التحليل المكاني لإمكانية انتخاب مواقع مزارع الطاقة الشمسية في محافظة نينوى باستخدام GIS & RS

الأستاذ المساعد الدكتور سحر سعيد قاسم الطائي
وليد وعد عبد السبعاوي
كلية التربية للعلوم الإنسانية / جامعة الموصل

المستخلص

إنّ دراسة موضوع الطاقة الشمسية يعد خطوة جيدة للنهوض بتنمية الطاقة الكهربائية، لأنها مصدر واعد لحل المشكلات التي تتعلق بأزمة الطاقة مستقبلاً، ونتيجة لزيادة عدد السكان، والتقدم التكنلوجي، وزيادة الطلب على الطاقة وما يرافقه من ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري أصبح من الضروري أن تتوجه الانظار إلى مصادر الطاقة المتجددة ولاسيما الطاقة الشمسية، إذ يشهد العالم توسعاً كبيراً في استغلال الطاقات المتجددة وقد حققت بعض الدول نسب مرتفعة من حاجتها للطاقة عن طريق مشاريع الطاقات المتجددة، يهدف البحث الى دراسة التحليل المكاني لاهم المحددات المؤثرة في انتخاب مواقع مزراع الطاقة الشمسية بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد حي تم انتخاب العناصر المناخية الموثرة في تحديد موقع الخلايا الشمسية والمظهر الأرضي وتضرس المنطقة والسكان والطرق وغيرها من المحددات الطبيعية والبشرية وتم الاعتماد على المرئية للقمر سنيتسل بدقة ١٠ متر ونموذج الارتفاع الرقمي بدقة ٣٠ متر حيث ابتدأت الدراسة من مشكلة مفادها يعد محدودية استخدام الطاقة الشمسية وإمكانية استثمارها في محافظة نينوى وصولا للتنمية المستدامة على الرغم من توفر المقومات لتنميتها وصناعتها من المشكلات الأساسية التي تواجه الدولة العراقية ومنها محافظة نينوى مما دعانا الى التوجه لتحديد المحددات الجغرافية المؤثرة في استغلال هذه الطاقة.

المقدمة

إنَّ دراسة توفر الطاقة وبخاصة الكهربائية من الطاقة الشمسية أهم الأهداف التي تسعى لتحققها الإدارات الحكومية، لذلك نحتاج إلى خطط واضحة في شأن توزيع مشاريع الطاقة الشمسية، ولاسيما في السنوات الأخيرة؛ وذلك بسبب التطور السريع الذي تشهده هذه المشاريع في مجالات عدة، وتسعى الدراسة الحالية إلى توضيح إمكانية استخدام نظم المعلومات الجغرافية في مجال الطاقة الشمسية، وقد تبين دور نظم المعلومات الجغرافية في مجال اختيار الموقع الأمثل لتلك المشاريع، وتتمثل قدرة نظم المعلومات الجغرافية في عرض وتحليل الخرائط على الحاسب الآلي وإتاحة إمكانية الاتصالات الإلكترونية هذه إلى إمكانيات التحليل وتحديث البيانات التي تخدم مخططات التطور، ويوضح النموذج التطبيقي المقترح (Solar farms) كيفية استخدام نظم المعلومات الجغرافية في مجال اختيار الموقع الأمثل لتوقيع أو إنشاء مزارع الطاقة الشمسية في محافظة نينوى، وتسهم نظم المعلومات الجغرافية في إجراء التحليل المكاني للظواهر الطبيعية والبشرية، وفي اتخاذ القرارات في أسرع وقت، وعلى نشر المعلومات لعدد أكبر من المستفيدين ودمج المعلومات المكانية والمعلومات الوصفية في قاعدة معلومات واحدة، والقدرة على الإجابة على الاستعلامات والاستفسارات الخاصة بالمكان أو المعلومة الوصفية، والقدرة على التمثيل المرئي للمعلومات المكانية، وتطوير النماذج والمحاكاة (Simulation) قبل التطبيق الفعلي على أرض الواقع.

أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في إمكانية إيجاد مصدر جديد للطاقة الكهربائية ألا وهي الطاقة الشمسية إذ تعد الآن هذه المصادر هي الطاقة الحيوية المستدامة للوصول الى صناعة الطاقة الشمسية التي تعتمدها دول العالم الحديث للوصول الى الاستدامة المستمرة للطاقة الكهربائية، وذلك لما لها من تأثير كبير في مفاصل الحياة جميعها في العالم بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص، من حيث كونه خطوة مهمة لحل مشكلة أزمة الطاقة الكهربائية في محافظة نينوى وبداية الاكتفاء الذاتي للطاقة إذ ما استثمرت بشكل صحيح تكون المحرك في رفد عجلة التنمية الاقتصادية وإطالة العمر الاحتياطي للنفط العراقي بتخفيض كمية المبالغ التي تصرف على الوقود لتشغيل المحطات الكهربائية .

