مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي في التحديد الدقيق لمواقع تآكل أنبوب النفط الواصل بين مصبي بانياس وطرطوس النفطيين

د. أحمد سلامة *
د. مضر صارم**
طارق عياشي***

(تاريخ الإيداع 4 / 9 / 2016. قُبِل للنشر في 5/ 1 / 2017)

□ ملخّص □

تعتمد شركات نقل النفط، في صيانة الأنابيب على عمليات المسح الداخلي للأنابيب، من خلال جهاز التفتيش الفني (Smart Pig)، الذي يقوم بتحديد مناطق التآكل الخارجي والداخلي للأنابيب، ويوصف هذه المناطق من حيث خطورتها وموقعها. لكن عندما يقوم عمال الصيانة بالتوجه إلى مكان التآكل لإجراء الصيانة، تحصل أخطاء في تحديد مكان الحفر للوصول إلى العطل بحدود 50 متر على الأقل، مما يعقد عملية الصيانة ويؤخرها ويزيد التكلفة، وقد يؤدي إلى تسرب المادة وتوقف الخط عن العمل لفترة أطول.

ومن هنا كان بحثنا باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) ونظام المعلومات الجغرافي (GIS) كإضافة جديدة لعملية التفتيش الفني، تساعد فيالتحديد الدقيقلأماكن التآكل، وتحقيق عملية الإدارة السليمة، مما يساعد أصحاب القرار على اتخاذ القرار المناسب، وتوجيه فرق الصيانة بسرعة لمكان الضرر، كما تبين أن قواعد البيانات التي يتيحها نظام الـ GIS تزيد الوثوقية وتشكل قاعدة بيانات فريدة وآمنة، وتسهل عملية الوصول إلى بيانات الخط الخاصة بالتآكل، مما يقلل من الهدر في الجهد والوقت.

الكلمات المفتاحية: التآكل في أنابيب النفط، تقنيات الاستشعار عن بعد (RS)، نظام المعلومات الجغرافي (GIS)، جهاز التفتيش (Smart Pig)، الإدارة السليمة لأنابيب النفط.

* أستاذ مساعد– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
**الهيئة العامة للاستشعار عن بعد – اللاذقية – سورية.
***طالب ماجستير – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

The application of remote sensing and geographic information system in the accurate determining of corrosion locations for the oil pipeline connecting Banias and Tartous oil estuaries

Dr. Ahmad Salamah*
Dr. MudarSarem**
TarekAiashee***

(Received 4 / 9 / 2016. Accepted 5 / 1 / 2017)

□ ABSTRACT □

The maintenance of oil pipeline depends on the internal inspection operations through technical inspection device (named Smart Pig), which determines the external and internal corrosion areas of the pipelines and describes these areas in terms of their locations. But when doing the maintenance, the errors in locating the corrosions might be about 50 meters at least, which complicates the maintenance, delays this process, increases the cost, and it may lead to oil leakage and the line may stop.

Hence, in our research we use remote sensing (RS) techniques and geographic information system (GIS) as additional operations with the inspection device in locating the corrosion accurately and achieving integrity management. This helps decision-makers for taking the right decision and directing maintenance teams to quickly place the damage. The databases offered by the GIS system increases the reliability and makes easy access to the data which reduces the wasted time and effort.

Keywords: The corrosion in oil pipelines, Remote Sensing techniques (RS), Geographic Information System (GIS),Global Position System (GPS), inspection device(Smart Pig), Integrated Management for oil pipeline.

* **Professor Assistant; Faculty of Mechanical & Electrical Engineering; Tishreen University; Lattakia: Syria.**
** **Professor; General Organization of Remote Sensing; Lattakia: Syria.**
*** **Postgraduate student; Faculty of Mechanical & Electrical Engineering; Tishreen University; Lattakia, Syria.**

مقدمة:

يعتبر النفط العصب الرئيسي والعمود الفقري في الاقتصاد العالمي، وتعد عملية الإدارة السليمة لأنابيب النفط أهم المسائل المتعلقة بهذا القطاع، إذ أنهاتمثل طريقة تنظيمية من أجل تقييم أمان خطوط الأنابيب، وتحديد المخاطر وتنظيم البيانات الناتجة عن عملية التفتيش الفني، وتقليل عمليات الإصلاح والصيانة، وبالتالي تضمن التشغيل الآمن والسليم لخطوط الأنابيب وتعطي أصحاب القرار القدرة على اتخاذ القرار المناسب في الوقت المناسب وذلك لحماية العاملين والبيئة وخط الأنابيب نفسه[1،2].

يشكل التآكل في أنابيب النفط أحد أهم المشاكل، التي تستدعي الكثير من الاهتمام، بسبب التكاليف والخسائر الاقتصادية التي يمكن أن تترتب عن عمليات الصيانة والاصلاح واستبدال القطع المتآكلة، بالإضافة إلى توقف العمل والانتاج. فضلاً عن ذلك فقد يؤدي التآكل في أنابيب النفط إلى حدوث تسرب نفطي وتلوث بيئي كبيروأحياناً حدوث حرائق وانفجارات وكوارث. لذلك تقوم شركات النفط بعملية كشف وتفتيش فني لكشف التآكل في الأنابيب الناقلة للنفط ومشتقاتهبواسطة أجهزة ذكية تسمى Smart Pig، توضع داخل الأنبوب ويتم تحريكها عن طريق ضخ النفط ورائها، فتقوم بالكشف على كامل الأنبوب وتعطي بيانات تفصيلية عن نوع التآكل (داخلي أو خارجي) وشكله وموقعه و سماكته ومدى خطورته، كما تقوم بإزالة العوالق على جدار الأنبوب، التي يمكن أن تعيق أو تؤخر التدفق عبر خطوط الأنابيب. إلا أن هذه البيانات الناتجة عن أجهزة الكشف الفني Smart Pig،غير كافية لإعطاء الموقع الجغرافي الدقيق لمكان التآكل، مما يؤدي إلى صعوبة تحديد مكان الحفر أثناء إجراء عمليات الصيانة للأنابيب المتآكلة، كما أن البيانات التي يتم الحصول عليها كثيرة جداً، تحوي العديد من المجلدات، مما يجعل مشغلي خطوط الأنابيب والفنيين يعانون كثيراً في عملية إدارة هذه البيانات والتعامل معها، وهذا يؤدي إلى هدر في الجهد والوقت والأموال، وتعطل الإنتاج لفترة أطول[1] .

لذلك كان لابد من الاستعانة بتقنيات قادرة على تحديد الموقع الجغرافي الدقيق لمكان التآكل، وتؤمن سهولة في التعامل مع المعطيات الخاصة بهذاالموقع، وبما أن خطوط أنابيب نقل النفط لها بعد مكاني بخصائصها، فقد تم اعتماد تقنيات الاستشعار عن بعد RS من خلال الصور الفضائية الملتقطة بواسطة أجهزة الاستشعار عن بعد، ونظام تحديد المواقع العالمي GPS، ونظام المعلومات الجغرافي GIS على نطاق واسع في عملية الإدارة الفعّالة لخطوط الأنابيب، من أجل تلبية متطلبات الإدارة السليمة وتحسين أمن خطوط الأنابيب بشكل فعال[3].

تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي في إدارة أنابيب النفط:

نتيجة التكلفة الكبيرة في الأموال والجهد والوقت، التي تصرف على أعمال الصيانة والإصلاح لأنابيب النفط، باتت الحاجة ملحة لاستخدام تقنيات قادرة على التقليل من هذه الأعباء، التي تتحملها شركات النفط، لذلك أصبحت تقنيات الاستشعار عن بعد(RS)، ونظام المعلومات الجغرافي (GIS)، ونظام تحديد المواقع العالمي(GPS)، تستخدم على نطاق واسع في مجال المنشآت النفطية، وخاصة بعد إجراء عمليات التفتيش الفني بواسطة جهاز (Smart Pig)، لذلك يستخدم نظام الـ(GPS)، لجمع البيانات الجغرافية المكانية، وتحديد مواقع خطوط الأنابيب والأجهزة الثابتة التي تتموضع عليها، من صمامات وفلنجات وأعمدة (marker) وغيرها، والتي يتم تصديرها إلى نظام المعلومات الجغرافي (GIS)، إذ أنّ دمج الـ GPS، وبيانات أجهزة التفتيش مع نظم المعلومات الجغرافية GIS، يمكن أن يوفر وظيفة البحث المكاني للحصول على معلومات حول المواقع الميدانية لخطوط الأنابيب، وتحديد مواقع سمات هذه الخطوط، وتصحيح الصور لشركات خطوط نقل النفط المدفونة في التربة، كما أنه يستخدم لإدارة وتخزين البيانات الجغرافية

المكانية لخطوط الأنابيب، وتحليل المخاطر وتحليل المناطق عالية الخطورة (HCA) والتحليل البيئي، وإظهار البيانات المتكاملة، وتحديد أماكن التآكل في الأنابيب والأماكن الواجب صيانتها، وذلك بمساعدة الصور الفضائية والخرائط التي توفرها تقنيات الاستشعار عن بعد (RS)، التي تستخدم لرصد الأخطار الجيولوجية التي تهدد سلامة خطوط الأنابيب، ولمراقبة تسرب الأنابيب، وتقييم الأثر البيئي، حيث أنّ استخدام الصور الجوية والصور الرقمية بدرجة وضوح عالية في خطوط الأنابيب، يمكّن من تخطيط مسار الأنابيب وتحديد الأخطار الرئيسية التي تهدد سلامة وأمن خطوط الأنابيب. كما يمكن من خلالها تمييز مواقع الطرق والمناطق الزراعية والمنشآت بشكل واضح، وتحديد المناطق البيئية الحساسة من خلال تحليل تصنيف الأراضي على ArcGIS 3]،4،[5.

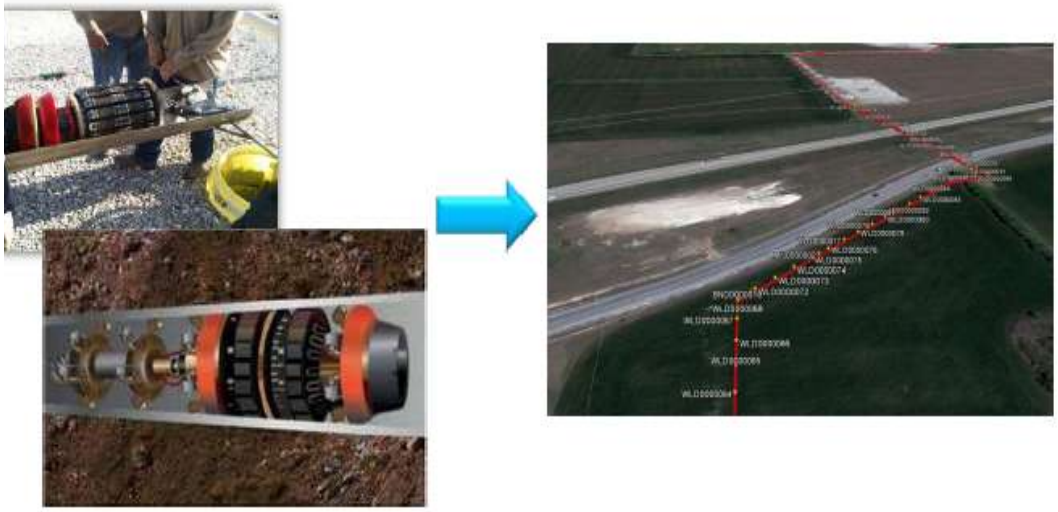
يستخدم نظام ArcGIS أيضاً للإدارة السليمة وتنظيم العمل بالشكل الأمثل، إذ أن مشغلي خطوط الأنابيب دائماً ما يحتاجون إلى دمج أنواع متعددة من البيانات مثل معلومات التفتيش، والبيانات المكانية والوصفية للأنابيب لمعالجة قضايا الأمن والسلامة، والحد من مخاطر الشركات، وخفض التكاليف، وتحسين توزيع الموارد.

إن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظام المعلومات الجغرافي GIS، ونظام تحديد المواقع العالمي GPS يزيد من كفاءة إدارة خطوط الأنابيب، ويحسن عملية صنع القرار، ويحقق عائدات أكبر بالمقارنة مع العمليات التقليدية. وبالتالي فإن تطبيقات الـ GPS و الـ GIS و الـ RS متكاملة ومترابطة مع بيانات أجهزة التفتيش (Smart Pig)، وتشكل نهج رصد جديد، ولغة وصفية وأدوات تفكير، وواجهة تطبيق وتحليل، وتحسين كفاءة في عملية الإدارة السليمة وبالتالي اتخاذ القرار السليم [3].

عملية التفتيش الفني بواسطة القاشط الذكي Smart Pig:

يعتبر القاشط (Smart Pig)منالأجهزة الذكية، التيتعمل بالأمواج فوق الصوتية تستخدم في عملية الكشف والتفتيش الفني على خطوط أنابيب النفط، حيث يتم وضع الجهاز داخل الأنبوب، ويتم ضخ المنتج ورائه، فيقوم بإزالة العوائق التي يمكن أن تعيق أو تؤخر التدفق عبر خطوط الأنابيب، ويعطي بيانات تفصيلية عن مقدار تآكل الأنابيب (نوعه –موقعه– عرضه – طوله – سماكته– مقدار خطورته)، وعن فقدان المعادن وأماكن التسريبات، والعيوب الميكانيكية وأماكن اللحام، بالإضافة إلى بيانات تفصيلية عن المعدات التي تتوضع على خطوط الأنابيب من صمامات و فلنجات وغيرها[6،1].

إلا أن البيانات التي تم الحصول عليها من smart pigتعتبر غير كافية لتحديد مكان التآكل بدقة، مالم يتم إدخالها إلى أنظمة خاصة، يمكنها تحديد تلك المواقع الجغرافية من خلال معالجتها لهذه البيانات، كما أنها تحوي كم هائل من البيانات تحتاج إلى أنظمة قواعد بيانات خاصة، ذات بعد مكاني من أجل معالجتها وتحليلها، وهنا تكمن الحاجة الماسة إلى نظام المعلومات الجغرافي GIS، وتقنية الاستشعار عن بعد RS، حيث يشكل GIS مستودع فريد للبيانات من خلال قواعد البيانات التي يتيحها، بالإضافة إلى ميزة 3D التي تمكّن من تحديد مكان التآكل والتلف بدقة. فمن خلال تكامل بيانات Smart Pig و الصور الفضائية و نظام الـ GIS يمكن تحديد: أماكن اللحام، وأماكن الضعف، وأماكن التآكلات بأنواعها وأشكالها المختلفة، بالإضافة إلى أماكن العيوب والشذوذ الموجودة على خطوط الأنابيب.ويظهر الشكل (1) أحد خطوط الأنابيب بعد تصدير بيانات Smart Pig عليه[8،7،1].



