

## المساحة الهيدروغرافية: الأساس العلمي لضمان استدامة وسلامة البحار

### دراسة حالة التسرب النفطي في البحر الأسود 2017

اسم الباحث - عبد الوهاب عبد الرزاق مصباح سالم

رئاسة اركان البحرية - شعبة المساحة البحرية / طرابلس - ليبيا

[Abdosalem155@gmial.com](mailto:Abdosalem155@gmial.com)

#### الملخص

تناقش هذه الدراسة أهمية المساحة الهيدروغرافية كعلم أساسي لضمان سلامة واستدامة البحار. تركز على دور البيانات الهيدروغرافية في دعم الملاحة الآمنة، حماية البيئة البحرية، وإدارة الموارد الساحلية بشكل مستدام. كما تسلط الضوء على التقنيات الحديثة مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GNSS) والسونار متعدد الحزم، بالإضافة إلى استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات. تتضمن الورقة دراسة حالة تطبيقية حول كيفية استخدام المساحة الهيدروغرافية في حماية البيئة البحرية، مع التركيز على تحديد تأثير التسربات النفطية في البحار باستخدام هذه التقنيات المتطورة. أظهرت النتائج أن المساحة الهيدروغرافية تلعب دوراً مهماً في تقليل المخاطر البيئية وتعزيز سلامة الملاحة البحرية. ومع ذلك، تواجه المساحة الهيدروغرافية تحديات عدة، مثل التكلفة العالية ونقص التعاون الدولي. توصي الورقة بزيادة الاستثمار في التكنولوجيا الحديثة، وتطوير المهارات البشرية، وتعزيز التعاون الدولي لتبادل البيانات.

**الكلمات المفتاحية:** المساحة الهيدروغرافية، الملاحة البحرية، الخرائط البحرية، حماية البيئة البحرية،

التكنولوجيا الحديثة، الذكاء الاصطناعي، استدامة البحار

#### Hydrographic survey: The Scientific Basis for Ensuring Sustainable and Safe Seas - 2017 Black Sea Oil Spill

#### Abstract

This study discusses the importance of hydrography as a critical science for ensuring the safety and sustainability of seas. It emphasizes the role of hydrographic data in supporting safe navigation, marine environmental protection, and sustainable coastal resource management. The study highlights modern technologies such as Global Navigation Satellite Systems (GNSS), Multibeam Sonar, and artificial intelligence for data analysis. The paper also presents a practical case study on the use of hydrography in marine environmental protection, focusing on how hydrographic technologies are used to assess the impact of oil spills in seas. The results show that hydrography contributes to reducing environmental risks and enhancing maritime safety. However, challenges like high costs and limited international cooperation persist. The paper recommends increased investment in advanced technologies, capacity building, and promoting international data exchange.

**Keywords:** Hydrography, Marine navigation, Nautical charts, Marine environmental protection, Modern technology, Artificial intelligence, Ocean sustainability

## 1. المقدمة

المساحة الهيدروغرافية هي فرع من فروع العلوم البحرية يُعنى بدراسة وقياس الأعماق والتضاريس تحت سطح الماء، بالإضافة إلى تحليل خصائص المياه والتيارات البحرية. تُعتبر هذه العملية أساساً لتوفير خرائط وبيانات دقيقة تُستخدم في الملاحة البحرية، تصميم البنى التحتية الساحلية، واستغلال الموارد الطبيعية. بفضل البيانات الهيدروغرافية، يمكن للسفن تجنب العقبات تحت الماء، وللمجتمعات الساحلية إدارة مواردها البحرية بشكل مستدام. ومع تقدم التكنولوجيا، أصبحت المساحة الهيدروغرافية أداة حاسمة لتحليل التغيرات البيئية، حماية النظم البيئية البحرية، ودعم التخطيط العمراني البحري.

