جامعة مدينة السادات
معهد الدراسات والبحوث البيئية
مجلة الدراسات والبحوث البيئية

Journal of Environmental Studies and Researches (2025), 15(1):1-31

بناء نظام معلومات جغرافي تفاعلي على شبكة الإنترنت لنمذجة الانسكابات النفطية

إسلام علي تركي[1] – إسماعيل علي إسماعيل [1] – صلاح عبد الجابر عيسى[2]

[1] قسم مسوح الموارد الطبيعية، معهد الدارسات والبحوث البيئية، جامعة مدينة السادات.

[2] قسم الجغرافيا – كلية الأداب – جامعة المنوفية.

ملخص:

تُعد حوادث تسرب النفط من أكبر التحديات البيئية التي تواجه البحار والمحيطات، مما يتطلب استجابة فورية وفعالة للتقليل من الأضرار الناجمة عن هذه الحوادث على البيئة البحرية والسواحل، وتتجلى أهمية فهم حركة وتأثير النفط المتسرب لضمان اتخاذ أفضل القرارات أثناء الاستجابة لحوادث التلوث النفطي. يتطلب ذلك تنبؤًا دقيقًا بمسار التسرب عبر الزمن من خلال دمج متغيرات مثل اتجاه وسرعة الرياح والتيارات البحرية، بالإضافة إلى جمع معلومات ميدانية حول تحلل النفط وتغير خصائصه، ما يسهم في تحسين فاعلية الاستجابة. يهدف هذا البحث إلى تطوير نظام تفاعلي على شبكة الإنترنت لمراقبة وتتبع حركة الانسكابات النفطية والذي أطلق عليه نظام "تقييم وإدارة مخاطر الانسكابات النفطية البحرية" **Marine Oil Spill Risk Assessment & Management"** وتم اختصاره إلى**"MOSRAM"**، استنادًا إلى أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) واللغات البرمجية **(Python, React)**. يقوم النظام بتوفير واجهة مستخدم بسيطة تتيح للمستخدمين إدخال المتغيرات المتعلقة بحادثة التسرب النفطي، مثل موقع التسرب وكميته، مع الأخذ في الاعتبار الظروف الجوية والبحرية في المنطقة المتضررة. وبناءً على هذه البيانات، يقوم النظام بإنتاج خرائط ورسوم بيانية تفاعلية توضح مسار البقع النفطية وحركتها المتوقعة عبر الزمن. تم تصميم هذا النظام لدعم متخذي القرار من خلال تقديم نماذج محاكاة دقيقة تعتمد على التكامل بين البيانات المكانية والبيئية. وقد ساعد استخدام نظم المعلومات الجغرافية في توفير فهم دقيق لحركة الزيت وتوقع تأثيره على المناطق البحرية المختلفة، بما في ذلك المياه الضحلة والعميقة وأثبت النظام فاعليته من خلال محاكاة سيناريوهات متعددة لحوادث تسرب نفطي في ظروف جوية متفاوتة، وأظهر توافقًا ملحوظًا مع البيانات الواقعية المقدمة من نماذج أخرى معتمدة عالميًا.

الكلمات المفتاحية: نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت (*WebGIS*)، نظم دعم اتخاذ القرار، أنظمة الانسكابات النفطية.

مقدمة:

تتجلى حوادث تسرب النفط كتحدي بيئي هائل يواجه المجتمع الدولي، إذ تتطلب تلك الظروف الطارئة استجابة فورية وفعّالة للحد من التأثيرات الكارثية على البيئة البحرية والسواحل ويُعد فهم حركة وتأثيرات الزيت المتسرب أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق هذا الهدف، وهنا يأتي دور تحليلات التعامل مع تسرب النفط بشكل بارز حيث لا يزال التسرب العرضي الكبير للنفط يؤثر على المناطق البحرية الحساسة والشواطئ في جميع أنحاء العالم، مما يشكل تحديًا لإدارة الطوارئ التشغيلية والاستراتيجية مما يتطلب التخطيط واتخاذ القرارات ، وتتطلب عمليات الاستجابة للتسرب النفطي فهمًا جيدًا لتطور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للنفط، والظروف البيئية المحلية، والحساسية البيئية للمنطقة الساحلية، ومدى فعالية طرق الاستجابة والتقنيات هذا ويتم تحديد نجاح اتخاذ أفضل قرارات الاستجابة من خلال القدرة على توقع مسار التسرب مع مرور الوقت والذي يتطلب بدوره يتطلب التنبؤ ودمج اتجاه وسرعة الرياح والتيار السطحي في منطقة الاهتمام والقدرة على جمع المعلومات في الموقع حول تعرض النفط للتحلل، أو التنبؤ بالتغييرات في خصائص النفط التي ستؤثر على استجابة التنظيف.

يستخدم نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت خادم الإنترنت لنشر ومشاركة قواعد البيانات الجغرافية، مما يتيح لجميع مستخدمي الإنترنت استخدمها بتوظيف متصفحات شبكة الإنترنت ويسمح للمستخدمين بالوصول عن بُعد إلى المعلومات الجغرافية من خلال واجهة مستخدم بسيطة تعمل على أي متصفحات شبكة الإنترنت.

تم تطوير نظام دعم القرارات لتنظيم التسرب النفطي "تقييم وإدارة مخاطر الانسكابات النفطية البحرية" **Marine Oil Spill Risk Assessment & Management"** وتم اختصاره إلى**"MOSRAM"** في هذا البحث كأداة لتوقع حركة التسرب النفطي في أي مكان في البيئة البحرية، باستثناء المناطق الجليدية، تم تطوير هذا النظام باستخدام لغة برمجة **Python** مع العديد من التقنيات البرمجية الأخرى لتطوير النظام والعمليات التحليلية المتعلقة به.

تقوم هذه التحليلات بتوفير رؤية فعّالة لحركة النفط المتسرب، مما يمكّن فرق الاستجابة من اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة وفي هذا السياق، تبرز أهمية نظم المعلومات الجغرافية كأداة حيوية في تفسير وتحليل بيانات حركة النفط وانتشاره في المساحات البحرية كما تتيح نظم المعلومات الجغرافية للمختصين التنبؤ باتجاه حركة النفط وكيفية تأثيره على المناطق المحيطة. بالإضافة إلى ذلك، تساعد هذه النظم في تقدير التأثيرات البيئية والاقتصادية المحتملة، مما يسهم في توجيه الاستجابة والجهود الطارئة، بشكل أفضل، (محمد، 2016، ص 70).

ومن هنا جاءت أهمية إنشاء نظام محاكاة النفط المتسرب والمنسكب لتقديم الدعم لمتخذي القرار أثناء إدارة أزمات التلوث البحري بالنفط اعتماداً على البيانات المكانية وتكاملها مع لغة بايثون والتي تتيح إدماج

أدوات التحليلات الجغرافية (العزاوي، 2018، ص 163) وإنتاج نظام مخصص لأداره البيانات المكانية والوصفية المتعلقة بيانات وحالات تتبع النفط المنسكب.

مشكلة البحث:

تتمثل الإشكالية الرئيسة في عدم كفاءة الأساليب التقليدية في توقع حركة النفط وغياب نظام موحد يُمكن متخذي القرار من متابعة التطورات اللحظية لحركة التسرب وتقييم آثارها المحتملة. إضافة إلى ذلك، فإن نقص التكامل بين البيانات البيئية والتقنيات المتاحة، مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ولغة البرمجة بايثون، يزيد من صعوبة تقديم استجابة فعالة للأزمات البيئية وتتمثل أهم التساؤلات فيما يلي:

1- هل يمكن الدمج بين نظم المعلومات الجغرافية والتقنيات البرمجية في تتبع حركة التسرب النفطي؟

2- كيف يمكن تطوير نظام تفاعلي عبر شبكة الإنترنت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والتقنيات البرمجية لتحسين دقة التنبؤ بحركة البقع النفطية في البيئات البحرية المختلفة؟

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تصميم نظام تفاعلي لمحاكاة ونمذجة مسارات الانسكابات النفطي والذي سوف يعمل على الشبكة الإنترنت **(WEB-BASED)** باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية وسيكون مدعوماً بقواعد بيانات للمستخدمين مما يجعله أداة للتعليم والتدريب والرصد والبحث للاختصاصيين الجغرافيين ومتخذي القرار في قطاعي النقل البحري والبترول من خلال مجموعة أهداف:

1. إنشاء نظام يعتمد على المتصفح لتوفير إمكانية وسهولة الوصول إليه من قبل المستخدمين والمتخصصين دون الحاجة إلى إعدادات أو تحميل برامج مسبقا والحصول على تحديثات النظام بشكل مباشر.
2. إنشاء قاعدة بيانات للمستخدمين تمكن من الاحتفاظ بجميع المعلومات والسجلات لتمكن من استرجاعها في أي وقت ومن أي جهاز فقط باستخدام بيانات الدخول للمستخدم.
3. دعم قاعدة البيانات بالنظام بإمكانية تخزين وتحليل البيانات الجغرافية مما تمكن المستخدم من تغذية النظام بالبيانات الأولية والحصول على النتائج موزعة مكانياً بشكل مباشر مع إمكانية حفظها بهيئات ملفات نظم المعلومات الجغرافية المختلفة.
4. عرض النتائج المكانية بشكل مباشر على النظام باستخدام خرائط أساس (طبوغرافية – صور أقمار صناعية) والتي تمكن المستخدم من مراجعة النتائج، وتفسير واتخاذ الإجراءات والقرارات بشكل لحظي.

مناهج البحث:

اعتمدت الدارسة في تحقيق أهدافها على ثلاثة من مناهج البحث:

- **المنهج الوصفي التحليلي:** يعتمد على دراسة الظواهر من خلال وصفها وتحليلها بدقة لفهم طبيعتها وعلاقاتها المكانية. يتميز هذا المنهج بالتركيز على الوصف التفصيلي للظواهر مثل توزيع السكان،

التضاريس، المناخ، أو استخدامات الأراضي، حيث يتم توثيق خصائصها المكانية والزمنية بدقة. بعد الوصف، ينتقل الباحث إلى التحليل المكاني لفهم العلاقات بين عناصر الظاهرة الجغرافية وتحديد التأثيرات المتبادلة بين البيئة الطبيعية والعوامل البشرية. كما يتطلب استخدام البيانات المكانية مثل الخرائط، الصور الفضائية، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) التي تسهم في توضيح الأنماط المكانية وتحليلها بدقة أكبر. بعد إتمام الوصف والتحليل، يستخلص الباحث استنتاجات حول تأثير العوامل البيئية والبشرية على الظاهرة ويوضح كيفية ارتباطها بالظواهر الجغرافية الأخرى. (محمود، 2020، ص 17).

- **المنهج التجريبي:** هو أحد المناهج البحثية العلمية التي تعتمد على إجراء التجارب لضبط المتغيرات والتأكد من العلاقات السببية بين الظواهر أو العوامل المختلفة. يتميز هذا المنهج بالقدرة على التحكم في المتغيرات ودراسة تأثير أحدها على الآخر في بيئة مضبوطة، مما يتيح للباحثين ملاحظة دقيقة للتغيرات الناتجة عن تعديل المتغير المستقل. يتيح هذا المنهج تكرار التجربة، أكثر من مرة، لضمان ثبات النتائج وزيادة موثوقيتها، مما يجعله أفضل وسيلة للتحقق من العلاقات السببية. من أبرز مزايا المنهج التجريبي أنه يسمح بإثبات العلاقات السببية بدقة، ويوفر إمكانية التحكم الكامل في المتغيرات، ما يجعله مناسبًا لتطبيق النتائج على نطاق واسع إذا تم تنفيذه بشكل صحيح. يعتبر المنهج التجريبي أداة قوية وفعالة في الدراسات الحاسوبية والتصور الجغرافي والكارتوجرافي.
- **المنهج الكمي:** يعتمد على جمع وتحليل البيانات الرقمية أو الكمية، بهدف تفسير الظواهر واستخلاص النتائج بناءً على الأرقام والإحصاءات، يتميز هذا المنهج باستخدام أدوات مثل الاستبيانات، والاستطلاعات، والاختبارات التي تتيح جمع بيانات قابلة للقياس، والتي يمكن تحليلها إحصائيًا لاختبار الفرضيات واكتشاف الأنماط. يُستخدم لدراسة العلاقات بين المتغيرات وتحديد الأسباب والنتائج (الصالح والسرياني، 2014، ص 53).

الدارسات السابقة:

- **دراسة إبراهيم محمد وآخرون (2022م)** بعنوان " نمذجة مسار ومصير التسرب النفطي البحري قبالة سواحل الغردقة، البحر الأحمر، مصر" (Abdallah & Chantsev, 2022). الهدف من هذه الدراسة هو تحديد المناطق الأكثر تعرضًا للتلوث وحساب العمليات المؤثرة (التبخر، التشتت الطبيعي، والتجانس) التي قد تحدث نتيجة حوادث تسرب النفط الخام في مضيق جوبال شمال الغردقة باستخدام نماذج بيئة النمذجة النفطية التشغيلية التابعة للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي **(GNOME)** ونموذج الاستعلام الآلي لتسربات النفط **(ADIOS2)**، وقد تم إجراء محاكاة لسيناريوهين في فبراير وأغسطس 2021 لتسرب 1000 طن متري من النفط الخام العربي الخفيف. أظهرت خرائط المسار أن جزر البحر الأحمر الشمالية (أشرفية، صغرى جوبال، جيسوم، طويلا، شدوان، وجفتون) ذات الأهمية الاقتصادية

والاستراتيجية الكبيرة هي المناطق الأكثر عرضة للتلوث. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج المقدرة أن حركة النفط المسرب تتأثر باتجاه الرياح السائدة والتيارات البحرية. وأوضحت نتائج نموذج ADIOS2 أن أكثر من ربع كمية النفط الخام الخفيف قد تبخرت، في حين أن نسبة التشتت الطبيعي زادت ببطء ولم تتجاوز 1.3% في كلا السيناريوهين.

