تطوير مشاريع تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي المعلومات الجغرافية وتحديد المواقع العالمي

م. معلا إبراهيم، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهمك – جامعة تشرين
د. م. حسام شاهين، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهمك – جامعة تشرين
د. م. غسان حايك، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهمك – جامعة تشرين
د. م. مضر صارم، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد – فرع المنطقة الساحلية

ملخص

تعد مشاريع الطاقة الكهربائية، سواءً المتعلقة منها ببناء محطات التوليد أو ببناء خطوط وشبكات النقل والتوزيع، بدءاً من مرحلة التخطيط والتصميم وانتهاءً بالإدارة والتشغيل، من أكثر مشاريع البنى التحتية صعوبة وتعقيداً. يعود هذا التعقيد للعديد من العوامل مثل العوامل البيئية المتعلقة بوجود الغابات والأنهار والتضاريس المتنوعة، إلخ، والعوامل المتعلقة بمناطق الانهيارات الأرضية والانحدارات ووجود السكك الحديدية، إلخ، والعوامل الاجتماعية – الاقتصادية كالمناطق الزراعية والسكنية والأماكن السياحية، وغيرها. وبما أن جميع هذه العوامل تعتمد بشكل أساسي على مجموعة من البيانات المكانية، فإنّ مشاريع الطاقة الكهربائية تُعد مشكلة معقدة ذات بعد مكاني.

إنّ تطبيق تقنيات جديدة ومتطورة مثل الإستشعار عن بعد (RS) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وكذلك نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) يُمكّننا من القيام بتحليلات معمّقة لمشاريع وأنظمة الطاقة الكهربائية تساعد في تطوير تخطيطها وإدارتها بشكل أمثل. لقد جعلت إمكانيات معالجة المعطيات والنتائج جغرافياً في أنماط ونماذج

مختلفة من نظام الـ (GIS) نظاماً مناسباً لتخطيط وتطوير مشاريع أنظمة الطاقة الكهربائية المعقدة.

توضّح هذه المقالة دور تقنيات الاستشعار عن بعد (من خلال الصور الفضائية) ونظامي الـ (GIS) والـ (GPS) في تطوير مشاريع أنظمة الطاقة الكهربائية في مجال التخطيط والتصميم (التوليد والنقل والتوزيع) وفي مجال الإدارة والتشغيل (التنبؤ بالحمولة الكهربائية، كيفية إدارة الكوارث وتحديد مواقع الأعطال، تقليل الضياعات في نظام الطاقة، تحليل نماذج الربحية، وإدارة مكونات نظام الطاقة). كما تبيّن المقالة أيضاً كيفية تصميم قواعد بيانات نظام الـ (GIS) لنظام طاقة كهربائي مع إظهار إمكانيات ربط المعلومات الوصفية والجغرافية والصورة الفضائية لهذا النظام. حيث تم شرح منهجية تطبيق هذه التقنيات المتطورة على شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية. أخيراً تبيّن هذه الدارسة نماذج من عمليات التحليل المكاني والاستعلام عن مكونات هذه الشبكة الكهربائية التي يمكن القيام بها على شرائح الـ GIS مما يساعد في إنجاز عدد كبير من المهام المتعلقة بإدارتها وبالتالي تسهيل عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بتشغيلها وصيانتها بشكل كبير.

الكلمات المفتاحية:

نظام الطاقة الكهربائية، تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية، الاستشعار عن بعد، نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).

Development of Planning and Management Projects of Electrical Power Systems Using Remote Sensing Technologies, GIS and GPS

Eng. Mulla Ibrahim, Department of Electrical Power Engineering, Tishreen University
Dr. Eng. Mudar Sarem, General Organization of remote sensing (GORS), Costal branch
Dr. Eng. Husam Shaheen, Department of Electrical Power Engineering, Tishreen University
Dr. Eng. Ghassan Hayek, Department of Electrical Power Engineering, Tishreen University

Abstract:
Electrical power projects, either related to establishing power plants or constructing transmission and distribution networks, starting from the planning and design stage and ending with the management and operation, are among the most difficult and complex infrastructure projects. This complexity is due to many factors such as environmental factors related to forests, rivers, different terrains, etc., factors related to areas of landslides, slopes, presence of railways, etc., and socio-economic factors such as agricultural and residential areas, tourist places, and others. Since all of these factors depend mainly on a set of spatial data, electrical power projects are a complex problem with a spatial dimension. Applying new and advanced technologies such as remote sensing (RS) and geographic information system (GIS), as well as the global

positioning system (GPS) enables us to perform in-depth analysis of the electrical power projects and systems that help in developing the planning and managing of these projects and systems in an optimal way. The possibilities of processing data and geographically analyzing results in different patterns and models have made GIS a suitable system for planning and developing complex electrical power system projects.

This article explains the role of remote sensing techniques (through satellite imagery) and the (GIS) and (GPS) systems in developing electric power systems projects in the field of planning and design (generation, transmission and distribution) and in the field of management and operation (electrical load forecasting, disaster management and determining fault locations, minimizing power system losses, analyzing profitability models, and managing power system assets).

The article also describes how to design the (GIS) databases for an electric power system and presents the capabilities of the designed system in linking geographical and attribute data with the satellite image of the power system. The methodology of applying these advanced technologies to the 66kV power transmission network in Latakia governorate was explained. Finally, this article shows examples of spatial analysis and query processes about the assets of this electrical network that can be performed on the GIS layers, which helps in accomplishing a large number of tasks related to its management and thus greatly facilitating the decision-making process related to its operation and maintenance.

Key Words: Electrical Power System, Electrical Power Management System Remote Sensing, Geographic Information System (GIS), and Global Positioning System (GPS).

1- مقدمة:

يتزايد الطلب على الطاقة الكهربائية بشكل مستمر مع التطوّر المتسارع للمجتمعات البشرية. ومن أجل مواجهة هذا الطلب فإنّ الأمر يتطلب بناء محطات توليد جديدة وبالتالي بناء خطوط وشبكات نقل طاقة جديدة أيضاً. كما هو معلوم، تقوم خطوط نقل الطاقة بنقل الطاقة من محطات التوليد إلى شبكات التوزيع التي تُكمل عملية نقل الطاقة إلى المستهلكين.

تعجز الطرق التقليدية المتمثلة بالمخططات والخرائط الورقية وقواعد البيانات الورقية أو حتى الحاسوبية المتبعة حالياً في تخطيط وإدارة مشاريع الطاقة الكهربائية عن جمع وإدخال ومعالجة وتحليل وإظهار الكم الهائل من البيانات المتعلقة بهذه المشاريع وبالأخص تلك البيانات ذات البعد المكاني ضمن نظام عمل واحد. يضاف إلى ذلك الزمن الطويل والجهد الكبير المبذول في هذه الطرق التقليدية.

يُعد التعقيد الكبير في مشاريع تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية سبباً كافاً لتبنّي تقنيات حديثة مثل نظام المعلومات الجغرافية الـ (GIS) ونظام المواقع العالمي الـ (GPS) والاستشعار عن بعد لأنها تقدم حلولاً مناسبة وفعّالة لعملية تخطيط وإدارة هذه الأنظمة عن طريق تكاملها مع برمجيات أنظمة الطاقة في جميع مراحل التخطيط والتصميم والتحليل والتشغيل [1]. تبيّن الدراسة المرجعية التي قمنا بها وجود العديد من الأبحاث العلمية المنشورة في مجال تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية باستخدام

تقنيات الـ (GIS) والـ (GPS) والصور الفضائية المأخوذة بتقنية الاستشعار عن بعد [2–4]. فقد استخدمت هذه التقنيات بشكل واسع في نمذجة أنظمة الطاقة الكهربائية [5–6]، أي بمعنى رسم خرائط تفاعلية لهذه الأنظمة وإنشاء واجهات رسومية للبيانات الكهربائية والجغرافية الخاصة بها توفر وتسهل ربط هذه البيانات مع الموقع الجغرافي [7–9]. كما كاملت هذه التقنيات بين خرائط الشبكات الكهربائية والخرائط الأرضية وذلك بهدف التخطيط الأمثل لأنظمة الطاقة وتحليل البيانات، وإدارة مكونات هذه الأنظمة، وتشكيل بيئة مساعدة لدراسات كهربائية متقدمة في هذه الأنظمة مثل سريان الاستطاعة [10–12]، والاستقرار العابر [13]، وضياعات الاستطاعة وهبوط الجهد في شبكات التوزيع [14]، وتحليل الدارة القصيرة والتنبؤ بالأحمال وتحديد مواقع الأعطال وغيرها [15].

كما تم ربط معلومات قواعد البيانات مثل أنظمة الفوترة، والحسابات المالية، وتحليل التوزيع، مع الموقع الجغرافي في التقارير النهائية لمؤسسات الكهرباء اعتماداً على هذه التقنيات [16]. إذ أنّه بالإضافة إلى الاستعلامات العادية المتاحة لقاعدة البيانات، فإنه يمكن أن يتم تحليل البيانات من خلال معلومات مكانية متنوعة مثل المسافة والقرب والإرتفاع [17]. كما أنة بمساعدة برمجيات الـ (GIS) وقواعد بياناتها، تتم إدارة الشبكة الكهربائية بشكل فعّال [18–19] ويمكن تحديث أية تغيرات في الشبكة الكهربائية بوقت أقل وبدقة أفضل بشكل دوري (منتظم زمنياً) [20]. يضاف إلى ذلك أنّ هذه البرمجيات، تؤمن مجالاً واسعاً من الحلول الشاملة لجميع المراحل التجارية في قطاع الطاقة الكهربائية [21–24].

كما تم تحديد مسارات خطوط الشبكات الكهربائية بالشكل الأمثل الذي يتميّز بالمسافة الأقصر والكلفة الأقل باستخدام أنظمة الـ (GIS) [25]. واستخدمت هذا التقنيات أيضاً في تصميم نظام توزيع كابلات الطاقة الكهربائية (تحت الأرض) للمناطق السكنية. حيث قدمت هذه التقنيات وسيلة مؤتمتة لإيجاد المسارات الأمثل للكابلات الرئيسية في هذه الأنظمة. بالإضافة إلى ذلك أمّنت هذه الوسيلة المؤتمتة عرض كامل الشبكة للفنيين مع إظهار مباشر وتقدير دقيق لتكاليف عملية التصميم [26].

وبهدف تحسين الرؤية الاقتصادية لقطاع الطاقة الكهربائية استخدمت أنظمة الـ (GIS) مدعومةً بالصورة الفضائية في تطوير آلية لزيادة امكانية التحكم بعمليات رسم خرائط شبكات النقل والتوزيع، وإدارة الأعمال وتجهيزات نظام الطاقة. كما هدفت هذه الآلية أيضاً إلى المساعدة في تقليل الضياعات وتحسين فعالية الطاقة من خلال تحسين برامج الصيانة والإصلاح وتحديث النظام [27–30].

بشكل عام فإنّ التطبيقات المختلفة لتقنيات الـ (RS) والـ (GIS) تحسّن وتطور الصورة الشاملة التي يظهر بها نظام الطاقة المستقبلي عن طريق ربط البيانات المكانية مع المواقع الجغرافية لمكونات هذا النظام (الشبكة الذكية) [31–32].