مشكلة البحث

١. هل هناك مقومات طبيعية وبشرية في محافظة نينوى بالإمكان استثمارها في الطاقة الشمسية؟
٢. هل تساهم برامج نظم المعلومات الجغرافية في تحديد وانتخاب المواقع الافضل لأنشاء مزارع للخلايا الشمسية في محافظة نينوى؟ وما هي البرامج التي تحقق ذلك؟

فرضيات البحث

يمكن تحدد الفروض الآتية للبحث :

١. تمتلك محافظة نينوى مؤهلات طبيعية وبشرية تساعد في تنمية صناعة الطاقة الشمسية فضلا عن توفر التقنيات الحديثة إمكانية الكشف عنها واستثمارها ووجود محددات جغرافية تؤثر في عملية استغلال تلك الطاقة.

٢. بالإمكان الاعتماد في تحديد مواقع مزارع الطاقة الشمسية على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقديم حلول برمجية عن طريق تصميم نموذج (Solar farms) من خلال (Model builder) ووظيفة الجبر الخرائطي (Map Algebra).

هدف البحث

يهدف البحث الى تحديد المواقع الملائمة لإقامة وإنشاء مزارع الطاقة الشمسية في محافظة نينوى للوصول الى اعلى استثمار لها، بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ومنهجية دعم القرار المكاني (MCDM) وأساليب التحليل المكاني، وبناء انموذج رقمي (Solar farms) لتكون أداة فاعلة في صنع القرار.

منهجية البحث

اعتمد البحث على منهجية تلائم الموضوع وطبيعته من حيث تحديد المقومات الجغرافية المؤثرة في استغلال الطاقة الشمسية وتحليل الظروف المناخية المؤثرة في كمية الإشعاع الشمسي، ووضع أسس صحيحة لفهمها بالاعتماد على المنهج الاستقرائي الذي يبدأ من الجزئيات وينتهي بالكليات, والاسلوب الكمي الاحصائي، للتعامل مع البيانات المتعلقة بالعناصر المناخية والصادرة عن الهيأة العامة للأنواء الجوية ، وتطبيق المعادلات الرياضية في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية للحصول على نتائج تخدم البحث .

الحدود المكانية والزمنية للدراسة

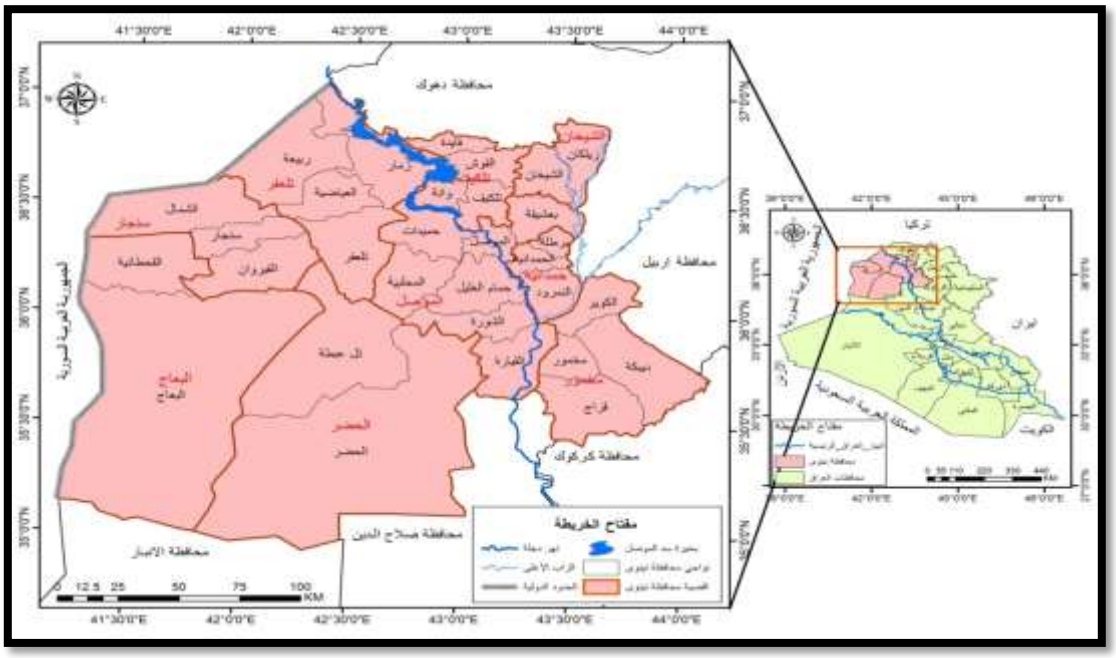
تشغل محافظة نينوى مساحة واسعة تبلغ (٣٨٧٧٣) كم^{٢} من مجموع مساحة العراق البالغة (٤٣٥٠٥٢) كم^{٢} وهي تشكل ما نسبته (8.9%) من مساحة جمهورية العراق، وهذا الاتساع أدى بدوره الى تباين الظروف الطبيعية وبخاصة المناخ، يحدها من الشمال محافظة دهوك ومن الجنوب محافظة الانبار ومن الجنوب والجنوب الشرقي محافظة صلاح الدين ومن الشرق محافظتا اربيل والتأميم ومن الغرب الجمهورية العربية السورية .