- **دراسة بالوجون (2021م)** بعنوان " نمذجة مسار التسرب النفطي ورسم خرائط حساسية البيئة باستخدام نموذج GNOME ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)" (Balogun et al., 2021). تُطور هذه الدراسة نموذجًا لتقييم حساسية البيئة للتسربات النفطية بهدف التنبؤ ورسم خرائط نمط مسار بقع النفط في منطقة كوتا تينجي، ماليزيا. تم نمذجة تأثير التغيرات الموسمية على تعرض الموارد الساحلية للتسرب النفطي من خلال تقدير كمية الموارد الساحلية المتأثرة عبر ثلاثة فصول مناخية (الرياح الموسمية الشمالية الشرقية، والرياح الموسمية الجنوبية الغربية، ومدة ما قبل الرياح الموسمية). تم محاكاة 12 سيناريو تسرب نفطي متوسط (100 متر مكعب أي 10,000 نقطة نفط) باستخدام نموذج بيئة نمذجة النفط التشغيلية للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (**GNOME**). تم دمج النتائج مع الموارد الساحلية التي تشمل الخصائص البيولوجية والاجتماعية–الاقتصادية والفيزيائية للشواطئ. أظهرت النتائج أن سرعة بقعة النفط (40.8 متر في الدقيقة) تكون أعلى خلال مدة ما قبل الرياح الموسمية باتجاه الجنوب الغربي وأقل خلال الرياح الموسمية الشمالية الشرقية (36.9 متر في الدقيقة). تبين أن التبخر، الطفو، والانتشار هي العمليات الرئيسة المرتبطة بتغير حالة النفط، حيث وصلت حوالي 70% من بقع النفط إلى الشاطئ أو بقيت في عمود الماء خلال أول 24 ساعة من التسرب. كانت آثار التسرب النفطي أكثر حدة خلال الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، وكانت الموارد الفيزيائية للشواطئ هي الأكثر عرضة للتأثر بالتسرب النفطي في منطقة الدراسة، خلصت الدراسة إلى أن التغير في الفصول المناخية يؤثر بشكل كبير على تعرض الموارد الساحلية للتسربات النفطية البحرية.
- **دراسة محمد عمر وآخرون (2014م)** بعنوان " دراسة نمذجة تأثيرات التسرب النفطي على الخط الساحلي في مصر" (Mehanna et al., 2014). وظفت الدراسة نموذج **SL-ROSS** الرياضي لتسرب النفط للتنبؤ بمسار ومصير تسربات النفط في ميناء الإسكندرية بغرض تقييم المخاطر المرتبطة بتسربات النفط وتسليط الضوء على المناطق الضعيفة. كما قامت الدراسة بإجراء محاكاة شهرية آخذة في الاعتبار الحالات العادية والسيناريوهات الأسوأ بناءً على كمية النفط المسرب والظروف البيئية الجوية وعلى بيانات الوقت الفعلي كما أخذت الدراسة في الاعتبار عمليات التجوية والعمليات التي يتأثر بها النفط مثل الانتشار والتبخر والتشتت الطبيعي على فترات منتظمة وتمت مقارنتها بين الحالة العادية والسيناريو الأسوأ لتوضيح الفرق في سلوك تسرب النفط ومن ثم تمت موازنة نتائج النمذجة مع العينات المخصصة من المنطقة المدروسة لتحديد نقاط التداخل بين المسار المتوقع لتسرب النفط، وبالإضافة إلى ما سبق ففي هذا البحث فقد تم تطوير نظام تفاعلي جديد متكامل متضمن إلى نموذج تحليلي قد تم إعادة مسبقاً

يعتمد على إمكانات نظم المعلومات الجغرافية التحليلية والربط بين البيانات الوصفية والمكانية إلى جانب دمجها بالعديد من اللغات البرمجية التي تتيح المستخدم العمل على المتصفح مباشرة.

- **دراسة شحادة محمد وآخرون (2012م)** بعنوان "سلوك التسرب النفطي من منصة بحرية في منطقة البحر الأحمر" (Shehadeh et al., 2012). أظهرت الدراسة نتائج المحاكاة باستخدام نموذج محاكاة لدراسة سلوك تسرب النفط من منصة بحرية في منطقة البحر الأحمر. النموذج يمتلك هيكلًا عامًا يمكنه استيعاب معظم عمليات التجوية المتبقية وتمت محاكاة عدد من السيناريوهات الافتراضية لمنطقة البحر الأحمر وأظهرت النتائج أن استخدام نماذج المحاكاة يمكن أن يحسن خطط الطوارئ لتسرب النفط لدعم قرار قائم على المخاطر، مما يمنع الحوادث القاتلة في المستقبل.
- **دراسة وانج وآخرون (2005م)** بعنوان " محاكاة رقمية ثنائية البعد لنقل ومصير التسربات النفطية في البحار" (Wang et al., 2005). في هذه الدراسة، تم تقديم وصف لنموذج ثنائي الطبقات لمحاكاة التسربات النفطية في البحار. يعتبر هذا النموذج النفط في البحار مكونًا من طبقة نفط سطحية وقطرات نفط معلقة تتخلل عمق التيار. يعتمد النموذج على نهج الجسيمات، حيث يتم توزيع كمية النفط المتسربة في البحار على عدد كبير من الجسيمات التي يتم تتبعها بشكل فردي. تتحرك هذه الجسيمات بفعل تيارات المياه وسرعة الرياح عند وجودها على سطح الماء، يتضمن النموذج العديد من العمليات المهمة مثل: الجرف (التحريك)، الانتشار السطحي، التبخر، الذوبان، التكتل (التجانس)، الانتشار، تفاعل بقع النفط مع الشاطئ، الترسيب، والتغيرات الزمنية في لزوج النفط وكثافته والتوتر السطحي، وغيرها. تم تقديم نماذج محاكاة لتسرب نفطي في بحر بوهاي كمثال عملي.
- **دراسة جوليان وآخرون (2004م)** بعنوان "نهج سريع وبسيط باستخدام الأساليب الإحصائية متعددة المتغيرات المقترنة ونظم المعلومات الجغرافية ونماذج المسار لتحديد المناطق المعرضة لمخاطر الانسكاب النفطي الشائعة" (Guillen et al., 2004). تناولت الدراسة طريقة إحصائية متعددة المتغيرات تسمى (تحليل التجميع) بغرض تجميع المناطق ذات المخاطر المشابهة بناءً على توزيع الاحتمالات لمسار الوصول إلى الأرض كما وظفت الدراسة أيضا نظم المعلومات الجغرافية **(GIS)**؛ لعرض تجمعات نقاط إطلاق التسرب والذي يجمع بين توظيف نظم المعلومات الجغرافية والتقنيات الإحصائية متعددة المتغيرات في معالجة البيانات الناتجة عن نماذج المسار أداة قوية لتحديد وتمييز المناطق ذات المخاطر المشابهة من مصادر تسرب متعددة. حدد تحليل التجميع 10 مجموعات أو تجمعات لمواقع الإطلاق التي أظهرت مخاطر تسرب نفط فريدة. تم توضيح ذلك من خلال التشابهات في نمط احتمالات الوصول إلى اليابسة على طول ساحل الخليج.

أولاً: نظام GIS لنمذجة الانسكابات النفطية (MOSRAM):

تتجلى حوادث تسرب النفط كتحدي بيئي هائل يواجه المجتمع الدولي، إذ تتطلب تلك الظروف الطارئة استجابة فورية وفعّالة للحد من التأثيرات الكارثية على البيئة البحرية والسواحل ويعد فهم حركة وتأثيرات الزيت المتسرب أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق هذا الهدف، وهنا يأتي دور تحليلات التعامل مع تسرب النفط بشكل بارز وحيث لا يزال التسرب العرضي الكبير للنفط يؤثر على المناطق البحرية الحساسة والشواطئ في جميع أنحاء العالم، مما يشكل تحديًا لإدارة الطوارئ التشغيلية والاستراتيجية وهذا يتطلب التخطيط واتخاذ القرارات في استجابة التسرب النفطي فهمًا جيدًا لتطور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للنفط، والظروف البيئية المحلية، والحساسية البيئية للمنطقة الساحلية، وفعالية طرق الاستجابة والتقنيات ويتم تحديد نجاح اتخاذ أفضل قرارات الاستجابة من خلال سلسلة من الإجراءات:

1- القدرة على توقع مسار التسرب مع مرور الوقت وهذا يتطلب التنبؤ ودمج المتغيرات المتمثلة في اتجاه وسرعة الرياح والتيار السطحي في منطقة الاهتمام.

2- القدرة على جمع المعلومات في الموقع حول تعرض النفط للتحلل، أو التنبؤ بالتغييرات في خصائص النفط التي ستؤثر على استجابة التنظيف.

تم تطوير نظام دعم القرارات لتنظيم التسرب النفطي المطوّل **(MOSRAM)** في هذا البحث كأداة لتوقع حركة التسرب النفطي في البيئة البحرية، باستثناء المناطق الجليدية.

تقوم هذه التحليلات بتوفير رؤية فعّالة لحركة النفط المتسرب، مما يمكّن فرق الاستجابة من اتخاذ قرارات مستنيرة وسريعة وفي هذا السياق، تبرز أهمية نظم المعلومات الجغرافية كأداة حيوية في تفسير وتحليل بيانات حركة النفط وانتشاره في المساحات البحرية (محمد، 2016، ص 70).

تتيح نظم المعلومات الجغرافية للمختصين التنبؤ باتجاه حركة النفط وكيفية تأثيره على المناطق المحيطة. بالإضافة إلى ذلك، تساعد هذه النظم في تقدير التأثيرات البيئية والاقتصادية المحتملة، مما يسهم في توجيه الاستجابة والجهود الطارئة، بشكل أفضل، (محمد، 2018، ص 113).

ومن خلال دمج تحليلات التعامل مع تسرب النفط بشكل فعّال مع نظم المعلومات الجغرافية، بهدف تعزيز القدرة على التصدي لحوادث التلوث البحري بطريقة مستدامة وفعّالة.

- **تحليل المكان:** تتيح نظم المعلومات الجغرافية تحليل البيانات بشكل مكاني، مما يساعد في تحديد مواقع التسرب بدقة وتقدير انتشاره (عزيز، 1998، ص 11).
- **توجيه الاستجابة:** توفر نظم المعلومات الجغرافية معلومات فورية حول الظروف البيئية والجغرافية، مما يساعد في اتخاذ قرارات دقيقة للتصدي للتسرب (الجواد، 2001، ص 64).
- **تقييم التأثيرات البيئية:** تساعد نظم المعلومات الجغرافية في تحديد المناطق البيئية الحساسة وتقييم تأثيرات التسرب على هذه المناطق (العزاوي، 2018، ص 71).

- **تنسيق الجهود:** يمكن أن تكوِّن نظم المعلومات الجغرافية منصة مشتركة للتواصل وتبادل البيانات بين الجهات المعنية في عمليات الاستجابة.
- **تحليل البيانات بشكل مكاني:** تُمَكن القدرة على تحليل البيانات بشكل مكاني ومن تقديم رؤى شاملة حول حركة النفط وتأثيره على البيئة (السماك، العبيدي، الحيالي، 2020، ص 107).
- **تحسين التخطيط:** تساعد نظم المعلومات الجغرافية على توفير بيانات محددة للتخطيط للاستجابة المستقبلية واتخاذ الإجراءات الاحترازية.

وبهذا يمكن القول إن نظم المعلومات الجغرافية تعتبر أداة حيوية في تحسين فعالية استجابة التعامل مع تسرب النفط، سواء في تحليل البيانات أو توجيه الاستجابة أو تقييم التأثيرات البيئية.

- **مميزات نموذج MOSRAM:**

- **الميزات المشتركة مع حزم البرمجيات الأخرى:**

1. مسار تسرب النفط.
2. عرض نتائج النموذج بتنسيقات قابلة للاستخدام متنوعة، بما في ذلك مسار "خط الطريق" لنقل تسرب النفط في بعدين عبر الزمن، وأيضًا مسار حركة البقعة النفطية الذي يُرسم في رسوم بيانية ويُعرض في خريطة GIS.
3. الاستعلام عن مسار تسرب النفط عبر فترات زمنية يختارها المستخدم.
4. يوفر النموذج إدخال البيانات الأولية بوحدات مختلفة (على سبيل المثال، السرعة بالعقد، متر/ثانية).
5. قاعدة بيانات أنواع النفط؛ يمكن إدخال وتحرير أنواع النفط في مكتبة النفط (نفط مخصص).

- **الميزات الجديدة المطورة:**

1. السرعة الناتجة للبقعة النفطية واتجاهها من مصدر التسرب الأصلي.
2. المسافة بين كل نقطة في فترات الزمن وأيضًا المسافة الكلية للحركة.
3. بعد كل بقعة عن الساحل.
4. تتبع العودة للبقعة النفطية لتحديد المصادر الأصلية/المحتملة المشتبه بها للتسرب.
5. نموذج قائم على الويب.
6. قواعد بيانات مدمجة للنظام.

ثانياً: نظام GIS لنمذجة الانسكابات النفطية (MOSRAM):

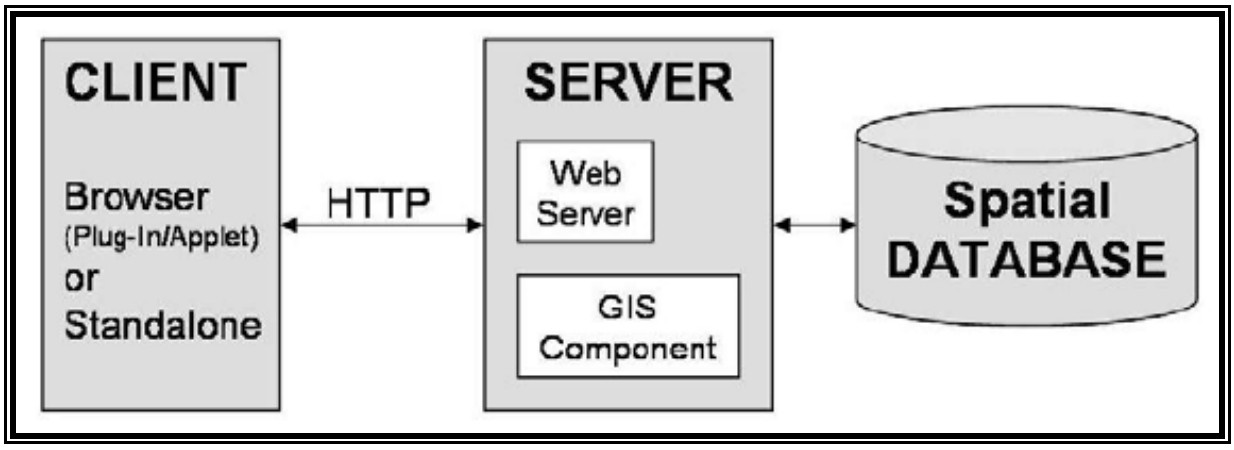
يستخدم نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت (خادم الإنترنت) لنشر ومشاركة قواعد البيانات الجغرافية، مما يتيح لجميع مستخدمي الإنترنت استعمالها باستخدام متصفحات شبكة الإنترنت ويسمح

للمستخدمين بالوصول عن بُعد إلى المعلومات الجغرافية من خلال واجهة مستخدم بسيطة تعمل على أي متصفحات شبكة الإنترنت.

خلال العقد الماضي، شهدت تقنية الإنترنت تغييرًا في معظم جوانب حياة الإنسان، من الأنشطة اليومية إلى الأنشطة المهنية، وتضمن ذلك نظم المعلومات الجغرافية. كما ظهرت تقنية جديدة تسمى نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت (***WebGIS***).