من خلال الدراسة المرجعية السابقة، يمكن أن نخلص إلى أنّ تقنيات الـ (RS) المعتمدة على معالجة الصور الفضائية بدقتها العالية في الوقت الراهن وبتكاملها مع أنظمة الـ (GIS) والـ (GPS) تعد إحدى أهم الأدوات لحل المشاكل ذات البعد المكاني المعقدة التي تتصف بها أنظمة الطاقة الكهربائية بسرعة وفعالية كبيرة. حيث بيّنت نتائج الأبحاث والدراسات السابقة أنّ هذه التقنيات تلعب دوراً هاماً في جميع مراحل التخطيط والتصميم، والتحليل، والإدارة والتشغيل لمشاريع وأنظمة الطاقة الكهربائية وخصوصاً الحديثة منها.

2- أهمية البحث وأهدافه:

بالرغم من الإمكانيات المميّزة والكبيرة لتقنيات الـ (RS) والـ (GIS) والـ (GPS) في حل المشاكل والصعوبات المتعلقة بالأعمال الهندسية من تكامل المعلومات لاختيار الموقع المناسب للمشروع ودراسات التربة ودراسات الموارد الطبيعية ودراسات البيئة والمناخ وغير ذلك، إلى بناء قواعد البيانات الكهربائية الشاملة والدقيقة والمحدثة وتكاملها مع البيانات الجغرافية للحصول على التخطيط والتصميم الأمثل وكذلك تحليل وإدارة وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائة، إلاّ أنّه لم يتم استثمار هذه التقنيات محلياً بعد في قطاع الطاقة الكهربائية. لذلك فإنّ هذا البحث يهدف إلى تبيان دور هذه التقنيات في تخطيط وتشغيل مشاريع وأنظمة الطاقة الكهربائية من خلال الاعتماد على دراسة وتحليل مخرجات مشروع تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية من أجل الإدارة الامثل لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية، الذي تم تنفيذه،

من قبل فرع المنطقة الساحلية للهيئة العامة للاستشعار عن بعد وقسم هندسة الطاقة الكهربائية في جامعة تشرين. تكمن أهمية هذا البحث من أنّه يوضّح كيفية تطوير وتحسين مشاريع تخطيط وتشغيل وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية اعتماداً على خريطة رقمية تفاعلية تعتمد على قاعدة بيانات شاملة ودقيقة ومحدثة باستخدام تقنيات الـ (RS) والـ (GIS) والـ (GPS).

3- منهجية البحث المقترح:

تعتمد منهجية البحث المقترح على شرح وتوضيح:

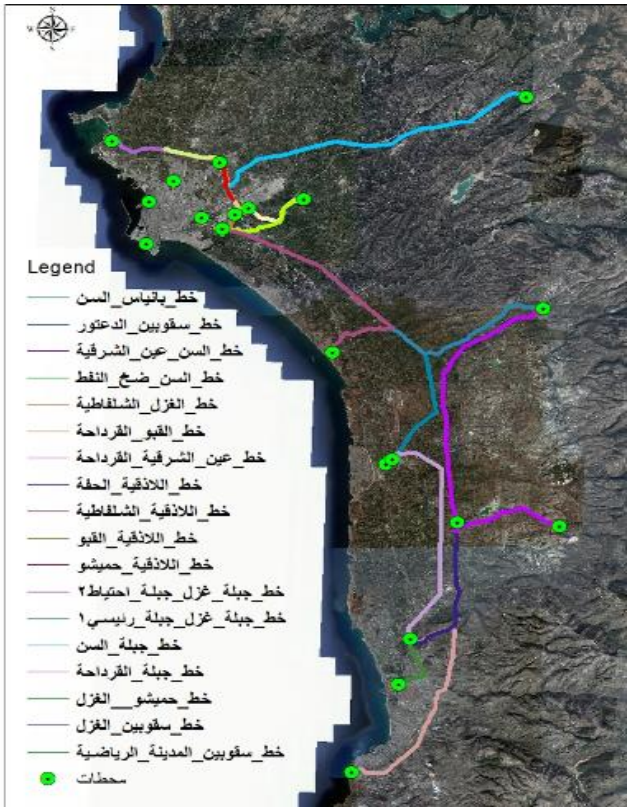
1) دور تقنيات الاستشعار عن بعد في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية.
2) دور نظام المعلومات الجغرافية في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية.
3) دور نظام تحديد المواقع العالمي في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية.
4) تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية.
5) منهجية تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي الـ (GIS) والـ (GPS) في شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية
6) كيفية إنشاء الخارطة الرقمية لشبكة نقل الطاقة بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية.
7) عمليات التحليل المكاني والاستعلام التي يمكن إجراؤها على شبكة نقل الطاقة بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية باستخدام نظام الـ GIS.

4- مواد وطرق والبحث:

1.4 دور تقنيات الاستشعار عن بعد في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

يعرف الاستشعار عن بعد بأنّه عملية جمع بيانات عن سطح الأرض عن طريق التقاط صور أقمار صناعية خاصة ثم تتم عملية تصحيح وتفسير هذه الصور لتصنيف كل المعالم الجغرافية الموجودة فيها. كما يعّرف بأنّه علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة عن طريق تسجيل الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة ومن ثم معالجتها وتحليلها بهدف الحصول على خصائص الأهداف المدروسة.

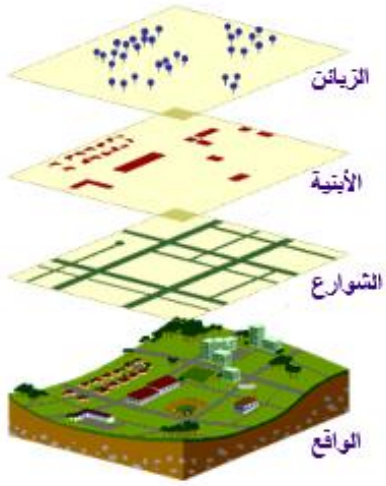
لقد ساعد الاستشعار عن بعد بجمع بيانات المناطق الخطرة أو المناطق المتعذّر الوصول إليها. كما أنّه حلّ أيضاً محل طرق جمع البيانات المكلفة والبطيئة على الأرض. للحصول على خارطة على شاشة الحاسوب مثلاً، فإننا نحتاج إمّا إلى خارطة طرق، أو خارطة طبوغرافية، أو صورة جوية، أو صورة فضائية. إنّ الخرائط المرسومة يدوياً لمنطقة دراسة ذات مساحة جغرافية كبيرة تعجز عن توضيح تفاصيل هذه المنطقة من أبنية سكنية وطرق وتضاريس ومعالم طبيعية أخرى. في تلك الحالة أثبتت تقنية الاستشعار عن بعد من خلال الصورة الفضائية أنها مفيدة بطريقة فعالة، حيث أنهّا تقدّم حلاً أكثر فعالية، وأقل تطلباً للجهد البشري، وأقل زمناً للحصول على خارطة المنطقة المدروسة [33]. من أجل تأسيس الموقع الحقيقي للصورة الفضائية على الأرض ينبغي أن تكون الصورة مرجعة جغرافياً ويتطلب هذا الأمر دمج بيانات من مصادر متنوعة مع بعضها البعض ومن ثم استخدم هذه البيانات المدجة في تطبيق نظام الـ (GIS)، فإنّه يصبح من الضروي أن نمتلك نظام إرجاع موحّد. وهذا يتم تنفيذه باستخدام تقنيات إرجاع جغرافية متنوعة. إنّ محدودية الصورالفضائية هي في دقتها الضئيلة. إذا كان هدف ما غير مرئي في الصور الفضائية، عندها يستطيع جهاز مستقبل الـ (GPS) أن يحدد موقعه بدقة. يمكن بشكل مباشر استيراد البيانات المجمّعة من جهاز مستقبل الـ (GPS) إلى الخارطة المرجعة جغرافياً. يستطيع جهاز مستقبل الـ (GPS) أن يحدد نقطة علام كما يستطيع أن يتتبع المسار أيضاً. وهكذا فإنّه، على سبيل المثال، يمكن الحصول على مواقع جميع الأبراج وخطوط النقل الموجودة في أي نظام طاقة كهربائي بشكل فعال إما من خلال الصورة الفضائية (في حالة الهدف المرئي) أو باستخدام جهاز مستقبل الـ (GPS) كما (في حالة الهدف غير المرئي) كما يوضح الشكل (1).



الشكل (1): صورة فضائية لمحافظة اللاذقية تتوضع عليها خطوط ومحطات شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV.

2.4 دور نظام المعلومات الجغرافية الـ (GIS) في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

يُعّد نظام المعلومات الجغرافية الـ (GIS) اتجاهاً متنامياً في مجال تكنولوجيا المعلومات حيث يقدّم حلولاً أفضل من أجل تمثيل البيانات الجغرافية. كما أنّه يُعّد نظام معلومات مؤتمت يملك القدرة على جمع، تخزين، استرجاع، تحليل وإظهار المعطيات على شكل خرائط. يجمع نظام الـ GIS بين طبقات (شرائح) مختلفة من المعلومات عن مكان ما من أجل فهم وتحليل أفضل كما يظهر في الشكل (2).



الشكل (2): الطبقات (الشرائح) في نظام الـ GIS

تتضمن تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية العمليات المعتادة التي تتم على قواعد البيانات مثل الاستفسار والتحليل الإحصائي بالإضافة إلى التحليل الجغرافي المميز الذي توفره الخرائط. كما تمتاز نظم المعلومات الجغرافية بأنها تجمع بين عمليات الاستفسار والاستعلام الخاصة بقواعد البيانات وإمكانية المشاهدة والتحليل والمعالجة البصرية لبيانات جغرافية من خرائط وصور الأقمار الصناعية والصور الجوية. وهذه الميزة تميزّها عن نظم المعلومات المعتادة وتجعلها مناسبة لكثير من التطبيقات العامة والخاصة لتفسير الأحداث وحساب المؤشرات ووضع الاستراتيجات.

إن قوة نظام الـ GIS بالمقارنة مع الخرائط الورقية هي في قدرة هذا النظام على اختيار المعلومات التي نحتاجها بالاعتماد على تطبيق محدد. نستطيع أن نقسم قاعدة البيانات التي تعد أكثر المكونات أهميةً في مؤسسة أو هيئة ما إلى نوعين رئيسيين من نماذج البيانات: 1- البيانات المكانية التي تصف موقع وشكل الملامح الجغرافية والعلاقات المكانية لهذه الملامح على الخارطة. 2- البيانات الوصفية المعروفة كمعلومات وصفية للملامح الموجودة على الخارطة.

1.2.4 أهمية استخدام نظام الـ (GIS) في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

تعاني أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية، في بلدنا كما في أغلب بلدان العلم الثالث، من التحديث اليدوي غير الدقيق لبيانات هذه الأنظمة سواء فيما يتعلق ببيانات التخطيط أو بيانات التشغيل أو بيانات الصيانة وغيرها. حيث لا تزال تعتمد هذه الأنظمة إلى اليوم على التحديث اليدوي لهذه البيانات. يضاف إلى ذلك الضعف في مراقبة هذه الأنظمة ومنع الضياعات والتحديث اليدوي لسجلات المستهلكين، الخ.