تقع محافظة نينوى بين دائرتي عرض(٠٠'-٥٥°-٣٤) – (٠٠'-٠٥°-٣٧) شمالاً وخطي طول(٠٠'-١٠°-٤١) – (٠٠'-١٥°-٤٤) شرقاً الخريطة (١)، وهي بموقعها هذا تتوسط المنطقة المعتدلة الشمالية، وعلى الرغم من الموقع بالنسبة لخطوط الطول فانه لا يترك دلالة جغرافية على الموقع إلا في أهميته في تحديد الوقت المحلي[١]، غير أنّ الموقع بالنسبة لدائرة العرض يحدد شدة الاشعاع الشمسي ومقدار كميته اللذين يعتمدان على عاملين اساسيين هما زاوية سقوط الاشعة وساعات السطوع الشمسي[٢]، وبما أنَّ الشمس تعد الضابط الأساس لعناصر المناخ فهي المنبع الرئيس لحرارة الجو على سطح

الارض، وبما أنَّ صفاء الجو وزاوية سقوط الاشعة، والاختلاف في مقدار بعد الارض عن الشمس واختلاف سرعة دوران الارض حول الشمس وحركتها الظاهرية بين المدارين وميلان محور الارض وطول النهار وعوامل أخرى كلها تساهم في اختلاف شدة الاشعاع وكميته ، وعلى هذا الاساس تعد دوائر العرض من الضوابط التي تتحكم في توزيع الخصائص المناخية على وجه الارض [٣].

اما البعد الزمني فيتمثل بدورة مناخية مدتها ٣٠ سنة تمتد بين (١٩٩٠- ٢٠٢٠) متمثلة بالبيانات المناخية الصادرة من الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي لمحطات محافظة نينوى (الموصل، سنجار، تلعفر، ربيعة، تل عبطة، والبعاج) .

خريطة (١) الموقع الجغرافي والفلكي لمحافظة نينوى



عمل الباحث بالاعتماد على جمهورية العراق، محافظة نينوى، مديرية بلديات نينوى، قسم التخطيط، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٢، وبرنامج (ARC GIS)

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في نظام اختيار المواقع الجغرافية المناسبة

أنَّ التحليل المتعدد للمتغيرات هو عبارة عن عملية تحويل ودمج البيانات الجغرافية التي من الممكن أن تعبر عن معايير جغرافية مع الاختيارات والمحددات المتاحة من قبل متخذي القرار وذلك للحصول على معلومات مناسبة ومفيدة لدعم القرار، يهدف الى تقديم منهجية جديدة عن طريق مزج أساسيات نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المتعدد للمتغيرات لدعم اتخاذ القرار باستخدام المصطلحات اللغوية القياسية، إضافة إلى توضيح كيفية معالجة البيانات بواسطة استخدام برنامج Arc Map، وإذا كانت وظيفة نظم المعلومات الجغرافية كأداة متكاملة هو إجراء عملية تخزين ومعالجة وتحليل

وتصوير البيانات المكانية الصنع ودعم القرار، فإن عملية التحليل المتعدد المتغيرات تنصب على إعطاء مجموعة غنية من الخطوات الواضحة لاتخاذ القرار فضلاً عن تصميم وتقييم وتفضيل الخيارات أو القرارات البديلة[٤].

صنع القرار متعدد المعايير (Multi-Criteria Decision-Making (MCDM

أدى تطوير تقنيات وأساليب جديدة لجمع البيانات المكانية إلى كميات كبيرة من البيانات التي يصعب معالجتها وتخزينها وإدارتها، نتيجة للحاجة إلى طرق إدارة بيانات مكانية فعالة من حيث التكلفة وفعالة ودقيقة, تمكّن أنظمة المعلومات الجغرافية من معالجة البيانات المكانية بشكل أسرع وأسهل، ولكن الميزة الأكثر أهمية لها هي القدرة على إجراء التحليلات المكانية والسمات والمتعددة المعايير. يعتمد استغلال الطاقة الشمسية وانشاء مزارع الطاقة على العديد من العوامل المكانية وغيرها من العوامل التي يجب بحثها قبل اختيار الموقع الأمثل للبناء، هناك حاجة لإنشاء تخطيط مكاني يعتمد على أنظمة المعلومات الجغرافية التي ستأخذ في الاعتبار جميع المعلمات الحاسمة لبناء محطة الطاقة الشمسية[٥].