تعد البحار والمحيطات من الموارد الحيوية للكوكب، حيث تلعب دوراً محورياً في دعم الاقتصاد العالمي من خلال النقل البحري، مصائد الأسماك، واستخراج الطاقة. ومع ذلك، فإن الأنظمة البحرية تواجه تهديدات متزايدة بسبب الأنشطة البشرية غير المستدامة والتغيرات المناخية. دراسة استدامة البحار تتيح إيجاد حلول للحفاظ على التنوع البيولوجي البحري، تحسين إدارة الموارد الطبيعية، وتقليل تأثير الكوارث البيئية مثل التسربات النفطية. أما سلامة البحار فهي ضرورية لضمان حركة آمنة للسفن، حماية الأرواح والممتلكات، ومنع الحوادث الملاحية التي قد تؤدي إلى كوارث بيئية واقتصادية.

في هذا السياق هناك العديد من الدراسات تناولت دور المساحة الهيدروغرافية في مواجهة مثل هذه الأزمات: [1] (Ivana Golub وآخرون 2023) تم في هذه الدراسة تحليل حالة المسح الهيدروغرافي في مناطق المنظمة الدولية للهيدروغرافيا (IHO) وتحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر الملاحية. تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل البيانات النوعية والكمية المتعلقة بطول السواحل ومساحة البحار وربطها بعدد السفن الجانحة بين 2010 و 2021. أظهرت النتائج حاجة ملحة لتحسين جودة المسوحات الهيدروغرافية في معظم مناطق (IHO)، كما بينت ارتباطاً بين طول السواحل، مساحة البحار، وعدد السفن الجانحة، ما يدعم إعادة توزيع المناطق الهيدروغرافية بشكل أكثر عقلانية.

[2] (S Bateman - 2009) تناولت هذه الدراسة مسألة ما إذا كان يجب تصنيف المسح الهيدروغرافي ضمن المنطقة الاقتصادية الخالصة (EEZ) كبحث علمي بحري بموجب القانون الدولي. على الرغم من أن اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار لعام 1982 (UNCLOS) لا تحتوي على أحكام واضحة بشأن المسح الهيدروغرافي، فإنها تميّز بينه وبين البحث العلمي البحري، وتعتبره

جزءاً من حريات أعالي البحار المتاحة داخل المنطقة الاقتصادية الخالصة. مع ذلك، يقترح البحث أن التطورات التكنولوجية والاستخدامات المتعددة لبيانات المسح الهيدروغرافي، بجانب ممارسات الدول، تشير إلى ضرورة إخضاع هذه الأنشطة لولاية الدولة الساحلية.

[3] (L. Nenad . واخرون 2020) تناولت الدراسة تقنيات حديثة للمسح الهيدروغرافي بديلة عن الأساليب التقليدية باعتماد السفن الكبيرة. أظهرت النتائج أن تقنيتي الاستشعار بواسطة الأقمار الصناعية (SDB) والمسح الضوئي بالليزر (LiDAR) ملائمتان للمناطق الساحلية الضحلة ذات المياه الصافية، لكنها لا تلبى معايير المنظمة الدولية للهيدروغرافيا (IHO) في المقابل، توفر تقنية الرادار ذي الفتحة الاصطناعية (SAR) قياسات دقيقة في الأعماق بين 10-100 متر وتلبي معايير IHO. كما أن استخدام المركبات الذاتية وغير المأهولة مناسب لمجموعة متنوعة من المسوحات الساحلية والبحرية.

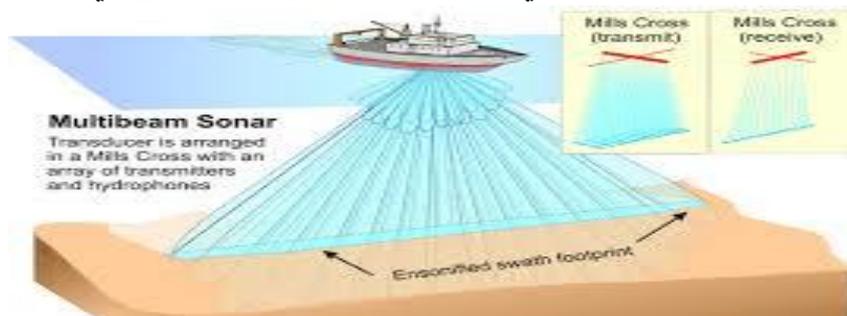
[4] (J. Duan . واخرون 2021) في هذه الدراسة، تم إنشاء نموذج حسابي لدورة المسح الهيدروغرافي لتخطيط تحديث الخرائط الملاحية. اعتمد البحث على تحليل 493 خريطة ملاحية للموانئ والممرات الصينية، مع تحديد العوامل المؤثرة على دورة المسح وإعطائها أوزاناً باستخدام الشبكة العصبية. أظهر النموذج فعاليته كأداة مرجعية لتخطيط المسوحات الهيدروغرافية وتحديث الخرائط وتحسين سلامة الملاحة.