يتكون نظام المعلومات الجغرافية في الأساس من مجموعة من العناصر الأساسية وهي الأجهزة، والبرمجيات، والبيانات، والمستخدمين (شرف، 2007، ص 10) والتي كان يجب أن تكون كلها بمكان واحد. ومع تطور نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت، أصبح من الممكن فصل هذه العناصر مكانياً. حيث تمكن لمستخدمي نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت الجلوس في جهة من الكرة الأرضية والوصول إلى طبقات البيانات التي تم استضفتها على خادم آخر يقع في الجهة الأخرى من الكرة الأرضية. يجمع نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت (***web-based GIS***) بين تقنية شبكة الإنترنت ونظام المعلومات الجغرافية، والذي يُستخدم لتخزين واسترجاع وإدارة وتحليل البيانات المرتبطة جغرافيًا عبر شبكة الإنترنت.

وبهذا يمكن القول إن نظام المعلومات الجغرافية عبر شبكة الإنترنت هو نظام معلومات جغرافية يستخدم تقنية شبكة الإنترنت لنشر البيانات الجغرافية حيث تُيسر تقنية شبكة الإنترنت التواصل بين مكونات نظام المعلومات الجغرافية وبفضل الإنترنت، يمكن للمستخدم إجراء تحليلات واستعلامات وتنظيم البيانات المكانية المخزنة على خوادم في مناطق أخرى من العالم (السامراني، 2023، ص 45)، ولكي تتم هذه العملية يجب أن يكون لديك، على الأقل، عميل وخادم واحد في أبسط هندسة لنظام معلومات جغرافية عبر شبكة الإنترنت ؛ يمكن أن يكون العميل تطبيقًا للهاتف المحمول أو التطبيق لسطح المكتب يسمح للمستخدمين بالتواصل مع الخادم، والخادم هو تطبيق حاسوب يعمل على الجهاز الذي يتم استضافته كما بالشكل (1).



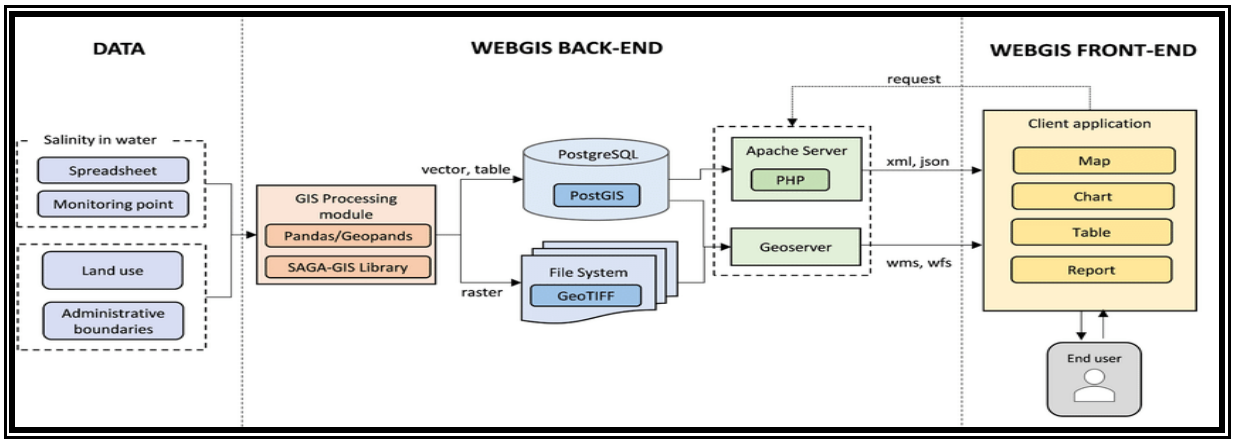
شكل (1) الهيكل التنظيمي للعمل بين المستخدم والخادم

المصدر: (Abdul Rahman et al., 2006, p. 4)

ثالثاً: البنية الأساسية للنظام (System Architecture):

تتكون البنية الأساسية للنظام لتطبيق الويب من عدة مكونات أساسية متكاملة مصممة لضمان الأداء الأمثل والتوسع والأمان كما يوضح شكل (2) في مقدمتها خادم الويب، وهو طبقة أساسية مسؤولة عن معالجة طلبات HTTP والرد عليها ويضاف إلى ذلك سكريبت نموذج **Python**، الذي يحتوي على خوارزميات التعلم الآلي أو المنطق والتحليلات الضرورية لوظائف التطبيق الأساسية ثم **"Application Programming Interface – API"** لتمرير البيانات ذهابًا وإيابًا بين تطبيقات البرامج بطريقة رسمية كرابط حيوي يسهل التواصل بسلاسة بين خادم الويب وسكريبت نموذج **Python** وواجهة المستخدم، وتتبع غالبًا معايير **RESTful** أو **GraphQL** وفي الوقت نفسه، يقوم خادم قاعدة البيانات بتخزين البيانات واسترجاعها، مع خيارات قواعد البيانات مثل **MySQL** أو **PostgreSQL** أو **MongoDB** المصممة لتلبية احتياجات البيانات المحددة للتطبيق وفي بعض التطبيقات قد يتم دمج خادم بيانات مخصص لإدارة ومعالجة البيانات الضخمة بكفاءة، مما يعزز قدرة النظام على التعامل مع عمليات البيانات المكثفة **(Tomazewski et al., 2015, p. 96)**.

تُشكَّل واجهة المستخدم، التي تشكل واجهة التطبيق الأمامية، كتطبيق صفحة واحدة **(Single Page Application –)** **(Gavrilă et al., 2019, p. 235)** باستخدام إطارات عمل شائعة مثل **React** أو **Angular** أو **Vue.js** حيث تواصل هذه الواجهة برمجة التطبيق مع واجهة برمجة التطبيق، مما يسهل استرجاع البيانات وعرضها للمستخدمين ويعتبر الأمان أمرًا بالغ الأهمية في كافة أنحاء البنية الأساسية للنظام، مع تبني إجراءات مثل تشفير HTTPS للبيانات في التنقل، وآليات موثوقة للمصادقة، وتحديثات البرمجيات الاحترازية للتقليل من الثغرات المحتملة وبشكل اختياري، يمكن إدخال معادلة الضغط على حركة الشبكة عبر خوادم متعددة، مما يحسن الاعتمادية والتوسع وتساعد آليات التخزين المؤقت، إذا تم تنفيذها، على تخزين البيانات التي يتم الوصول إليها بشكل متكرر مؤقتًا لتخفيف الضغط على الخادم وتعزيز أداء النظام بشكل عام.



شكل (2) المكونات الأساسية للنظام

المصدر: (Binh et al., 2020, p. 189)

رابعاً: اختيار عنوان الموقع - النطاق (Domain):

النطاق **(Domain)** في سياق الويب يشير إلى عنوان الإنترنت الذي يُستخدم لتحديد موقع معين على الإنترنت والذي يتكون من جزأين رئيسيين: الجزء الأيمن والجزء الأيسر ويستخدم نظام أسماء النطاق لتحويل العنوان النصي (مثل **www.example.com**) إلى عنوان IP التي يستخدمها الحاسوب للعثور على خوادم الويب.

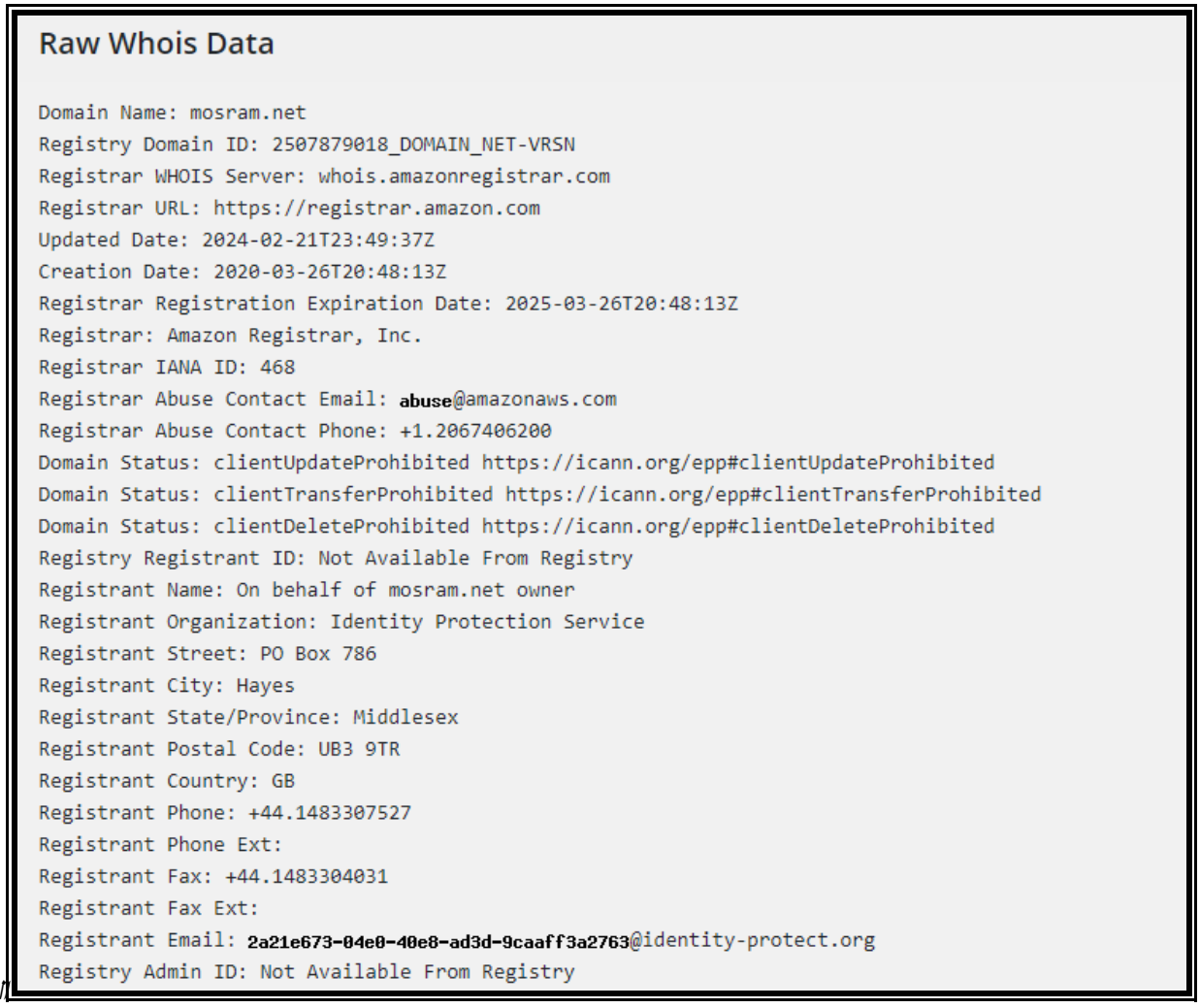
وحيث نجد أن اسم النطاق يجب أن يكون غير مكرر على مستوى شبكة الإنترنت، بشكل كامل، ولذلك فبعد البحث فقد تم الحصول على اسم النطاق لم يتم استخدامه من قبل www.mosram.net والذي يشير إلى **"MARINE OIL SPILL RISK ASSESSMENT & MANAGMENT"** ومن ثم فقد تم حجز الموقع وتسجيله على شبكة الإنترنت كما يوضح الشكل (3).

خامساً: تحديد خادم الإنترنت - السيرفر (Web Host Server):

خادم الويب هو تطبيق برمجي على أجهزة الحاسوب يلعب دورًا حاسمًا في توصيل محتوى الويب عبر الإنترنت ووظيفته الرئيسة هي التعامل مع طلبات نقل النص الفائق **(HTTP / HTTPS)** الواردة من العملاء (عادة متصفحات الويب) والرد عليها من خلال تقديم صفحات الويب أو الملفات أو الموارد الأخرى. يقوم خادم الويب بمعالجة هذه الطلبات وإرسال المعلومات المطلوبة إلى العميل، مما يتيح للمستخدمين الوصول إلى المواقع والتفاعل معها (الأبنودي، رمضان، 2023، ص 3).

ولأهمية خادم الإنترنت في معالجة طلبات النص الفائق **(HTTP / HTTPS)** فقد تم تصميم خوادم الويب لاستقبال ومعالجة طلبات نقل النص والتي يحتاجها المستخدمون للوصول إلى موقع أو تطبيق على شبكة الإنترنت حيث تقوم بتخزين الملفات وصفحات الويب والموارد الأخرى، مما يجعلها متاحة للعملاء عند الطلب والتي من الممكن أن تشمل هذه الموارد على ملفات HTML وصور وأنماط الأسلوب (CSS) وملفات JavaScript وغيرها هذا بالإضافة إلى أن خوادم الويب تقوم بإدارة إعدادات الأمان وضوابط الوصول ومعلمات أخرى لضمان توصيل المحتوى عبر الويب بشكل آمن وفعّال.

تشمل خوادم الويب على العديد من الأنظمة الشائعة مثل خادم **Apache HTTP** و**Nginx** وخدمات معلومات الإنترنت لمايكروسوفت (IIS)، وغيرها ويعتمد اختيار خادم الويب غالبًا بناءً على عوامل مثل متطلبات الأداء والتوافق مع تقنيات محددة وسهولة التكوين هذا بالإضافة إلى الهدف الرئيسي من إنشاء الموقع، ولهذا فقد تم اختيار ال Apache HTTPs كخادم الويب في هذا البحث، هذا وبالإضافة إلى أنه تم اختيار موقع Amazon AWS لرفع وتحميل البيانات لما يتضمنه هذا الموقع من العديد ومن الخدمات ومستوى عالي من الأمان إلى جانب الحفاظ على مستوى ثابت من الأداء دون تأثير على الخدمة وتمكين المستخدمين من الوصل إلى الموقع بنسبة 99.8% **(Leivadeas et al., 2023, p. 127)**



Raw Whois Data

```
Domain Name: mosram.net
Registry Domain ID: 2507879018_DOMAIN_NET-VRSN
Registrar WHOIS Server: whois.amazonregistrar.com
Registrar URL: https://registrar.amazon.com
Updated Date: 2024-02-21T23:49:37Z
Creation Date: 2020-03-26T20:48:13Z
Registrar Registration Expiration Date: 2025-03-26T20:48:13Z
Registrar: Amazon Registrar, Inc.
Registrar IANA ID: 468
Registrar Abuse Contact Email: abuse@amazonaws.com
Registrar Abuse Contact Phone: +1.2067406200
Domain Status: clientUpdateProhibited https://icann.org/epp#clientUpdateProhibited
Domain Status: clientTransferProhibited https://icann.org/epp#clientTransferProhibited
Domain Status: clientDeleteProhibited https://icann.org/epp#clientDeleteProhibited
Registry Registrant ID: Not Available From Registry
Registrant Name: On behalf of mosram.net owner
Registrant Organization: Identity Protection Service
Registrant Street: PO Box 786
Registrant City: Hayes
Registrant State/Province: Middlesex
Registrant Postal Code: UB3 9TR
Registrant Country: GB
Registrant Phone: +44.1483307527
Registrant Phone Ext:
Registrant Fax: +44.1483304031
Registrant Fax Ext:
Registrant Email: 2a21e673-04e8-40e8-ad3d-9caaff3a2763@identity-protect.org
Registry Admin ID: Not Available From Registry
```

الم

شكل (3) حجز وتسجيل اسم النطاق

المصدر: (Whois.com, 2024)

سادساً: خادم البيانات - (Data server):

يعتبر خادم البيانات في هندسة النظم الشاملة ككيان أساسي، حيويًا مشاركًا بشكل دقيق في الإدارة الفعّالة ومعالجة مجموعات البيانات الواسعة المهمة لوظائف تطبيق الويب. يستخدم خادم البيانات آليات متقدمة لاسترجاع البيانات وإداراتها، باستخدام استراتيجيات المعالجة المتوازية وتخزين المعلومات الموزع لتحسين الأداء في السيناريوهات المميزة بحجم بيانات كبير. وينطوي ذلك على تنفيذ تقنيات التخزين المؤقت المتقدمة، حيث يتم تخزين البيانات التي يتم الوصول إليها بشكل متكرر بشكل استراتيجي للحد من التأخير المرتبط باستعلامات قاعدة البيانات المتكررة، مما يعزز استجابة النظام الشاملة.

