



## تحليل الظواهر الخطية للمنطقة الممتدة من زليتن إلى الخمس

منعم رجب حريب

قسم الجيولوجيا، كلية البيئة والموارد الطبيعية، جامعة مصراته، مصراته، ليبيا

\* لمراسلة المؤلف: [Monemman.17f@gmail.com](mailto:Monemman.17f@gmail.com)

نشرت: 07 مارس 2026

قبلت: 07 فبراير 2026

استلمت: 07 ديسمبر 2025

### الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الظواهر الخطية في منطقة الدراسة الممتدة من زليتن إلى الخمس شمال غرب ليبيا بمساحة حوالي (2425.19) كيلومتر مربع تم استخدام برامج (Envi 5.3 و Arc GIS 10.8 و Pci Geomatica) والمرئيات لمنطقة الدراسة من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) لاندسات 9 (Landsat 9 OLI/TIRS) ونموذج ملفات الارتفاع الرقمية (ASTER SRTM (DEM) Digital Elevation Model [1] تم اختيار مرئيات خالية من الغيوم وبجودة مكانية مناسبة (30 متر) واعتمد التحليل على قياسات إحصائية للظواهر الخطية وتم استخلاص الأنماط الرئيسية التي تهيمن على المنطقة وتفسيرها بناءً على تأثير الحركات التكتونية الرئيسية التي مرت بالمنطقة (الكاليدونية والهرسينية والألبية). وكانت النتيجة الاتجاه الشمال الشرقي - الجنوب الغربي (NE-SW) الأكثر عدداً حيث يمثل 36.4% من إجمالي الصدوع بعدد (261 صدعاً) والاتجاه الشمال - الجنوب (N-S) الأطول إجمالاً حيث يمثل 45.99% من إجمالي الطول على الرغم من أنه يتقاسم نسبة 30.4% من عدد الصدوع مع الاتجاه الشمال الغربي-الجنوب الشرقي (NW-SE) اما الاتجاه الشمال الغربي - الجنوب الشرقي (-NW SE) فيمثل نسبة عالية في العدد (30.4%) ويشير إلى أهمية أنظمة القص المائلة في المنطقة واما الاتجاه الشرقي - الغربي (E-W) فهو الأقل تمثيلاً حيث لا يساهم سوى بنسبة 2.8% من العدد و 0.656% من الطول وواضح التفسير التكتوني للعلاقة بين الاتجاهات والحركات الجيولوجية هيمنة الاتجاهات المائلة (NE-SW و NW-SE) والطولية (N-S) أن البنية التركيبية للمنطقة قد تشكلت بشكل رئيسي نتيجة للأنشطة التكتونية المتأخرة وتحديداً الحركة الألبية التي قامت بإعادة تنشيط وتعديل الهياكل القديمة.

**الكلمات المفتاحية:** الاستشعار عن بعد، تحليل الظواهر الخطية، مرئيات الأقمار الصناعية، شمال غرب ليبيا.

# ANALYSIS OF LINEAMENT OF THE REGION EXTENDING FROM ZLITEN TO AL KHUMS

Moneim Rajab Hraib\*

Geology Dept., Faculty of Environment and Natural Resources, Misurata University,  
Misurata, Libya

\* Corresponding author: [Monemman.17f@gmail.com](mailto:Monemman.17f@gmail.com)

Received: Dec. 07, 2025

Accepted: Feb. 07, 2026

Published: Mar.07, 2026

## Abstract:

This study aims to analyze lineament in the study area extending from Zliten to Al Khums in northwest Libya, covering an area of approximately (2425.19) square kilometers. (Envi 5.3, ARC GIS 10.8, and Pci Geomatics) software were used, along with imagery of the study area from the United States Geological Survey (USGS) Landsat 9 (OLI/TIRS) and Digital Elevation Model (DEM) files SRTM ASTER. Cloud-free imagery with suitable spatial resolution (30 meters) was selected, and the analysis relied on statistical measurements of linear phenomena. The main patterns dominating the area were extracted and interpreted based on the influence of major tectonic movements that the area underwent (Caledonian, Hercynian, and Alpine). The result showed that the northeast-southwest (NE-SW) direction was the most numerous, representing 36.4% of the total faults with a number of (261 faults). The north-south (N-S) direction was the longest overall, representing 45.99% of the total length, although it shares 30.4% of the number of faults with the northwest-southeast (NW-SE) direction. The northwest-southeast (NW-SE) direction represents a high percentage in number (30.4%) and indicates the importance of oblique shear systems in the area. The east-west (E-W) direction is the least represented, contributing only 2.8% of the number and 0.656% of the length. The tectonic interpretation of the relationship between directions and geological movements showed the dominance of oblique (NE-SW and NW-SE) and longitudinal (N-S) directions, indicating that the structural framework of the area was mainly formed as a result of late tectonic activities, specifically the Alpine movement, which reactivated and modified the old structures.

