجه نحو المنخفضات في سطح الأرض فيملؤها ويدعى بتخزين المنخفضات (Depression storage) ويرمز له (S_d)، وتبدأ المياه بالتجمع عندما تتجاوز شدة الهطول قيم استطاعة التسرب ، ويمكن لهذا القسم أن يتبخر أو يستخدم من قبل النباتات أو يتسرب ضمن التربة . يتعلق تخزين المنخفضات بعدة عوامل منها: نوع التربة، ميل سطح الحوض الساكب، الهطولات السابقة التي تؤدي دوراً واضحاً في إنقاص الضياعات الحاصلة بتخزين المنخفضات، رطوبة التربة البدائية.
- قسم من الماء الهاطل يتسرب عبر سطح التربة ويغذي رطوبتها ويدعى بالماء الراشح F ، ويمكن أن يغذي فيما بعد طبقة المياه الجوفية . إن المعدل الأعظمي للماء الراشح الذي يمكن أن تستوعبه التربة ضمن شروط معينة يدعى باستطاعة التربة الارتشاحية (استطاعة التسرب f) .
- قسم الهطول الواصل إلى سطح الأرض والذي يمثل الفارق بين الهطول المطري الكلي P وقسم الهطول المعترض L ويدعى بالمطر الفعال P_{eff}). effective rainfall)
- القسم المتبقي من الهطول بعد اعتراضه وبعد عملية التسرب وتخزين المنخفضات وعملية التبخر يدعى بالمطر الزائد (excess rainfall) وذلك قبل تشكل الجريان السطحي. بعد إشباع رطوبة التربة يتجمع المطر الزائد أولاً على سطح الأرض مشكلا ما يسمى بالاحتجاز السطحي D (surface detention)، ثم ينشأ الجريان السطحي كجريان فوق سطح الأرض باتجاه ميل الأرض الطبيعية نحو المجاري الصغيرة ومن ثم إلى المجاري الكبرى التي تصب في المجرى الرئيسي حتى يصل في النهاية إلى فم الحوض الساكب.(6)

8-تحديد الحوض الساكب للخزان المائي :

ان الوضع المائي اصبح حرجا في بعض دول العالم وان كانت غالبيتها تحت خط العجز المائي وبالتالي هناك صعوبة في التنمية المستدامة مازال هناك ضعف في استخدام الموارد المائية واستخدام أساليب وتقنيات لا تتماشى مع الطرق الحديثة للإدارة المتكاملة للمياه.

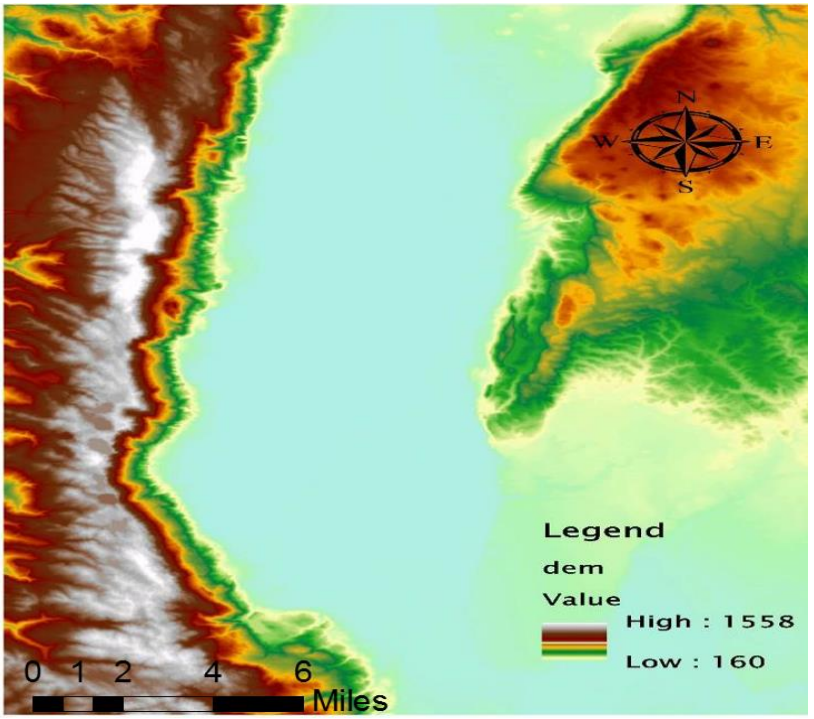
وبالنظر للتطور الحاصل في العلوم المتصلة بالموارد المائية فان الضرورة تقتضي البحث عن التكنولوجيا والتقنيات الملائمة لتخفيض العجز المائي والحفاظ على المصادر المائية ومن أهم هذه الأدوات هو نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذي يعد من الأدوات الحديثة في العصر الحديث حيث يمثل تقنية مبتكرة تعتمد على دمج البيانات المكانية والوصفية لتمكين التحليل والتخطيط واتخاذ القرارات في مختلف المجالات ويعتبر استخدام (GIS) في التحليل الهيدرولوجي من أبرز التطبيقات التي تسهم في فهم الأنظمة المائية بشكل دقيق وشامل ،وفي هذا البحث سيتم تسليط الضوء على توفير نماذج تفاعلية تساعد في تحليل البيانات المتعلقة بالمياه وادارتها لدعم صناع القرار في التخطيط المستدام لادارة الموارد المائية.