في سبيل تسريع استرجاع البيانات، يدمج خادم البيانات استراتيجيات الفهرسة، ويستفيد من تقنيات مثل B–trees أو الفهارس التجزيئية، لتسهيل الوصول السريع إلى نقاط البيانات المحددة وتبسيط تنفيذ الاستعلام.

يقلل هذا النهج المستند إلى الفهرس بشكل كبير من العبء الحاسبي على الخادم، مما يسهم في تحسين الكفاءة وتقليل أوقات الاستجابة.

تشمل اعتبارات الأمان داخل خادم البيانات بروتوكولات التشفير، مضمونة سرية البيانات في حالة الانتقال. تُنفذ آليات التحكم في الوصول بقوة، حيث يتم تحديد الأذونات والقيود للحماية من الوصول غير المصرح به، يعمل خادم البيانات كركيزة في تنفيذ نظام التحكم في الوصول القائم على الأدوار وآليات المصادقة الأخرى، معززًا بذلك سلامة وسرية المعلومات المخزنة.

وعلاوة على ذلك، يلعب خادم البيانات دورًا حيويًا في ضمان سلامة البيانات من خلال فرض القيود، مما يخفف من أخطار الأخطاء أو التناقضات داخل مجموعة البيانات بالإضافة إلى أنه إنه يشارك بفعالية في تنظيم استراتيجيات النسخ الاحتياطي والاسترداد، مما يوفر آليات آمنة لتقليل تأثير الأحداث غير المتوقعة مثل فقدان البيانات أو الفساد.

ومن ثم فإنه لتحقيق أفضل معدل كفاءة في الوصول إلى البيانات الوصفية أو المكانية هذا بالإضافة إلى تمكين سرعة الاستجابة لخادم الإنترنت وخادم البيانات في الاستعلامات وإجراء عمليات التحليل المعقدة والتي تتطلب قدرة وكفاءة عالية من الخادم للانتهاء منها في وقت قياسي فقد تم جعل خادم الأنترنت وخادم البيانات خادمين منفصلين ولهذا فقد تم بناء خادم قواعد البيانات - "Amazon Relational Database Service .RDS"

سابعاً: خادم إدارة قواعد البيانات - (Database server):

يُعتبر خادم قواعد البيانات، الموجود في نواة هندسة النظم المعقدة، كيان متخصص صُنع بعناية لتنظيم وإدارة ومعالجة مجموعات البيانات الكبيرة بدقة علمية وكفاءة، مستمدة من مبادئ قواعد البيانات العلاقية البارزة مثل **MySQL** و**PostgreSQL** والتي تقدم أساسًا قويًا لسلامة البيانات، وموثوقية المعاملات، وإدارة بسيطة للعلاقات المعقدة. في الوقت نفسه، ومع استخدام قواعد البيانات **NoSQL**، كما هو الحال، في **MongoDB**، يتم تحقيق المرونة والقابلية للتوسع، خاصة في التعامل مع البيانات غير المهيكلة أو شبه المهيكلة، مما يتماشى مع متطلبات التطبيقات الحديثة المتنوعة.

يُنظم خادم إدارة قواعد البيانات ترتيب وتصنيف معقد من البيانات، حيث يُنفذ استعلامات معقدة بخوارزميات واستراتيجيات فهرسة مُحسَّنَة. تضمن استرجاع البيانات السريع وتنفيذ الاستعلام، ملاحظًا التعقيدات في مجموعات البيانات الكبيرة بكفاءة إلى أن تمتد إمكانات الخادم إلى ما هو أبعد من مجرد تخزين البيانات، حيث يشارك بنشاط في فرض القيود والتحققات وفئات الوصول للحفاظ على سلامة البيانات، مما يعزز موثوقية ودقة المعلومات المخزنة.

تعد معايير الأمان داخل نظام خادم قواعد البيانات أمرًا بالغ الأهمية، حيث تحمي بروتوكولات التشفير البيانات سواء أثناء النقل أو في حالة عدم الاستخدام بتُنفيذ آليات صارمة للتحكم في الوصول، مستندة إلى نماذج التحكم في الوصول بناءً على الأدوار المحددة لكل مستخدم (- **Role-Based Access Control**

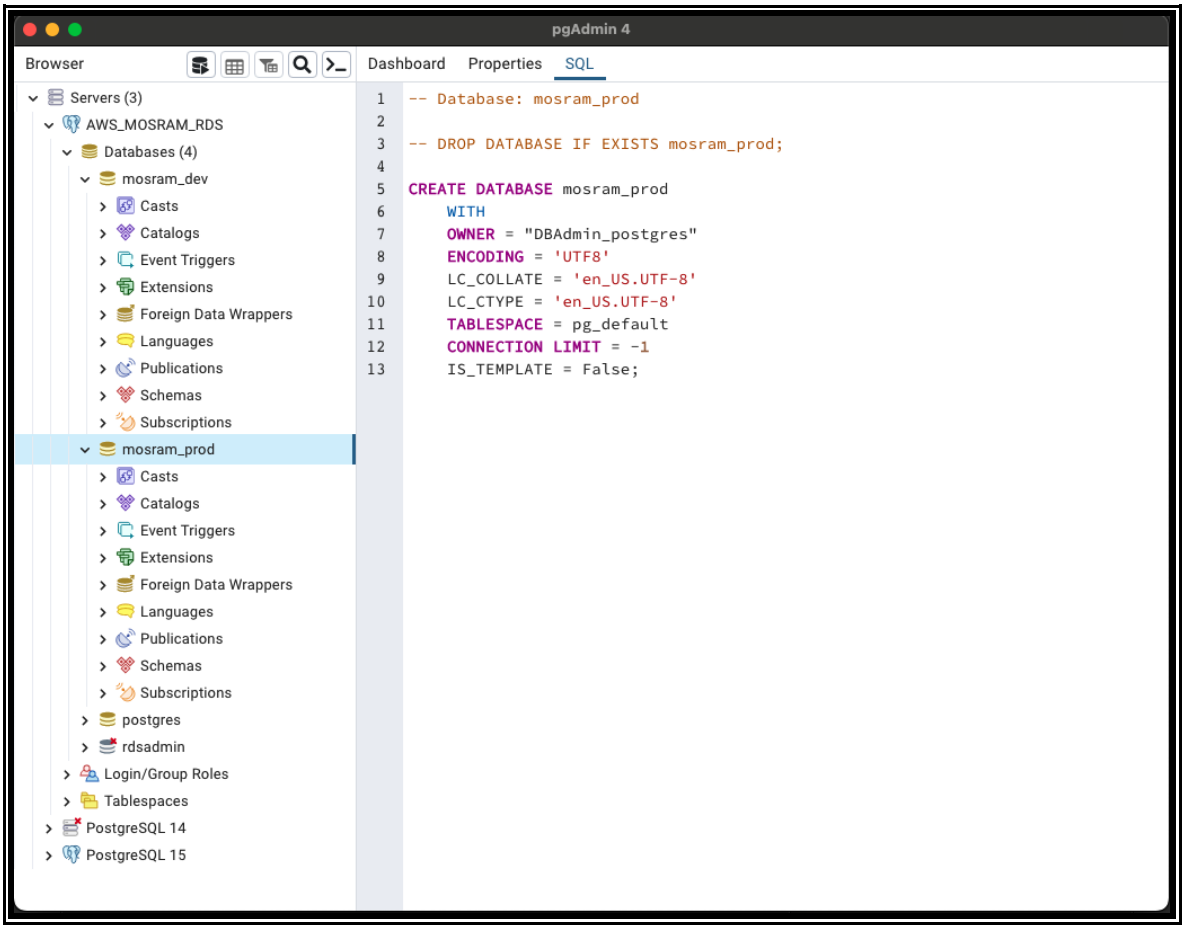
RBAC)، حيث تُحدد أذونات دقيقة، مما يعزز سرية المعلومات الحساسة ويقلل من أخطار الوصول غير المصرح به إلى جانب التوازي مع التدابير الأمنية، يشكل خادم قواعد البيانات مهندسًا لاستراتيجيات استعادة الكوارث، مما يُيسّر إنشاء نسخ احتياطية دورية ويضمن متانة قاعدة البيانات ضد التهديدات المحتملة مثل انتهاك الحقوق أو فقدان البيانات.

يشكل خادم البيانات وقاعدة البيانات نقطة تقاطع حيوية ضمن نسيج هيكلة معمارية النظام الشاملة، حيث يقوما بتنسيق تخزين البيانات واسترجاعها وإدارتها بشكل حيوي لوظائف تطبيق الويب. في قلب هذا التفاعل التكاملي يقع خادم قاعدة البيانات، وهو نظام متخصص صُمِم بدقة لتنظيم ومعالجة البيانات بكفاءة. يعتمد على اختيار نظام قاعدة البيانات، سواء كانت قواعد البيانات العلاقية مثل **MySQL** و**PostgreSQL** أو قواعد البيانات **NoSQL** مثل **MongoDB**، على متطلبات التطبيق الخاصة واعتبارات التوسع. تلتزم هذه القواعد بخصائص **ACID** (التتابع الذري، الاتساق، العزلة، الثبات) في حالة قواعد البيانات العلاقية أو توفير مرونة وقابلية للتوسع مع الاتساق التدريجي في قواعد البيانات **NoSQL**.

تعد قاعدة البيانات المكانية (**Spatial DB**) نوعًا متخصصًا من قواعد البيانات مصممة لتخزين واسترجاع وإدارة البيانات المكانية أو الجغرافية بكفاءة (الخليل، 2019، ص 176). على عكس قواعد البيانات العلاقية التقليدية التي تركز بشكل رئيس على البيانات الجدولية، تم تصميم قواعد البيانات المكانية للتعامل بشكل خاص مع المعلومات ذات الأبعاد المكانية الصريحة، مثل المواقع الجغرافية والأشكال الهندسية والسمات المرتبطة بها. تلعب هذه القواعد دورًا حاسمًا في التطبيقات التي تعتمد بشكل أساسي على العلاقات المكانية وتحليل البيانات القائمة على المواقع، مثل أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS)، وتطبيقات الخرائط، وخدمات البيانات المستندة إلى المواقع.

إحدى الميزات الرئيسة لقواعد البيانات المكانية هي دعمها لأنواع البيانات المكانية وفهرسة البيانات المكانية. وتسمح أنواع البيانات المكانية بتمثيل الأشكال الهندسية، مثل النقاط والخطوط والمضلعات وغيرها من الكيانات المكانية داخل قاعدة البيانات. تستخدم تقنيات فهرسة البيانات المكانية، مثل R–tree أو quadtree، لتسريع استعلامات البيانات المكانية والعمليات، مما يتيح استرجاع البيانات بكفاءة استنادًا إلى العلاقات القريبة أو التضمين أو التداخل وتمتد تطبيقات قواعد البيانات المكانية عبر مجموعة من المجالات، بما في ذلك التخطيط العمراني، ومراقبة البيئة، واللوجستيات، والاتصالات؛ حيث تمكن من تخزين البيانات الجغرافية، مثل الخرائط وصور الأقمار الصناعية، وبيانات الاستشعار، وتيسير تنفيذ استعلامات مكانية لتحليل مستفيض إلى جانب أن استخدام قواعد البيانات المكانية يعزز عمليات اتخاذ القرار من خلال توفير أساس قوي لفهم وتفسير العلاقات المكانية داخل مجموعات البيانات، مما يجعلها أدوات لا غنى عنها في مجالات النظم المكانية والبيئية.

وبالإشارة إلى أن الهدف الرئيسي من البحث هو دراسة وتحليل الانسكابات الزيتية وتتبع حركتها على البعد الزمني مكانياً فقد تم اختيار خادم إدارة قواعد البيانات "PostgreSQL" والذي له القدرة على حفظ، ومعالجة وتحليل البيانات المكانية كما يوضح شكل (4).