وبناء على ماتقدم يعد صنع القرار متعدد المعايير (MCDM) والتي تسمى عملية تحليل المعايير، مجموعة من الاساليب والتقنيات الرياضية تسمح للباحث استخدام مجموعة متنوعة من المعايير لتحديد افضل موقع بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد[٦], او غاليا ما تسمى طريقة المساعدة على اتخاذ القرار متعدد المعايير، وهي من فروع عمليات البحث التي تتعامل مع اهداف متعددة، وقد اجتذبت هذه الطريقة متخذي القرار لفترات طويلة في مجال الطاقة، نظرا لقدرتها على تقديم الحلول للمشاكل المعقدة التي يعاني منها هذا المجال واكتشاف علاقة الطاقة بالاقتصاد من حيث القدرة على التنبؤ بالطاقة، تساعد هذه القرارات على فهم اراء المحللين والعمل على تحسين جودة هذه القرارات وتهدف هذه الاساليب الى زيادة الفوائد مع تقليل التكاليف[٧].

معايير اختيار الموقع المناسب لأنشاء مزارع الطاقة الشمسية

هناك مجموعة واسعة من الاعتبارات المناخية والجغرافية والاقتصادية والبيئية لاختيار مواقع مزارع الطاقة الشمسية، يحتوي كل معيار من المعايير الرئيسة على مجموع من المعايير الفرعية التي تؤثر في اتخاذ القرار مثل امكانية الاشعاع الشمسي والغطاء الارضي والقرب من الشبكات الطرق وشبكات نقل الطاقة الكهربائية وعوامل مهمه اخرى في عملية اختيار مواقع مزارع الطاقة الشمسية وأنَّ هذه المعايير واوزانها تختلف باختلاف البلد ومناطق الدراسة حيث تعتمد المعايير الرئيسة والمعايير الفرعية واوزانها كثيرا على العديد من المتغيرات في دراسة كل بلد، باختلاف سياسات الطاقة والضرائب والقضايا الحرجة وبعض العوامل الاخرى المحتملة، يوصي بشدة الحصول على مشورة الخبراء بشان تحديد المعايير واوزانها لاتخاذ قرارات افضل[٨].

إنَّ تعريف المعايير المناسبة ليس واضحًا على سبيل المثال لا يمكن إنشاء مزرعة شمسية في مناطق مبنية أو مشجرة أو جبلية ذات انحدارات عالية، لذلك تم أيضًا استخلاص العوامل من مواقع عديدة وتقارير استشارية للطاقة الشمسية، تستبعد المناطق الحساسة بيئيًا وذات الأهمية التاريخية والمحمية، يعد الوصول إلى الطريق أيضًا أحد الاعتبارات المهمة في

أي مشروع للطاقة الكهروضوئية واسع النطاق لأنه ضروري لمركبات البناء والصيانة, المعايير التي تم اختيارها تم الحصول على طبقات في نظم المعلومات الجغرافية منها تجنب مناطق الفيضانات والأراضي الزراعية عالية الجودة لتطوير مزارع الطاقة الشمسية تنصح الاستشارات الشمسية باختيار الأراضي خارج مناطق الفيضانات المعترف بها[٩] , ومن هذه المعايير التي تمّ الاعتماد عليها على شكل طبقات في نظم المعلومات الجغرافية هي:

المعايير المناخية

الاشعاع الشمسي

أنَّ ارتفاع قيم الإشعاع الشمسي والانخفاضها في المناطق الأخرى تعد معياراً أساسياً في تحديد المنطقة المناسبة لإقامة مشروع الطاقة الشمسية لأنها المصدر الوحيد للطاقة في مثل هذه المشاريع[١٠]، حيث يعد الاشعاع الشمسي احد اهم المعايير لأنه يحدد انتاج الكهرباء الناتجة من المزرعة الطاقة الشمسية وان زيادة كمية الاشعاع الشمسي تعني زيادة كمية الانتاج من الطاقة الكهروضوئية[١١], أنَّ محافظة نينوى تقع ضمن المناطق الأنسب في الإشعاع الشمسي، إذ تتراوح مدة سطوع الشمسي النظري بالمحافظة بين (٩,٥٣ – ١٤,٤٦ ساعة/يوم) ومن خلال رصد الإشعاع الشمسي بطريقة مباشرة بواسطة تقنيات الاستشعار عن بعد وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية تبين ان معدل الاشعاع الشمسي السنوي يتراوح بين(١٤٩,٤٣٨ – ١,١٨١,٩٤٠ واط.ساعة/م^{٢}).