9-نماذج الارتفاعات الرقمية:

ان نموذج الارتفاعات الرقمية (Digital Elevation Model) هو نموذج رقمي يمثل التضاريس السطحية للأرض من خلال شبكة من الخلايا والتي تحتوي على قيم الارتفاعات فيها ويستخدم في التحليلات الهيدرولوجية لما يعطيه من تمثيل دقيق للتضاريس وفهم السمات الجغرافية لشكل الأرض مثل الجبال والوديان، وتبلغ الدقة المكانية لنموذج الارتفاعات الرقمي (30m) في حين الدقة الشاقولية (RMSE=±16m) والدقة الأفقية (RMSE=±20m) (1).

وقبل البدء بالتحليل الهيدرولوجي لابد من اجراء بعض التحسينات والتأكد من عدم وجود قيم شاذة غير واقعية في شريحة DEM والتي تم تحميلها من هيئة المسح الجيولوجي

الامريكية (USGS) لتحسين الدقة وموثوقية البيانات لذلك لابد من الاستعانة بالأداة fill والتي تقوم بملء المنخفضات وإزالة الارتفاعات الوهمية وذلك بالنسبة لارتفاعات وانخفاضات الخلايا الموجودة حولها ويبين الشكل(2) الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة.



الشكل(2): الارتفاعات الرقمية بمنطقة الدراسة

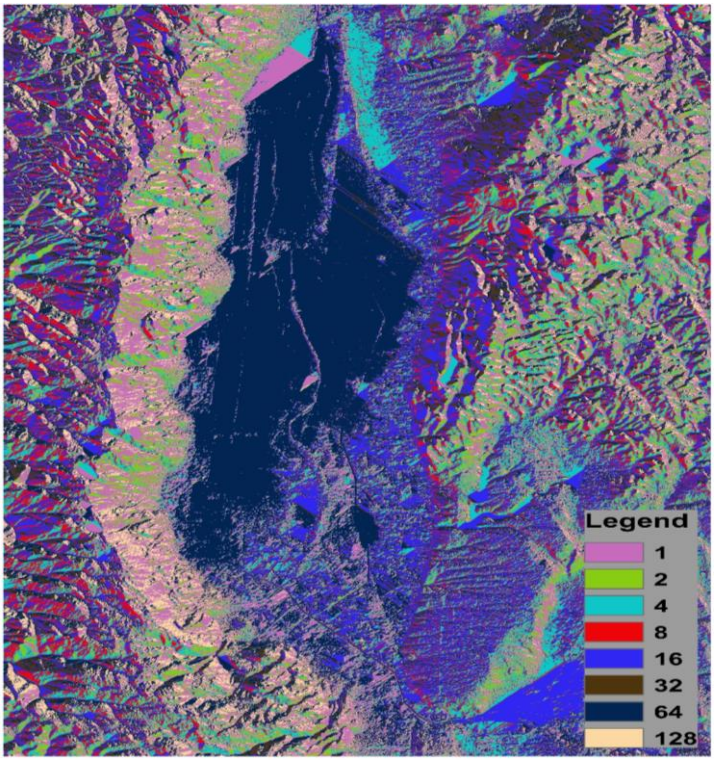
10-تحليل الجريان المائي السطحي (Flow Direction):