شكل (4) النموذج الهيكلي لبناء خادم إدارة قواعد البيانات PostgreSQL

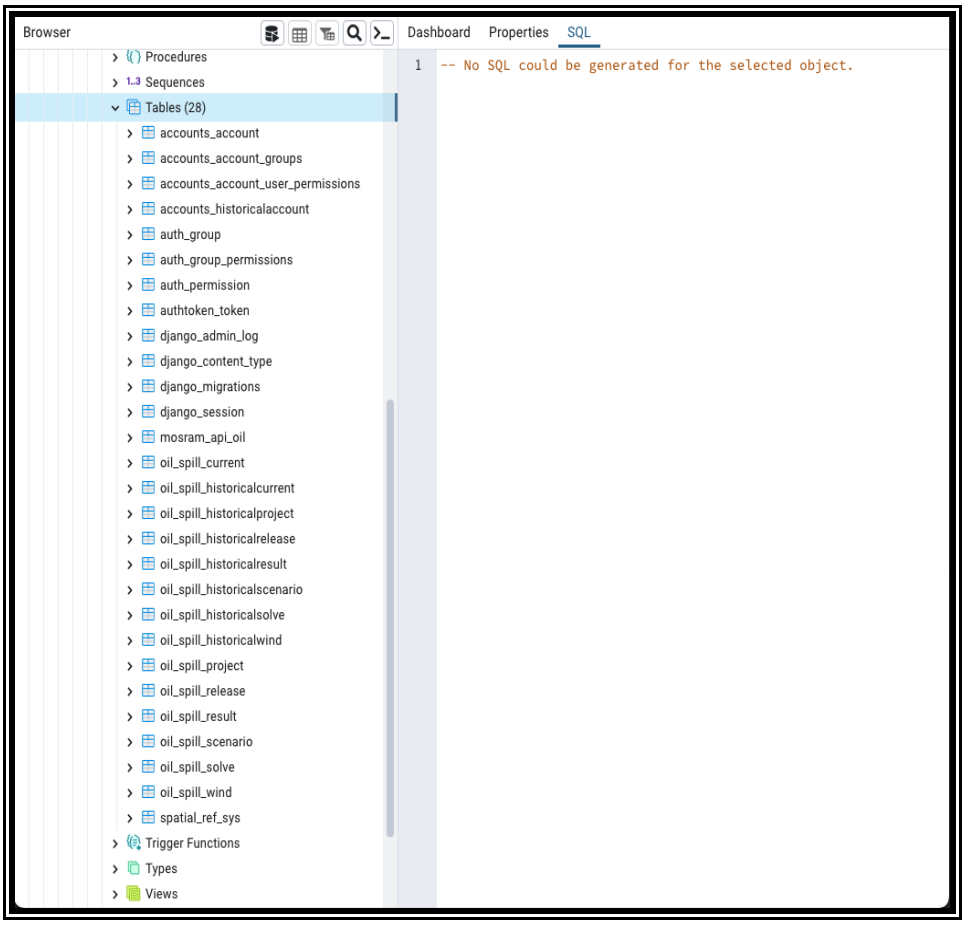
المصدر: عمل الباحث من خلال برنامج إدارة قواعد البيانات pgAdmin

ثامناً: قواعد البيانات - (Database):

وبعد اختيار خادم إدارة قواعد البيانات **PostgreSQL** – تم البدء في إنشاء قاعدة البيانات (المكانية والوصفية) من خلال تقسيم البيانات الجدولية الوصفية **(Attribute tables)** اعتمادا على نوعية البيانات ودورها في العملية التحليلية ولتمكين المستخدم من إعادة استخدام البيانات المدخلة مسبقاً مرة أخرى وعدم الحاجة إلى إدخال البيانات في كل مرة يتم فيها إجراء التحليل شكل (5).

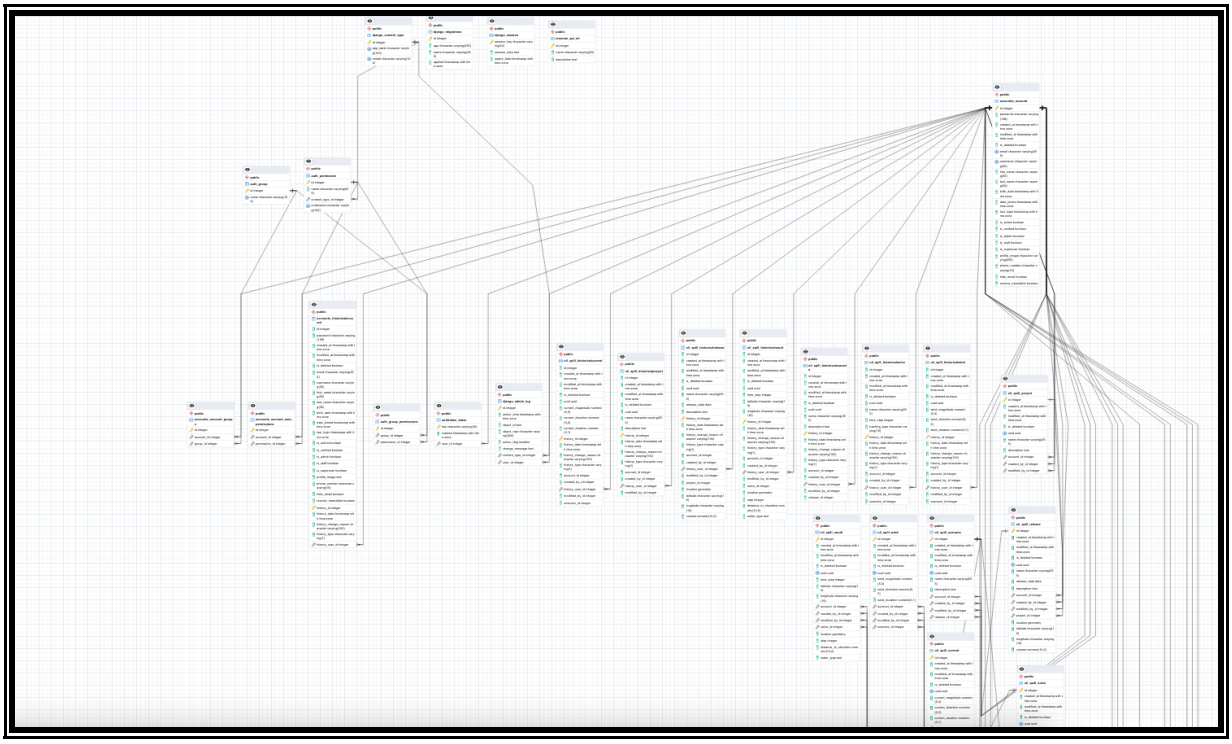
ولقد تم تقسيم العمل على بناء قاعدة البيانات في هذه المرحلة بتوزيع البيانات على جداول متعددة بحيث يختص كل جدول بحفظ بيانات متوافقة فقط وتم بعد ذلك بعمل الروابط حيث إن في مجال قواعد البيانات، يشير مصطلح "الربط" إلى العملية التي تمكن من جمع البيانات من جداول متعددة استنادًا إلى علاقة

بين عمودين حيث يُستخدم الربط لاسترجاع البيانات الموجودة في أكثر من جدول، حيث يمكن أن يكون هناك تداخل بينها وهناك أنواع مختلفة من عمليات الانضمام، بما في ذلك الانضمام الداخلي الذي يسترجع الصفوف التي تتناسب في الجدولين، والانضمام الأيسر الخارجي الذي يسترجع كل الصفوف من الجدول الأيسر والصفوف المتطابقة من الجدول الأيمن، مع إمكانية وجود قيم فارغة إذا لم يكن هناك تطابق (ايتمازي، 2018، ص 270). يعتبر الانضمام جزءًا حيويًا من استعلامات قواعد البيانات ويسهم في تحليل البيانات بفعالية وفحص العلاقات بين مجموعات مترابطة من البيانات كما شكل (6).



شكل (5) هيكل قواعد البيانات

المصدر: عمل الباحث من خلال برنامج إدارة قواعد البيانات pgAdmin



شكل (6) نموذج علاقات الربط بين الجدول

المصدر: عمل الباحث باستخدام برنامج UML

وتم تقسيم هذه الجداول إلى فئات كل فئة تختص بحفظ البيانات المترابطة وهي كالتالي:

1- بيانات المستخدم.

2- المجموعات التي يمكن أن ينضم لها المستخدم.

3- الصلاحيات وأذونات الوصول.

4- المشروعات ومدخلات المستخدم.

5- العوامل الجوية.

6- المعايير والمتغيرات المستخدمة في كل سيناريو من سيناريوهات التحليل.

7- نتائج التحليل.

8- نتائج التحليل المكانية.

وهذا وقد تم العمل على حفظ كل البيانات المتاحة داخل كل مجموعة والتي تمكن من إجراء التحليلات والربط بين البيانات وبعضها داخل حقول غير أنه تم الحرص على أن تتضمن كل الجداول مجموعة من الحقول والتي تمكن مسؤول النظام من أدارته بشكل فعال كما بالشكل (7) وهي كالتالي:

1- المسلسل

2- تاريخ ووقت تسجيل الإضافة.

3- تاريخ ووقت التعديل.

4- بيانات المستخدم الذي قام بالتعديل.

5- بيانات المستخدم الذي قام بالتعديل.

6- مسلسل التمييز **"Universally Unique Identifier" - UUID.**

7- حالة الحذف (نعم – لا).

	id [PK] integer	created_at timestamp with time zone	modified_at timestamp with time zone	is_deleted boolean	uuid uuid	name character varying (255)	time_step integer	tracking_type character varying (16)	account_id integer	created_by integer
1	1	2023-03-26 05:48:48.923989+02	2023-03-26 05:48:48.924003+02	false	a1c58fa3-bdb4-46f2-a82e-a939530e47f5	Test 30 min Tracks	30	Tracking	1	
2	2	2023-03-26 05:52:28.056654+02	2023-03-26 05:52:28.056681+02	false	4858b65e-6e86-402b-b0ab-456fea9c82...	Test 30 min Tracksw	30	Tracking	1	
3	3	2023-03-26 05:58:52.202111+02	2023-03-26 05:58:52.202122+02	false	b724bb38-10e3-4c26-b494-37539ffcf3a4	Test 30 min Trackswf	30	Tracking	1	
4	4	2023-03-26 06:04:30.295548+02	2023-03-26 06:04:30.295581+02	false	fc32dc2b-e152-4805-89aa-29eca445d49c	Test 30 min Trackspwf	30	Tracking	1	
5	5	2023-03-26 06:10:02.176037+02	2023-03-26 06:10:02.176076+02	false	2c0c8b91-b24f-4327-9a66-746c221901...	Test 30 min Trackspwlf	30	Tracking	1	
6	6	2023-03-26 06:12:59.422665+02	2023-03-26 06:12:59.422675+02	false	7dc809cd-4be9-44d0-90fc-b4c0dd1f235f	Test 30 min Tracokspwlf	30	Tracking	1	
7	7	2023-03-26 06:21:48.159097+02	2023-03-26 06:21:48.159108+02	false	fc61b1bc-761e-4f68-b385-8d40deb10c27	Test 30 min Tracookspwlf	30	Tracking	1	
8	8	2023-03-26 06:25:32.107063+02	2023-03-26 06:25:32.107103+02	false	ec4186cb-05e9-4934-bb41-cc28072c9faf	Test 30 min tt	30	Tracking	1	
9	9	2023-03-26 06:27:51.676481+02	2023-03-26 06:27:51.676519+02	false	e08d7acc-60b9-4f5e-a851-0a4ab6f830a4	Test 30 min ttu	30	Tracking	1	
10	10	2023-03-26 06:30:27.201999+02	2023-03-26 06:30:27.20202+02	false	067bfebb-57fb-43de-8108-83e66a7242c9	Test 30 mind ttu	30	Tracking	1	
11	11	2023-03-26 06:31:28.183386+02	2023-03-26 06:31:28.183398+02	false	0f4114b6-85a6-4dea-a943-af5b32149679	Test 30 mind ttus	30	Tracking	1	
12	12	2023-03-26 06:32:46.420788+02	2023-03-26 06:32:46.420823+02	false	4d389c1a-56ca-4efe-9258-5e3a322f78bd	Test 30 mindd ttus	30	Tracking	1	

شكل (7) مجموعة الحقول الأساسية المتضمنة في الجداول

المصدر: عمل الباحث من خلال برنامج إدارة قواعد البيانات pgAdmin

تاسعاً: واجهة الربط بين مكونات النظام - (API Interface):

API هو اختصار لـ "واجهة برمجة التطبيقات"، وهو نظام يسمح بالتفاعل بين تطبيقين أو نظامين مختلفين حيث تعتبر API مثل (جسر) يمكن التطبيقين من التواصل مع بعضهما البعض دون الحاجة إلى فهم تفاصيل داخلية حول كيفية بنية أو تصميم الآخر وتعمل API على تحديد مجموعة من القواعد والبروتوكولات التي تسهل التفاعل وتمكين التطبيقات من مشاركة البيانات أو الخدمات وتتنوع ال APIs في استخداماتها وأنواعها، حيث يمكن أن تكون **RESTful APIs** وهي الأكثر شيوعاً، أو **GraphQL APIs** والتي تقدم مرونة أكبر في جلب البيانات وتعتمد ال APIs أيضا على مفاهيم مثل الطلبات **(Requests)** والاستجابات **(Responses)**، حيث يقوم تطبيق بإرسال طلب للحصول على بيانات أو القيام بإجراء معين، ويقوم النظام مستضيف API بالرد عليه بمعلومات أو نتائج.

بالإضافة إلى ذلك، يتيح الـ (API) للمطورين الوصول إلى خدمات أو ميزات خارجية دون الحاجة إلى فهم كامل لكيفية عمل هذه الخدمات داخليًا. وفي عالم التطوير الحديث، تلعب الـ API دورًا حاسمًا في بناء تطبيقات متكاملة وفعّالة وقادرة على التفاعل مع بيئة تطوير ديناميكية ولقدرتها على التكامل مع العديد من البرمجيات والمواقع الحالية فقد تم الاعتماد على APIs في كل مكونات النظام لتمكين تحقيق أعلى استفادة

والحرص على إتاحة الفرصة لعمليات التطوير الممكنة وإضافة العديد من الخدمات والإمكانيات الإضافية للمستخدم هذا بالإضافة إلى إمكانية إنشاء تطبيقات للهاتف وربطها بسهولة بالنظام.

وكما يوضح الشكل (8) استجابات API لاستفسار من الخادم لمواقع حوادث النفط والتي تظهر بصورة بيانات JSON كما تبين كيف يمكن سهولة استرجاع وقراءة البيانات والتي تساعد على استخدامها فيما بعد وربطها بواجهة الاستخدام.