الرطوبة النسبية

للرطوبة النسبية اهمية كبيرة في شفافية الغلاف الجوي تؤدي الرطوبة دوراً مهماً في الطقس فهي عامل اساسي في تكوين السحب ومظاهر التساقط المختلفة مثل (المطر، الثلج، البرد، الضباب، الندى، الصقيع) [١٢]،وهذه المظاهر تؤثر في كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض ويجب تحديد موقع مزرعة الطاقة الشمسية في المناطق الاقل نسب رطوبة

الظواهر الغبارية

وجود الغبار (عالق – صاعد – عواصف ترابية) له تأثير سلبي في عمل الخلية الشمسية والمرايا العاكسة لكونه يعمل على تقليل كمية الطاقة الشمسية الساقطة على سطحها ويعمل على الحد من كفاءتها[١٣]، لذا يعد معرفة الظواهر الغبارية احدى الشروط الأساسية التي يجب التعرف عليها عند اختيار مواقع مزارع الطاقة الشمسية في محافظة نينوى لتسبب دقائق الغبار العالقة بتغيير مسار الاشعة اثناء اختراقها الغلاف الجوي مما يسبب تقليل كمية الاشعاع الشمسي الواصلة للأرض ولقد تطرقنا الى ذلك مفصلاً في الفصول السابقة.

المعايير الجيمورفولوجية

الانحدار

تحتاج مزرعة الطاقة الشمسية إلى أن تقام على أرض مستوية السطح إذ تتوفر قواعد الأمان للألواح كذلك وجد أن الأرض المستوية في منطقه الدراسة تبين ان ٨٤,٣٨% من مساحة منطقة الدراسة ارض مستوية لا يزيد انحدارها على ١,٩

درجة وان الاراضي الشديدة الانحدار والتي يزيد انحدارها على ١٦ درجة تمثل ١,٣٦% م مساحة منطقة الدراسة. وعلية يتم تحديد الموقع المفضل لا نشاء مزرعة الطاقة الشمسية هو الذي لا يزيد انحداره عن ١٠ درجات[١٤].

اتجاه الانحدار

له اهمية كبيرة في تحديد المواقع المفضلة لإنشاء مزارع خلايا الطاقة الشمسية لأنه يحدد المناطق التي تتعرض الى الاشعاع الشمسي لأطول مدة ممكنة خلال اليوم الواحد فالأسطح التي يكون اتجاه انحدارها نحو الجنوب هي المفضلة كونها تواجه الاشعاع الشمسي خلال ساعات النهار أكثر من مثيلاتها ضمن الدائرة الاتجاهية.

التربة

تمّ تصنيف التربة بمنطقة الدراسة إلى أنواع عديدة أهمها التربة البنية ذات السمك المتوسط والترب البنية ذات السمك العميق والترب الصحراوية الرملية، ووفق ما تطلبه محطة الطاقة الشمسية وجد أن يجب الابتعاد عن التكوينات الرملية؛ ويرجع ذلك إلى الأضرار الناتجة عن زحف الرمال على جسم المحطة، وتراكم الرمال على المرايا والمجمعات الشمسية والخلايا الفوتو ضوئية يقلل من كفاءتها في توليد الكهرباء" .

ألارتفاع

تمّ دراسة أشكال السطح؛ لتحديد أفضل المواقع؛ لإقامة محطات الطاقة الشمسية وخاصة لتقليل التكلفة المادية، فاتضح أن أفضل المواقع المناسبة هي المناطق المستوية، يليها المناطق الهضيبة ذات الارتفاعات الصغيرة، ثم يستبعد في النهاية المناطق شديدة التضرس ؛ لعدم وجود جدوى من إنشاء محطات عليها حيث لا يمكن استخدامها في الزراعة أو الصناعة، ولذلك تم استبعاد هذه المناطق من النموذج الأمثل؛ لإقامة محطات الطاقة الشمسية.

المعايير الاقتصادية

القرب من شبكة الطرق

تحظى منطقة الدراسة بشبكة جيدة من الطرق الرئيسية التي تربط أجزائها المختلفة أهمها طريق (موصل - بغداد)، وطريق (موصل –اربيل)، وطريق (موصل - دهوك)؛ وترجع أهمية الطرق في إقامة محطات الطاقة الشمسية في سهولة الوصول إلى المحطات لنقل المعدات الميكانيكية والهندسية الخاصة بالمحطة والعاملين في المحطة، ويتم تحديد مسارات الطريق ومدى القرب من هذه المحطات لاستخدامها في الاجراءات المعاينة الدورية للمحطات، وتم تحديد المسافة من شبكة الطرق إلى المحطات الطاقة الشمسية لتتراوح بين ٢ - ١٠ كم وتلك هي المسافة الأمثل لإقامة المحطات.