## 2- المساحة الهيدروغرافية: المفهوم والأسس العلمية

المسح الهيدروغرافي يعتمد على مجموعة متقدمة من الأدوات والتقنيات التي تساعد في جمع وتحليل البيانات البحرية بدقة عالية، ومن أبرزها:

❖ أجهزة قياس الأعماق متعددة الشعاع (Multibeam Echo Sounder):

تُستخدم للحصول على بيانات ثلاثية الأبعاد عن تضاريس قاع البحر. توفر هذه الأجهزة تغطية واسعة ودقة عالية، مما يجعلها أساسية في رسم الخرائط البحرية كما موضح في الشكل (1).



الشكل(1): أجهزة قياس الأعماق متعددة الشعاع

❖ أجهزة قياس الأعماق أحادية الشعاع (Single Beam Echo Sounder):

تُستخدم لتحديد العمق في نقطة واحدة بدقة، وتُعد مناسبة للمسوحات الصغيرة أو المناطق التي تتطلب بيانات محددة.

❖ أجهزة قياس المد والجزر (Tide Gauges):

تُستخدم لقياس تغيرات مستوى سطح البحر، مما يساعد في تصحيح بيانات الأعماق وتحليل الأنماط الزمنية للمد والجزر كما موضح في الشكل (2).



الشكل (2): أجهزة قياس المد والجزر

❖ أجهزة قياس الملوحة ودرجة الحرارة والعمق (CTD - Conductivity, Temperature, Depth):

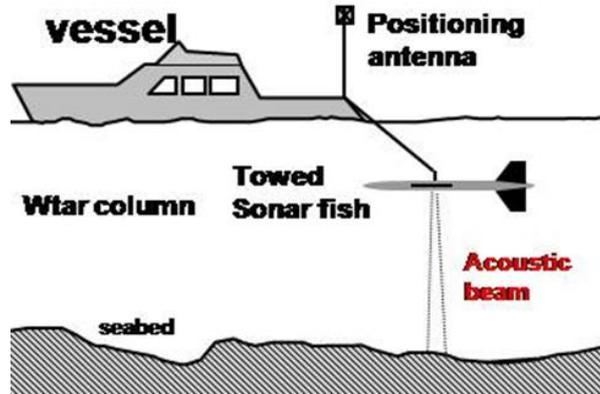
تُستخدم لتحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، مثل الملوحة، الكثافة، ودرجة الحرارة كما موضح في الشكل (3).



الشكل (3): أجهزة قياس الملوحة ودرجة الحرارة

❖ السونار الجانبي (Side-Scan Sonar):

يُستخدم لتصوير قاع البحر وتحديد الأجسام الموجودة عليه مثل الحطام أو الكائنات البحرية كما موضح في الشكل (4).



الشكل (4): السونار الجانبي

❖ الأقمار الصناعية وتقنيات GPS:

تُستخدم لتحديد المواقع بدقة وربط البيانات الميدانية بالإحداثيات الجغرافية العالمية كما موضح في الشكل (5).



الشكل (5): الأقمار الصناعية وتقنيات GPS

تُعتبر المساحة الهيدروغرافية حجر الأساس لضمان سلامة الملاحة البحرية، حيث توفر البيانات

اللازمة لإنشاء الخرائط البحرية والمخططات الملاحية. تساعد هذه الخرائط البحارة في:

- تجنب المخاطر: مثل الصخور تحت الماء، الشعاب المرجانية، أو الحطام البحري.
- تحديد الطرق الملاحية الآمنة: لضمان وصول السفن إلى وجهتها بأمان وكفاءة.
- تقييم عمق المياه: لضمان ملاءمتها لحجم السفينة وحمولتها.
- تحديد الموانئ والمراسي: لتسهيل عمليات الدخول والخروج من الموانئ.