الشكل (1):أحد خطوط الأنابيب بعد تصدير بياناتSmart Pigعليه.

أهمية البحث وأهدافه:

1 - أهمية البحث:

- **على الصعيد التطبيقي** : تأتي أهمية هذا البحث، من أن تحديد الموقع الجغرافي الدقيق لمكان التآكل في أنابيب النفط، سيؤدي إلى تقليل التكاليف الناتجة عن الأخطاء في عملية قراءة البيانات، التي تحدد موقع التآكل وما يتبعها من عمليات الحفر وتوقف الانتاج، وبالتالي التقليل من الهدر في الأموال والجهد والوقت.

2 - **على الصعيد العلمي** : تأتي أهمية هذا البحث، من أنه يقدم تقنية علمية جديدة، تعتمد على استخدام برامج متطورة و صور فضائية، وتوظيفها لحل مشكلة موجودة على أرض الواقع. حيث أن هندسة وتشغيل خطوط الأنابيب اليوم، أصبحت أكثر اعتماداً على البيانات الجغرافية المكانية من أجل سلامة خطوط الأنابيب في التصميم والبناء والصيانة، والاستجابة للطوارئ وحالات التسرب وتحديد أماكن التلف والتآكل. كما أن تكامل تقنيات الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS وربطها مع البيانات التي تعطيها أجهزة التفتيش الفني (Smart Pig) يفتح فرص تكنولوجية جديدة لتطوير القدرة على إنجاز خرائط خطوط الأنابيب وتحقيق الكفاءة العالية في عملية الإدارة السليمة لخطوط أنابيب النفط.

3 - أهداف البحث:

- تحديد أماكن التآكل بدقة في أنبوب نقل النفط الواصل بين مصبي بانياس وطرطوس النفطيين بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية GIS،وتتضمن رسم وتوصيف الخط وفق بيانات يتم الحصول عليها من جهاز GPS ومن نتائج التفتيش الفني العائد للشركة السورية لنقل النفط.
- إنشاء قاعدة بيانات تتضمن كافة البيانات والمعطيات المتوافرة عن هذا الخط باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد لمعالجة مشكلة البيانات الورقية الكثيرة المتوافرة عن هذا الخط.
- توجيه فرق الصيانة إلى مكان التآكل بأسرع ما يمكن بعد أي عملية تفتيش فني تقوم بها الشركة لهذا الخط من خلال الخريطة التي توضح كافة التضاريس والإحداثيات والبيانات.

- مساعدة أصحاب القرار على اتخاذ القرار المناسب وبالسرعة القصوى.

مواد وطرائق البحث:

1 - مواد البحث:

- صورة فضائية لجزء من محافظة طرطوس تغطي منطقة الدراسة.
- جهاز تحديد الموقع العالمي GPS.
- برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS 10.3 وملحقاته.
- البيانات التي تعطيها أجهزة التفتيش الفني (Smart Pig).

2 - طرائق البحث:

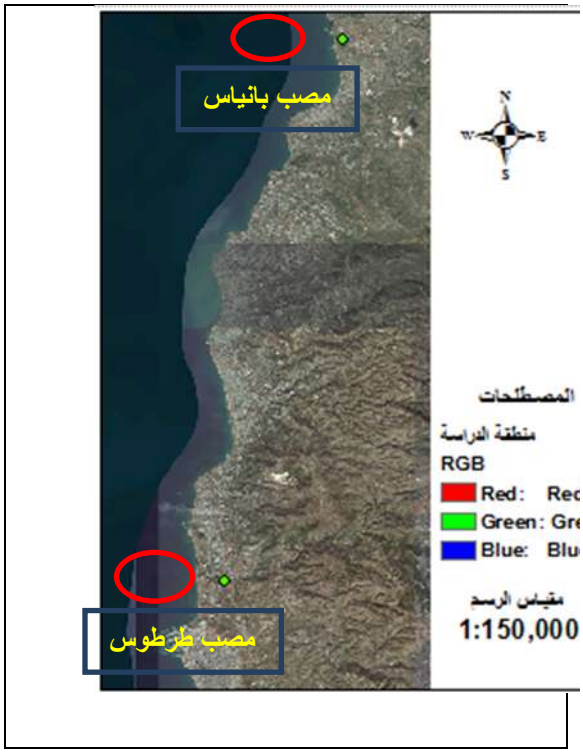
- جمع البيانات المتوافرة لدى الشركة السورية لنقل النفط عن أنبوب نقل النفط الواصل بين مصب بانياس ومصب طرطوس النفطي، والاستفادة من البيانات التي تم الحصول عليها من أجهزة التفتيش(SmartPig).
- أخذ نقاط الإحداثيات على طول الخط بواسطة جهاز تحديد المواقع العالمي GPS تتضمن نقاط العلَّام ومسار الأنبوب و الصمامات و الجسور.
- استخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS) في بناء و تأسيس قاعدة بيانات وصفية و جغرافية لهذا الأنبوب وتخزينها في شرائح GIS.
- تحويل شريحة الأنبوب ثنائية الأبعاد إلى شريحة ثلاثية الأبعاد من خلال تطبيق شريحة نموذج الارتفاعات الرقميةDEM.
- إدخال القيمة M(measure) وتمثل المسار الحقيقي على طول الخط لكافة نقاط الأنبوب لقياس المسافة الحقيقية لكل نقطة من نقاط الأنبوب اعتباراً من بدايته.
- التحديد الدقيق لأماكن التآكل الخطرة في الأنبوب.

النتائج والمناقشة:

حقل الدراسة:

لقد تم في هذه الدراسة تحديد أماكن التآكل بدقة في أنبوب نقل النفط الواصل بين مصبي بانياس وطرطوس النفطيين، وإنشاء قاعدة بيانات وصفية وجغرافية تتضمن البيانات التي تم الحصول عليها من أجهزة التفتيش (Smart Pig)، بالإضافة إلى البيانات التي تم جمعها بواسطة جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS).

و يظهر الشكل (2) صورة فضائية حديثة لمنطقة الدراسة تم الحصول عليها من الهيئة العامة للاستشعار عن بعد مأخوذة من القمر الصناعي QBبدقة تمييز أقل من 1متر (حوالي 60cm).



الشكل (2): منطقة الدراسة

إن طول خط الأنبوب الواصل بين مصبي بانياس وطرطوس النفطيين بحدود 35 كم، وهو مدفون في التربة على عمق 1 متر، وقطره 24 إنش.

لقد قامت الشركة السورية لنقل النفط بالاستعانة بشركة أجنبية، لإجراء عملية كشف وتفتيش فني على الأنبوب بواسطة جهاز smart pig في عام 2009، وتم تزويد الشركة بالبيانات المطلوبة بعد عملية المسح والكشف على طول الأنبوب.