القرب من شبكة الكهرباء

يعد موقع خطوط نقل الطاقة من مزارع الطاقة الشمسية معيارا مهما في تحديد مواقع مزارع الطاقة الشمسية فهو يقلل من فاقد الطاقة المنقولة , ان معظم شركات استشارات الطاقة الشمسية تحدد موقع المزرعة الطاق الشمسية تقع على بعد ١كم وان ٥٠% من مزارع الطاقة الشمسية تقع ضمن ٢,٥كم , يجب أن تقع محطات التوليد الشمسية بمقربة من

الشبكة الكهربائية الموحدة في حالة ربطها بالشبكة؛ لتقليل تكاليف نقل الكهرباء، وتنتج محطات التوليد الشمسية الطاقة الكهربائية التي يتم نقلها من خلال كابلات وخطوط القوي المرتبطة بالشبكة الكهربائية الموحدة، وبالتالي تقل التكلفة، إذ إنه مع زيادة المسافة والبعد عن الشبكة الموحدة ترتفع التكلفة إذ يتم ربط محطات التوليد الشمسية بالشبكة الموحدة بتجميع الطاقة الناتجة عبر كابل للطاقة من كل محطة توليد شمسي.

الكثافة السكانية

أثر في تحديد موقع مزرعة الطاقة الشمسية لأنها تعتبر المنتج والمستهلك لهذه الطاقة يفضل اختيار مواقع مزارع الطاقة الشمسية بالقرب من المناطق ذات الكثافة السكانية العالية

المعايير البيئية

استخدام الأرض

تعد من أهم العوامل المؤثرة في إقامة محطات الطاقة الشمسية هي توافر مساحات كبيرة، إذ الحاجة إلى مساحات شاسعة لاستيعاب الخلايا الفوتو ضوئية، إذ وجد أنَّ محطة التوليد الشمسية والتي تبلغ سعتها حيث تقام محطات توليد الطاقة الشمسية عادة في الأراضي غير المستعملة والخالية, تم استبعاد العمران و المناطق المأهولة بالسكان وتحديد منطقة عزل تبعد عن المناطق السكنية بمسافة ٢ كم [١٥]، وان انسب المواقع هي الاراضي القاحلة والاراضي العشبية إلى انها تعتبر أراضي أقل قيمة اقتصادية ويسهل استغلالها, بينما تعتبر الاراضي الزراعية اقل ملائمة لأنشاء مزرعة الطاقة الشمسية كونها مناطق لها قيمة اقتصادية كبيرة[١٦].

الموارد المائية

إذ تؤثر الأودية بطريقة سلبية في محطات الطاقة الشمسية، ولذلك يتم دراسة هذا العنصر للابتعاد عن الانهار والأودية خاصة كثيرة التعرض للسيول والموسمية.

النموذج في نظم المعلومات الجغر افية (Model Builder)

هو أداة تقوم ببناء نماذج مكانية للمناطق الجغرافية باستخدام مجموعة من العمليات المكانية التي تحول بيانات الادخال الى خرائط باستخدام وظائف محددة مثل التراكب أو التطابق يتم انشاء النماذج الكبيرة من خلال الجمع بين مجموعة من العمليات[١٧].

يعد النموذج جوهر هذا البحث، إذ تم بناؤه وفقًا لضوابط ومعايير للحصول على نتيجة نهائية متسقة مع الأهداف التي تم تحديدها لهذه الدراسة، يتضمن المعايير التالية: معدل الاشعاع الشمسي السنوي و الارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار والغطاء الارضي والتربة والقرب من خطوط نقل ومحطات الطاقة الكهربائية والقرب من شبكة الطرق الرئيسة والموارد المائية ، يجب توفير هذه المعلمات للحصول على النتيجة المرجوة من هذا النموذج، يمكن استخدام هذا النموذج لتمثيل المساحات المناسبة لإنشاء مزارع الطاقة الشمسية[١٨].

عند إنشاء النموذج يتم توضيح النموذج المكاني في شكل رسم تخطيطي انسيابي يحتوي على عقد، ومستطيلات واشكال بيضوية، ومستطيلات مستديرة إذ يكون لكل منها تمثيل محدد يتم تمثيل المكون بالعقد, وبيانات الادخال تمثل بالمستطيل، وتمثل وظائف معالجة البيانات الادخال بالأشكال البيضوية، ويتم تمثيل بيانات الاخراج بالمستطيلات المستديرة ترتبط العقد مع بعضها البعض عن طريق الاسهم التي توضح تسلسل المعالجات

مراحل إنشاء نموذج (Solar farms) لاختيار الموقع الملائم لأنشاء مزارع الطاقة الشمسية

تمر عملية النمذجة بمراحل منطقية متسلسلة وصولاً الى الانموذج النهائي وهي كالاتي :

تهيئة المعايير والطبقات

تشمل هذه المرحلة تجهيز الخرائط التي تدخل في النموذج وتشمل :

جمع البيانات : الحصول على الخرائط والبيانات والمعلومات والتقارير المنشورة والنشرات الصادرة عن الهيئات والمؤسسات الرسمية الحكومية والخاصة المتعلقة بمنطقة الدراسة، وتشمل:

أ. الخريطة الإدارية لموقع منطقة الدراسة وتقسيماتها الإدارية.