لقد أدرك القائمون على أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية في العالم أهمية تكنولوجيا الـ GIS في رسم الخرائط الالكترونية التي توفّر نموذجاً مرجعاً جغرافياً لبنية هذه الأنظمة. وبالتالي فإن هذا النموذج، المعتمد على نظام الـ GIS، يعدّ ضرورياً لتحديد توضع هذه الأنظمة وأمثلة عملها. إذ يقدّم هذا النموذج معلومات مكانية تمثل مظاهر في العالم الحقيقي لهذه الأنظمة وذلك بصيغة خرائط رقمية وقواعد بيانات ذات إرجاع جغرافي. كما يسمح هذا النموذج أيضاً باستخدام طرق معالجة جديدة ويؤمّن تمثيل عالي الدقة للمعلومات المعالجة وهو أداة فعّالة في يد صنّاع القرار في الحالات التي تكون فيها البيانات المتعلقة بالقرار تتضمن مكونا مكانيا. حيث يساعد هذا النموذج مسؤولي المؤسسات والشركات الكهربائية على إظهار وتحليل وفهم البناء الهندسي في العالم الحقيقي وذلك لتحقيق إدارة أفضل لعمل هذه الأنظمة وحل المشاكل التي لا توفرها الخرائط المرسومة بالشكل التقليدي. كذلك يزوّد هذا النظام الفرق التي تقوم بتخطيط هذه الأنظمة بمشهد مركّز عالي الدقة للمناطق التي يمكن أن تحصل فيها معدلات عالية للطلب على الطاقة وتفاصيل اتصال الحمولات في هذا المناطق.

يتطلب تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية توافر بيانات لشرائح الـ GIS التالية:

- بيانات لخارطة استخدام الأراضي وخارطة الغطاء النباتي (وهذه الخرائط مطلوبة للتحقق من أنّ أنظمة الطاقة الكهربائية قيد التنفيذ في المنطقة المحددة تحقق الشروط المطلوبة).
- بيانات GPS لتحديد مواقع الأبراج ومحطات التحويل.
- بيانات كهربائية للحمولات.
- بيانات خرائط الربط الكهربائي في هذه الأنظمة.

وبعد أن يتم بناء نموذج الـ GIS لهذه الأنظمة، فإنّه يمكن إجراء عدد كبير من الدراسات والتحليلات وفقاً للمعطيات المتاحة مع السمات الجغرافية للمكان نذكر منها:

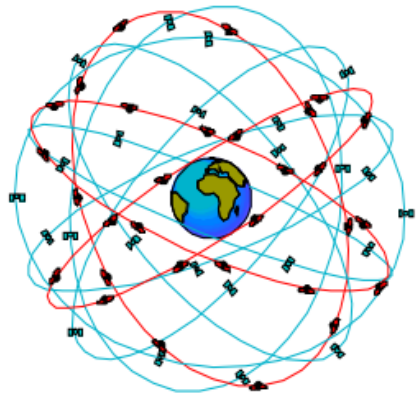
- تحديد المسار الأمثل للمغذيات.
- اقتراح عدد من التصاميم المختلفة للتوسع المستقبلي لهذه الأنظمة.
- الاختيار الأمثل للوصل الكهربائي.
- تحليل سريان الاستطاعه (الحمولة).
- إجراء دراسات مقارنة الكلفة بين التصاميم المختلفة.
- إدارة قاعدة البيانات، إلخ.

وفي النهاية يمكن تلخيص أهمية استخدام الـ GIS في أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية بالنقاط التالية:

- أداة إظهار: إذ يقدم نموذج الـ GIS طريقة فعّالة لإظهار البيانات الكهربائية والجغرافية المتعلقة بهذه الأنظمة اعتماداً على خارطة أساس معروفة أو منطقة جغرافية.
- مرونة في التحليل: في نموذج الـ GIS، فإننّا نستطيع بسهولة معالجة البيانات والحصول على تحليلات متعلقة بتخطيط وإدارة هذه الأنظمة مع نتائج فعّالة مثل التخطيط أو التحديث لأنظمة موجودة أو أنظمة جديدة.
- التحديث: عندما يطرأ أي تغيّر على بنية هذه الأنظمة، فإنّه من السهل تحديث قواعد بيانات الـ GIS المتعلقة بها وبسرعة كبيرة.
- التعديل: يمكن تعديل الخرائط الرقيمة المرسومة في بيئة الـ GIS بسهولة كبيرة عندما يتطلب الأمر ذلك.
- التخطيط: على سبيل المثال تخطيط الصيانات الدورية لهذه الأنظمة.
- الاستعلام: يُعدّ الاستعلام في أنظمة الـ GIS من أهم خصائص هذه الأنظمة وهو يتصف بالدقة والسهولة.
- المشاركة: تصبح مشاركة البيانات بين مستخدمين مختلفين (كمخططي المدن، مديري الإنشاءات، والمهندسين المدنيين) ممكنة وبسهولة.

3.4 دور نظام المواقع العالمي (GPS) في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

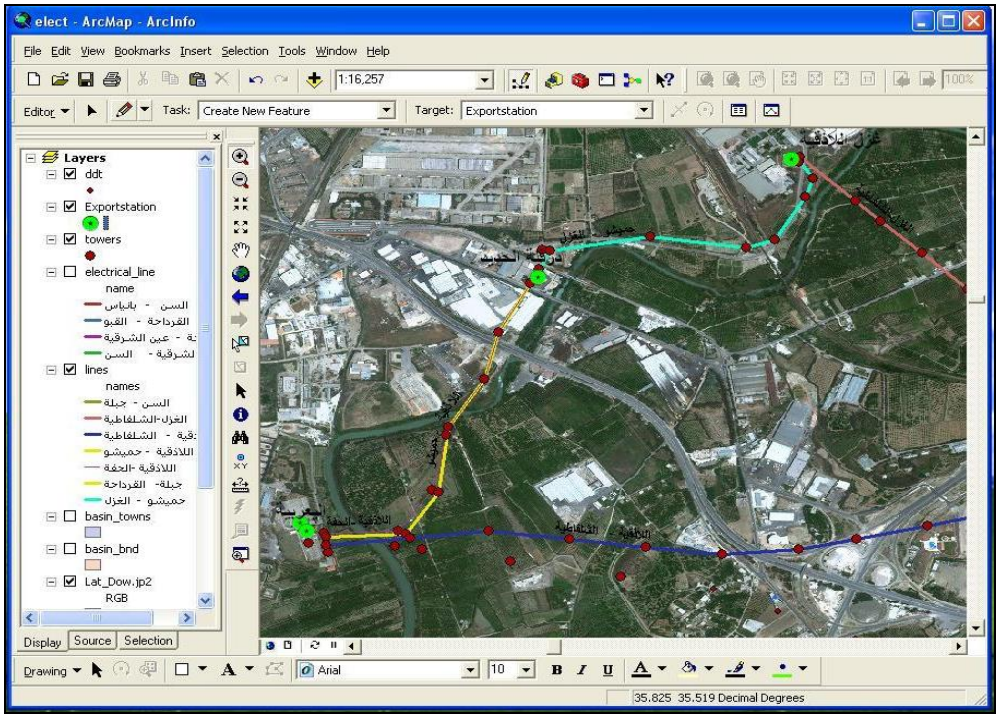
يُعدّ نظام الـ GPS أحد اللبنات الأساسية التي تساعد على إنشاء نظام المعلومات الجغرافية (GIS). يعتمد هذا النظام على مجموعة مكونة من 24 قمراً صناعياً موضوعة في ستة مستويات مدارية مركزها الأرض مع أربعة أقمار صناعية احتياطية تدور حول الأرض على ارتفاع تقريبي (حوالي 11000 ميل) كما يظهر في الشكل (3). يستخدم نظام الـ GPS الاقمار الصناعية والحواسب من أجل تحديد موقع أي مكان على سطح الكرة الارضية. ويتم تحديد الموقع الدقيق على جهاز الاستقبال لنظام الـ GPS استنادا على استقبال بيانات أربعة أقمار صناعية من منظومة هذا النظام. إنّ نظام الـ GPS له تطبيقات متعددة في مجالات الملاحة ومسح الأراضي والاستشعار عن بعد ورسم الخرائط وتحديد المواقع الهندسية (مثل الشوارع، الأبنية، خطوط الكهرباء، شبكات المياه، أنابيب النفط وغيرها).



الشكل (3): تمثيل لدوران الأقمار الصناعية المستخدمة في نظام لل (GPS)

1.3.4 استخدام نظام المواقع العالمي (GPS) في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

لتحديد مواقع محطات التحويل أو الأبراج (الأهداف)، على سبيل المثال، في أنظمة نقل توزيع الطاقة الكهربائية، فإنّه يتم تحديد هذه المواقع بإحداثيات خطوط الطول والعرض التي تقيسها أجهزة الـ GPS والتي يمكن تصديرها مباشرة الى شاشة الحاسوب. بمعنى أنّه يتم استخدام تقنية الـ GPS لتحديد المظاهر التي تكون غير متاحة أو ظاهرة في الصور الفضائية بسبب الدقة غير العالية لهذه الصور. يُعدّ نظام الـ GPS أداةً فعالةً جداً للحصول على معطيات نظام الـ GIS الجغرافية (المكانية). وهكذا فإنّه يساعد بشكل فعّال في بناء قاعدة البيانات الدقيقة لنظام الـ GIS. على سبيل المثال، يُظهر الشكل (4) الخارطة الرقمية مع الصورة الفضائية بنظام الـ GIS لبعض أبراج خطوط شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية في سورية.



الشكل (4): صورة فضائية بنظام الـ GIS لبعض خطوط وأبراج شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية في سورية.

أما الجدول (1) فيُظهر البيانات التي تم جمعها لأبراج خط حميشو– الغزل، وهو أحد خطوط هذه الشبكة، مع إحداثياتها (خط الطول وخط العرض والارتفاع عن سطح البحر) بواسطة جهاز GPS من نوع GARMIN.