**Keywords:** Remote sensing, analysis of lineament, satellite imagery, northwest Libya.

## 1. المقدمة

تُعرَّف الظواهر الخطية (Lineaments) بأنها ملامح خطية أو منحنية على سطح الأرض قابلة للرسم والتي يُفترض أنها تعكس ظواهر تحت سطحية [1,2] تمثل هذه الظواهر في الغالب تعبيرات سطحية لمناطق ضعف هيكلية في القشرة

الأرضية مثل الصدوع والفواصل ومناطق القص والحدود الصخرية وهذه الظواهر تكون عادة مرتبطة بخصائص طبيعية مثل (الأنهار ومجري السيول والفوالق والتصدعات الجيولوجية وحدود الغطاء النباتي أو الصحاري وشواطئ البحار والبحيرات) أو بشرية مثل (الطرق السريعة وخطوط السكك الحديدية والقنوات وشبكات الري وخطوط أنابيب النفط والغاز والحدود الإدارية والمزارع) ويمكن رصدها وتمييزها من خلال بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية [1,3,4] وتُعد من الركائز الأساسية لفهم العمليات التكوينية والجيومورفولوجية التي أسهمت في تشكيل سطحها عبر الزمن الجيولوجي فهي تلعب دورًا أساسيًا في استكشاف المياه الجوفية كما أنها أداة رئيسية في التنقيب عن الرواسب المعدنية والنفط [5,6] وتقييم المخاطر البيئية مثل الزلازل والانزلاقات الأرضية واختيار المواقع المناسبة للمشاريع الهندسية كالسدود والمنشآت ولقد مثلت الطرق التقليدية في الكشف عن هذه الظواهر مثل الدراسات الميدانية ورسم الخرائط الجيولوجية أدوات فعالة لكنها غالبًا ما تكون مكلفة وتستغرق وقتًا طويلًا إضافة إلى محدوديتها في تغطية مناطق واسعة وهنا برز دور تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) وحدثت نقلة نوعية في مجال الدراسات الجيولوجية حيث أصبحت هذه التقنيات أدوات فعالة وسريعة ومنخفضة التكلفة في هذا المجال فهي توفر نظامًا مثاليًا يسمح بجمع البيانات وتحليلها وتكاملها وتوفير رؤية شاملة لمناطق واسعة بما في ذلك المناطق التي يصعب الوصول إليها ميدانيًا مما يتجاوز تحديات العمل الحقلية التقليدي.

### 1.1 مشكلة البحث

1. صعوبة رصد وتحديد الظواهر الخطية بدقة باستخدام الطرق التقليدية.
2. تحديات التباين المكاني والزمني في الصور الفضائية.

3. الحاجة إلى أدوات آلية وموثوقة لاستخراج هذه الظواهر من البيانات الضخمة.

## 2.1 أهداف البحث

1. توضيح أنواع الظواهر الخطية (طبيعية وبشرية) كما تُظهرها بيانات الاستشعار عن بعد.
2. استعراض أهم التقنيات الرقمية للكشف عنها (مرشحات الحواف، التحليل الاتجاهي، ...).
4. تقييم دقة وفعالية تقنيات الكشف.

## 3.1 أهمية البحث

1. إثراء المجال التطبيقي للاستشعار عن بعد في الجيولوجيا والهيدرولوجيا.
2. دعم صانعي القرار في مجالات إدارة الموارد الطبيعية والتخطيط الإقليمي.
3. المساهمة في تطوير أدوات التحليل الجغرافي (GIS + Remote Sensing).

## 4.1 حدود البحث

تقع منطقة الدراسة شمال غرب ليبيا بين دائرتي عرض (  $32^{\circ}50'39.235''$  -  $32^{\circ}21'48.892''$  ) وخطي طول (  $13^{\circ}49'15.352''$  -  $14^{\circ}38'18.647''$  ) وتغطي مساحة حوالي (2425.1955) كيلومتر مربع وتتمتع المنطقة بمناخ جاف الى شبه جاف (الشكل 1).