ب. بيانات السكان وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء, مديرية احصاء محافظة نينوى

ج. بيانات شبكة الطرق الرئيسة مديرية طرق وجسور محافظة نينوى، قسم التخطيط

د. بيانات خطوط نقل الطاقة الكهربائية وزارة الكهرباء، المديرية العامة لتوزيع الكهرباء الشمالية، قسم التخطيط

هـ. بيانات استعمالات الارض للقمر الصناعي Sentinel٢ بدقة تميزية ١٠ متر

و. البيانات المناخية المتوفرة لمنطقة الدراسة من دائرة الأرصاد الجوية، والبيانات المناخية المتاحة من الموقع الالكتروني لمحطة "ناسا" للإشعاع الشمسي والرطوبة والظواهر الغبارية

ز. نموذج ارتفاع رقمي DEM بدقة تميزية ٣٠ متر لاستخراج الارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار والتحليل الهيدرولوجي والاشعاع الشمسي .

ح. تصنيف بيورنك لترب منطقة الدراسة

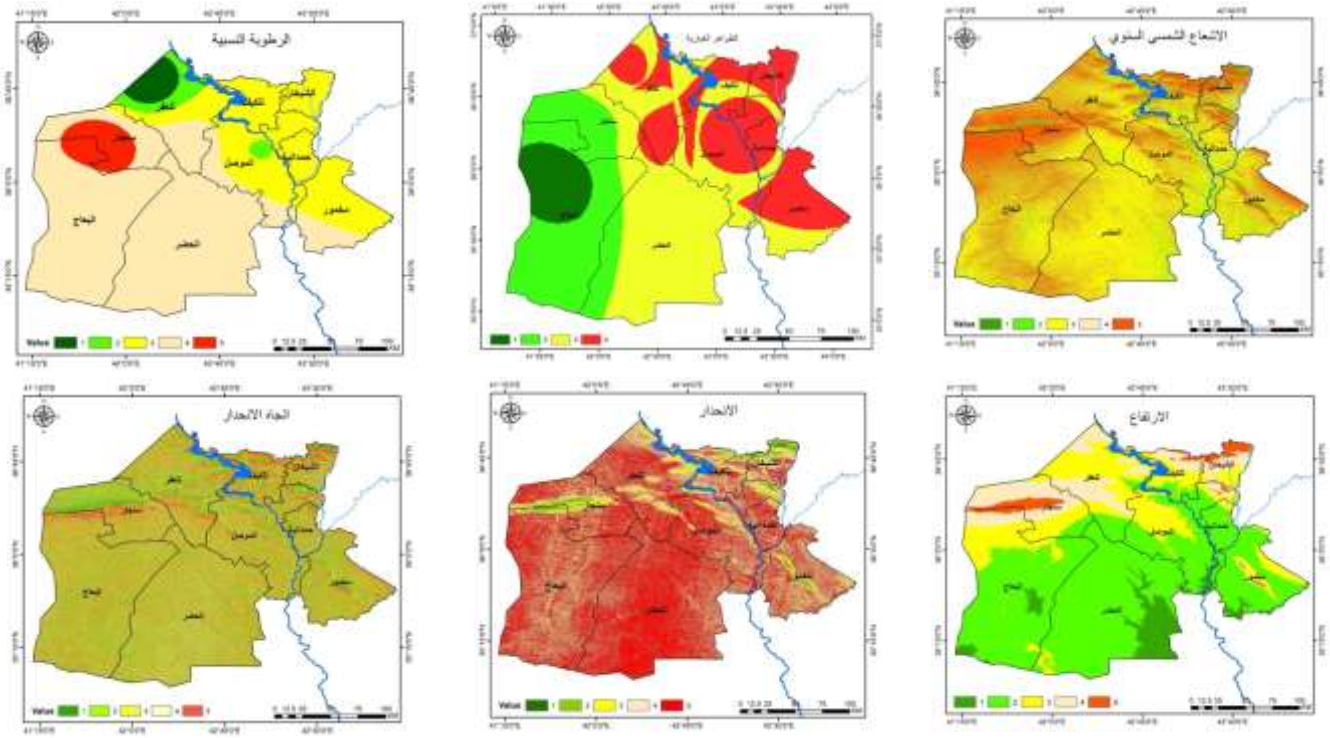
تصحيح البيانات : المعلومات والبيانات في شكلها الأولي غير مناسبة للاستخدام المباشر في نظم المعلومات الجغرافية، وتحتاج إلى معالجة لوضعها في الصيغ والهيئات المناسبة وفقاً لضوابط نظم المعلومات الجغرافية تطبيقاتها المختلفة، وتمر بعدد من عمليات الرقمنة والتحويل، والتعديل لتكون جاهزة لعمليات التحليل، وتصبح ملائمة لبيئة نظام GIS وتشمل عمليات التصحيح على كافة البيانات كتصحيح صور الاقمار الصناعية كالخرائط الجيولوجية وخرائط التربة والخرائط الاخرى. وتشمل كذلك توحيد مساقط الخرائط Projection الى بنظام (UTM)، المتري تحويل صيغة البيانات المكانية (Converstion)، إذ يتم تحويل صيغة البيانات التي من نوع الخطية (Vector) إلى صيغة الرقمية (Raster) اذ ان عمليات النمذجة لا تتم إلا في هذا النوع من البيانات وتنقسم هذه المرحلة إلى: تحويل كل الطبقات (شبكة الطرق، شبكة نقل