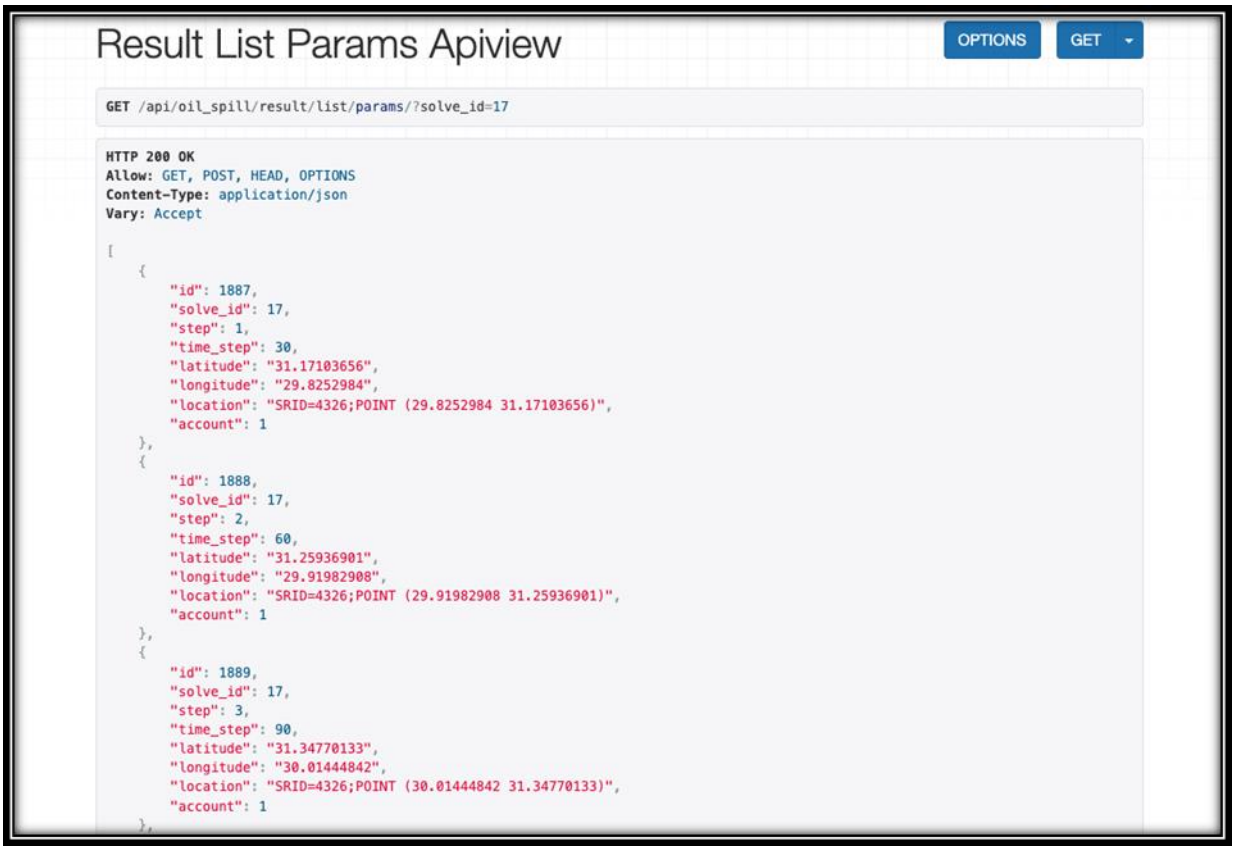
عاشراً: أطار عمل النظام – (Django Framework) :

Djangoهو إطار عمل (framework) لتطوير تطبيقات الويب بلغة البرمجة Python وقد تم تصميم Django لتسهيل عملية بناء تطبيقات الويب، ويقدم العديد من الميزات والأدوات التي تساعد المطورين على تحقيق الكفاءة والسرعة في التطوير.

تأتي Django مع مجموعة من الميزات المهمة، منها:

- يوفر Django نظامًا مدمجًا لإدارة قاعدة البيانات، مما يسهل التعامل مع البيانات وتنفيذ عمليات مثل الاستعلام والإدخال والتحديث بشكل فعّال.
- يوفر Django نظامًا قويًا لتحديد النماذج والتحقق من البيانات، مما يساعد في ضمان صحة وسلامة البيانات.
- يتيح Django تحديد عنوان URL، بشكل واضح، ومنظم، مما يسهل التنقل وفهم كامل لهيكل النظام.
- يستخدم Django نظام القوالب لتقديم الصفحات بشكل ديناميكي، مما يفيد في فصل الطبقة الرئيسة للعرض عن الطبقة المختصة بالتحكم بالنظام.
- يأتي Django مع واجهة إدارة مدمجة تسمح للمطورين بإدارة التطبيق وقاعدة البيانات بشكل فعّال.
- يُعتبر Django مُحصنًا جيدًا ويتضمن ميزات أمان مدمجة لمنع الهجمات وحماية التطبيقات من التهديدات الأمنية.
- يقدم Django توثيقًا شاملاً ومفصلًا، مما يجعل من السهل على المطورين فهم واستخدام ميزاته.

بفضل هذه الميزات وغيرها، يُعتبر Django منصة ممتازة لتطوير تطبيقات الويب بشكل سريع حيث يتكون أولا من (Model) والتي الطبقة التي تختص بقواعد البيانات، النماذج والتحليلات المطلوب إنشاؤها للحصول على النتائج، ثم طبقة (Template) وهي تختص بإنشاء واجهة الاستخدام والتي سيتم عرضها للمستخدم ويقوم بالتعامل معها وإعطاء الأوامر منها للنظام، ثم طبقة ال (View) وهي تختص بعمل ربط بين الطبقتين السابقتين لتمكين تمرير البيانات بينها والحصول على النتائج المطلوبة.



شكل (8) استجابة API لاستفسار من الخادم لمواقع حوادث النفط

المصدر: عمل الباحث من خلال نظام Django

الحادي عشر: النموذج التحليلي (Analytical Model):

تُعد النمذجة الحاسوبية واحدة من الأدوات الرئيسة في العلوم الحديثة (السامراني، 2019، ص 183)، حيث تُسهم في تحليل وتصوير الظواهر المعقدة وفهمها من خلال بناء ملف برمجي خاص بالنمذجة (script) ويمثل هذا الملف لغة برمجية تعتمد على الحوسبة لتسهيل تمثيل ومحاكاة مجموعة متنوعة من العمليات والأحداث ويُعد استخدام الملف البرمجي الخاص بالنمذجة خطوة حيوية نحو تحويل الأفكار والنظريات إلى بيئات افتراضية يمكن استكشافها وتحليلها بطريقة تفاعلية (الكبيسي، 2020، ص 173).

كما يُتيح إنشاء الملف البرمجي الخاص بالنمذجة للباحثين والمهندسين إجراء تجارب افتراضية تقترب من الواقع (حسين، 2021، ص 347)، مما يسهم في فهم عميق للعمليات المعقدة وتأثيرها ويُمكن للمستخدمين تحليل سيناريوهات معقدة وتحديد تأثير المتغيرات المختلفة. كما يُتيح هذا الأسلوب إمكانية إعادة إنشاء ظروف تجريبية محكمة وتحليل تفاعل النظام تحت مجموعة معينة من الظروف للتأكد من دقة الخطوات عمليات الاختبار والتأكد من دقة النتائج (الصالح والسرياني، 2014، ص 546).

الثاني عشر: النموذج التحليلي (Modeling Script):

ولقد تم إعداد نموذج المحاكاة باستخدام لغة بايثون ومكتبات نظم المعلومات الجغرافية وإجراء دراسات الموازنة لمجموعة من السيناريوهات وحالات لتسرب النفط وموازنة نتائج النظام مع مخرجات برنامج (SLROSS) لنفس السيناريوهات وحساب الانحراف المعياري بين النتائج (تركي وآخرون، 2024).

الثالث عشر: واجهة إدارة قواعد البيانات - (Database Interface):

ونظراً للعمل على إطار **Django Frame work** فلقد تم استخدام إدارة Django وهي ميزة مدمجة في إطار العمل Django على الويب والتي توفر واجهة قوية وقابلة للتخصيص لإدارة البيانات والوظائف وتوفر طريقة ملاءمة لأداء المهام الإدارية الشائعة مثل إدارة النماذج ومعالجة المصادقة والأذونات والتفاعل مع قاعدة البيانات والتي يتم استخدامها من قِبَلْ المستخدم الرئيسي للنظام Administrator.

- **الميزات الرئيسة لإدارة Django**

1- تم تضمين واجهة إدارة **Django** سهلة الاستخدام استنادًا إلى النماذج المحددة في نظام **MOSRAM**، ويعني هذا أنه يمكن بسرعة بدء إدارة جميع بيانات النظام دون الحاجة إلى كتابة رمز إضافي للواجهة الإدارية شكل (9).

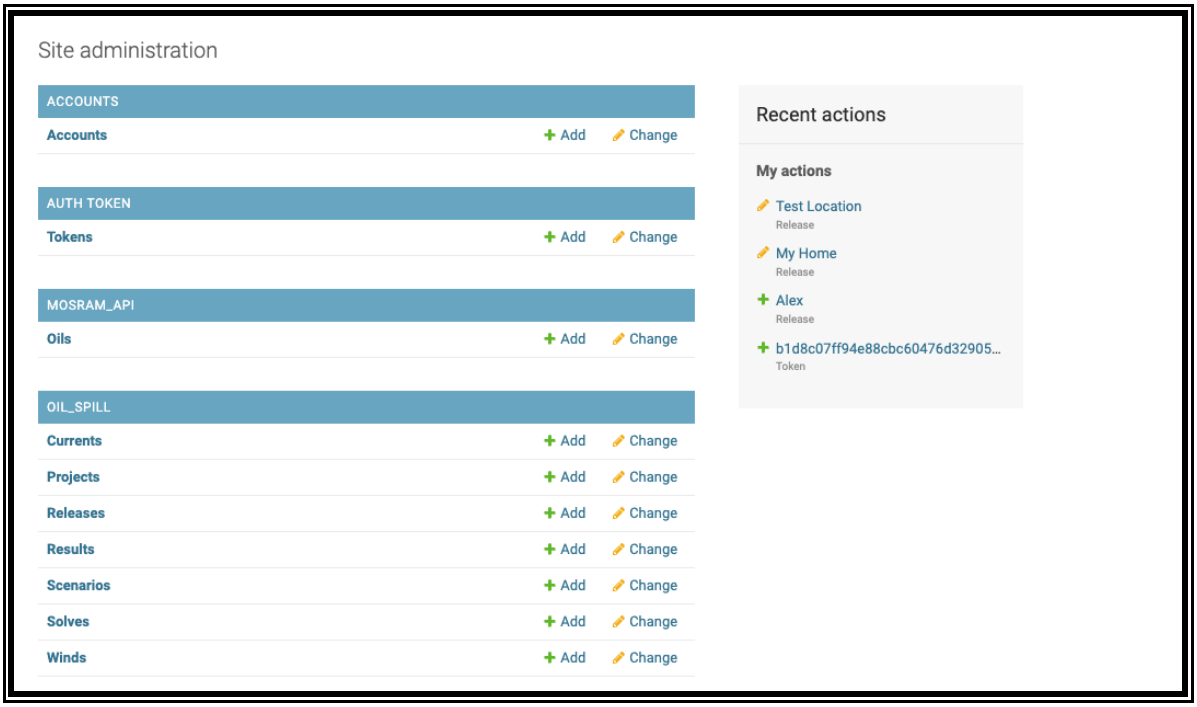
2- تم تخصيص واجهة إدارة **Django** بتحديد واجهة افتراضية، وتم تضمين جميع أجزاء النظام وتمكين التخصيص للواجهة مع دمج بقية أجزاء البرنامج المهمة بإدارة النظام كالحسابات ورموز الدخول (9).

3- تم تضمين إدارة **Django** إنشاء وقراءة وتحديث وحذف **(CRUD)** العمليات بشكل افتراضي مما يمكن المسئولون من إضافة وعرض وتحرير وحذف السجلات بسهولة من قاعدة البيانات باستخدام واجهة الإدارة شكل (10).

4- تم تمكين إدارة المصادقة والأذونات بسلاسة مع نظام المصادقة المدمج في Django، مما يتيح للمسؤولين إدارة حسابات المستخدمين والأذونات؛ حيث يمكن للمسؤولين تعريف أدوار المستخدمين والأذونات المخصصة للتحكم في الوصول إلى أجزاء محددة من واجهة الإدارة شكل (11).

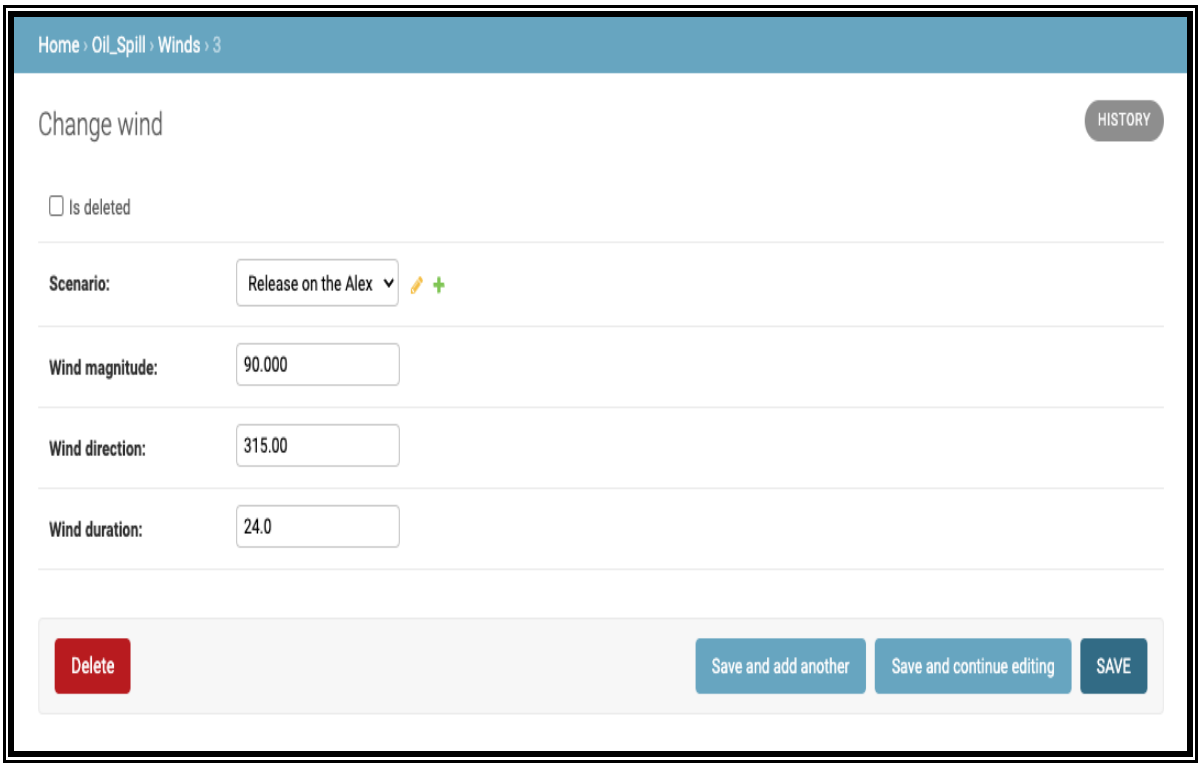
5- تم تفعيل إمكانية البحث والتصفية من خلال واجهة إدارة ذات إمكانات بحث وتصفية قوية، مما يجعل من السهل العثور على سجلات معينة ضمن مجموعات بيانات كبيرة، أيضاً يمكن للمستخدمين البحث عن السجلات بناءً على معايير مختلفة وتطبيق التصفية لتضييق نطاق النتائج، وبالأخص في نظام **MOSRAM**حيث تحتوي التحليلات على ملايين من النتائج بين أجزاء النظام مما يجعل من الضروري إيجاد طريقة سهلة للوصل إلى البيانات المراد العمل عليها أو مراجعتها شكل (12).

6- حيث إن النظام يقوم بتوفير مجموعة من عمليات التحليلات المكانية للبيانات فلقد تم إدراج كل المكتبات البرمجية اللازمة بالتحكم وإدارة البيانات المكانية (الجغرافية) إلى داخل واجهة إدارة النظام شكل (13).