شكل (1) خريطة لمنطقة الدراسة

## 2. جيولوجية منطقة الدراسة

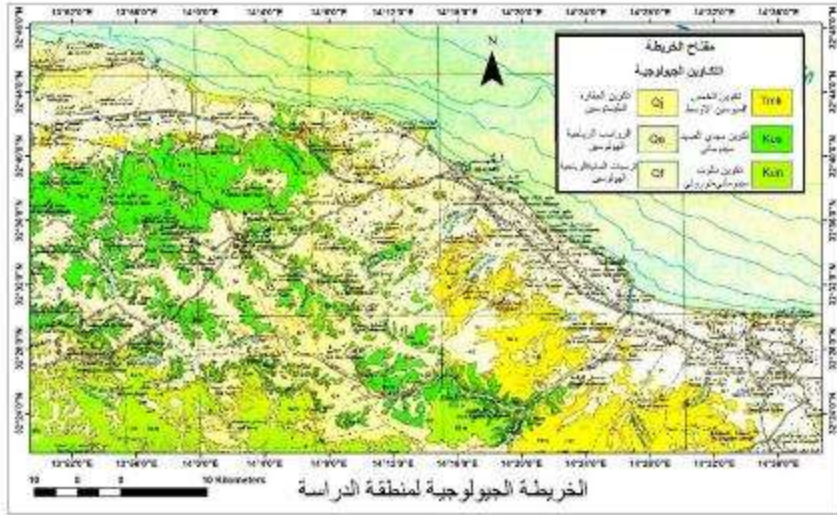
يمكن تلخيص ما تحتضنه منطقة الدراسة من تكاوين جيولوجية ما بين الحقبة المتوسطة (Mesozoic) بداية من عصر الترياسي (Triassic) والحقبة الحديثة (Cenozoic) والمتمثلة في العصر الرباعي (Quaternary) [7,8,9] وذلك وفقا لتتابع الطبقي للوحدات الصخرية بشمال غرب ليبيا [7,8,9,10] الجدول (1) تتكشف بمنطقة الدراسة العديد من التكاوين الجيولوجية والوحدات الصخرية شكل (2) وهي كالتالي من الأقدم إلى الأحدث عمراً.

### 1.2 الحقبة المتوسطة (Mesozoic)

#### 1.1.2 الترياسي (Triassic)

تكوين أبو شيبية: يغطي مساحات صغيرة ولا يلبث أن يختفي تحت صخور العصر الطباشيري الجيري ويتألف هذا التكوين من رمال قارية ورواسب صلصاليه في بعض الاماكن. أما الرمال فعباره عن احجار رملية ناعمة

الحبيبات تتبادل مع طبقات من الغرين والصلصال لا يمكن تتبعها الى مسافات كبيرة. كما توجد بهذا التتابع أيضا طبقات من الكنجلومرات الناعمة ذات التوزيع غير المنتظم بالمنطقة. كذلك تحتوي طبقات الحجر الرملي على حبيبات من الكوارتز، كما هو الحال في طبقات الصلصال والغرين. وتتميز طبقات الحجر الرملي بالتطبق المتقاطع والتي تعتبر خاصة واضحة لهذا التكوين.



شكل (2) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة [8]

### 2.1.2 الطباشيري المتأخر (Upper Cretaceous)

تقع صخور هذه الفترة أعلى صخور العصر الترياسي (Triassic) ويفصلهما سطح عدم توافق. وهي تتألف من الوحدات الصخرية التالية :

**تكوين سيدي الصيد:** ينقسم إلى عضوين وهما عضو عين طبي في الأسفل وعضو يفرن مارل في الأعلى، ويتألف في الأساس من أحجار مارلية ومارل ويرجع عمر التكوين إلى العصر الكريتاسي العلوي (سينوماني).

**تكوين نالوت:** يقع تكوين نالوت فوق تكوين سيدي الصيد ويمكن تمييز الحد الفاصل بينهما لوجود تداخلات من الصوان ضمن تكوين نالوت ويتألف هذا التكوين من أحجار جيرية دولومايتية رمادية اللون متبلورة أحياناً مع تداخلات رقيقة ودرنات من الصوان ويرجع عمرها إلى الكريتاسى المتأخر (سينومانى-تورنيان).

## 2.2 الحقبة الحديثة ( Cenozoic )

### 1.2.2 رواسب الحين الثلاثي (Tertiary)

**تكوين الخمس:** تمثل رواسب تكوين الخمس مع تكوين سيدي الصيد والممتدة عليه بسطح لا توافقي الجزء الشمالي الشرقي لجبل نفوسه والذي يعرف محلياً بجبل مسلاته ويتألف تكوين الخمس من أحجار جيرية أحفورية وأحجار جيرية مارلية تكون كالكارنيتية في بعض الأجزاء السفلية، تستقر رواسب الطين في أسفل القاع للتكوين ويتكشف تكوين الخمس من غرب مدينة الخميس ويمتد شرقاً إلى المناطق الجنوبية لمدينتي زليتن-مصراته، لا يزيد سمكه عن (100) متر، ويتبع تكوين الخمس العصر الثالث (الميوسين الأوسط).

### 2.2.2 رواسب الحين الرابع Quaternary

تُعد رواسب الحين الرابع من أحدث الرواسب الموجودة بمنطقة الدراسة وتنتشر بشكل عام بالمناطق الساحلية، وتشمل العديد من التكاوين والوحدات الصخرية منها: -

**تكوين قصر الحاج:** حصى مختلف التماسك مع طبقات من الكاليتش.

**تكوين الجفارة:** غرين ورمال من مستويات مختلفة من الكاليتش.

**تكوين قرقارش:** صخور رملية جيرية وقواقع بحرية ويتكون بمحاذاة شاطئ البحر.

رواسب السبخة: قشرة ملحية مختلطة برمال وغرين.