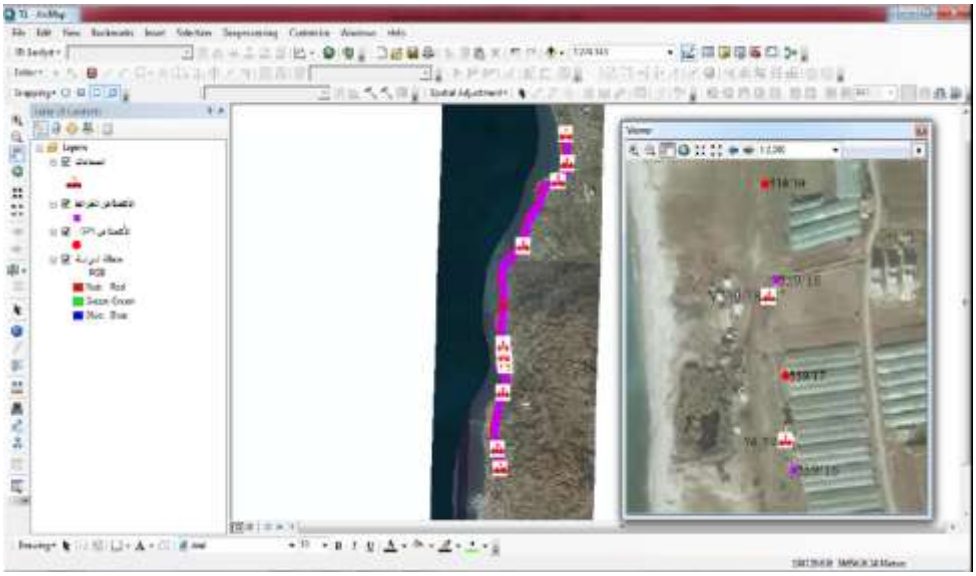
جمع البيانات وإدخالها إلى نظام المعلومات الجغرافي GIS:

تم زيارة موقع الشركة السورية لنقل النفط،من أجل الحصول بدايةً على لمحة عامة عن نظام خط أنبوب نقل النفط الواصل بين مصبي بانياس وطرطوس النفطيين،واستراتيجيات السلامة والتشغيل المتبعة له، وتم البدء بعملية طويلة لجمع البيانات اللازمة لدراسة هذا الأنبوب. إن عملية جمع البيانات تطلبت جهد كبير وتعاون مشترك مع الفنيين في الشركة السورية لنقل النفط، لتحديد مصادر البيانات وجمعها (خرائط ورقية، بيانات التفتيش الصادرة عن جهاز التفتيش Smart Pig، تحديد الأماكن الواجب مسحها بواسطة جهاز GPS، وغيرها). ومن ثم قمنا بتحويل المعلومات إلى بيانات قابلة للاستخدام، حيث تم القيام بجولات حقلية على طول الخط وأخذ إحداثيات لنقاط العلام أو الأعمدة (Marker)، التي تبعد عن خط الأنبوب المدروس مسافة 10 متر بواسطة جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS)، وذلك للمساعدة في رسم الأنبوب بدقة، كما تم أخذ إحداثيات الصمامات (Valves) المتواجدة على الخط، بالإضافة

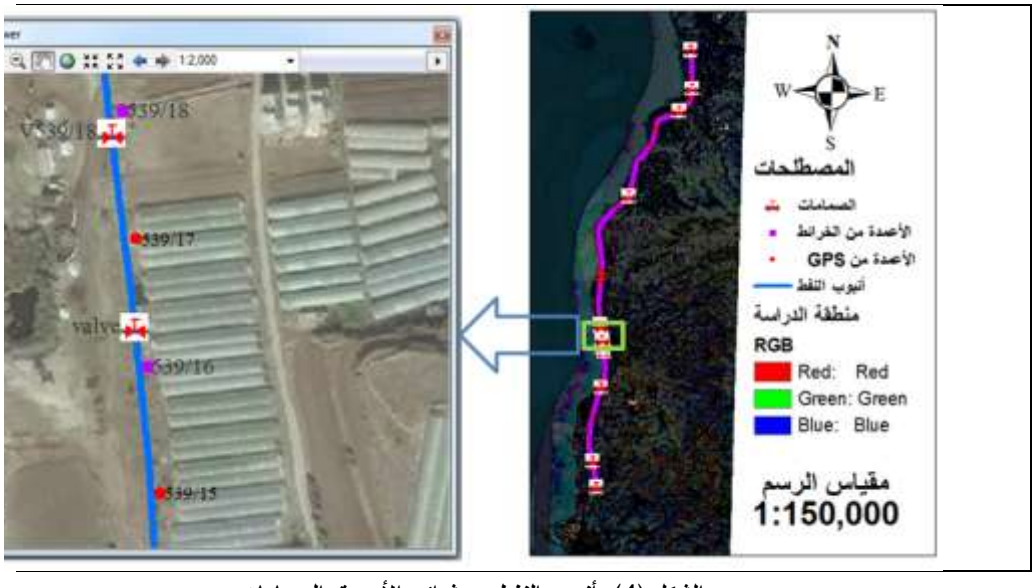
إلى الجسور الموجودة في الخط والتي تمثل أماكن خروج الأنبوب من الأرض ودخولها فيه، وتبين أن هناك بعض الأعمدة المزالة عن الطرقات تم الحصول على إحداثياتها ومكانها الدقيق من الخرائط الورقية الموجودة بالشركة.

ومن ثم تم إدخال هذه البيانات على برنامج GIS ضمن قاعدة بيانات جغرافية تتضمن شرائح الأعمدة Marker، والصمامات valves، ويظهر الشكل(3) صورة فضائية لمنطقة الدراسة مع شرائح الأعمدة والصمامات.

ومن ثم تم رسم خط الأنبوب بحيث يبعد مسافة 10 متر عن الأعمدة ويمر بكامل الصمامات، وذلك بإنشاء شريحة خطية polyline مع تفعيل لقيمة الارتفاع عن سطح البحر(Z) و المسافة الحقيقية على طول الأنبوب (M)[5]. ويظهر الشكل (4)يظهر أنبوب النفط مع شرائح الأعمدة والصمامات.



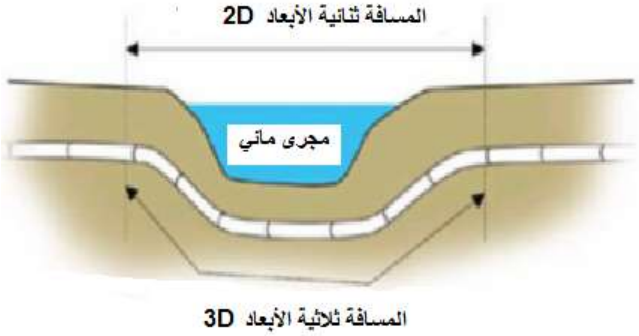
الشكل (3): صورة فضائية لمنطقة الدراسة مع شرائح الأعمدة والصمامات



الشكل (4): أنبوب النفط مع شرائح الأعمدة والصمامات

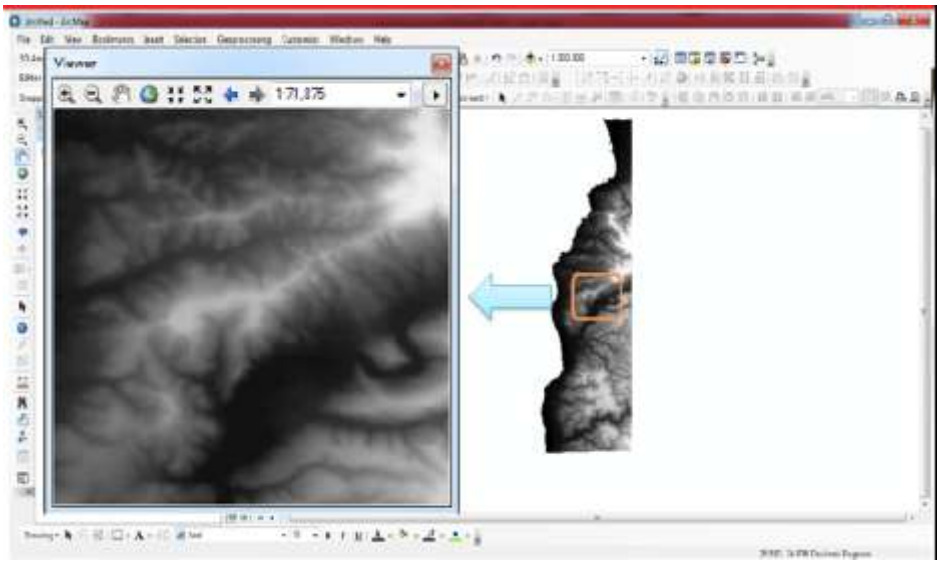
تحويل النقاط من 2D إلى 3D وإدخال قيمةالارتفاعات عن سطح البحر Z:

تعتبر عملية تحويل الخط من رسم ثنائي الأبعاد (2D) إلى رسم ثلاثي الأبعاد (3D) في غاية الأهمية بالنسبة لعملية الإدارة السليمة لأنابيب النفط، حيث أن خطوط الأنابيب تصعد وتهبط التلال وتذهب تحت أو فوق الطرق والأنهار تبعاً للتضاريس وتخضع لتغيير كبير في الارتفاع، فالمسافة في الـ 2D تختلف عن المسافة الحقيقية في الـ 3D (التي تمثل المسافة المقاسة بواسطة جهاز (Smart Pig على طول محور الأنبوب) [1]. ويوضح الشكل (5) الفرق بين المسافة 2D والمسافة الحقيقية 3D.



الشكل (5): الفرق بين المسافة 2D والمسافة الحقيقية 3D

لقد تمت عملية تحويل النقاط من الـ 2Dإلى الـ3D من خلال إدخال نموذج شريحة الارتفاعات الرقمية الخاصة بمنطقة الدراسة (DEM)، والتي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، ويظهر الشكل(6) شريحة الـ DEM الخاصة بمنطقة الدراسة[9].

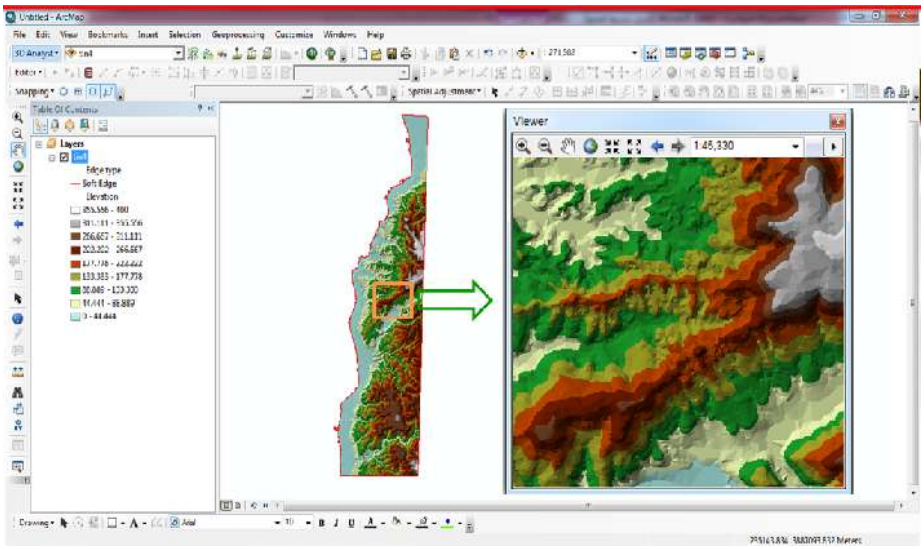


الشكل (6): شريحة الـDEM الخاصة بمنطقة الدراسة

إن خطوات عملية التحويل من 2D إلى 3D يمكن تلخيصها بالتالي:

1 ‡دخال أكبر عدد ممكن من العقد (Vertex) على طول خط أنبوب النفط ومن ثم تحويل هذه العقد (Vertex) إلى شريحة نقطية.

2 إدخال قيم الارتفاعات (Z) للشريحة النقطية من خلال إدخال شريحة المثلثات غير المنتظمةTIN والتي قمنا باستخراجها من شريحة الـ DEM. و يظهر الشكل (7) شريحة TIN لمنطقة الدراسة الناتجة عن شريحة DEM.



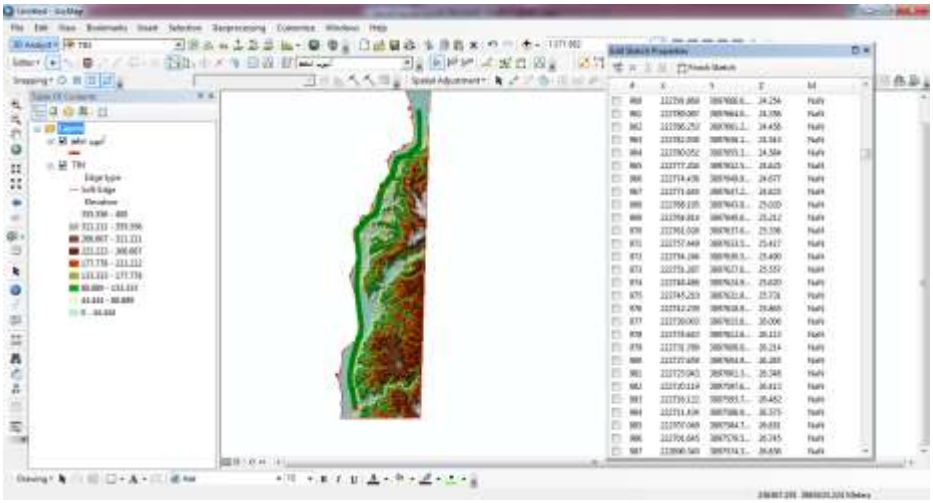
الشكل (7): شريحة TIN لمنطقة الدراسة الناتجة عن شريحة DEM

3 تصحيح قيم الارتفاعات Zللشريحة النقطية، وذلك بإنقاصها قيمة (1m)(لأن الأنبوب مدفون في التربة على عمق 1 متر)، وزيادتها في المناطق التي يرتفع فيها الأنبوب عن سطح الأرض، بحسب ارتفاعها عن سطح الأرض.

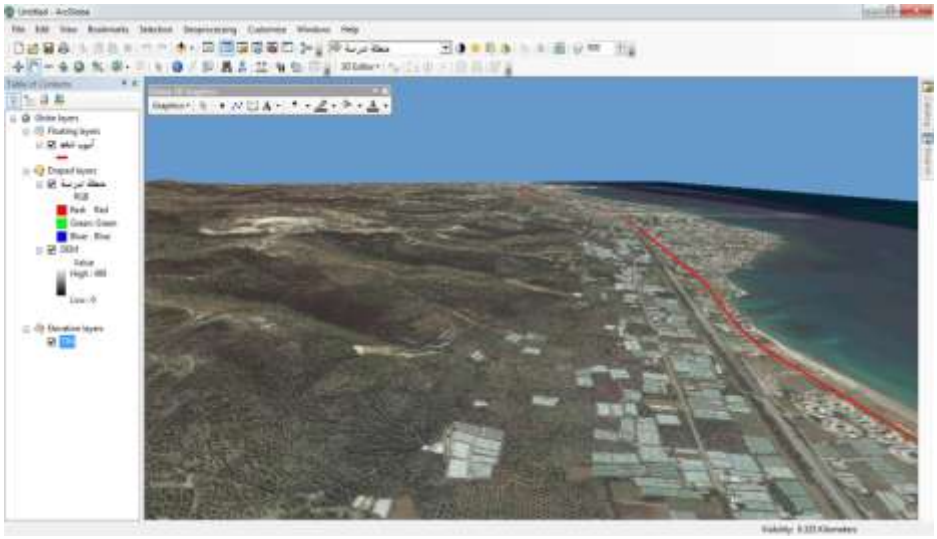
4 تحويل الشريحة النقطية ثنائية الأبعاد (2D) إلى شريحة ثلاثية الأبعاد(3D)، من أجل أن تأخذ الارتفاعات قيمها الصحيحة.