الجدول (1): البيانات التي تم جمعها لأبراج خط حميشو– الغزل مع احداثياتها (خط الطول، خط العرض، والارتفاع عن سطح البحر) بواسطة جهاز GPS من نوع GARMIN

الرقم المتسلسل	موقع البرج	كود البرج	رقم البرج على جهاز GPS	الإحداثيات		تاريخ اخذ الإحداثيات البرج	ارتفاع البرج عن سطح البحر	ملاحظات
				E	N			
1	ضمن حرم شركة حميشو	E (SW)	1	35.83495	35.52372	11/11/2013	11m	برج الزاوية
2	ضمن كراج خاص	E (SW)	2	35.83534	35.52440	11/11/2013	9m	وطا البسليس (برج الزاوية)
3	وطا البسليس	E (SY)	3	35.83889	35.52495	11/11/2013	7m	طريق سوق الهلال
4	وطا البسليس	E (SR)	4	35.84230	35.52451	11/11/2013	7m	
5	وطا البسليس	E (SW)	5	35.84329	35.52485	11/11/2013	8m	برج الزاوية
6	وطا البسليس	E (SR)	6	35.84439	35.52645	11/11/2013	8m	
7	وطا البسليس	E (SR)	7	35.84467	35.52717	11/11/2013	9m	برج صدأ(زاوية)
8	ضمن حرم المحطة للغزل	E (SX)	8	35.84417	35.52786	11/11/2013	9m	برج النهاية (يقع بين برجين الشلقاطية _ غزل سقوبين- غزل)

5– تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مشاريع الطاقة الكهربائية:

كما هو معلوم، فإنّ جميع مكونات أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية لها توضع جغرافي معيّن. تتوقف الاستفادة الكاملة من أي تطوير لهذه الأنظمة اعتماداً على

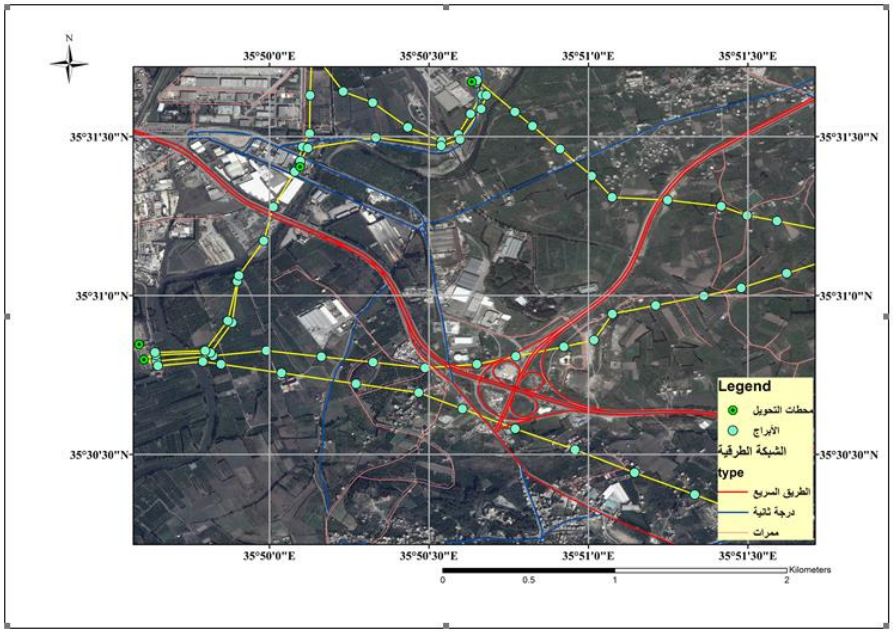
معطيات البعد الجغرافي لمكوناتها. يمكن أن نقّسم تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام الـ (GIS) في مشاريع الطاقة الكهربائية إلى قسمين أساسين هما:

1.5. التطبيقات في مجال التخطيط والتصميم:

يفرض النمو السكاني الكبير وتزايد الطلب على الطاقة نتيجة تطور المجتمع إنشاء محطات توليد (تقليدية و/أو متجددة) وخطوط نقل ومراكز تحويل جديدة بشكل مستمر لتلبية هذه الاحتياجات. نستعرض هنا عدد من التطبيقات في مجالي التوليد والنقل والتوزيع:

1) التوليد:

إنّ اختيار المواقع الأفضل لإنشاء محطات التوليد التقليدية أو المتجددة هو أمر معقد ويتأثر بعدد كبير من العوامل البيئية والمناخية والجيولوجية واللوجستية. تلعب تقنيات الاستشعار عن بعد وأنظمة المعلومات الجغرافية دوراً هاماً في تحديد هذه المواقع وذلك من خلال تكاملها مع خوارزميات اتخاذ القرار متعددة المعايير. يقدّم نظام المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال قاعدة بياناته الهائلة والقابلة للتحديث بشكل مستمر كل ما يمكّن المستخدم من اختيار المعيار المناسب لتحديد المكان الأفضل لبناء محطات توليد الطاقة وبالأخص المتجددة منها. تشمل هذه المعايير اتجاه وسرعة الرياح، الارتفاع والانحدار، شبكات الطرق العادية والسكك الحديدية، المناطق الزراعية والغابات، المسيلات المائية (الأنهار والبحيرات) وغير ذلك. يظهر الشكل (5) جزء من شبكة الطرقات العامة في محافظة اللاذقية مع توضع بعض الأبراج وبعض محطات التحويل لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في تلك المنطقة باستخدام نظام الـ (GIS).



الشكل (5): جزء من شريحة شبكة الطرقات العامة في محافظة اللاذقية مع توضع بعض الأبراج وبعض محطات التحويل لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في تلك المنطقة (محطة تحويل اللاذقية – الشلفاطية)

2) النقل والتوزيع:

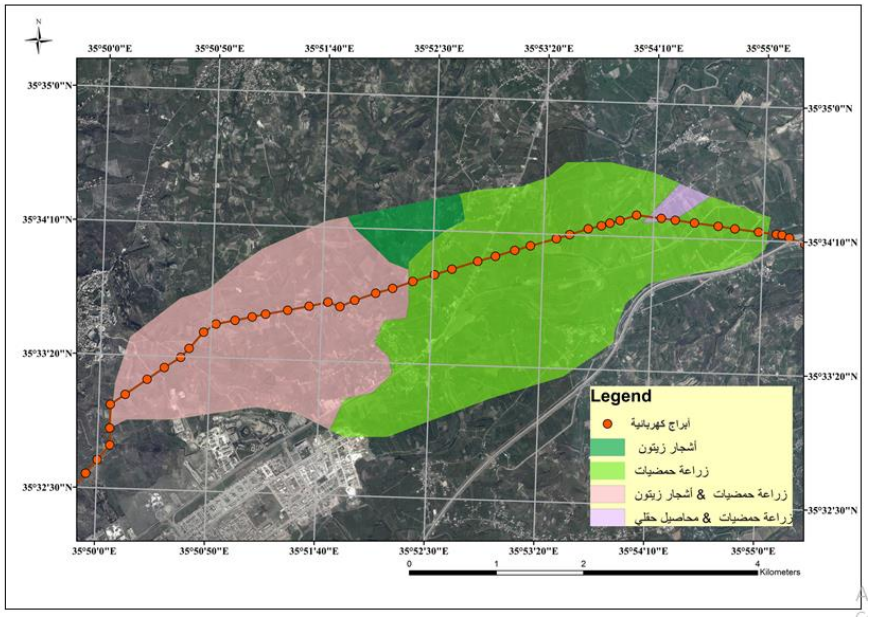
كما هو معلوم، فإنّ تمديد خطوط نقل الطاقة الكهربائية مكلف جداً لذلك ليس من المناسب أبداً حصول أخطاء في اختيار مسار الخط (مواقع الأبراج) أو مواقع مراكز التحويل التابعة له. إنّ تحديد المسارات الأمثل لخطوط النقل والتوزيع أو تحديد المواقع الأمثل لمراكز التحويل المزمع إنشاؤها مستقبلاً هو أمر في غاية التعقيد. يظهر قلق المجتمع واضحاً يوماً بعد يوم بشأن قضايا الصحة وذلك بسبب الحقول الكهرطيسية الناتجة عن خطوط نقل التوتر العالي على وجه الخصوص. بالإضافة إلى تأثر هذه المسارات والأماكن بعوامل بيئية، واقتصادية – اجتماعية، ومناخية وجيولوجية كثيرة. عند اختيار مسار خط النقل، فإن الخط المستقيم مع أقل الانحناءات يكون هو المفضّل كونه يقدم أفضل الحلول الهندسية والاقتصادية. من أجل تحقيق هذا المسار فإن الخط يمكن أن يمر من خلال أماكن محددة والتي قد تكون مأهولة بالسكان أومناطق تكون غير

مناسبة لتركيب الأبراج. لذلك تستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام الـ GIS كأداة تقنية في تحديد المسارات والمواقع الأمثل بحيث يكون التأثر والتأثير البيئي بالحد الأدنى (على سبيل المثال، تقليل عدد الأشجار اللازم قطعها في المناطق الزراعية والغابات إلى الحد الأدنى). تطبّق خوارزميات إيجاد المسار الأمثل (الموقع الأمثل) بالاعتماد على الميزات الكهربائية والاقتصادية بالإضافة إلى الخصائص المكانية إذ يساعد إظهار الشبكة الكهربائية على الخريطة في اتخاذ القرار المناسب. حيث توجد علاقة بين كل هدف مكاني وقواعد بياناته غير المكانية فمثلاً في نظام الطاقة الكهربائية يكون موقع البرج على الأرض هو المعطى المكاني وطول البرج هو المعطى غير المكاني (الوصفي). يقدّم نظام المعلومات الجغرافية الوسيلة الأفضل لربط قواعد البيانات غير المكانية مع البيانات المكانية أو الملامح الجغرافية المتعلقة بها. يظهر الشكل (6) جزء من مسار خط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية اعتماداً على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية GIS باستخدام برنامج ArcGIS (التحليق ثلاثي الأبعاد).

يلعب نوع التربة والتأثيرات البيئية أيضا دوراً هاماً في تحديد موقع أبراج خطوط النقل. كما يؤثر أيضاً نوع ووجود الملامح الجغرافية المقابلة لمسار خط النقل المقترح، والمناطق ذات خطر الانهيار، ومناطق الزلازل ونوع الصخور والعوامل المناخية على قرار تحديد مسار خط النقل.

الشكل (6): جزء من مسار خط نقل طاقة كهربائية (التوتر 66kV) (خط اللاذقية – الحفة) اعتماداً على تكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظام ArcGIS (التحليق ثلاثي الأبعاد).

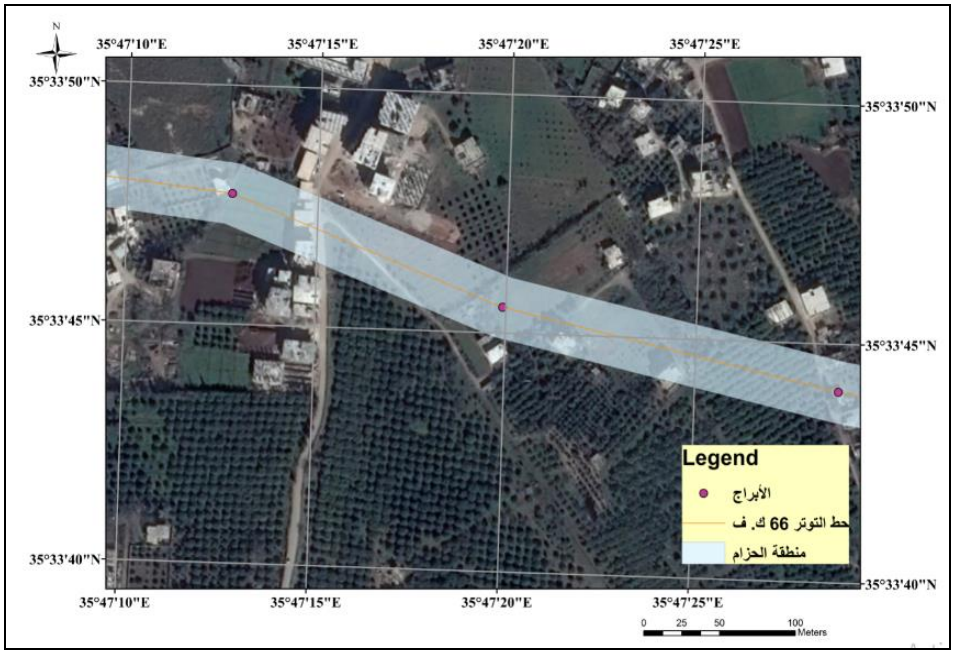
يُظهر الشكل (7) جزء من خارطة لنماذج الأراضي الزراعية والأشجار في منطقة (سقوبين – المدينة الرياضية) التي يمر فيها مسار خط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية اعتماداً على الصورة الفضائية للمنطقة ونظام المعلومات الجغرافية GIS.