الرواسب المائية الراحية: غرين - رمال ناعمة وتداخلات من الكاليتش.

الرواسب الراحية: كتبان وغطاءات رملية ولوس رملي.

رواسب الوديان الحديثة: حصى ورمال وطفل رملي [8].

الجدول (1) التتابع الطبقي للوحدات الصخرية بشمال غرب ليبيا [7]

العمر	التكوين	العضو	السمك (م)	الوصف الصخري
الزنج	رواسب الوديان الحديثة			حصى وجلاميد
	الرواسب الراحية		20 - 10	رمال شاطيئية جيرية
	الرواسب المائية الراحية		10	مواد راحية وتداخلات من الحص مع حبيبات من السليكا مع بعض القشور الجيرية
	رواسب السبخة		3 - 1	صلصال وجير رملي وملحي يحتوي على بلورات جيبس
	قرقارش		40 - 30	كالكرينيت مع عدسات من الغرين احيانا
	الجفارة		15	غرين-رمل كنجلوميرات مع قشور من الجيبس و الكالسيت
	قصر الحاج		25	رواسب من الحصى المتماسك والغير متماسك مع تداخل من القشور الجيرية
الموسين	الخمس		100	صلصال - كالكرينيت رملي كنجلوميرات - حجر جيرى مارلي حجر جيرى
الطباشيري	نالوت		200	حجر جيرى دولوميتي الى دولوميت مع درنات وطبقات من الصوان
	سيدي الصيد	يفرن مارل	380	مارل - حجر طيني مع

بلورات من الجبس				
حجر جيرى دولوميتى الى دولوميت مع الكوارتز والكوارتزيت	45 - 30	عين طبي		
حجر رملي وصلصال مع تداخلات جيرية طبقية	160 - 150		ابوشيبه	الترياسي

### 3. وسائل الدراسة ومنهجية البحث

#### ❖ جمع البيانات المستخدمة واعدادها

مرئيات الأقمار الاصطناعية: تم الحصول على المرئيات لمنطقة الدراسة من هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (USGS) [7,8] من نوع لاندسات 9 ((Landsat 9) OLI/TIRS)) ونموذج ملفات الارتفاع الرقمية Digital Elevation Model (DEM) اختيار مرئيات خالية من الغيوم وبجودة مكانية مناسبة (30 متر) والتركيز على القنوات الطيفية المفيدة في إبراز التباين الجيولوجي مثل (القنوات في المدى تحت الأحمر القريب والحراري).

#### ❖ العمليات الرئيسية لمنهجية معالجة مرئية الاستشعار عن بُعد الرقمية

تعتمد المنهجية بالاستفادة بشكل خاص من تقنيات الاستشعار عن بُعد (Remote Sensing) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، إضافة إلى المنهجيات التقليدية للدراسات الحقلية والمكتبية.

تُعد دراسة الظواهر الخطية (Lineaments) منهجاً واسع الانتشار ومؤشراً هيكلياً وجيولوجياً هاماً لتحديد الاتجاهات التكتونية ومناطق التكسر في الصخور، خاصة في المناطق المغطاة بالصخور الأساسية والغطاء الرسوبي وقد اختلفت طرق استخلاص هذه الظواهر بين الطرق اليدوية والآلية:

### 1.3 المنهجية اليدوية (التخريط والتفسير البصري)

1.1.3 اعتمد الباحث بشكل أساسي على إجراء تحليل بصري مبدئي للصور باستخدام الأسس النظرية والعلمية لتفسير صور الأقمار الصناعية، مثل الشكل واللون والحجم.

2.1.3 الأدوات والمصادر المرجعية: شملت المنهجية استخدام خرائط من كتيب مركز البحوث الصناعية الليبي (IRC, 1984)، وبعض المراجع والدراسات السابقة.

### 2.3 المنهجية الآلية (التحليل الرقمي والاستخلاص التلقائي)

#### 1.2.3 المعالجة المسبقة للبيانات

أ- في برنامج ENVI:

- تصحيح إشعاعي (Radiometric Correction).
- تصحيح هندسي (Geometric Correction) وربط الصور بالإحداثيات الجغرافية.
- تحسين التباين (Contrast Stretching) لتوضيح الأنماط الخطية.

ب- في برنامج ArcGIS / Geomatica:

- دمج القنوات (Band Combination) للحصول على تراكيب لونية تبرز الفوالق والانكسارات.
- استخدام تقنيات التحسين الطيفي مثل Principal Component Analysis (PCA) [7,8] لتقليل التكرار وإبراز الظواهر الخطية.