تُعد أداة اتجاه الجريان (Flow Direction) من الأدوات الأساسية في تحليل النماذج الرقمية للارتفاعات، حيث تُستخدم لتحديد المسار الذي تسلكه المياه من خلية معينة إلى إحدى الخلايا المجاورة لها استنادًا إلى قيم الارتفاع. وتعتمد هذه الأداة على التضاريس الممثلة في الخلايا ما يسمح بتحديد المسار الطبيعي لانحدار المياه وهي خطوة حيوية

لفهم سلوك المياه على سطح الأرض وتحليل العمليات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية بدقة.

ولتحديد اتجاه الجريان يُستخدم نظام ترميز رقمي كما هو موضح بالشكل (3) يُمثل كل اتجاه بعدد معين، كما يلي:

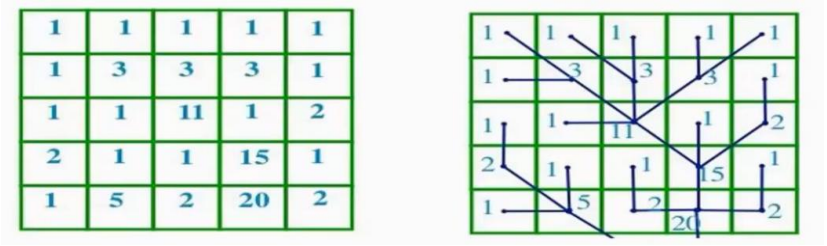
الرقم (1) يشير إلى اتجاه الشرق ،الرقم (2) يدل على الاتجاه الجنوب الشرقي ،الرقم (4) يمثل اتجاه الجنوب ،الرقم (8) يُشير إلى الاتجاه الجنوب الغربي ،الرقم (16) يعبر عن اتجاه الغرب ،الرقم (32) يدل على الاتجاه الشمال الغربي. الرقم (64) يرمز إلى اتجاه الشمال، الرقم (128) يُمثل اتجاه الشمال الشرقي.



الشكل(3):اتجاه الجريان بمنطقة الدراسة

11-تحديد مناطق تجميع المياه (flow accumulation):

تقوم أداة تجميع الجريان كما مبين بالشكل(4) عند كل خلية بحساب عدد الخلايا التي ستصب المياه فيها أي ان كل خلية في الملف الناتج ستحتوي عدد الخلايا التي ستتدفق المياه منها الى هذه الخلية وبالتالي يمكن تحديد شكل المجاري الرئيسية .



الشكل(4): يوضح الية حساب حجم الجريان المتجمع لكل خلية

12-تحديد المسيلات المائية

يقصد بقنوات الجريان المائي السطحي شبكة التصريف المائي والتي تحتوي على جميع الأودية وروافدها الفرعية وتحدد المسارات المختلفة التي تتبعها المياه من خطوط تقسيم المياه وحتى مصبات الأودية .