الشكل (7): جزء من خريطة GIS تظهر نماذج استعمالات الأراضي والأشجار لمنطقة (سقوبين – المدينة الرياضية) يمر فيها مسار خط نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

إنّ مفهوم منطقة الحزام المأخوذة من المعلوماتية المكانية يمكن أن يساعد في تحديد المناطق الآمنة حول مسار خطوط نقل الطاقة الكهربائية بالتوترالعالي 230kV أو 66kV في المناطق السكنية، حيث يمكن أنّ يساعد ذلك على حماية القاطنين في تلك المناطق من تأثيرات الحقول الكهرطيسية العالية. يُظهر الشكل (8) منطقة الحزام لجزء

من مسار أحد خطوط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية (10 متر على يمين ويسار الخط).



الشكل (8): خريطة GIS تظهر جزء من مسار أحد خطوط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV (سقوبين – المدينة الرياضية) في محافظة اللاذقية مع منطقة الحزام

2.5. التطبيقات في مجال الإدارة والتشغيل:

إنّ إمكانية ربط نظام الـ GIS مع أدوات تحليل نظام الطاقة الكهربائية تساعد في تقديم حلول تقنية لمشاكل أنظمة الطاقة من حماية وإصلاح وصيانة وغير ذلك. حيث يمكن أن تساعد أنظمة الـ GIS في توضيح عدة طبقات من المعطيات فوق المخطط أحادي الطور لنظام الطاقة. نستعرض هنا عدد من التطبيقات في مجال الإدارة والتشغيل منها:

1) التنبؤ بالحمولة (الاستطاعة) الكهربائية:

التنبؤ بالحمولة هو التنبؤ بكمية النمو المستقبلي للحمولة وتوقع مواضع زيادة هذه الحمولة. هذا التنبؤ هام جداً في عملية تخطيط أنظمة الطاقة حيث يعتمد العمل التخطيطي الكلي على هذا التنبؤ. لاستخدام تقنيات تنبؤ مكانية بالحمولة، فإن تقنية الصورة الفضائية ونظام الـ GIS تقدم منصة عمل ممتازة حيث يتم دمج معطيات نظام الطاقة مثلاً مع معطيات استخدامات الأراضي والمعطيات الأخرى. تتألف عملية التنبؤ بالحمولة من التنبؤ بالطاقة الكلية، والاحمال المصنفة، ومنحي الحمولة وتوزيع الحمولة. للتنبؤ باحتياجات وتوزيع الحمولة في نظام الطاقة، فإنّه ينبغي تقسيم منطقة الاستهلاك إلى مناطق عديدة صغيرة مناسبة بالاعتماد على الموقع الجغرافي والذي يتضمن عدد النقاط المطلوبة التي تشير إلى الحمولات المختلفة للمستهلكين. حيث يتم جمع البيانات المكانية لكل قطاع والتنبؤ بنمو الحمولة المستقبلي لكل منطقة صغيرة. يمكن بعد ذلك أن يتم جمع المعلومات المكانية من خلال منصة العمل التي توفرها الصورة الفضائية ونظام الـ GIS. من أجل التنبؤ بنمو الحمولة لمنطقة جغرافية، فإنّه يجب توافر معطيات مثل استعمالات الأراضي الحالية، والبنية التحتية للمواصلات والانحدارات الجبلية والمراكز السكانية وبالتالي موقع إضافة الحمولة الجديدة المتوقعة. وعندها يمكن التخطيط للنظام المستقبلي من خلال هذه التنبؤات بالحمولة.

2) إدارة الكوارث وتحديد مواقع الأعطال:

تمكّن تقنية الصورة الفضائية ونظام الـ GIS من فهم متكامل لنظام الطاقة الكهربائي وذلك عن طريق ربط البيانات المكانية لمكونات هذا النظام مع البيانات الوصفية (الكهربائية) في خرائط رقمية تفاعلية، وهذا ما يجعلها منصات ضرورية ومتخصصة لإظهار بيانات نظام الطاقة المرجعة جغرافياً في الزمن الحقيقي مثل التوتر والاستطاعة، إلخ. يتم تخزين معلومات نظام الـ GIS في شرائح خرائط جغرافية تجعل من السهل ربط شروط عمل أنظمة الطاقة مع المعلومات الأخرى مثل حالة الطقس، وشبكات الطرقات، الخ. حيث تساعد بيانات الطقس في الزمن الحقيقي، المتكاملة مع نظام الـ GIS، في رفع سويات الحذر والحيطة لدى مشغلي نظام الطاقة. مثلا، بمساعدة هكذا نظام، فإنّ تحديد حالة الطقس المتوقعة المتحركة باتجاه منطقة ما يمكّن المشغلين من التحديد

السريع لتجهيزات النظام التي قد تتعرض لمخاطر متزايدة مما قد يؤدي إلى خروجها عن العمل.

يمكن أن يتم ربط خرائط النمو السكاني في نظام الـ GIS مع معطيات حمولات الخطوط في الزمن الحقيقي لتحديد الخطوط التي تتعرض لمخاطر أعطال متزايدة إما بسبب الصواعق (البرق) أو بسبب الحمولة الزائدة. يمكن عندئذ أن تؤخذ هذه الخطوط بالحسبان كخطوط محتملة للانهيار أو الفشل في عملية تحليل الطوارئ ضمن نظام الطاقة. وبشكل معاكس، إذا أظهرت خرائط النمو السكاني في الـ GIS نمواً صغيراً فإن المشغل يمكن أن يضخ كمية أكبر من الطاقة في خط النقل ضمن قيود التوتر.

يمكن أن تستخدم سجلات الحمولة أو التوليد عند رسم خرائط التوتر لإظهار شروط تشغيل النظام ككل مثل المكونات المحملة تحميلاً زائداً مما يساعد المشغلين في تحديد نقاط الاضطراب في الشبكة من خلال نظرة سريعة إلى شاشة المراقبة في مركز التحكم. اعتماداً على التحديد السريع للمواقع، فإن تحليلات رقمية تفصيلية إضافية يمكن أن يتم إجراؤها من أجل بناء تصّور أعمق للحلول الممكنة لحالة عمل الشبكة غير الطبيعية. في خارطة نظام الـ GIS يحدد اللون على الخارطة شدة أو خطورة التهديد في المناطق المحيطة بالموقع الجغرافي لمنطقة المشكلة. وحالماً يتم تحديد منطقة المشكلة على الخارطة، يستطيع المشغل أن يأخذ إجراءً وقائياً للتأكد من أنّ الحالة غير الطبيعية سوف لن تتطور إلى فشل كبير (عطل كبير) في النظام.

3) تقليل الضياعات في نظام الطاقة:

تتراوح ضياعات أنظمة النقل والتوزيع في البلدان النامية بين (35–40%). يمكن تقليل مثل هذه الضياعات وتحسين فعالية الطاقة عن طريق استخدام معطيات مكانية يتعامل معها نظام الـ (GIS) من خلال النقاط التالية:

- رسم خارطة توزّع المستهلكين اعتماداً على خارطة الشبكة الكهربائية. إنّ الهدف من ذلك هو فهرسة كل المستهلكين وتصنيف كامل لقاعدة بياناتهم مع الأخذ بالحسبان عناوينهم الكهربائية لتسجيل المعطيات المكانية وغير المكانية حيث يعطى كل مستهلك عنوان مفرد يدعى رقم فهرس المستهلك.

- أخذ قياسات دقيقة للمستهلكين وربطها مع موقعهم المكاني أي بمعنى تركيب المقاييس في كل مراحل التحويل وفي جهة المستهلك أيضاً.
- أخذ قياسات للمغذيات ومحولات التوزيع حسب موقعها المكاني: تركيب مقاييس إلكترونية في جميع مخارج المغذيات ومحولات التوزيع.
- تسجيل قياسات الاستطاعة الفعلية لمقاييس المغذيات ومحولات التوزيع وكذلك عامل الاستطاعة ومعلومات الأحمال.
- أخذ قياسات الطاقة المستقبلة (المستلمة) في كل محطة فرعية وفي مخارج المغذيات والطاقة المفوترة (المدفوعة الثمن) وحساب ضياعات النقل والتوزيع في كل مغذي ومحولة.
- تحميل المعلومات إلى شبكة حاسوبية وبناء نظام إدارة معلومات فعّال (MIS) مرتبط بأنظمة الـ (GIS) من أجل اتخاذ القرار السريع وتحسين نظام التوزيع.

4) تحليل نماذج الربحية (الريعية):

يُعدّ نظام القياسات والفوترة المصدر الرئيسي للعائدية (الريعية) في نظام الطاقة الكهربائي. يُساعد نظام الـ (GIS) المعتمد على الخرائط والصور الفضائية وخرائط جميع المستهلكين بمن فيهم الأفراد في تحديد نماذج الريعية وتغيراتها لنظام الطاقة على أساس موضعي محلي أو مناطقي. وهذا بدوره يمكن أن يستخدم بعد ذلك مع معلومات أخرى مثل مواقع أحياء محددة وأماكن الكثافة السكانية ونماذج اقتصادية أخرى لتحديد تغيّر أنظمة الريعية. عندما يتم تحديد هذه النماذج فإنّ الأولويات يمكن أن توضع لتحديد قضايا الاختلاس والتلاعب بالمقاييس.

يمكن أن تُقدّم هذه المعلومات لعناصر الجباية الحقلية لقمع مثل هذه السلوكيات السلبية. بالإضافة إلى ذلك فإن التحليل الزمني التسلسلي لنماذج الريعية للمستهلكين يمكن أن يساعد في تحديد الانخفاض أو الازدياد المفاجئ لنماذج الحمل في منطقة محددة مما يؤدي إلى إعطاء إنذار للتحقيق فيما إذا كانت هذه التغيرات نتيجة تغيّر عناصر نظام الطاقة نفسه أو حالة بسيطة لشاغل جديد في ذلك العنوان.

5) إدارة مكونات نظام الطاقة:

تتطلب أعمال إدارة مكونات نظام الطاقة الكهربائي توافر معلومات وبيانات من مصادر متعددة ضمن وخارج النظام. يمكن أن تشمل هذه المعلومات والبيانات حقوق التصرف بمكونات النظام ونقل أماكن توزعها، وحق تمرير خطوط نقل الطاقة، وظروف الطقس، ومخططات الأرض ومعطيات البيئة. بالجمع بين المعرفة المتاحة عن موقع المكونات المحددة يمكن أن يساعد نظام الـ GIS في بناء آلية استجابة لحظية لتحديد أمور مثل الإصلاح، والاستبدال لهذه المكونات وهذا ما يؤمّن تغذية أكثر موثوقية.