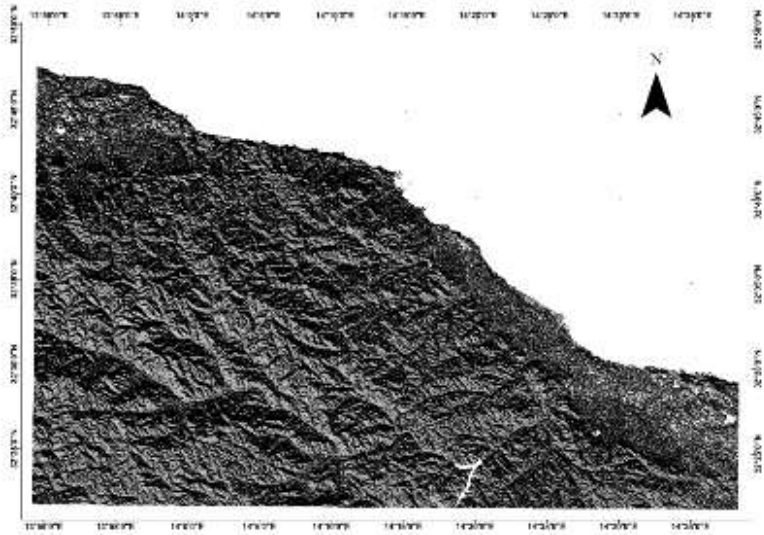
### 2.2.3 تقنيات المعالجة والاستخلاص:

أ- التحسين الاتجاهي (Directional Filters): تم تطبيق فلاتر اتجاهية من نوع Sobel لزيادة التباين في المرئية قبل الاستخلاص التلقائي [5,6,12].

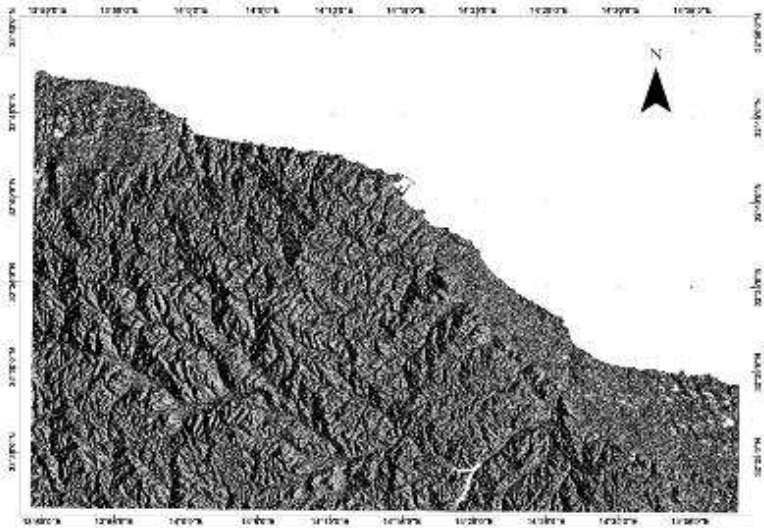
ب- الإضاءة المتعددة (Multi-illumination): تم إنشاء صور تظليل للتضاريس (hill-shaded images) باستخدام زوايا إضاءة شمسية متعددة ببرنامج Arc Map للتغلب على القيود التي تفرضها زاوية الإضاءة الواحدة وضمان التقاط جميع الظواهر الخطية كمثال الشكل (3) و(4) و(5).

ت- الاستخلاص التلقائي: استخدمت وحدة LINE من برنامج PCI Geomatica [5,6,12] والتي تتضمن خطوات الكشف عن الظواهر الخطية واستخلاص المنحنيات.

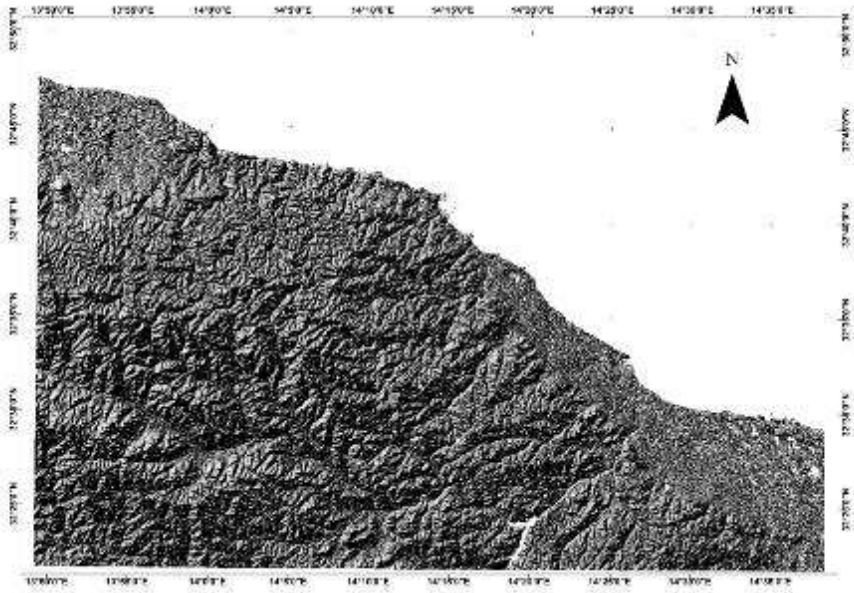
ث- التجميع والتنقية: تم تراكب الخرائط المستخلصة من الاتجاهات المختلفة لإنشاء خريطة تركيبية، مع حذف الظواهر الخطية المتكررة أو الغير الجيولوجية (مثل الشبكة الهيدروغرافية أو الأنشطة البشرية) الشكل (6) وباستخدام أدوات GIS تم التخلص منها والنتائج النهائية للظواهر الخطية المصححة الشكل (7).