5 تحويل الشريحة النقطية إلى شريحة خطية.

وهكذا يتم الحصول على خط يملك قيم الارتفاعات المطلوبة [9]. ويظهر الشكل (8) شريحة الأنبوب بعد اكتسابها القيم Z وتحولها إلى 3D(علماً أن عدد العقد المدخلة على الخط (5648)عقدة) بالإضافة إلى شريحة TIN. كما يظهر الشكل (9) مقطع ثلاثي الأبعاد لجزء من الأنبوب ومنطقة الدراسة.



الشكل (8): شريحة الأنبوب بعد اكتسابها القيم Z وتحولها إلى 3D



الشكل (9): مقطع ثلاثي الأبعاد لجزء من الأنبوب ومنطقة الدراسة

إدخال قيمة M لنقاط الأنبوب:

تمثل القيمة M (measure) المسار على طول الخط، وهو المسافة الحقيقة بدءاً من بداية الخط، وذلك بعد إعطاء كل نقطة من الخط قيمة بعده عن بداية الخط. وبتحديد هذه النقاط على طول الأنبوب المرسوم على شكل ثلاثي الأبعاد (3D)، فإنه يمكن معرفة المكان الدقيق لكل النقاط المقاسة اعتباراً من بداية الأنبوب.

ونظراً لأن البيانات التي حصلت عليها الشركة السورية لنقل النفط للخط الواصل بين مصبي بانياس وطرطوس، الذي تم مسحه بواسطة أجهزة التفتيش الفني Smart pig، تحوي فقط المسافة الحقيقية بدءاً من بداية الأنبوب ولا تحوي إحداثيات كل نقطة، كان لابد من إدخال قيمة M لكل النقاط، كي نتمكن من تحميل هذه البيانات على نظام الـ GIS[10].

إن خطوات إدخال القيمة m لنقاط الأنبوب يمكن تلخيصها كالتالي:

1 تقسيم الخط إلى عقد (vertex) ومن ثم قياس الطول 2D والطول 3D لكل قطعة.

2 نقل جدول الأطوال ثلاثية الأبعاد إلى صيغة الاكسل (excel) ومن ثم حساب الأطوال لكل قطعة بدءاً من بداية الأنبوب.

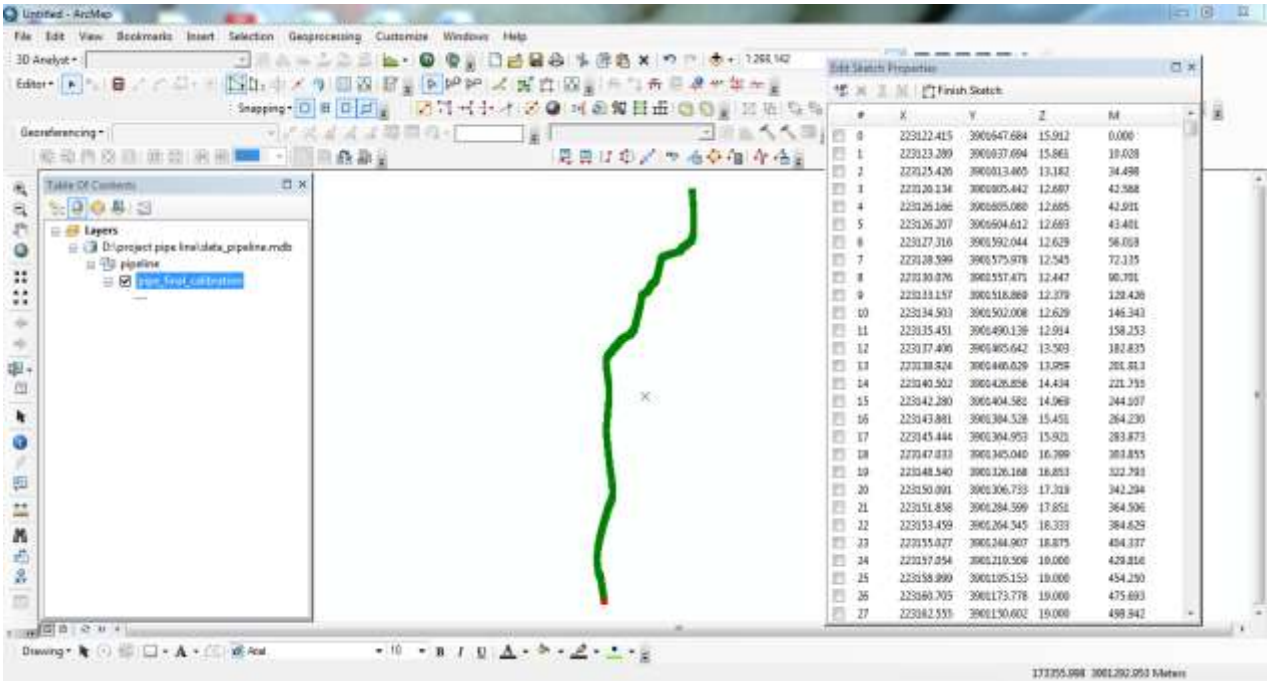
3 نقل الأطوال الجديدة إلى شريحة نقطية جديدة ومن ثم إضافة حقل جديد لها يكون بمثابة معرف مسار ندعوه Route_Identify وندخل فيه قيمة موحدة ولتكن 1.

4 إضافة حقل معرف مسار لخط الأنبوب ندعوه Route_Identify ومن ثم إدخال نفس القيمة المدخلة في الشريحة النقطية وهي القيمة 1.

5 معايرة الخط بناء على قيم الأطوال المدخلة في الشريحة النقطية، بناءً على معرّف المسار المشترك.

فيكتسب الخط قيم M الحقيقية وهي المسافة ثلاثية الأبعاد3D بدءاً من بداية الأنبوب.

ويظهر الشكل (9) قيم M المدخلة على الأنبوب.



الشكل (9): قيم M المدخلة على الأنبوب

إدخال بيانات جهاز التفتيش Smart Pig إلى نظام الـ GIS ضمن قاعدة بيانات شاملة:

نستطيع الآن إدخال جميع بيانات Smart Pig إلى نظام الـ GIS، وذلك بإنشاء شرائح نقطية لكل منها وإدخال حقل جديد فيها يكون بمثابة معرف مسار ومن ثم تضاف هذه الشرائح إلى الخط باعتبارها أحداث (event) جديدة [10].ويظهر الشكل (10) طريقة عرض بياناتجهاز التفتيش Smart Pig.