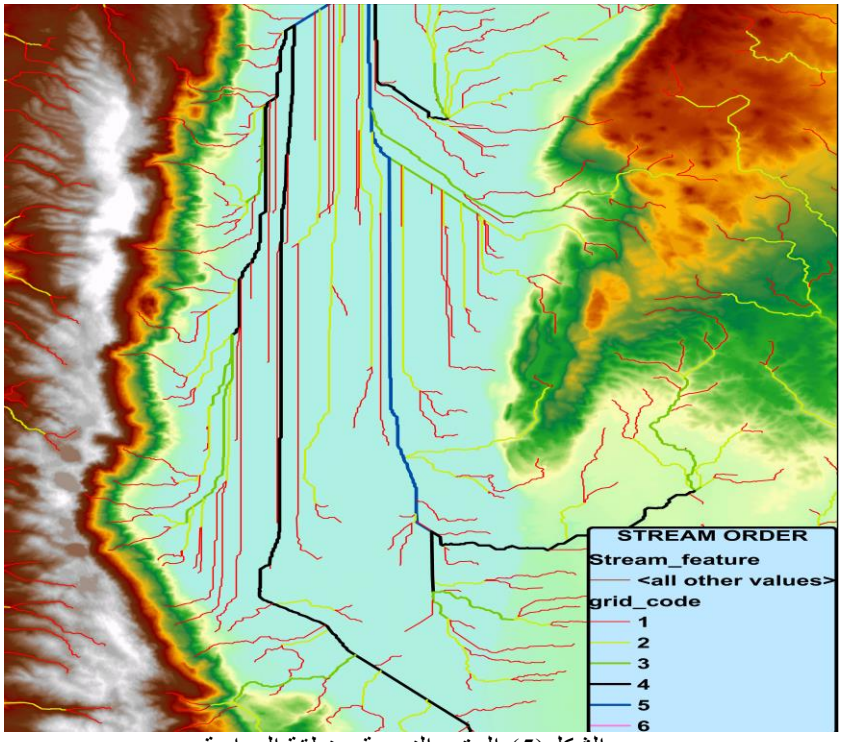
يتم في هذه المرحلة استخراج الخلايا التي تملك قيمة كبيرة من الجريان التجميعي ، وقد قمنا باختيار القيمة 2000 (تمثل عدد الخلايا التي تصب في خلية واحدة) كحد فاصل وبالتالي سوف تأخذ كافة الخلايا التي تحقق الشرط (value>2000) القيمة (1) في حين تأخذ باقي الخلايا القيمة (0).

(ان اختيار قيمة التحسس للمسيلات value>2000 لا يلغي تأثير المسيلات التي ستظهر في حال كان التحسس بقيمة اقل وانما فقط يلغيها من العرض على الخريطة لتكون الخريطة واضحة بشكل اكبر، ففي حال اخذنا قيمة تحسس للروافد بقيمة اقل من 2000 سيظهر عدد كبير من المسيلات المائية الصغيرة ويقل وضوح الشكل ،وكما يظهر

في الشكل (5) فإن بعض المسيلات المائية المرسومة عند الجبال الغربية لم تمتد للقمة ولكن بالمقارنة مع الشكل (8 ، 9) نجد انه بتحديد الحوض الساكب للمسيلات المرسومة تحددت من قمة الجبل أي اخذ بعين الاعتبار المسيلات المائية ذات الرتب المائية الأصغر)

13-تحويل الشبكة من الصيغة المتريسية إلى الصيغة الشعاعية:

تستخدم هذه الأداة من أجل الحصول على شبكة من الخطوط الممثلة للرتب المائية بالاعتماد على الخطوات السابقة كما هو مبين بالشكل (5).