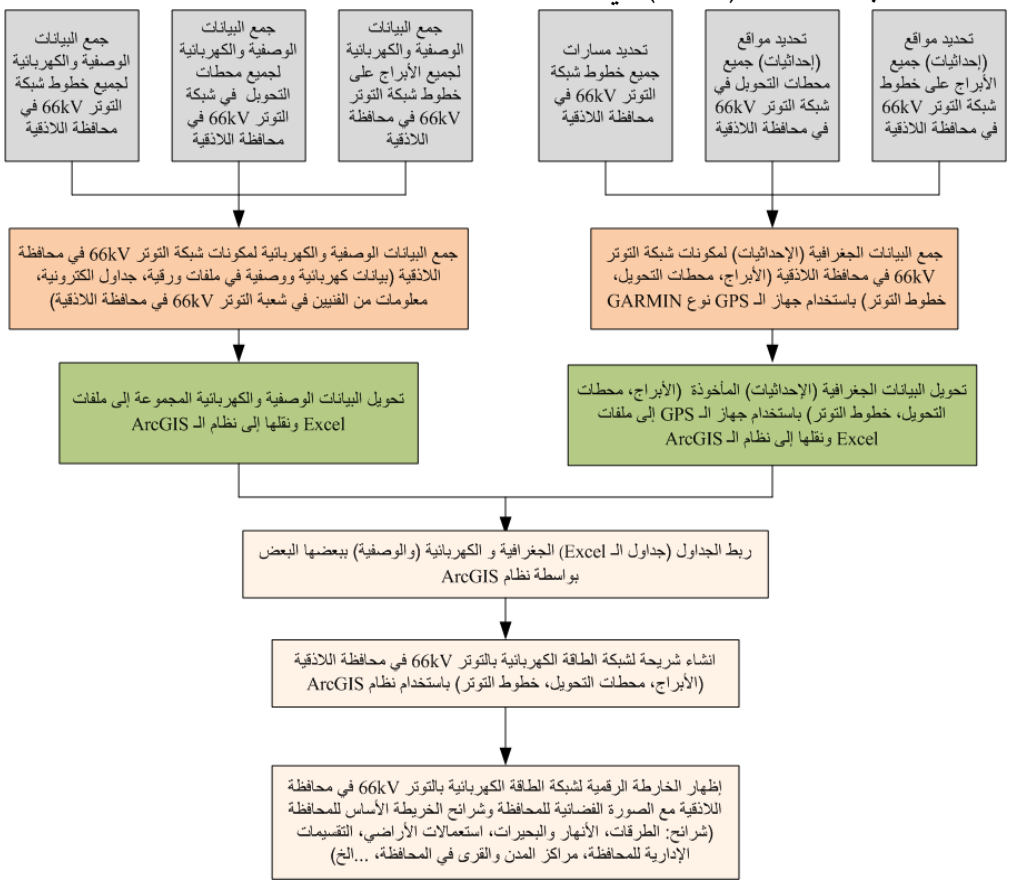
6- منهجية تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي الـ GIS والـ GPS في شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية:

يتطلب التخطيط والتصميم الأمثل لمشاريع الطاقة الكهربائية مثل مشاريع بناء محطات التوليد أو مشاريع بناء شبكات النقل والتوزيع توافر كم هائل من البيانات الكهربائية والجغرافية المتعلقة بهذه المشاريع إذ تلعب قواعد البيانات الصحيحة دوراً هاماً في عملية التخطيط. يمكن أنّ تستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام الـ GIS لرسم الخارطة المكانية لكامل نظام الطاقة من التوليد إلى النقل والتوزيع وصولاً إلى أنظمة التوتر المنخفض ونقاط تزويد المستهلكين بالطاقة على صورة فضائية أو خارطة مساحية. حيث تكون شرائح المعلومات متضمنة في هذا التمثيل الخرائطي. يمكن أن تمثل الشريحة الأولى التوزّع المكاني لمكونات نظام الطاقة مثل محطات التوليد، أبراج وخطوط شبكات النقل والتوزيع، ومراكز التحويل. الخ. يمكن أن تستخدم الشريحة الثانية لإظهار الخارطة المكانية التي تحوي شرائح الطرقات، والعلامات الأرضية، والأبنية، والأنهار، وخطوط السكك الحديدية، الخ.

لبناء قاعدة بيانات بنظام الـ GIS لشبكة نقل طاقة كهربائية، فإنّ الأمر يتطلب بدايةً استخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS لأخذ إحداثيات جميع أبراج خطوط نقل الطاقة الكهربائية في هذه الشبكة وجميع مراكز التحويل فيها حيث يتم بعد ذلك إنشاء خارطة أساس رقمية دقيقة للشبكة. يسير المستقصون على طول خطوط نقل الطاقة الكهربائية (باختلاف سويات التوتر فيها) ويلتقطون إحداثيات الموقع المكاني للأبراج (الأعمدة)، والمحولات، والمغذيات، والمحطات الفرعية، إلخ. تجمع أيضاً في هذه المرحلة

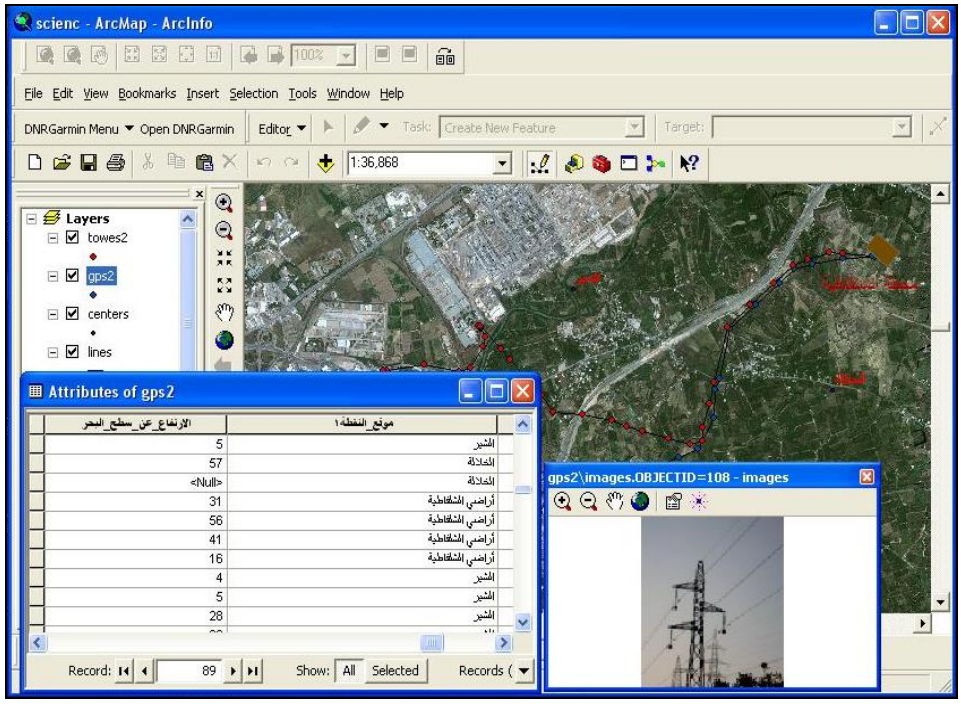
البيانات الوصفية للشبكة الكهربائية. بعدها يتم تصحيح للبيانات المكانية التي تم جمعها. يجب أن تُظهر الخارطة الرقمية الأساس العلامات الأرضية الهامة مثل الطرقات، والأنهار، إلخ، والتي تكون ضرورية، على سبيل المثال، لتحديد أفضل توضع لمكونات الشبكة و/أو لتخطيط التوسع الجديد في الشبكة مستقبلاً، إلخ. من أجل إظهار أفضل، فإن الخارطة الرقمية للشبكة يمكن أن يتم وضعها فوق الخارطة الرقمية الأساس وإضافة الصورة الفضائية أيضا إليها.

تضم الخارطة الرقيمة مجموعة من شرائح البيانات الكهربائية والجغرافية التي يتم جمعها وإدخالها. ولتوضيح ما ذكرنا فإننا نوضح في الشكل (9) المخطط المنهجي الكلي لطريقة العمل التي تم اعتمادها من أجل بناء قاعدة بيانات بنظام المعلومات الجغرافية لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية وانشاء الخارطة الرقمية لها.



الشكل (9): المخطط المنهجي الكلي لطريقة العمل التي تم اعتمادها في انشاء الخارطة الرقمية بنظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS) لشبكة نقل الطاقة بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية

أخيرا يظهر الشكل (10) جزء من الخارطة الرقمية لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية مع الصورة الفضائية بين محطتي اللاذقية والشلفاطية. كماُ يظهر الشكل أيضاً صورة لأحد الأبراج التي تم الاستعلام عنها بواسطة نظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS) مع إظهار البيانات الجغرافية والوصفية (الكهربائية) عن هذا البرج.



الشكل (10): جزء من الخارطة الرقمية لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية مع الصورة الفضائية بين محطتي اللاذقية والشلفاطية

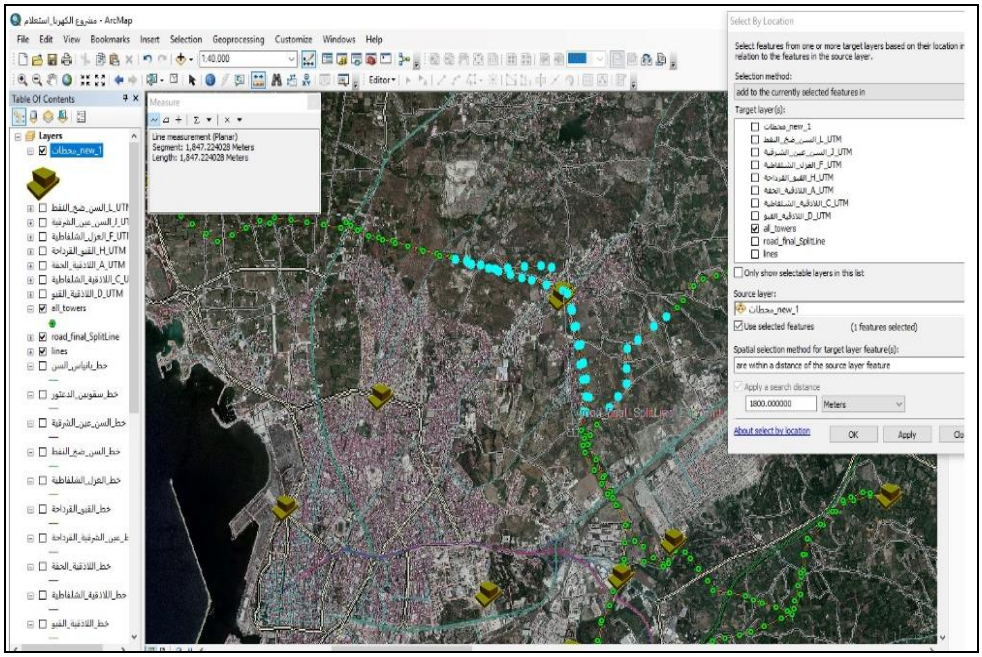
7. التحليل المكاني والاستعلام لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية:

إن استخدام برنامج التحليل المكاني لنظام المعلومات الجغرافية بعد بناء الخارطة الرقيمة لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية على شكل شرائح GIS وربطها مع قواعد البيانات الجغرافية والكهربائية، يساعد في إنجاز عدد كبير من المهام المتعلقة بإدارة الشبكة وبالأخص عمليات الاستعلام عن مكونات الشبكة مما يسهل عملية اتخاذ القرار المتعلقة بتشغيل وصيانة الشبكة بشكل كبير.