الشكل (10): طريقة عرض بيانات جهاز التفتيش Smart Pig

وهذه البيانات المدخلة هي كالتالي:

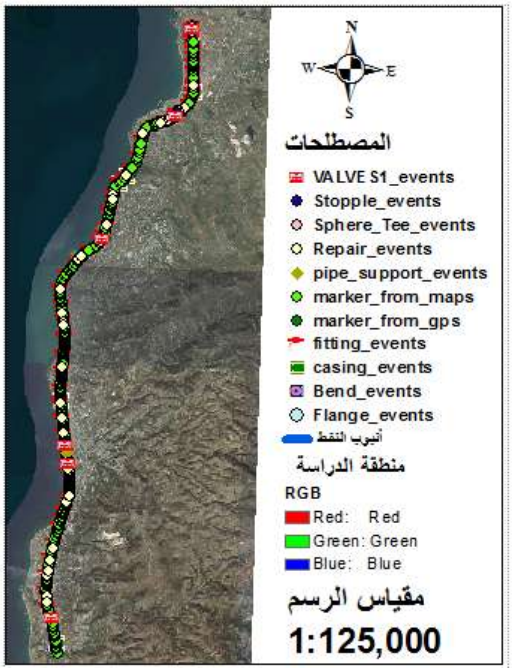
1 ـ المواقع (Location): وهي الأجسام الثابتة الموجودة على طول الأنبوب وتتضمن:

الفلنجات(flanges) – قطع دعم للأنبوب (pipe support) – وصلة (Sphere Tee)T– وصلات لتنفيس الأنبوب (Fitting) – أماكن الانحناء (Bend)– أماكن الصيانة (Repair)– القمصان (Casing)– الفلنجات المفتوحة (Stopple)، بالإضافة إلى الصمامات valves و الأعمدة Markerالتي تم إدخالها إلى نظام المعلومات الجغرافي سابقاً.ويظهر الشكل (11) مواقع (Location) على طول الأنبوب.

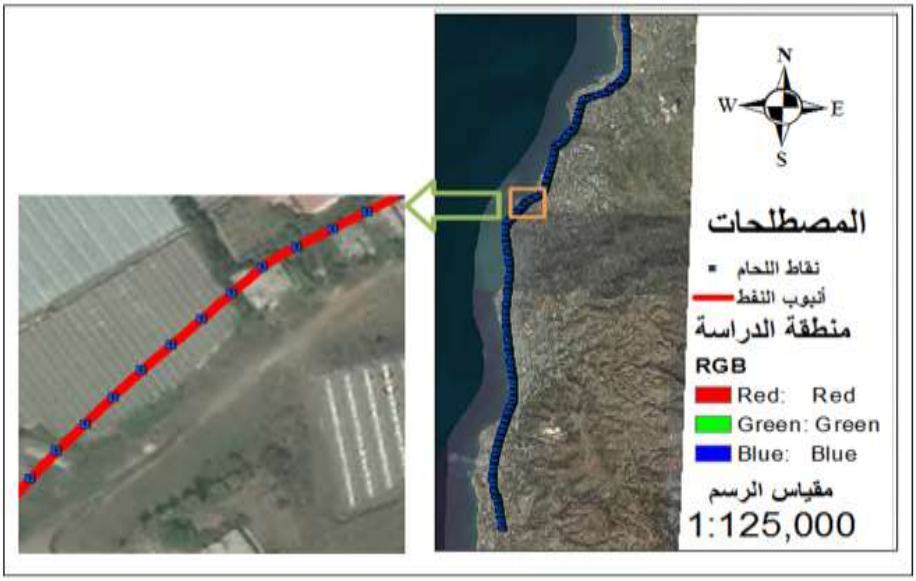
2 ـ نقاط اللحام (Weld): وتضم نقاط اللحام على طول الخط. و يظهر الشكل (12) مواقع اللحام على طول الأنبوب مع مقطع جانبي مكبر لجزء من الأنبوب.

3 ـ النقاط الشاذة (Misc): وتشمل النقاط الشاذة التي وجدها smart pig على طول الأنبوب وهي نقاط لحام أو أجسام غريبة. ويظهر الشكل (13) مواقع النقاط الشاذة (Misc) على طول الأنبوب مع مقطع جانبي مكبر لجزء من الأنبوب.

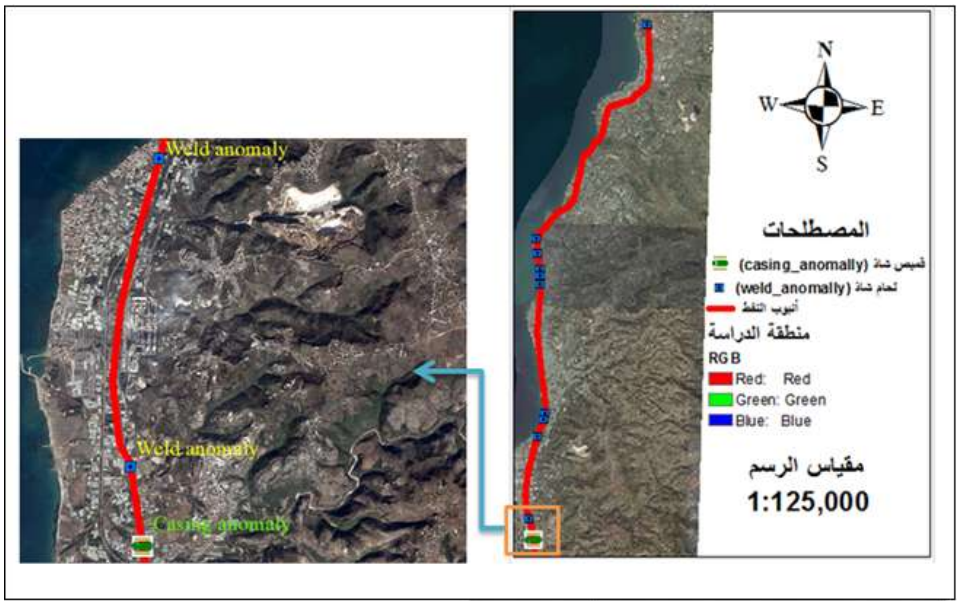
4 ـ نقاط التآكل (Corrosion point): وتضم كافة نقاط التآكل بنوعيه الداخلي والخارجي، وتشمل بيانات شاملة عن طول وعرض وعمق بقعة التآكل ومدى خطورتها و موقعها وبعدها عن بداية الأنبوب. و يظهر الشكل (14) مواقع نقاط التآكل التي خطورتها (≤40%)على طول الأنبوب مع مقطع جانبي مكبر لجزء من الأنبوب، حيث تم اعتبار هذه النسبة وما فوقها تشكل نقاط تآكل خطرة على الأنبوب.