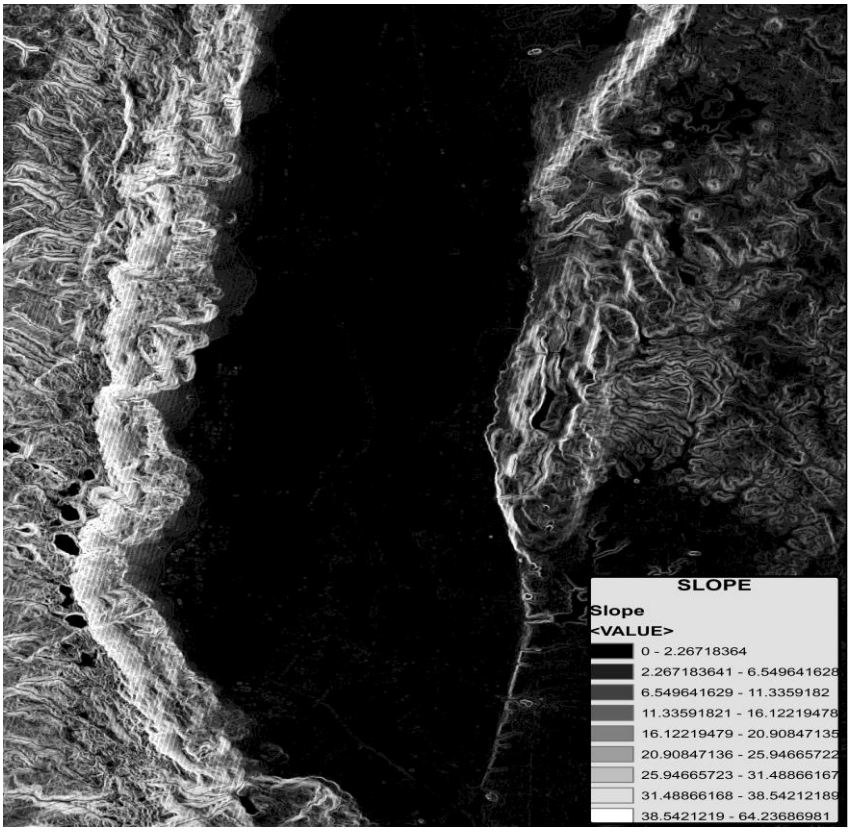


الشكل(5):الرتب النهرية بمنطقة الدراسة

14-تحديد افضل أماكن انشاء خزانات مائية:

في هذه الدراسة تم تحديد خمس مواقع لإنشاء الخزانات المائية في المنطقة المدروسة وتم الاخذ بعين الاعتبار في تحديد مواقع الخزانات المائية المعايير التالية:

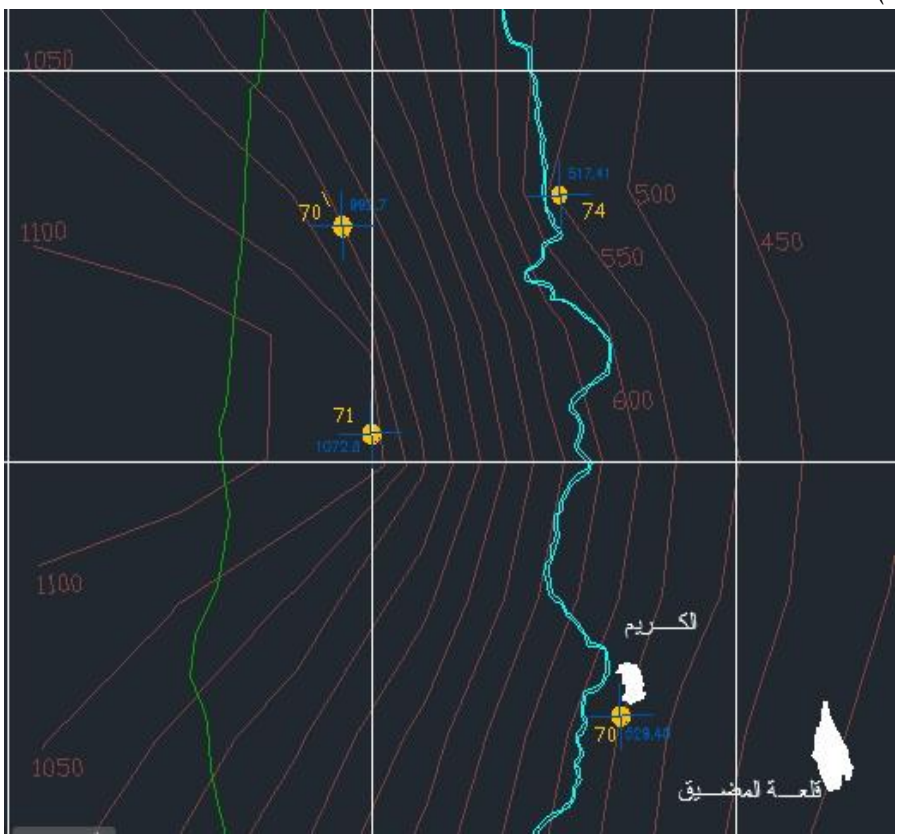
1-الطبوغرافيا: لتحديد مواقع منخفضة أو مناطق ذات انحدارات ملائمة تساعد على تجميع المياه كما هو موضح بالشكل(6) والذي يبين قيم الميل في المنطقة حيث أخذ مواقع انشاء الخزانات المائية في المناطق التي يكون فيها الميل اقل من 11 حسب المعايير المعتمدة.