بالإضافة إلى ذلك، تُساهم المساحة الهيدروغرافية في تحسين أنظمة الملاحة الحديثة مثل ECDIS

( نظام عرض الخرائط الإلكترونية والمعلومات )، حيث تُستخدم البيانات الهيدروغرافية الرقمية لتوفير

معلومات دقيقة وحديثة للبحارة.

### 3. استدامة وسلامة البحار: المفهوم والتحديات

#### 3.1 مفاهيم الاستدامة في سياق البيئة البحرية

الاستدامة في البيئة البحرية تعني إدارة الموارد البحرية بطريقة تحافظ على توازن النظام البيئي، مع ضمان استمرارية استخدامها للأجيال القادمة. يركز مفهوم الاستدامة البحرية على ثلاثة محاور رئيسية:

- ❖ الحفاظ على التنوع البيولوجي: حماية الكائنات البحرية والأنظمة البيئية من الانقراض والتدهور.

- ❖ الاستخدام المستدام للموارد: مثل الصيد المسؤول واستغلال الموارد المعدنية والنفطية بطريقة لا تؤثر سلباً على البيئة البحرية.

- ❖ تعزيز القدرة على التكيف: تمكين الأنظمة البحرية من مواجهة التغيرات المناخية والأنشطة البشرية المتزايدة.

تمثل الاستدامة في البحار جزءاً لا يتجزأ من تحقيق أهداف التنمية المستدامة، حيث تُعتبر البحار والمحيطات من الموارد الأساسية للاقتصاد العالمي، ومصدراً للأغذية والطاقة، فضلاً عن دورها في تنظيم المناخ.

#### 3.2 التهديدات التي تواجه سلامة البحار (التلوث، تغير المناخ، الصيد الجائر)

رغم أهمية البحار والمحيطات، إلا أنها تواجه تهديدات متزايدة تؤثر سلباً على سلامتها واستدامتها. ومن أبرز هذه التحديات:

##### 1- التلوث:

- ❖ النفايات البلاستيكية: تمثل نسبة كبيرة من التلوث البحري وتؤثر على الكائنات البحرية بشكل مباشر.

- ❖ التلوث النفطي: ينتج عن التسربات من ناقلات النفط ومنصات الاستخراج، مما يؤدي إلى تدمير النظم البيئية البحرية.

- ❖ المخلفات الكيميائية: الناتجة عن التصريف الصناعي والزراعي، والتي تؤدي إلى تسمم المياه وانخفاض جودة البيئة البحرية.

##### 2- تغير المناخ:

- ❖ ارتفاع درجة حرارة المياه: يؤثر على الشعاب المرجانية وتوازن الكائنات البحرية.
- ❖ ارتفاع منسوب البحار: يهدد المناطق الساحلية ويزيد من معدلات التآكل والتغيرات في الموانئ.
- ❖ حموضة المياه البحرية : نتيجة لزيادة امتصاص المحيطات لثاني أكسيد الكربون، مما يؤثر على الكائنات البحرية التي تعتمد على الكالسيوم مثل المحار والشعاب المرجانية.
- ❖ الصيد الجائر:
- يؤدي الإفراط في الصيد إلى استنزاف المخزون السمكي وفقدان التوازن في السلاسل الغذائية البحرية. يؤثر على قدرة الأنظمة البحرية على التجدد الطبيعي، مما يهدد الاستدامة البيئية والاقتصادية.
- 3.3 دور المساحة الهيدروغرافية في الحفاظ على سلامة البيئة البحرية**
- تلعب المساحة الهيدروغرافية دورًا حيويًا في حماية البيئة البحرية وضمان سلامتها من خلال ما يلي:
- ❖ رصد ومراقبة التغيرات البيئية:
- جمع البيانات حول التغيرات في مستويات سطح البحر والتيارات البحرية يمكن أن يساعد في فهم تأثير التغير المناخي.
- تحديد المناطق المهددة بالتآكل أو التدهور البيئي.
- ❖ إعداد الخرائط البحرية الدقيقة:
- تساعد في تجنب الحوادث البحرية التي قد تسبب تسربات نفطية أو أضرار بيئية. توجيه أنشطة الصيد والتنقيب إلى المناطق المناسبة بعيدًا عن المناطق الحساسة بيئيًا.
- ❖ دعم استراتيجيات الحماية البحرية:
- توفير البيانات اللازمة لإنشاء المحميات البحرية.
- دعم التخطيط المستدام للمناطق الساحلية والمشروعات البحرية.
- ❖ التعامل مع الكوارث البيئية:
- تساهم البيانات الهيدروغرافية في تقييم تأثير الكوارث البحرية مثل التسربات النفطية، مما يساعد في استجابة أسرع وأكثر كفاءة.