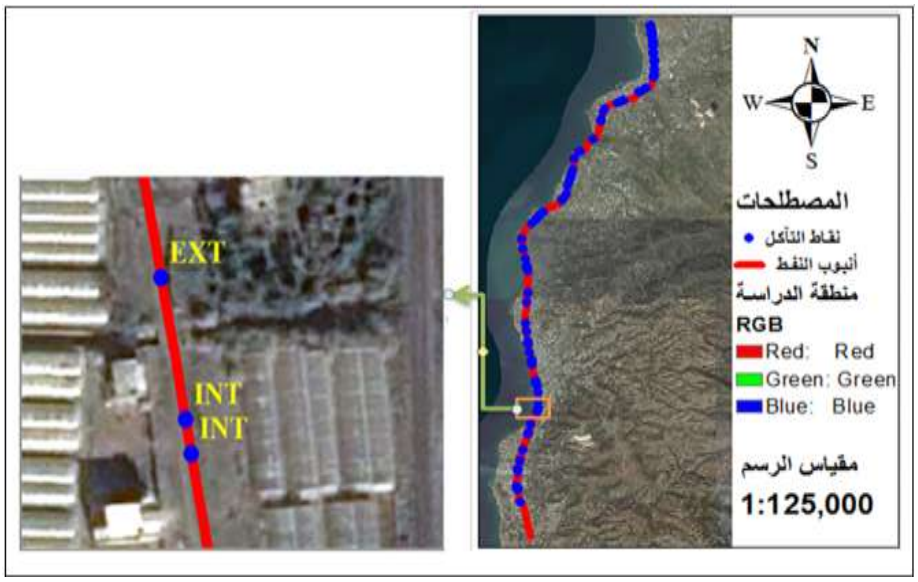
الشكل (11): مواقع (Location) على طول الأنبوب



الشكل (12): مواقع اللحام على طول الأنبوب مع مقطع جانبي مكبر لجزء من الأنبوب

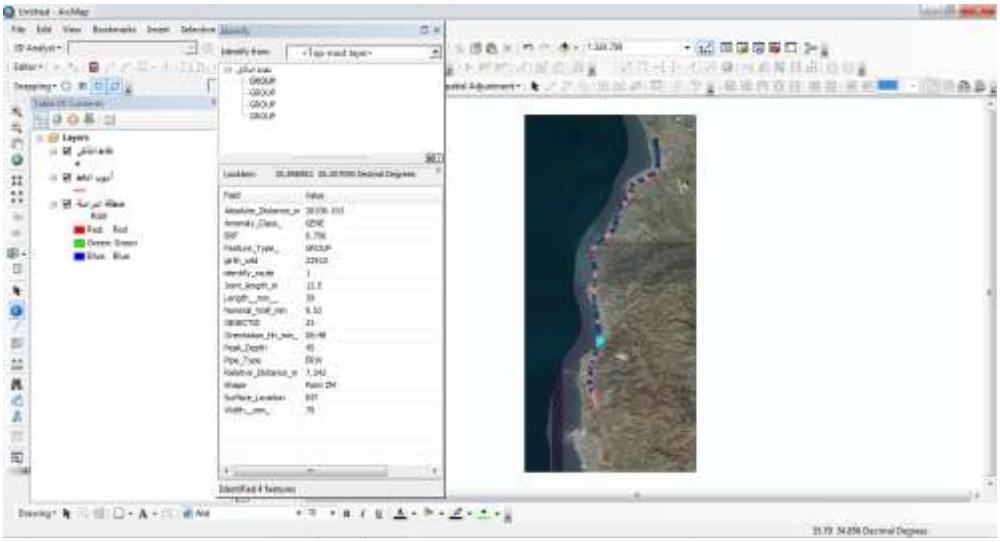


الشكل (13):مواقع النقاط الشاذة (Misc) على طول الأنبوب مع مقطع جانبي مكبر لجزء من الأنبوب



الشكل (14):مواقع نقاط التآكل التي خطورتها (≤40%)على طول الأنبوب مع مقطع جانبي مكبر لجزء من الأنبوب

وبذلك تم تحديد أماكن التآكل بدقة، على طول خط أنبوب نقل النفط الواصل بين مصبي بانياس وطرطوس النفطيين، بالإضافة إلى تأسيس قاعدة بيانات شاملة تضم كامل بيانات Smart Pig، يمكن من خلالها الاستعلام عن أي نقطة أو أي موقع يريده صاحب القرار، مما يساعده على اتخاذ القرار المناسب والسليم مما يساعد بشكل كبير على تحقيق الإدارة الفعالة، وبوثوقية عالية لخط أنبوب النفط. ويظهر الشكل (15) المعلومات التفصيلية عن أحد نقاط التآكل في الأنبوب.



الشكل (15): المعلومات التفصيلية عن أحد نقاط التآكل في الأنبوب

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1 -استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد RS، ونظم المعلومات الجغرافية GIS في خطوط أنابيب النفط، يساعد كثيراً في تحقيق الإدارة الفعّالة، ويقلل المخاطر ويساهم في تحديد أماكن التآكل بدقة، مما يساعد على إجراء عملية الصيانة بسرعة وبأقل قدر ممكن من الأخطاء.

2 -تأسيس قاعدة بيانات شاملة، تضم كافة بيانات جهاز التفتيش (Smart Pig)، يمكن من خلالها الاستعلام عن أي نقطة في مسار الخط.

3 -مساعدة أصحاب القرار على اتخاذ القرار المناسب وتوجيه فرق الصيانة بسرعة لمكان الضرر عند حدوث طارئ.

4 -إن البيانات التي يتيحها نظام المعلومات الجغرافي GIS، وسهولة الوصول إليها، تزيدالوثوقية، وتشكل قاعدة بيانات فريدة وآمنة لكافة المعلومات الخاصة بأنابيب النفط، مما يقلل من الهدر في الجهد والوقت.

التوصيات:

1 -تعميم هذه الدراسة لتشمل كافة خطوط أنابيب النفط في سورية، حيث أنه ولأول مرة يتم استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (الصور الفضائية)، ونظام المعلومات الجغرافي GIS، في إدارة ودراسة موضوع التآكل في أنابيب النفط.

2 -يمكن من خلال تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي GIS التنبؤ بمواقع التآكل المحتمل ظهورها في المستقبل من خلال أدوات التحليل المكاني المتوافرة في GIS.

3 -الضرورة القصوى والملحة لوجود نظام معلومات جغرافي (GIS)، لدى الشركة السورية لنقل النفط من أجل أي عملية إدارة فعالة وحقيقية لخطوط الأنابيب ولتقليل المخاطر فيها.

4 -تساعد تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي (GIS) في دراسة وتحديد المسار الأمثل لخطوط أنابيب النفط.

المراجع:

1- PUBELLIER, C. (2003, July). *A GIS for 3D Pipeline Management***.** ESRI International User Conference, California: San Diego, 2003.

2- GAMARR, A. *GIS is a tool for Pipeline Management*. ESRI User Conference. California: San Diego, 2011.

3- HAN, X. (2011). *Application of 3s Technologies in Pipeline Industry*. PetroChina Pipeline R&D Center, No.51,2011,323-329.

4- VAZHAPILLY, D; KOTAGIRI, S.*GIS for Pipeline Integrity Management*. Infotech Enterprises, 2010.

5- DAWSON, J. (2010, November). *Case Study On The Implementation OF A PIMS System For An Offshore Asset From Engineering To Software*. PPSA, 2010.

6- HILTSCHER, G; MUHLTHALER, W; SMITS, J. (2003).*Industrial Pigging Technology , Fundamentals, Components, Applications*. Strauss Offsetdruck, Morlenbach Germany, 2003, 355.

7- WILLIAMS, E (2012). *Pipeline Safety and GIS: How We Leverage GIS to Make Pipeline Safer*. Acces Midstream U.S.A,2012.

8- AUKETT, L. *The Use Of Geographical Information Systems (GIS) In Oil Spill Preparedness And Response***.** SPE/APPEA International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production. Australia, 2012.

9- *Using ArcGIS " 3D Analyst"***.** ESRI, 2004, 382.

10- *Linear Referencing Tutorial*. ESRI, 2010 , PP.40.