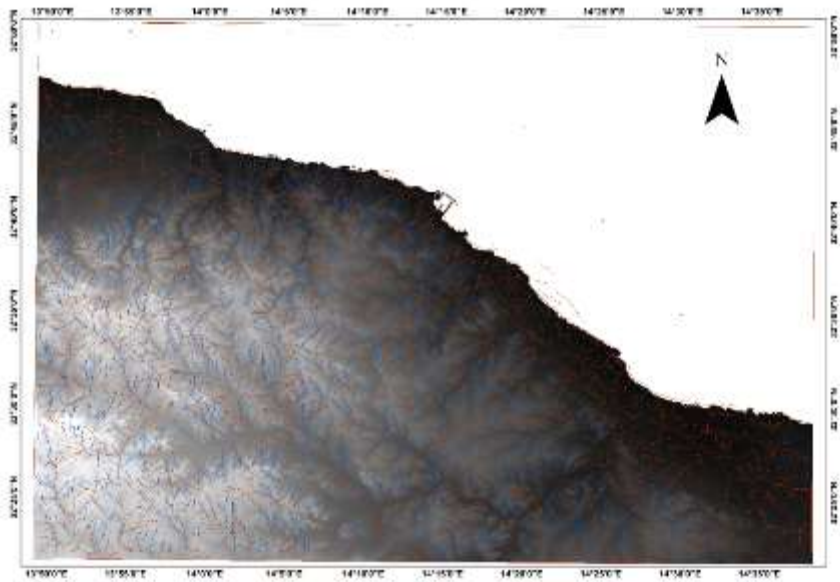
شكل (3) تظليل للتضاريس (hill-shaded images) بزاوية (200) وارتفاع (50) إضاءة شمسية



شكل (4) تظليل للتضاريس (hill-shaded images) بزاوية (90) وارتفاع (45) إضاءة شمسية



شكل (5) تظليل للتضاريس (hill-shaded images) بزاوية (315) وارتفاع (45) إضاءة شمسية



شكل (6) تراكم الخرائط المستخلصة للظواهر الخطية

### 3.3 منهجية التحليل الإحصائي المكاني للظواهر الخطية

بعد استخلاص الظواهر الخطية (سواء آلياً أو يدوياً)، تم تطبيق تحليل إحصائي مكاني واسع النطاق (Spatial Statistical Analysis) والجدول (2) والشكل (8) يوضح التوزيع الإحصائي للظواهر الخطية من حيث:

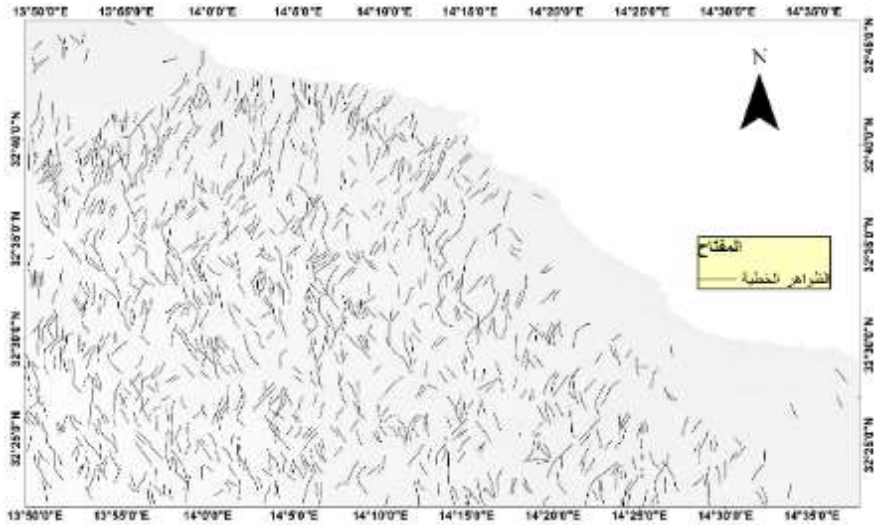
◦ الاتجاه (Orientation)

◦ التكرار (Frequency)