#### 4. أدوات المساحة الهيدروغرافية وتطبيقاتها العملية

##### 1.4 تقنيات المسح باستخدام الأقمار الصناعية والتكنولوجيا الحديثة

يعتبر المسح الهيدروغرافي من المجالات التي استفادت بشكل كبير من التقدم التكنولوجي في السنوات الأخيرة. اليوم، يمكن استخدام العديد من التقنيات الحديثة لجمع البيانات الهيدروغرافية بدقة وكفاءة عالية. من بين هذه التقنيات:

##### 1- الأقمار الصناعية :

❖ التصوير عبر الأقمار الصناعية : تتيح الأقمار الصناعية الحديثة الحصول على صور دقيقة للسطح البحري، مما يساهم في رسم خرائط الهيدروغرافيا بشكل سريع. يتم استخدام تقنيات مثل التصوير الطيفي لتحديد خصائص المياه مثل درجة الحرارة، وعمق البحر، والتركيب الكيميائي للمياه.

❖ التخطيط الرقمي : يمكن للأقمار الصناعية أن تقدم معلومات حيوية حول التغيرات في مستويات المياه، مما يساعد في تتبع التغيرات المناخية في البيئات البحرية.

##### ❖ الرصد باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)

يعتبر GPS أحد الأدوات الحيوية في المسح الهيدروغرافي، حيث يساعد في تحديد المواقع بدقة عالية. يتم دمج هذه البيانات مع القياسات الأخرى للحصول على خرائط بحرية دقيقة.

##### ❖ الاستشعار عن بعد (Remote Sensing)

يتم استخدام أجهزة الاستشعار عن بعد لجمع البيانات البيئية المتنوعة، مثل درجات الحرارة، مستويات الأمواج، والتغيرات في التربة والغطاء البحري. يساهم هذا في تحسين فهمنا للبيئة البحرية وحمايتها.

##### 2 - تطبيقات المسح الهيدروغرافي في حماية البيئة البحرية

المسح الهيدروغرافي لا يقتصر فقط على توفير خرائط بحرية دقيقة، بل له دور كبير في الحفاظ على البيئة البحرية وحمايتها من التهديدات المختلفة:

##### ❖ رصد التلوث البحري:

باستخدام أدوات المسح الهيدروغرافي، يمكن تحديد المناطق الملوثة في البحار والمحيطات، مثل الزيوت والمواد الكيميائية السامة. تساهم البيانات الهيدروغرافية في تطوير استراتيجيات للحد من التلوث وتحسين جودة المياه البحرية كما موضح في الشكل (6).



الشكل(6): التلوث البحري

❖ دراسة التنوع البيولوجي البحري:

من خلال مسح قاع البحر وتحديد أعماق المحيطات وتوزيع الأنواع البحرية، يمكن للباحثين والمختصين مراقبة التغيرات البيئية وتأثير الأنشطة البشرية على النظام البيئي البحري كما موضح في الشكل (7).



الشكل(7): التنوع البيولوجي البحري

❖ الحفاظ على الشعاب المرجانية:

من خلال المسح الهيدروغرافي، يمكن تحديد الأماكن التي تحتفظ بالشعاب المرجانية وتلك التي تواجه تهديدات مثل ارتفاع درجة الحرارة أو الأنشطة البشرية. تساعد البيانات في تطوير سياسات الحماية وإنشاء المحميات البحرية.