الشكل(6):خريطة الميول في منطقة الدراسة

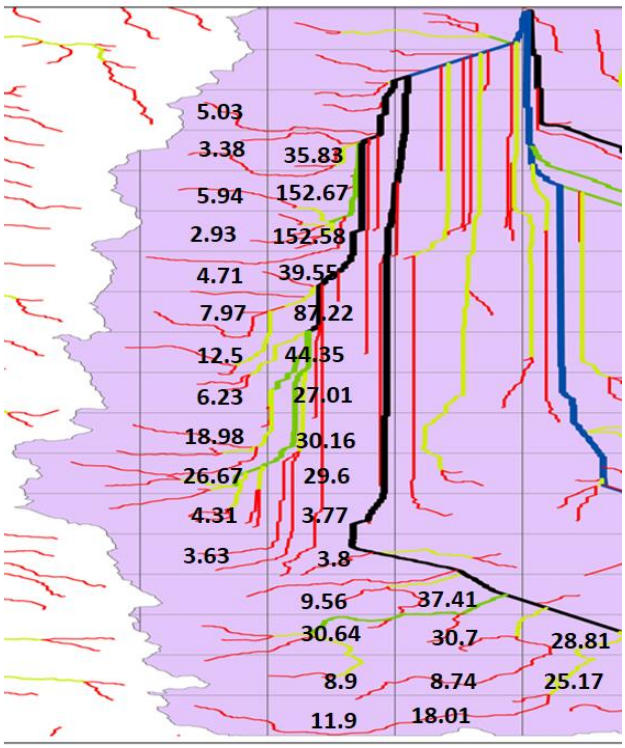
2-الهيدرولوجيا: دراسة الأودية والمسيلات المائية لتحديد أماكن الجريان السطحي حيث تم الاخذ بعين الاعتبار الروافد ذات الرتب المائية الأكبر بل إضافة للاماكن ذات مساحة حوض ساكب كبيرة قدر الأماكن بما يتناسب مع باقي المعايير والموضحة بالشكل (8) و (5) .

3-المناخ: الاعتماد على بيانات الهطول المطري لتحديد مناطق ذات معدلات أمطار عالية وتم أخذها بالاعتماد على خريطة تساوي الهطول المطري الموضحة بالشكل(7) (11).



الشكل (7):خريطة تساوي الهطول المطري

4-القرب من مناطق الاحتياج المائي: أخذ بالاعتبار العوامل الاجتماعية والاقتصادية لتحديد أقرب المواقع إلى مناطق الاستهلاك ويظهر الشكل(8) مساحة الحوض الساكب بكل خلية ضمن الشبكة وتم اختيار افضل المواقع ضمن الشكل بما يتلائم مع المعايير انفة الذكر حيث أن كل المناطق على يمين الخزانات عبارة عن أراضي زراعية تبلغ مساحتها مايقارب (88000 هكتار) من الأراضي الزراعية أما مابين الخزانات المائية ف هي عبارة عن تجمعات سكانية.



الشكل(8):مساحة الحوض الساكب بكل خلية ضمن الشبكة بواحدة (Km^2)

وتم تحديد الحوض الساكب للخزانات المائية كل على حدى من أجل حساب حجم المياه الفعلية الممكن تخزينها فيها.