وسنستعرض فيما يلي عدد من الأمثلة عن عمليات الاستعلام التي يمكن إجراؤها على الشبكة باستخدام الخارطة الرقيمة:

1) الاستعلام عن أماكن وجود محطات التحويل والأبراج المزدوجة الموجودة في منطقة محددة من محافظة اللاذقية:

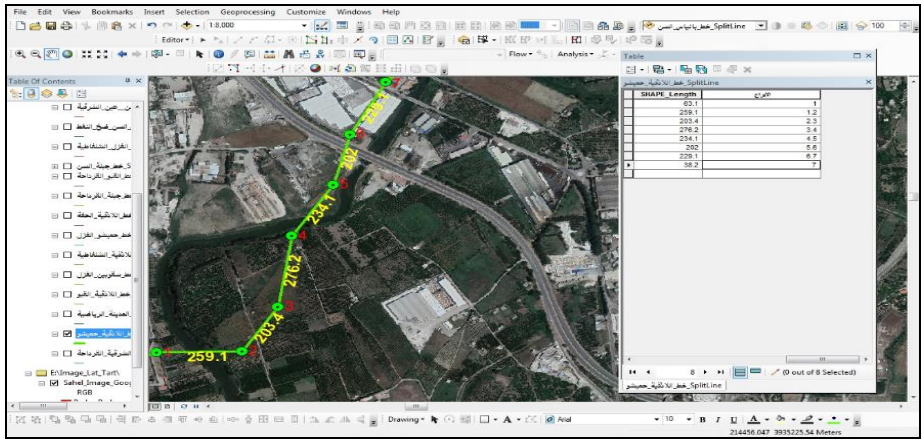
يُظهر الشكل (11) نتائج الاستعلام عن أماكن وجود محطات التحويل وأماكن توضّع الأبراج المزدوجة (وفقاً للإحداثيات الجغرافية الحقيقية) في منطقة محددة من محافظة اللاذقية. حيث تظهر أماكن المحطات على الشكل باللون الزيتي في حين أنّ أماكن توضع أبراج النقل المزدوجة تظهر على الشكل باللون الفيروزي.



الشكل (11): جزء من شريحة GIS تُظهر الاستعلام عن أماكن توضّع محطات التحويل والأبراج المزدوجة في منطقة محددة من محافظة اللاذقية

2) الاستعلام عن المسافات (مقاسة بالأمتار) بين الأبراج في خط نقل (اللاذقية – حميشو) الذي يعمل بالتوتر 66kV:

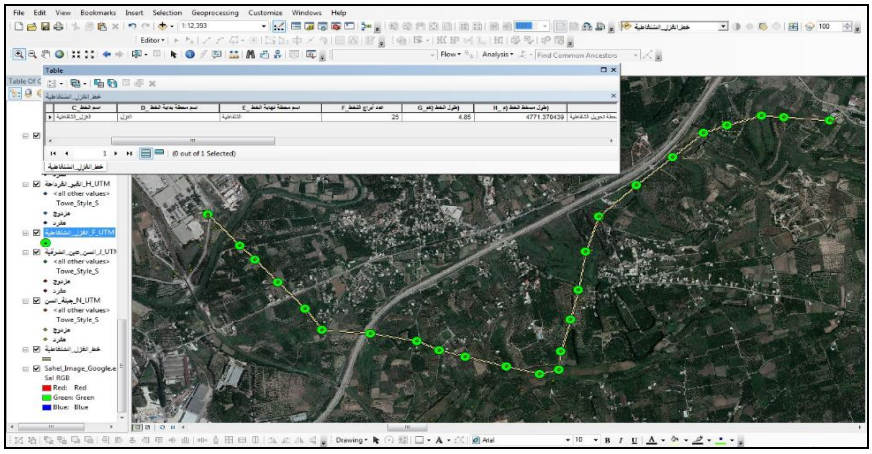
يُظهر الشكل (12) نتائج الاستعلام قياسات المسافات (بالأمتار) بين أبراج خط نقل (اللاذقية – حميشو) الذي يعمل بالتوتر66kV في محافظة اللاذقية. تظهر قياسات المسافات بين الأبراج (بالأمتار) على الخط باللون الأصفر.



الشكل (12): جزء من شريحة GIS تُظهر الاستعلام عن قياسات المسافات (بالأمتار) بين أبراج خط نقل الطاقة (اللاذقية – حميشو) الذي يعمل بالتوتر 66kV

3) الاستعلام عن خط نقل الطاقة (الغزل – الشلفاطية) الذي يعمل بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية:

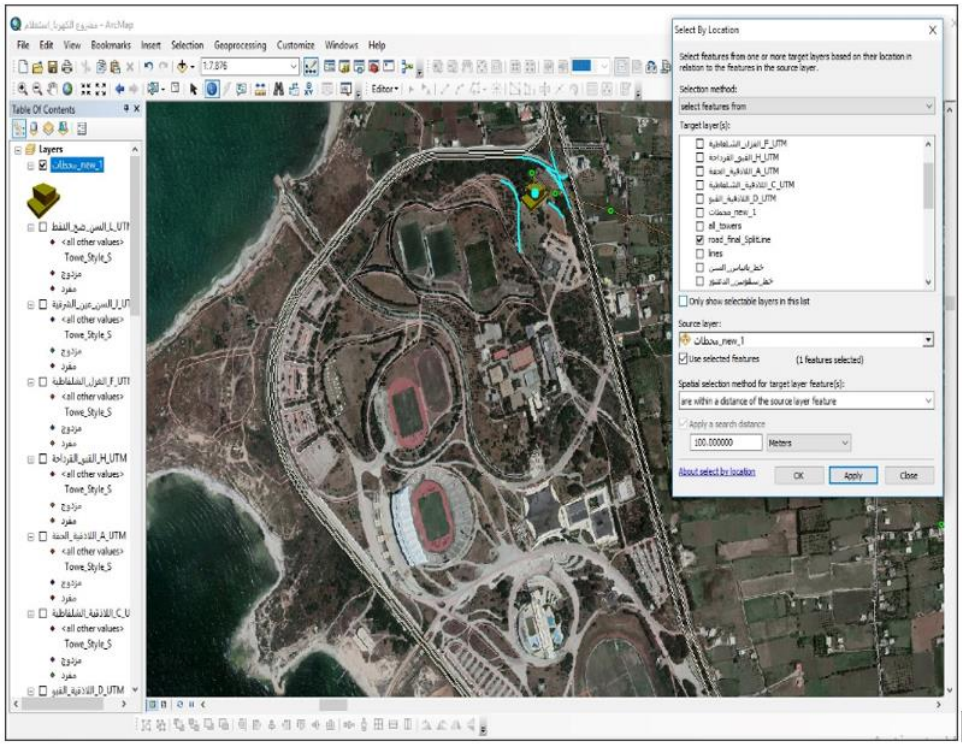
يُظهر الشكل (13) نتائج الاستعلام عن خط نقل الطاقة (الغزل – الشلفاطية) الذي يعمل بالتوتر 66kV. حيث يظهر على الشكل أماكن توضّع أبراج الخط (وفقاً للإحداثيات الجغرافية الحقيقية) باللون الأخضر ومسار الخط واسمه واسم المحطة في بداية الخط (محطة تحويل غزل اللاذقية) واسم المحطة في نهاية الخط (محطة تحويل الشلفاطية). كما يظهر أيضاً عدد أبراج الخط البالغ 25 برج وطول الخط بالكيلومتر والبالغ 4.85 كم وطوله بالأمتار أيضاً.



الشكل (13): جزء من شريحة GIS تُظهر الاستعلام عن بيانات خط نقل الطاقة (الغزل – الشلفاطية) الذي يعمل بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية

4) الاستعلام عن الطرقات التي تقع ضمن مسافة 100 متر من محطة تحويل المدينة الرياضية:

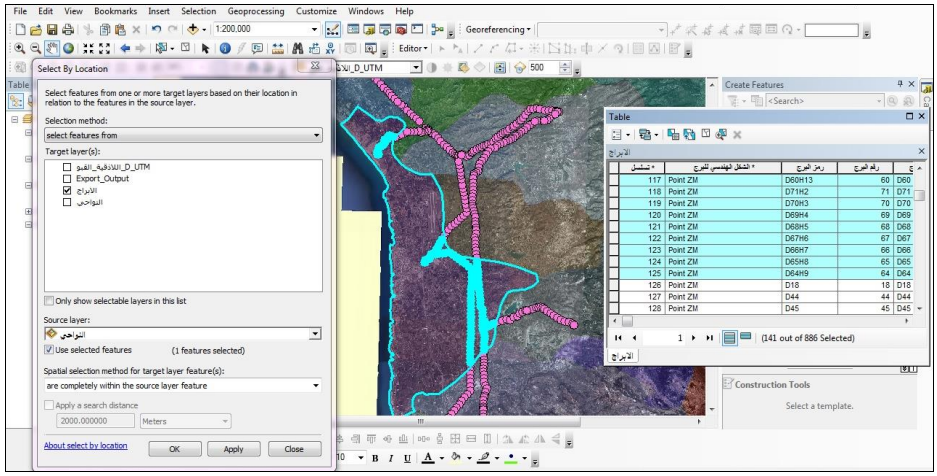
يُظهر الشكل (14) نتائج الاستعلام عن جميع الطرقات التي تقع ضمن مسافة 100 متر من محطة تحويل المدينة الرياضية. حيث يظهر على الشكل أجزاء من الطرقات التي تقع ضمن المسافة المحددة باللون الفيروزي وتظهر المحطة باللون الفوسفوري.