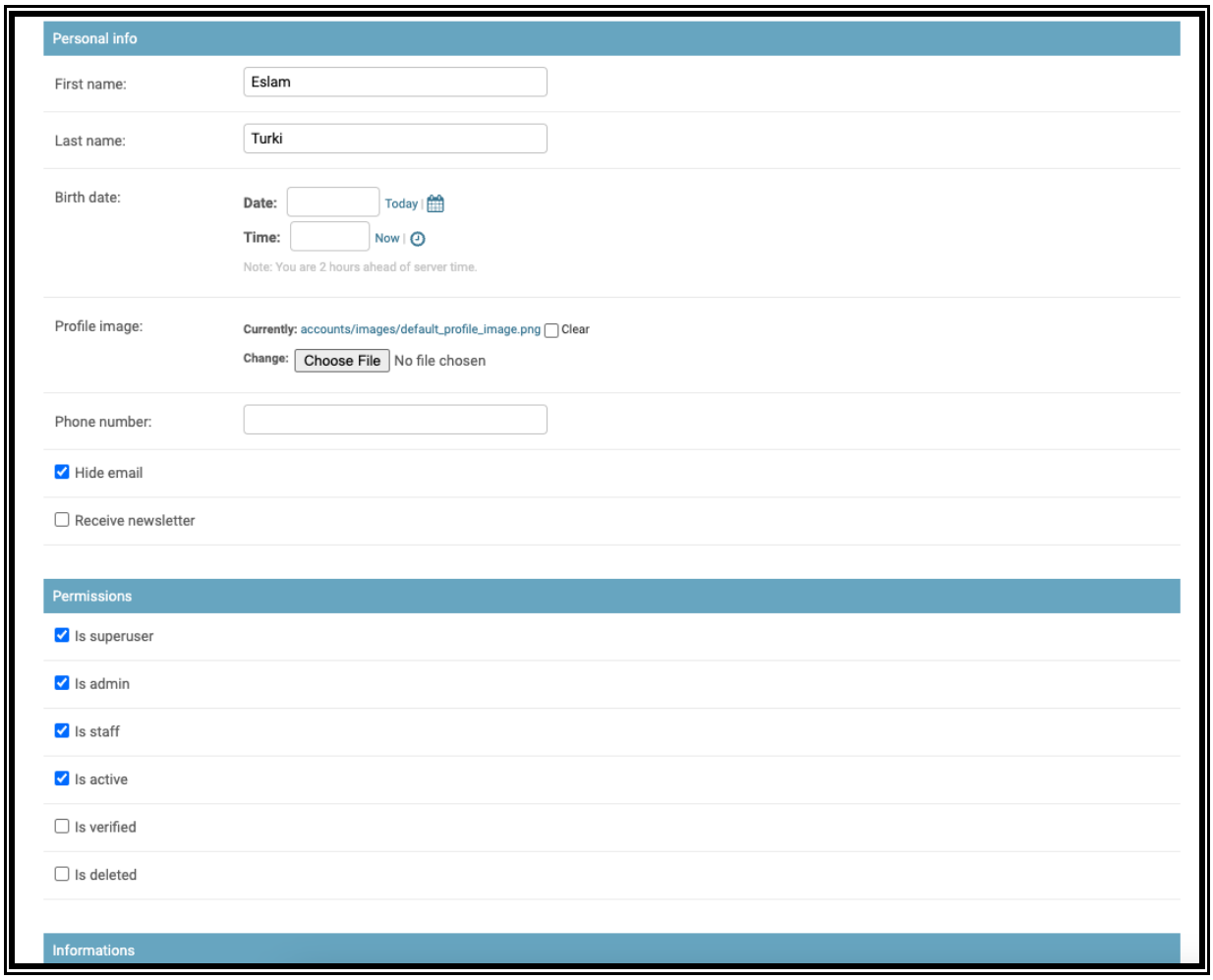
شكل (9) واجهة إدارة النظام Django

المصدر: عمل الباحث من خلال نظام Django



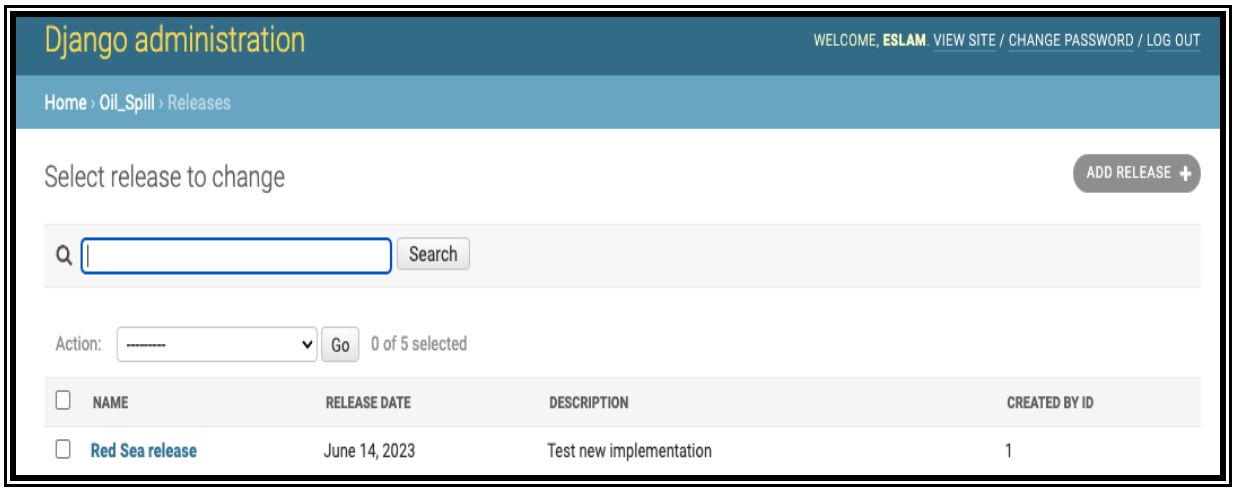
شكل (10) إدارة إنشاء وقراءة وتحديث وحذف (CRUD) البيانات

المصدر: عمل الباحث من خلال نظام Django



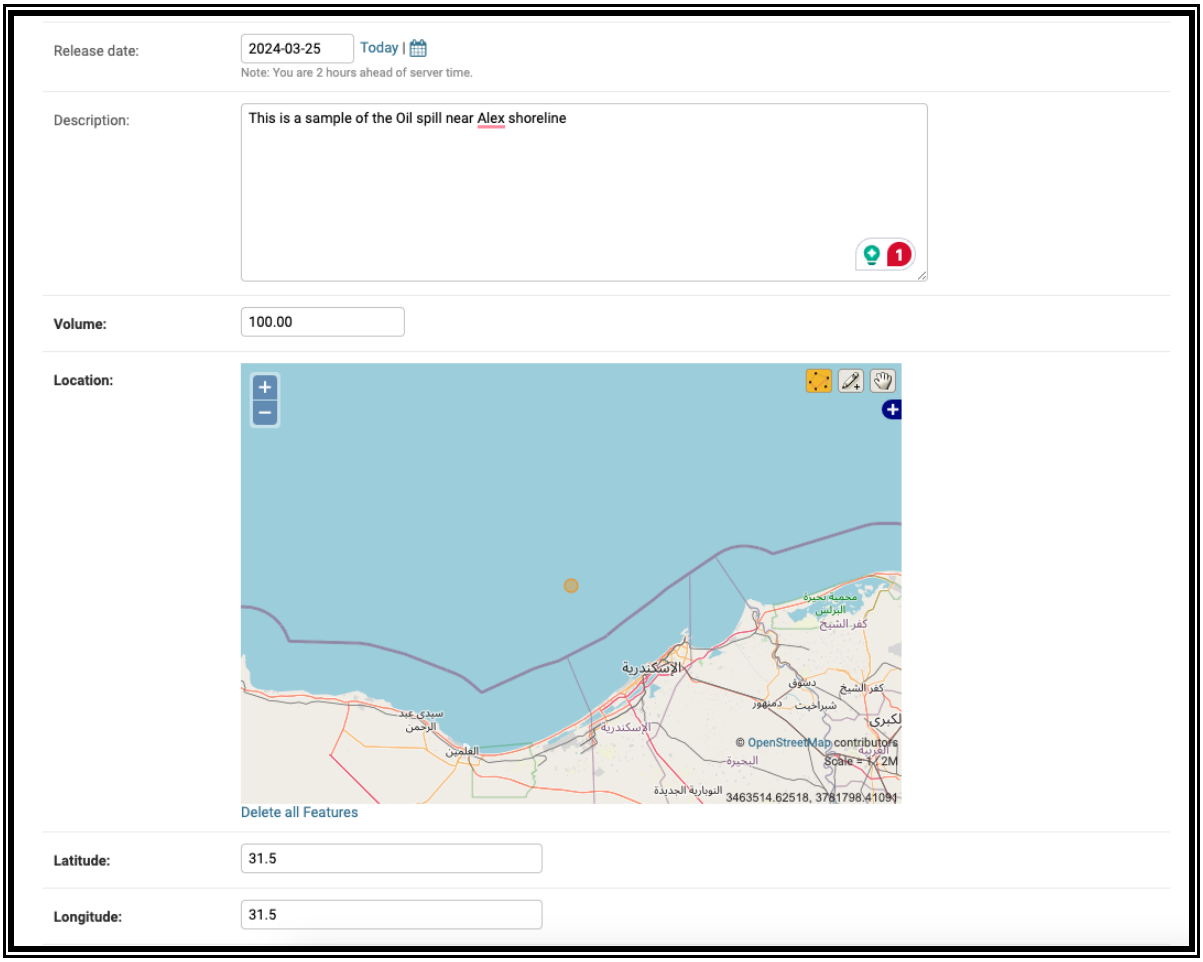
شكل (11) إدارة المصادقة والأذونات مع نظام المصادقة

المصدر: عمل الباحث من خلال نظام Django



شكل (12) البحث والتصفية داخل نظام إدارة Django

المصدر: عمل الباحث من خلال نظام Django



شكل (13) إدارة البيانات المكانية من خلال واجهة Django.

المصدر: عمل الباحث من خلال نظام Django

الرابع عشر: واجهة النظام للمستخدم - (User Interface):

واجهة المستخدم (UI) في النظم الويب تشير إلى الجزء الذي يتفاعل به المستخدم مع التطبيق أو الموقع على الإنترنت، وتهدف واجهة المستخدم إلى جعل تجربة المستخدم في تصفح واستخدام التطبيق أو الموقع سلسة وفعالة، وتشمل العديد من العناصر والمبادئ التي يجب مراعاتها لتحقيق هذا الهدف.

واجهة المستخدم في الأنظمة الويب تلعب دورًا حاسمًا في تجربة المستخدم ونجاح التطبيق أو الموقع على الويب. باعتبارها نقطة تلاقٍ بين المستخدم والتطبيق، يجب على واجهة المستخدم أن تكون مصممة بعناية لتوفير تجربة مريحة وفعالة للمستخدمين وتحقيق أهداف النظام أو الموقع بنجاح **(Galitz, 2007, p. 680)**.

- **إطار عمل (Framework) – React**:

React هو إطار عمل **(Framework)** لتطوير واجهات المستخدم في تطبيقات الويب، وهو مفتوح المصدر وتم تطويره بواسطة فيسبوك. يتميز React بأسلوب تصميم واجهات المستخدم القائم على المكونات

(Component-Based)؛ حيث يتم تقسيم التطبيق إلى مكونات صغيرة قابلة لإعادة الاستخدام، مما يجعل عملية التطوير أسرع وأكثر فعالية (حسين، 2021، ص 582).

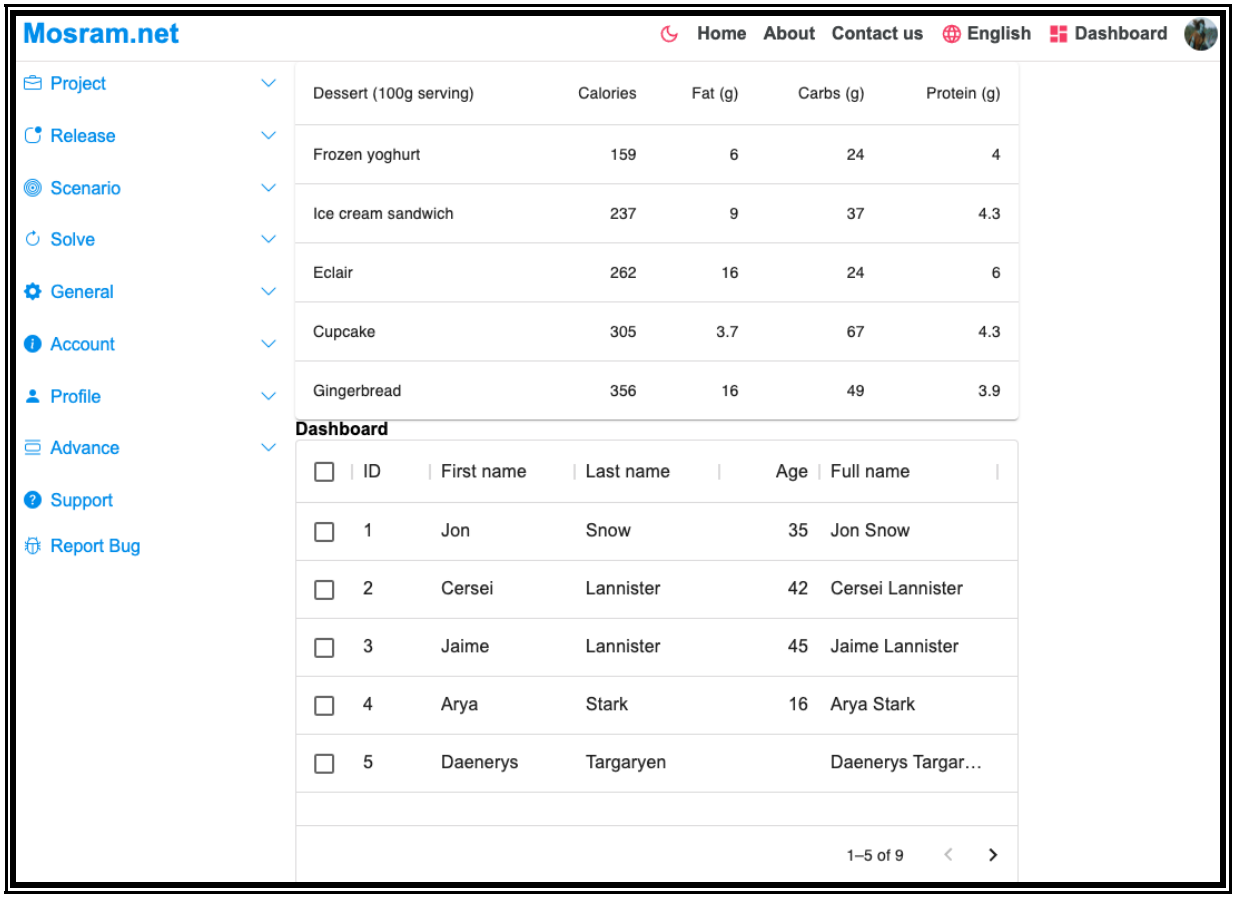
React هو إطار عمل قوي وشهير لتطوير واجهات المستخدم في تطبيقات الويب، ويتميز بسهولة الاستخدام والمرونة والأداء العالي، بفضل ميزاته ومجتمعه النشط، يعتبر React خيارًا ممتازًا لمطوري الويب الذين يسعون لبناء تطبيقات متطورة وفعالة والتي تضح أهميته من خلال الميزات التالية:

1. يتيح React للمطورين بناء واجهات مستخدم تفاعلية وديناميكية، حيث يمكن تحديث المحتوى بشكل تلقائي استجابةً لتغييرات في البيانات أو الحالة.
2. يسمح نهج تقسيم التطبيق بوجود مكونات قابلة لإعادة الاستخدام ببناء تطبيقات مرنة وسهلة التطوير والصيانة.
3. تستخدم React تقنيات مثل Virtual DOM لتحسين أداء التطبيق وتقليل العبء على المتصفح.
4. يتمتع React بمجتمع نشط من المطورين والمستخدمين الذين يقدمون الدعم والمساعدة، بالإضافة إلى وجود مكتبة كبيرة من المكونات والأدوات المساعدة.