❖ إدارة مصايد الأسماك:

يتم استخدام البيانات الهيدروغرافية لرصد موائل الأسماك وأماكن التكاثر، مما يساعد في إدارة المصايد البحرية وتحديد مناطق الصيد المستدامة.

3- دور البيانات الهيدروغرافية في تخطيط السياسات البحرية

تعتبر البيانات الهيدروغرافية عنصرًا أساسيًا في تخطيط السياسات البحرية، حيث تساعد في اتخاذ قرارات مدروسة تساهم في استدامة الموارد البحرية وحمايتها. بعض التطبيقات المهمة في هذا السياق تشمل:

❖ تحديد المسارات الآمنة للملاحة:

بناءً على المسح الهيدروغرافي، يمكن تحديد المسارات البحرية التي تشكل خطراً على السفن أو تلك التي تحتاج إلى صيانة. يساعد هذا في تخطيط الملاحة البحرية وتحديد المناطق التي تحتاج إلى اهتمام خاص، مما يقلل من الحوادث البحرية.

#### ❖ إدارة المناطق البحرية المحمية:

تساعد البيانات الهيدروغرافية في تحديد الأماكن التي تحتاج إلى حماية بيئية خاصة، مثل الشعاب المرجانية أو المحميات الطبيعية. من خلال تحليل هذه البيانات، يمكن تحديد مناطق محمية بحرية جديدة أو توسيع المحميات الحالية.

#### ❖ التخطيط للطاقة المتجددة البحرية:

يستخدم المسح الهيدروغرافي في دراسة المواقع المحتملة للطاقة البحرية المتجددة، مثل طاقة الرياح والموجات. تساعد هذه البيانات في تحديد المواقع المثلى لتثبيت توربينات الرياح أو مشاريع طاقة الأمواج.

#### ❖ تخطيط الأنشطة الاقتصادية المستدامة:

تساعد البيانات الهيدروغرافية في تحديد الأنشطة الاقتصادية التي يمكن أن تتم في المناطق البحرية بشكل مستدام. على سبيل المثال، تحديد أفضل المواقع لصيد الأسماك أو تطوير السياحة البحرية مع الحفاظ على التوازن البيئي.

#### ❖ التكيف مع التغيرات المناخية:

من خلال تحليل البيانات الهيدروغرافية المتعلقة بمستويات المياه ودرجة حرارة البحر، يمكن تطوير استراتيجيات للتكيف مع آثار تغير المناخ، مثل ارتفاع مستويات البحار وزيادة تكرار العواصف البحرية.

### 5 . دراسة حالة تطبيقية

#### 1.5 حادث التسرب النفطي في البحر الأسود 2017 (وصف الحادثة) :

في عام 2017، شهد البحر الأسود حادثة تسرب نفطي كبيرة أثرت بشكل ملحوظ على البيئة البحرية والساحلية. وقع الحادث نتيجة عاصفة قوية ضربت المنطقة، مما أدى إلى جنوح ناقلتي نفط روسيتين في مضيق كيرتش. الناقلة الأولى، "فولغونيفت-212"، تعرضت لأضرار بالغة في مقدمتها، وأسفر الحادث عن وفاة أحد أفراد طاقمها. أما الناقلة الثانية، "فولغونيفت-239"، فقد جنحت بالقرب من ميناء تامان في منطقة كراسنودار كما موضح في الشكل (8).



الشكل(8): التسرب النفطي في البحر

نتج عن هذا الحادث تسرب كميات كبيرة من النفط إلى مياه البحر الأسود، مما أدى إلى تلوث الشواطئ الرملية في منتجع "أنابا" الشهير والمناطق المحيطة به. هذا التلوث أثر سلبيًا على الحياة البرية في المنطقة، بما في ذلك الطيور والدلافين وخنائير البحر.