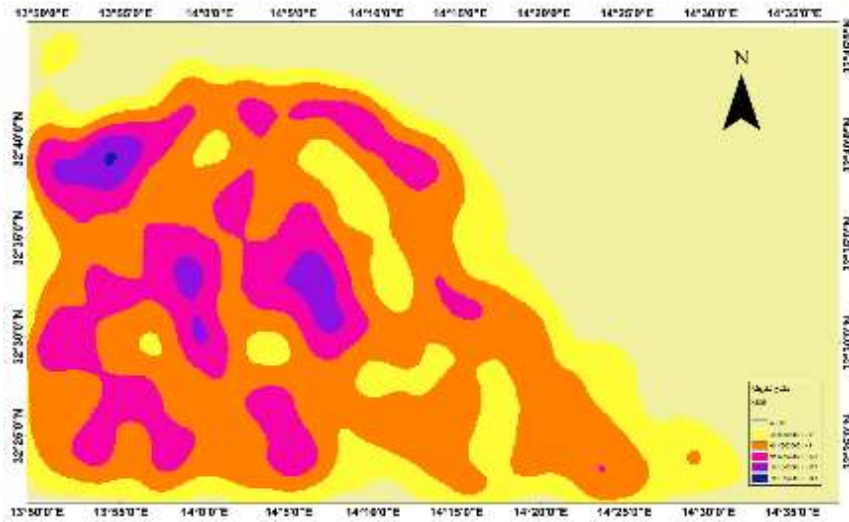
◦ الطول (Length)

◦ الكثافة (Density)

الكثافة هي عدد الخطوط لكل وحدة مساحة [5, 13] تم إنشاء كثافة الظواهر الخطية بواسطة أداة التحليل المكاني في برنامج (ArcGis10.8) وكانت نتيجة الكثافة للخطوط الكلية كما في الشكل (8) حيث أظهرت خريطة الكثافة أن أعلى تراكم للظواهر الخطية يوجد في الجزء الغربي والشمالي الغربي من المنطقة ويتناقص تدريجياً نحو الشرق. يرتبط هذا التوزيع بالتكوينات الكريستالية والميوسينية .



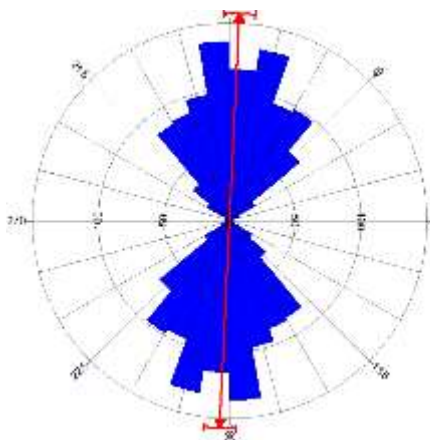
شكل (7) خريطة توضح الناتج النهائي للظواهر الخطية المصححة والمطلوبة



شكل (8) خريطة توضح الكثافة المكانية للظواهر الخطية

الجدول ( 2 ) يوضح التوزيع الإحصائي للظواهر الخطية

الطول %	الطول كم	العدد	العدد %	اتجاه الصدوع
45.99	644.52	218	30.4	شمال – جنوب
28.434	398.51	261	36.4	شمال شرقي - جنوب غربي
0.656	9.19	20	2.8	شرق – غرب
24.92	349.27	218	30.4	شمال غربي - جنوب شرقي
100	1401.49	717	100	المجموع



Rose Diagram	
Statistical Summary	
Calculator Method:	Frequency
Class Interval:	10.0 Degrees
Angular Binning:	Automatic
Minimum Frequency:	0.0 Degrees
Minimum Amplitude:	0.00 Degrees
Data Type:	Directional
Reference Arc:	0.0 Degrees
Probability:	0.00
Total Length of Lineaments:	1401.49
Maximum Frequency:	218
Mean (in Degrees):	34.74
Standard Deviation of Frequency:	211.81
Standard Deviation of Length:	61.41
Mean Frequency (%)	30.4
Standard Deviation of Frequency (%)	2.42
Mean Length	196.0
Mean Length	39.24
Standard Deviation of Length:	48.66
Maximum Length (%)	6.76
Mean Length (%)	2.94
Standard Deviation of Length (%)	2.22
Scale Factor:	2.0 Degrees
	187.77 Degrees
Confidence Interval:	0.4 Degrees
	0.89 Degrees
Range:	0.0

الشكل (9) وردة الاتجاه (Rose diagrams) للظواهر الخطية (Lineaments) في منطوق الدراسة