- كمية مياه الأمطار الفعالة في منطقة السفوح الغربية لسهل الغاب:

تم حساب كمية المياه الجارية من خلال حساب معدل الأمطار السنوية الموضحة بالجدول (5) وخطوط تساوي الهطول المطري باحتمال ورود 75% الموضحة بالشكل (7). مع العلم أن هناك علاقة طردية بين التسرب وطبوغرافية المنطقة؛ فكلما زاد الانحدار قل تسرب المياه والعكس صحيح، بالإضافة تم الاستفادة من معامل الجريان السطحي للسفوح الغربية(10) بحساب كمية المياه الجارية لكل حوض ساكب للاستفادة من حصد ما هو ممكن ضمن الخزانات المائية.

الجدول (5):متوسط الهطول المطري السنوي بإحتمال 75%(مم)

الاشهر	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
الهطول المطري	43.2	107.62	197.07	205.8	170.7	121.45	79.3
الاشهر	May	Jun	Jul	Aug	Sep		
الهطول المطري	53.92	11.52	0.32	0.16	8.17		

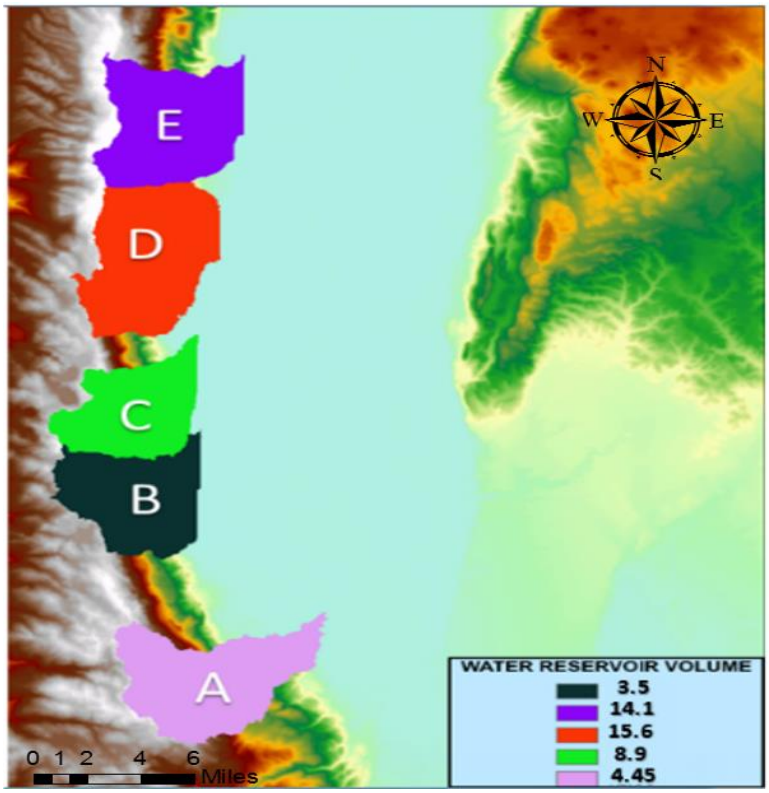
- سعة الخزانات المائية المقترحة على تخزين المياه:

اخذت مساحة الحوض المائي عن طريق معالجة النموذج الرقمي (DEM) في برنامج GIS وبالاعتماد على التحليلات الهيدرولوجية السابقة من اتجاه الجريان والجريان التجميعي والمعايير السالفة الذكر ومعرفة قيم معامل الجريان السطحي في منطقة التخزين تم اختيار مواقع لـ(5) خزانات مائية كما هو موضح بالجدول (6) و الشكل (9) .

حيث اعطى الخزان المائي (D) أكبر حجم تخزين وقدره (15.6) مليون متر مكعب سنويا ويليه الخزان المائي (E) بحجم تخزين وقدره (14.1) مليون متر مكعب سنويا أما ما تبقى فيتراوح التخزين بين (3) و(9) مليون متر مكعب سنويا ليصبح اجمالي حجم التخزين المائي لهذه السدود (46.55) مليون متر مكعب سنويا . تم دراسة انشاء الخزانات المائية على السفوح الغربية دون الشرقية لان الهطولات المطرية تكون اكبر بل إضافة لتحقق المعايير السابقة ذكر بشكل اكبر.