استجابت السلطات الروسية بسرعة، حيث أعلنت حالة الطوارئ على مستوى البلاد. تم إرسال فرق إنقاذ ومعدات متخصصة لاحتواء التسرب وتنظيف المناطق المتضررة. شارك أكثر من عشرة آلاف شخص في جهود التنظيف، وتم استخدام تقنيات متعددة للحد من انتشار النفط وتقليل الأضرار البيئية.

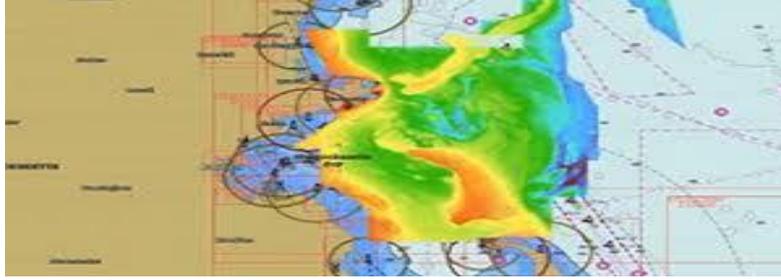
على الرغم من الجهود المبذولة، استمر التلوث في التأثير على البيئة البحرية والساحلية لفترة طويلة، مما أبرز الحاجة إلى تعزيز إجراءات السلامة البحرية واتخاذ تدابير وقائية أكثر فعالية لمنع حدوث مثل هذه الحوادث في المستقبل.

تم اختيار حادث التسرب النفطي في البحر الأسود 2017 كدراسة حالة لتقييم دور المساحة الهيدروغرافية في استجابة الحوادث البيئية. تم جمع البيانات باستخدام السونار متعدد الحزم والأقمار الصناعية. استخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل هذه البيانات وتقديم استنتاجات حول مدى تأثير الحادث على البيئة البحرية.

## 2.5 أهم تطبيقات المساحة الهيدروغرافية في هذه الحادثة شملت:-

### 1. رسم الخرائط البحرية الدقيقة:

تم استخدام الخرائط الهيدروغرافية لتحديد مناطق الأعماق الضحلة والتيارات المائية التي قد تسهم في انتشار البقع النفطية نحو الشواطئ كما موضح في الشكل(9).



الشكل(9): الخرائط البحرية الدقيقة

2. استخدام بيانات التيارات المائية والمد والجزر:  
البيانات المستمدة من محطات قياس المد والجزر ونماذج التيارات المائية ساعدت في توقع مسار البقع النفطية وتوجيه فرق الاستجابة إلى المواقع الأكثر تأثرًا كما موضح في الشكل(10).



الشكل(10): التيارات المائية والمد والجزر

3. الاستشعار عن بعد وتقنيات التصوير الفضائي:  
ساهمت الأقمار الاصطناعية في مراقبة التلوث النفطي على نطاق واسع، مما مكن السلطات من الاستجابة بسرعة للمناطق الملوثة كما موضح في الشكل(11).



الشكل(11): الاستشعار عن بعد وتقنيات التصوير الفضائي

### 3.5 تطبيق الأساليب العلمية في الحادثة المختارة:-

تطبيق المساحة الهيدروغرافية في حادث التسرب النفطي عام 2017 أظهر النتائج التالية:

1. احتواء التسرب النفطي:

تمكنت السلطات من تقليل انتشار النفط إلى المناطق الحساسة بيئيًا، مثل محميات الطيور والسواحل ذات الكثافة السكانية العالية.

2. تحسين الجاهزية المستقبلية:

أدى الحادث إلى تحسين أنظمة المراقبة الهيدروغرافية وإدخال تقنيات حديثة مثل نظم إدارة البيانات البحرية (S-100)، مما عزز القدرة على الاستجابة للكوارث المستقبلية.

3. تطوير النماذج الهيدروغرافية:

تم تحديث النماذج التي تعتمد على بيانات الأعماق والتيارات البحرية، مما ساهم في تحسين دقة التوقعات الخاصة بحوادث مماثلة.

حدث التسرب النفطي في البحر الأسود 2017 كان بمثابة اختبار حقيقي لإمكانات المساحة الهيدروغرافية في مواجهة الأزمات. النتائج أظهرت أن تطبيق الأساليب العلمية الدقيقة يُمكن أن يخفف من حدة التأثيرات البيئية ويعزز من استدامة وسلامة البحار.