الشكل (14): جزء من شريحة GIS تظهر الاستعلام عن الطرقات التي تقع ضمن مسافة 100 متر من محطة تحويل المدينة الرياضية الموجودة ضمن شبكة نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

5) الاستعلام عن الأبراج الموجودة في منطقة مركز مدينة جبلة:

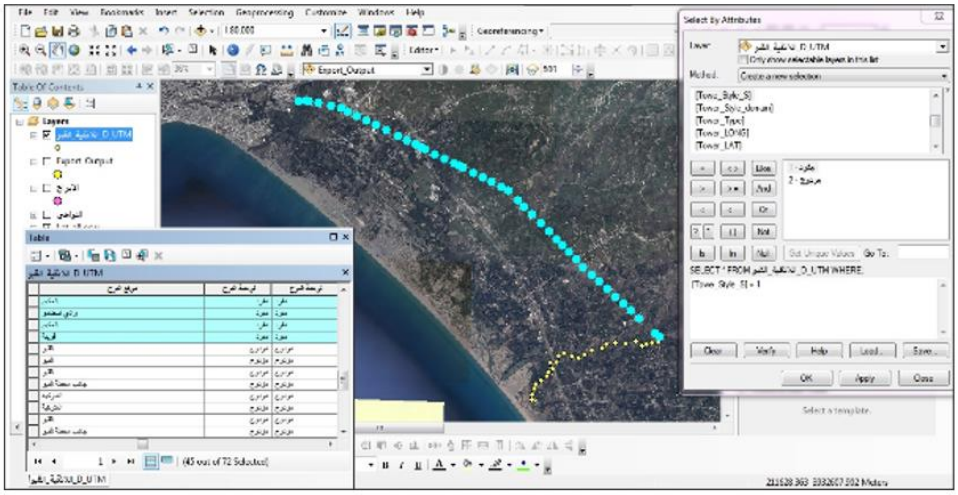
يُظهر الشكل (15) نتائج الاستعلام عن عدد وأماكن توضّع جميع الأبراج الموجودة في منطقة مركز مدينة جبلة. حيث يبّن هذا الاستعلام أن عدد الأبراج الموجودة في هذه المنطقة هو 141 برج من أصل مجموع أبراج الشبكة. وتظهر هذه الأبراج على الشكل باللون الفيروزي داخل منطقة مركز مدينة جبلة.



الشكل (15): جزء من شريحة GIS تظهر الاستعلام عن عدد وأماكن توضّع الأبراج الموجودة في منطقة مركز مدينة جبلة في شبكة نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

6) الاستعلام عن الأبراج المفردة فقط الموجودة على خط اللاذقية – القبو:

يُظهر الشكل (16) نتائج الاستعلام عن عدد الأبراج المفردة فقط الموجودة على خط اللاذقية – القبو لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر في محافظة اللاذقية وأماكن توضّعها على الصورة الفضائية. حيث تظهر الأبراج المفردة باللون الفيروزي وعددها 45 من أصل 72 برج على الخط. أما بقية الأبراج (المزدوجة) فتظهر باللون الأصفر.



الشكل (16): جزء من شريحة GIS تظهر الاستعلام عن عدد وأماكن توضّع الأبراج المفردة فقط على خط اللاذقية – القبو في شبكة نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

8- الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت هذه المقالة من خلال النتائج التي حصلنا عليها الاستنتاجات التالية:

- من الضروري جداً استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وأنظمة الـ GIS في مشاريع الطاقة الكهربائية بجميع مراحلها حيث لم يعد هناك مجال للشك في الإمكانيات الكبيرة التي تقدمها هذه التقنيات من حيث جمع وتخزين ومعالجة وإظهار كم هائل من البيانات اللازمة لتنفيذ مثل هذه المشاريع بالشكل الأمثل.
- يمكن باستخدام نظام الـ GIS مراقبة الطلب المتزايد على الطاقة بسبب النمو السكاني وهذا ما يساعد في تحديد الاحتياجات المستقبلية لنظام الطاقة.
- طالما أن التخطيط لإنشاء خطوط جديدة لنقل الطاقة والتوسّع في نظام الطاقة وإدارة الكوارث فيه تتأثر بالظروف السكانية والبيئية، فإنّ نظام الـ GIS يلعب دوراً هاماً في دراسة وتحليل تلك العوامل وعندها يمكن اتخاذ القرار السليم اعتماداً على تلك الدراسات والتحليلات.
- من الضروري ربط البيانات الحغرافية والكهربائية لنظام الطاقة مع بعضها البعض بواسطة نظام الـ GIS على شكل خارطة رقمية تفاعلية للحصول على

رؤية أفضل لنظام الطاقة وإجراء جميع التحليلات اللازمة لإدارة هذا النظام بالشكل الأمثل.

وبناءً على نتائج هذه المقالة يمكن أن نوصي بما يلي:

- تعميم هذا البحث بحيث يشمل شبكات نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر العالي والمتوسط والمنخفض على كامل مساحة محافظة اللاذقية وعلى كامل مساحة الجمهورية العربية السورية أيضاً.
- العمل على تبني مفهوم تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية بشكل علمي أكاديمي وبحثي وبشكل رسمي في مشاريع الطاقة الكهربائية.
- وضع مفاهيم الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الحغرافية موضع التطبيق العملي والاستفادة من الخبرات المحلية الموجودة في تصميم وتخطيط وإدارة نظام الطاقة الكهربائية.
- إنشاء إدارات لنظام المعلومات الجغرافية في جميع دوائر وشركات نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية في سورية وتعيين مهندسين أو فنيين يملكون الكفاءة في استخدام وإدارة نظام المعلومات الجغرافية.

9- المراجع:

[1] PAUL, A, LONGLEY, M, GOODCHILD, F, DAVID, JM., DAVID WR, 2015- Geographic Information Systems and science, John Wiley & Sons Ltd, 496p.

[2] WIERNES, PE, BRACHT, N, MOSER, NA, BOHLEN, S, 2015 A novel geo-spatial clustering tool applied to power system strategic planning, 2015 Modern Electric Power Systems (MEPS), pp. 1-6.

[3] JUE, H, 2017 Design and research of cross-regional large power grid GIS platform architecture, 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC), Chengdu, pp. 739-742.

[4] KUIHUA, W, DONGLEI, S, XUELIANG, L, ZHONGFU, J, XINSHENG, N, JINHONG Y, 2017 Study of GIS-oriented graphical management system for power grid planning based on cloud service, IEEE 2nd International Conference on Cloud Computing and Big Data Analysis (ICCCBDA), Chengdu, pp. 504-508.

[5] PHAYOMHOM, A, RUGTHAICHAROENCHEEP, N, CHAITUSANEY, S, 2015 GIS application to distribution substation planning in MEA's power system, 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Hua Hin, pp. 1-6.

[6] SHU, J, WU, L, ZHANG, L, HAN, B, 2015 Spatial Power Network Expansion Planning Considering Generation Expansion, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 30, No. 4, 1815-1824

[7] PHILIP, HS. 2005 Electrical Distribution Modeling, Blacksburg, Virginia, MS thesis.

[8] LI, Y, ZHANG, H, ZHOU, G, LIU, G, FENG, Z, MENG, Q, 2017 Real-time synchronous data visualization for wide area power systems, IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), Beijing, pp. 1-6.

[9] WU, L. LIN, Y. PANG, W. 2018 Distribution Network Topology Modelling and Automatic Mapping Based on CIM and GIS, IEEE 4th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC), Chongqing, China, pp. 1-5.

[10] SURYAWATI, O, PENANG, S, SUYANTO, N, 2017 Online power flow management based on GIS for active distribution network management, International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Sanur, pp. 149-152.

[11] KAIPPILLY, K, RADHAKRISHNAN, J. MOIRANGTHEM, S, PANDA, K. AND AMARATUNGA, G, 2018 GIS Integrated

Automation of a Near Real-Time Power-Flow Service for Electrical Grids, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 54, No. 6, 5661-5670.

[12] MOIRANGTHEM, J, KRISHNANAND, KR, PANDA, SK, AMARATUNGA, G, 2016 GIS integrated automation of a near real-time power-flow service for electrical grids, IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET), Hanoi, pp. 48-53.

[13] RIHAN, M. KUMAR, V, 2016 GIS aided PMU placement for dynamic state measurement in power grid: A case study, International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), Noida, pp. 945-948.

[14] BEYHAN, H, YALÇIN, M. KOCAMAZ, AF, 2019 Matching Voltage Drop and Power Losses with GIS In Middle Voltage Electric Distribution Network in Diyarbakır, International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP), Malatya, pp. 1-6.

[15] ALBASRI, FA, ALZAKI, Z, ALNAINOON, E, ALAWI, H, AYYAD, R, 2019 2019 A Fault Location System Using GIS and Smart Meters for the LV Distribution System, International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT), Sakhier, pp. 1-6.

[16] RAGHAV, SP, JAYANT, KS, 2006 Electrical Network Mapping and Consumer Indexing Using GIS, Conference Proceedings of Map India.

[17] QIAN, Z, HU, C, 2019 Optimal Path Selection for Fault Repair Based on Grid GIS Platform and Improved Fireworks Algorithm, 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), Chengdu, pp. 2452-2456.

[18] WANG, C, WANG, QL, YUAN, L, WANG, S, TIAN L, LUO L, 2010 Applications of GIS to Power Distribution Dispatching and analysis of technical questions, China International Conference on Electricity Distribution.

[19] Zaidi, FB, Islam, SN, Mahmud, MA, AM, To, 2017 Information management of a power distribution network in real time through GIS mapping, Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), Melbourne, pp. 1-6.

[20] DORJI, C, KHAWASH, S, LHAMO, C, DRUKCHEN, N, 2015 GIS Approach to Distribution Network of Phuentsholing Town,

International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), Jabalpur, pp. 1515-1519.

[21] LEITE, JB, MANTOVANI, JRS, DOKIC, T, YAN, Q, CHEN, P, KEZUNOVIC, M, 2019 Resiliency Assessment in Distribution Networks Using GIS-Based Predictive Risk Analytics, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 34, No. 6, 4249-4257.

[22] Bhargava, P, Jain, A, Singh, S, Thakur, VK, 2015 GIS - SCADA: Integration and applications in Distribution network, International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), Chennai, pp. 0354-0357.

[23] MONIKA, D. SRINIVASAN, N, REINDL, T. "Demand side management in residential areas using geographical information system," 2017 IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), Beijing, 2017, pp. 1-6.

[24] MONIKA, D. SRINIVASAN AND T. REINDL, 2015 GIS as a tool for enhancing the optimization of demand side management in residential microgrid, IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA), Bangkok, pp. 1-6.

[25] Li, Y, et al, 2018 An efficient substation placement and sizing strategy based on GIS using semi-supervised learning, CSEE Journal of Power and Energy Systems, Vol. 4, No. 3, 371-379.

[26] Wen, R, Wang, H, Wang, C, Xiang, Y. Zhou, C, 2015 A smart cable management system in support of the smart city, CIRED Workshop, Helsinki, pp. 1-4.

[27] REZAEE, N, NAYERIPOUR, M, ROOSTA, A, NIKNAM, T, 2009 Role of GIS in Distribution Power Systems, World Academy of Science, Engineering and Technology Vol.36, 902-906.

[28] JAYANT, S, GIS application in Power Distribution Utility, UPCL, Dehradun, 1-2

[29] SAHEED, O, SALAWUDEEN, UR. 2006 Electricity Distribution Engineering and GIS.

[30] NAGARAJA, A, SEKHAR, KS, AMIT, J, 2008 Application of GIS and Spatial Informatics to Electric Power Systems, IIT Bombay, 254-259.

[31] GNANASEKARAN, L, MONEMI, S, 2018 GIS Role in Smart Grid, IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech), Long Beach, CA, pp. 1-5.

[32] CUSTODIO, G, TRINDADE, FL, PETROU, K, OCHOA, LF, 2019 An Advanced GIS-based Tool for the Analysis of Future Distribution Networks, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies

Conference - Latin America (ISGT Latin America), Gramado, pp. 1-6.

[33] Tutorial, 2007 Fundamental of Remote Sensing, A Canada Centre for Remote Sensing Remote Sensing, 258p.