الجدول(6): حساب حجم التخزين لكل خزان مائي

Id	الهطول المطري السنوي باحتمال ورود 75% (م)	معامل الجريان السطحي	مساحة الحوض الساكب ب($م^2$)	الحجم (مليون متر مكعب)	الموقع
A	0.7	0.17	37418021	4.45	الفوار
B	0.7	0.17	29683360	3.5	عين وريدة
C	1	0.33	27014858	8.9	مرداش
D	1.1	0.36	39554426	15.6	الخطيب
E	1.1	0.36	35833162	14.1	حيلان



الشكل(9):مواقع انشاء الخزانات المائية الخمسة وحجومها بواحدة (مليون متر مكعب)

15- الاستنتاجات :

1. تم تحديد خمس مواقع خزانات مائية من حيث الموقع وحجم التخزين .
2. ستساهم الدراسة بتخفيض العجز المائي بما يقارب /46/ مليون متر مكعب من المياه بتطبيق هذه الدراسة حيث يبلغ العجز في المنطقة (88) مليون متر مكعب سنويا.
3. أظهرت الدراسة ان مجموع كمية المياه القابلة للتخزين في الخزانات المائية بمنطقة الدراسة بلغت (46) مليون متر مكعب سنويا وتعد هذه الكمية كبيرة

ويمكن ان تسهم بشكل فعال في حل مشكلة نقص الموارد المائية المتاحة في منطقة الدراسة.

16-التوصيات :

1. إجراء دراسات تطبيقية مماثلة لكل أحواض التصريف المائية في حوض العاصي بالاعتماد على التقنيات الحديثة ليصار الى الاستفادة من مياه الامطار.
2. تفعيل دور الأرصاد الجوّية والاعتماد على التنبؤات بالهطولات المطرية عند وضع خطط الرّي في المنطقة المدروسة.

17- المراجع:

المواقع الالكترونية:

www.usgs.com-1

المراجع الأجنبية :

2- Mohammad Burqan, Using (GIS) in exploiting the running rainwater in the interior parts of the basin of Wadi Gaza – Hebron, Journal of the Arab American University, Volume 5,2019

3- Oula Ali Hakeem ,Sarra Al-Habib Ouerghi), Integration of GeographicInformation System (GIS) and Analytical Hierarchical Process (AHP) for Dams site selection in Wadi Numan watershed in the holy city of Mecca, Arab Journal of Sciences and ResearcPublishing ,Volume (8), Issue (2) : 30 Jun 2022.

4- Ahmed Ra'fat Ghodieh, Mohammed Abdallah Burqan, Wadis Network Analysis and Determining Optimal Sites for Dams in the Western Slopes of Hebron Plateau Using GIS, An-Najah National University.

المراجع العربية:

5-مشروع اغروبوليس، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.2007

6-(ليوس،حمدان)،هيدرولوجيا(1) ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة حمص ، 2008.

7- (مخامرة، زياد، والحسبان، يسرى) تحليل الخصائص الجيومورفولوجية للحرة الأردنية باستخدام نموذج التضرس الرقمي ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، المجلد9 ،2016.

8-الشركة العامة للدراسات المائية،التقرير الهيدرولوجي ،مرحلة ثانية2016.

9-(إبراهيم،بتول)،تخطيط الموارد المائية وإدارتها في حوض نهر الأبرش ،رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية ، جامعة حمص ، 2019

10-(بكر،عبدالقادر)،الموازنة المائية لحوض العاصي الأوسط، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية ، جامعة حمص ، 2021

11-مشروع دراسة الموازنة المائية التفصيلية في حوض العاصي ،الهيئة العامة للموارد المائية ، وزارة الموارد المائية ، 2016