- **تطوير واجهة الاستخدام للنظام:**

اعتماداً على React فقد تم بناء مكونات النظام وربطها جميعاً إلى الصفحة الرئيسة للمستخدم "Dashboard" والتي تكمن المستخدم من إدارة جميع عمليات النظام دون الحاجة إلى تغييرها وذلك لتوفير سهولة الاستخدام من ثم تم تقسيم الواجهة عدة مكونات شكل (14) كما يلي:

- المشروع - **Project**.
- الانسكاب - **Release**.
- السيناريوهات -**Scenario** .
- المعالجة – **Solve**.
- الخصائص العامة – **General**.
- الحساب – **Account**.
- المستخدم – **Profile**.
- متقدم - **Advanced**.
- الدعم – **Support**.
- تقرير المشكلات – **Report Bug**.



شكل (14) واجهة إدارة البيانات للمستخدم

المصدر: عمل الباحث من خلال نظام Django

النتائج:

تم تطوير نظام تفاعلي عبر شبكة الإنترنت يعتمد على نظم المعلومات الجغرافية **(WebGIS)** ولغات البرمجة مثل بايثون و**React** لمتابعة وتوقع حركة الانسكابات النفطية في البيئة البحرية. هذا النظام، المسمى بـ "تقييم وإدارة مخاطر الانسكابات النفطية البحرية" **(MOSRAM)**، يوفر واجهة مستخدم مبسطة تتيح إدخال البيانات المتعلقة بحوادث التسرب النفطي، مثل الموقع، والكمية، والظروف الجوية، والبحرية. أظهرت المحاكاة الناتجة من النظام دقة عالية في تتبع حركة البقع النفطية وتوقع انتشارها بناءً على البيانات المدخلة. تم التحقق من فاعلية النظام من خلال اختباره على سيناريوهات تسرب متعددة تحت ظروف جوية مختلفة (تركي وآخرون، 2024). ، وأظهرت النتائج توافقًا كبيرًا مع البيانات الواقعية المقدمة من نماذج عالمية معتمدة. أدى هذا التكامل إلى تحسين القدرة على التنبؤ بحركة البقع النفطية وتقليل الوقت اللازم لاتخاذ القرارات، مما ساعد في تحسين استجابة فرق الطوارئ وتقليل الأضرار البيئية المحتملة.

استنادًا إلى نتائج البحث، يمكن اتخاذ الاستنتاجات التالية:

تم تطوير نظام "تقييم وإدارة مخاطر الانسكابات النفطية البحرية" (MOSRAM) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الويب الحديثة، مما يوفر أداة قوية لدعم اتخاذ القرار في حالات التسرب النفطي. بناءً على نتائج المحاكاة، يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية:

1. **دقة التنبؤ بحركة البقع النفطية:**

- يعتمد النظام على دمج البيانات المكانية والبيئية مثل سرعة واتجاه الرياح والتيارات البحرية، مما يساعد على تحسين دقة التنبؤ بمسار البقع النفطية وانتشارها عبر الزمن.
- أظهرت نتائج الاختبارات توافقًا كبيرًا مع نماذج أخرى معتمدة عالميًا، مما يؤكد دقة النظام في تقديم محاكاة واقعية لحركة البقع.

2. **القدرة على التعامل مع سيناريوهات متعددة:**

- يمكن للنظام التعامل مع سيناريوهات متعددة لحوادث تسرب النفط في بيئات بحرية مختلفة، سواء كانت في المياه الضحلة أو العميقة
- يسمح النظام بمحاكاة ظروف جوية مختلفة مما يتيح لمتخذي القرار الاستعداد لمجموعة متنوعة من التحديات البيئية.

3. **تحسين استجابة فرق الطوارئ:**

- يسهم النظام في تقليل الوقت المطلوب لاتخاذ القرارات الحاسمة، وذلك من خلال تقديم واجهة مستخدم مبسطة تسهل عملية إدخال البيانات وتوليد التوقعات بشكل سريع ودقيق.
- يقدم خرائط ورسوما بيانية تفاعلية توضح مسار حركة البقع النفطية وتسمح لفرق الطوارئ بتحديد المناطق الأكثر تأثرًا بشكل أسرع.

4. **دعم قرارات استجابة مستنيرة:**

- يتيح النظام لمتخذي القرار اتخاذ قرارات استجابة مبنية على بيانات دقيقة ومحدثة حول مكان ووقت حدوث التسرب، مما يقلل من التأثيرات السلبية على البيئة البحرية والسواحل.
- يعزز هذا من فعالية الخطط الاستراتيجية والتكتيكية في إدارة الأزمات البيئية.

5. **تحسين استدامة النظام البيئي:**

- من خلال تعزيز دقة التنبؤات وتحسين استجابة فرق الطوارئ، يساعد النظام على تقليل الأضرار البيئية المحتملة وحماية التنوع البيولوجي في المناطق المتضررة.
- يقلل النظام من الحاجة إلى استراتيجيات تدخل مكلفة وغير فعالة، مما يعزز الاستدامة البيئية والاقتصادية.

الميزات البارزة للنظام:

- **واجهة تفاعلية سهلة الاستخدام:** تتيح للمستخدمين إدخال المتغيرات المرتبطة بحوادث التسرب بسهولة وتوليد نتائج فورية.
- **تكامل البيانات الزمانية والمكانية:** يدعم توقع حركة البقع النفطية بدقة عالية، مما يسمح بإدارة فعالة للأزمات.
- **إمكانية الوصول عبر الإنترنت:** يمكن لمتخذي القرار والفرق الفنية الوصول إلى النظام عن بُعد مما يعزز كفاءة عمليات الاستجابة.

بناءً على هذه النتائج، يمثل نظام MOSRAM أداة قوية لتحسين إدارة الأزمات البيئية المتعلقة بحوادث التسرب النفطي، ويوفر حلاً متكاملاً يتماشى مع احتياجات فرق الطوارئ ويعزز من حماية النظم البيئية البحرية.

المراجع:

أولا: المراجع باللغة العربية

- الأبنودي، رمضان .(2023) .أساسيات تصميم مواقع الويب.Mohamed Elabnody.
- الجواد، علي .(2001) .نظم المعلومات الجغرافية: الجغرافيا العربية وعصر المعلومات .دار صفاء للنشر والتوزيع.
- الخليل، عمر ARCGIS .(2019) .نظم المعلومات الجغرافية باستخدام برمجية .مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع.
- السامراني، مجيد .(2023) .الجغرافية وأسس نمذجة دراساتها المكانية .دار اليازوري للنشر والتوزيع.
- السامراني، وحيد .(2019) .جغرافية النقل المعاصرة (وتطبيقاتها الحاسوبية) .دار اليازوري للنشر والتوزيع.
- السماك، محمد والعبيدي، أحمد والحيالي، محمد .(2020) .جغرافية النقل بين المنهجية والتطبيق . دار اليازوري للنشر والتوزيع.
- الصالح، عبد الله والسرياني، محمود .(2014) .الجغرافيا الكمية والإحصائية: أسس وتطبيقات بالأساليب الحاسوبية الحديثة .العبيكان للنشر.
- الصالح، ناصر والسرياني، محمد .(2014) .الجغرافيا الكمية والإحصائية: أسس وتطبيقات بالأساليب الحاسوبية الحديثة .دار العبيكان للنشر.
- العزاوي، علي .(2018) .الاساليب الكمية الاحصائية في الجغرافية .دار اليازوري للنشر.
- الكبيسي، أحمد .(2020) .الذكاء المكاني والتقنيات الجغرافية .دار اليازوري للنشر والتوزيع

- ايتمازي، جميل. (2018). Fundamentals of Computers and Programming: An Arabic Textbook. Lulu Press.
- تركي، إسلام، وعيسى، صلاح وإسماعيل، إسماعيل. (2024). أنشاء نموذج لمحاكاة الانسكابات النفطية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ولغة بايثون .مجلة الدراسات البيئية والبحوث 14(2).
- حسين، ليث .(2021) .تحليل وتصميم نظم المعلومات مداخل ومنهجيات – أدوات وتقنيات .دار الأكاديميون للنشر والتوزيع.
- شرف، محمد .(2007) .نظم المعلومات الجغرافية: اسس وتدريبات .دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر والتوزيع.
- عزيز، محمد .(1998) .نظم المعلومات الجغرافية: أساسيات وتطبيقات للجغرافيين .منشأة المعارف.
- محمد، ضياء .(2016) .دراسة في نظم المعلومات الجغرافية .GIS دار المنهال للنشر.
- محمد، ضياء .(2018) .دراسة في نظم المعلومات الجغرافية .GIS دار المنهال.
- محمود، توفيق .(2020) .منهجية البحث العلمي مع التطبيق على البحث الجغرافي .دار الأنجلو المصرية.

ثانيا: المراجع باللغة الإنجليزية

- Abdallah, I. M., & Chantsev, V. Y. (2022). *Modeling marine oil spill trajectory and fate off Hurghada, Red Sea coast, Egypt* (Vol. 26, Issue 6). www.ejabf.journals.ekb.eg.
- Abdul Rahman, A., Held, G., & Zlatanova, S. (2006). Web 3D GIS for urban environments. In S. Mansor (Ed.), *Proceedings of the International Symposium and Exhibition on Geoinformation 2004 (ISG2004)* (Issue September, pp. 1–12). Universiti Putra Malaysia; ISM.
- Balogun, A. L., Yekeen, S. T., Pradhan, B., & Wan Yusof, K. B. (2021). Oil spill trajectory modelling and environmental vulnerability mapping using GNOME model and GIS. *Environmental Pollution*, *268*. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115812
- Binh, T. T., Truong, H. L., & Long, D. T. (2020). A WebGIS Solution for Estimation Landuse Affected by Salinity Intrusion: Case Study in Ben Tre Province, Vietnam. *Journal of Geographic Information System*, *12*(03), 188–201. https://doi.org/10.4236/jgis.2020.123012
- Galitz, W. (2007). *The Essential Guide to User Interface Design: An Introduction to GUI Design Principles and Techniques*. Wiley. https://books.google.com.eg/books?id=Q3Xp_Awu49sC
- Gavrilă, V., Băjenaru, L., & Dobre, C. (2019). Modern single page application architecture: A case study. *Studies in Informatics and Control*, *28*(2), 231–238. https://doi.org/10.24846/v28i2y201911

- Guillen, G., Rainey, G., & Morin, M. (2004). A simple rapid approach using coupled multivariate statistical methods, GIS and trajectory models to delineate areas of common oil spill risk. *Journal of Marine Systems*, *45*(3–4). https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.11.006
- Leivadeas, A., Pitaev, N., & Falkner, M. (2023). Analyzing the Performance of SD-WAN Enabled Service Function Chains Across the Globe with AWS. *ICPE 2023 - Proceedings of the 2023 ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering*, 125–135. https://doi.org/10.1145/3578244.3583722
- Mehanna, A., Omar, M., Hassan, A., & Turki, E. (2014). *Modelling of oil spill impacts on shoreline in Egypt*. 825–833.
- Shehadeh, M., Elsayed, T., Youssef, M., & Al Ashkar, G. (2012). A study of the behavior of oil spill from an offshore rig in Red Sea Region. *Society of Petroleum Engineers - North Africa Technical Conference and Exhibition 2012, NATC 2012: Managing Hydrocarbon Resources in a Changing Environment*, *1*. https://doi.org/10.2118/149774-ms
- Tomazewski, B., Abdalla, R., & Esmail, M. (2015). WebGIS for Disaster Management and Emergency Response. In *CRC Press*.
- Wang, S. D., Shen, Y. M., & Zheng, Y. H. (2005). Two-dimensional numerical simulation for transport and fate of oil spills in seas. *Ocean Engineering*, *32*(13). https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2004.12.010
- Whois.com. (2024). *Whois Domain Lookup*. WHOIS.com

Development an Interactive Web-based GIS System for Oil Spill Modeling

Summary:

Oil spill incidents are among the most significant environmental challenges facing seas and oceans, requiring immediate and effective responses to mitigate the damages caused to marine environments and coastlines. Understanding the movement and impact of spilled oil is crucial to ensure optimal decision-making during responses to oil pollution events. This necessitates accurate prediction of the spill's trajectory over time by integrating variables such as wind direction and speed, marine currents, and collecting field information on oil degradation and changes in its properties, which contributes to enhancing the effectiveness of the response. This research aims to develop an interactive web-based GIS system for monitoring and tracking the movement of oil spills, named Marine Oil Spill Risk Assessment & Management (MOSRAM). The system is based on Geographic Information System (GIS) tools and programming languages such as Python and React. It provides a simple user interface that allows users to input variables related to the oil spill incident, such as the spill location and quantity, while considering the atmospheric and marine conditions in the affected area. Based on this data, the system generates interactive maps and charts that illustrate the trajectory of oil slicks and their expected movement over time.

The system is designed to support decision-makers by providing accurate simulation models based on the integration of spatial and environmental data. The utilization of GIS has facilitated a precise understanding of oil movement and the prediction of its impact on various marine areas, including shallow and deep waters. The system has proven its effectiveness by simulating multiple scenarios of oil spill incidents under varying weather conditions, demonstrating significant agreement with real-world data provided by other globally recognized models. This system enhances the ability to predict the movement of oil slicks and supports faster and more effective response decisions, thereby reducing potential environmental damages and promoting the sustainability of the marine ecosystem.

Keywords: *Web GIS, Python, Decision Support Systems, Oil Spill Models.*