## 4. النتائج

تشير نتائج تحليل الظواهر الخطية في منطقة الدراسة إلى أن البنية التركيبية للمنطقة هي نتاج معقد لإعادة تنشيط الهياكل القديمة (التي أرسها الحركة الكاليدونية والهريسنية) تحت سيطرة نظام قص الحركة الالبية السائدة [9,10] وظهرت نتائج الدراسة حسب الجدول (2) ووردة الاتجاه (Rose diagrams) شكل (9) تحليلاً شاملاً لاتجاهات الظواهر الخطية (Lineaments) في المنطقة التي شملتها الدراسة حيث توزعت هذه الظواهر على أربعة اتجاهات. ثلاثة اتجاهات رئيسية تستحوذ على الغالبية العظمى من عدد الصدوع وطولها الإجمالي فبينما يعتبر الاتجاه شرق-غرب (E-W) هامشياً فالإتجاه السائد من حيث العدد شمال شرقي - جنوب غربي (NE-SW) حيث يمثل 36.4% بإجمالي عدد صدوع (261 صدعاً) وأما الإتجاه السائد من حيث الطول شمال - جنوب (N-S) حيث يمثل 45.99% بإجمالي طول (644,52 كم) مما يشير إلى أن هذه الظواهر على الرغم من أنها ليست الأكثر عدداً إلا أنها الأطول فردياً بينما يتساوى الإتجاه شمال - جنوب (N-S) مع الإتجاه شمال غربي - جنوب شرقي (NW-SE) في نسبة العدد (30.4% لكل منهما) ولكن الإتجاه شمال جنوب (N-S) يتفوق بشكل كبير في الطول الإجمالي ويعتبر الإتجاه شرق - غرب (E-W) هو الأقل تمثيلاً حيث لا تتجاوز نسبته 2.8% من العدد و 0.656% من الطول واما من حيث التحليل الجيولوجي لاتجاهات الصدوع فهي ترتبط بالاتجاهات الرئيسية خلال تولد الجبال الكاليدونية (الأوردوفيشي إلى أوائل العصر الديفوني) الذي أدى إلى اتجاهات هيكلية في الغالب من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي إلى الشمال والجنوب تتجلى هذه الاتجاهات في أحواض وارتفاعات الباليوزويك المبكرة مثل ارتفاع (طرابلس- تيبستي) و(حوض مرزوق-جادو) والتي أثرت على الترسيب وتطور الأحواض في جميع أنحاء ليبيا بعد ذلك فرض تكوين الجبال الهيرسينية (أواخر العصر

الكربوني) نظاما ضاغطا رفع الارتفاعات الهيكلية الرئيسية بما في ذلك (رفع نفوسة وقوس القرقاف وقوس سرت) والمتوجهه بشكل أساسي من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي وفرضت هذه المرحلة الجبهية اتجاهات هيكلية جديدة على الكاليدونية القديمة كما أدخلت الحركة الألبية (حقب الحياة الحديثة) ، الناتجة عن تقارب الصفائح الأفريقية والأوروبية وإغلاق محيط تيثيس ضغوفا متوجهة نحو الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي وأعدت هذه المرحلة تنشيط الهياكل الموجودة مسبقا على أن معظم التكرسات الحديثة في هذه المنطقة الساحلية للنشاط التركيبي اللاحق (الحركة الألبية) هي صدوع مائلة (Oblique) اعتمد على أنماط صدعيه مائلة بشكل أكبر .

### المراجع والمصادر

- [1] F. F. Sabins, *Remote Sensing: Principles and Interpretation*, 3rd ed. New York, NY, USA: Waveland Press, 1997.
- [2] M. J. O’Leary, J. D. Friedman, and H. A. Pohn, “Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms,” *Geological Society of America Bulletin*, vol. 87, pp. 1463–1469, 1976.
- [3] S. A. Drury, *Image Interpretation in Geology*, 3rd ed. London, UK: Routledge, 2001.
- [4] T. M. Lillesand, R. W. Kiefer, and J. W. Chipman, *Remote Sensing and Image Interpretation*, 7th ed. New York, NY, USA: Wiley, 2015.
- [5] L. Q. Hung, O. Batelaan, and F. De Smedt, “Lineament extraction and analysis: Comparison of Landsat ETM+ and ASTER imagery— Case study: Suoimuoi tropical karst catchment, Vietnam,” *Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology V*, vol. 5983, pp. 182–193, 2005.
- [6] A. Abdullah, M. Akhir, and M. Abdullah, “Automatic mapping of lineaments using shaded relief images derived from digital elevation model,” *International Journal of the Physical Sciences*, 2010.

- [7] K. Mann, *Geological Map of Libya, Explanatory Booklet Sheet Misuratah (NI 33-15)*. Tripoli, Libya: Industrial Research Center, 1975.
- [8] Industrial Research Center (IRC), *Geological Map of Libya, Al-Khums Sheet with Explanatory Booklet*, Scale 1:250,000. Tripoli, Libya, 1975.
- [9] M. J. Salem and M. T. Busrewil, *The Geology of Libya*, vols. 1–7. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1992.
- [10] A. El-Zouki et al., *Geology of Libya*. Tripoli, Libya: University of Libya Press, 1972.
- [11] J. R. Jensen, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2016.
- [12] M. Hashim, M. Ahmad, and A. Johari, “Automatic lineament extraction in a heavily vegetated region using Landsat ETM+ imagery,” *Advances in Space Research*, 2013.
- [13] E. A. Keller and N. Pinter, *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2002.