4.5 إجراءات البحث:

1. جمع البيانات: تم استخدام بيانات الأقمار الصناعية لرصد تأثير التسرب النفطي. كما تم استخدام السونار متعدد الحزم لرصد الأعماق والأنماط تحت بحرية.

2. تحليل البيانات: تم تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات، مثل نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية لتحليل التلوث وتحديد المناطق الأكثر تأثراً.

3. تفسير النتائج: تم تفسير البيانات الهيدروغرافية لتحديد مدى انتشار التلوث النفطي وتحديد المواقع الحرجة التي تحتاج إلى استجابة فورية.

6. النتائج:

1. تحديد الموقع:

من خلال السونار متعدد الحزم، تم تحديد الموقع الدقيق للتسرب النفطي في البحر الأسود. البيانات أظهرت أن التسرب وقع في منطقة بيئية حساسة ذات تنوع بيولوجي عالٍ.

2. التحليل البيئي:

باستخدام الأقمار الصناعية، تم تحليل انتشار التلوث النفطي في البحر الأسود. النتائج أظهرت أن التلوث انتشر لمسافة كبيرة مما أضر بالحياة البحرية.

3. استجابة فعالة:

أظهرت النتائج أن استخدام تقنيات المسح الهيدروغرافي ساعد في تسريع استجابة فرق الإنقاذ. وقد تمكنت فرق الاستجابة من تحديد المناطق المتأثرة بشكل سريع واتخاذ إجراءات لتنظيف المياه بشكل أكثر فعالية.

4. التحديات:

❖ التكلفة العالية:

تقنيات المسح الهيدروغرافي الحديثة تتطلب استثمارات ضخمة في المعدات والصيانة.

❖ التنسيق الدولي المحدود:

رغم أن الحوادث البيئية البحرية تتطلب التعاون الدولي، فإن التنسيق بين الدول في الاستجابة للحوادث البيئية غالبًا ما يكون بطيئًا.

❖ الظروف البيئية:

الطقس السيئ والتيارات البحرية قد تؤثر سلبًا على دقة نتائج المسح.

7. الخاتمة

❖ تشير هذه الورقة إلى أن المساحة الهيدروغرافية تلعب دورًا أساسيًا في ضمان استدامة البحار وحمايتها من التلوث.

❖ تقنيات المسح الحديثة مثل السونار والأقمار الصناعية تقدم حلولًا فعالة لرصد البيئة البحرية وحمايتها من الحوادث البيئية.

❖ الذكاء الاصطناعي يوفر أداة مبتكرة لتحليل البيانات وتحسين الاستجابة السريعة.

8. التوصيات

1. تعزيز التعاون الدولي:

من الضروري تحسين التعاون بين الدول لتبادل البيانات الهيدروغرافية وتعزيز استجابة الحوادث البيئية.

2. الاستثمار في البحث والتطوير:

يجب تخصيص موارد أكبر لتحسين تقنيات المسح الهيدروغرافي، خاصة في مجالات السونار والأقمار الصناعية.

3. التدريب المستمر:

من المهم تدريب العاملين في المجال البحري على استخدام التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي والسونار متعدد الحزم.

## المراجع

- [1] I Golub Medvešek, J Šoda (The State of the Hydrographic Survey and Assessment of the Potentially Risky Region for Navigation Safety), I Karin, M Maljković .Journal of marine science and engineering, 2023•mdpi.com
- [2] S Bateman (Hydrographic Surveying In Exclusive Economic Zones Is It Marine Scientific Research) Freedom of Seas, Passage Rights and the 1982 Law of the Sea Convention, 2009•brill.com
- [3] L Nenad DL Tea, S Bačić(Analysis of state-of-the-art hydrographic survey technologies) FIG Working Week 2020, 2020•crosis.hr
- [4] J Duan, X Wan, J Luo (Research on the hydrographic survey cycle for updating navigational charts) The Journal of Navigation, 2021•cambridge.org