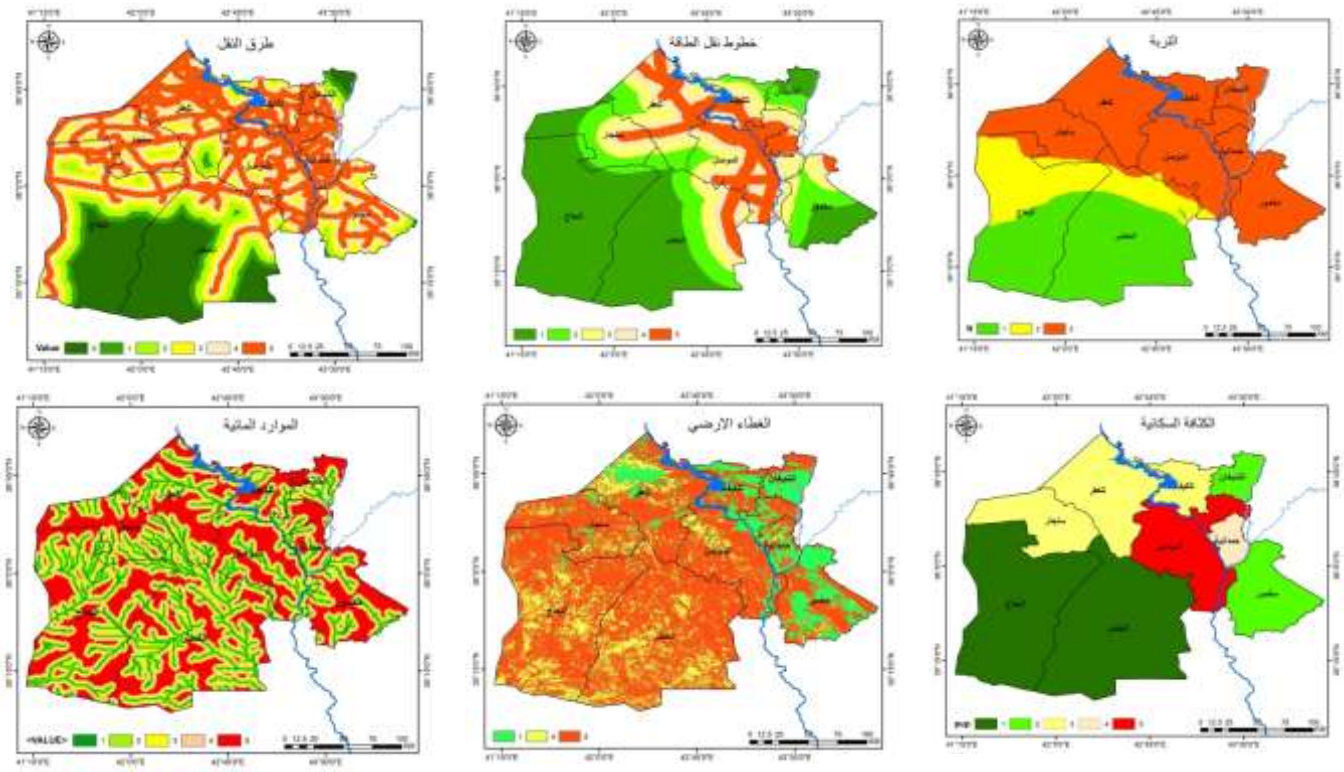
الكهرباء، الكثافة السكانية، شبكة الاودية) من بيانات خطية Vector إلى بيانات شبكية Raster، وذلك باستخدام أداه Euclidean Distance وعمل حرم مكاني لمعالم الطبقات (شبكة الطرق، شبكة النقل الكهرباء، والمسطحات المائية المناطق الزراعية والعمرانية)، وتم ذلك باستخدام آداه Euclidean Distance، مما ينتج طبقات من نوع Raster تبين فئات الحرم المكاني حول المعالم .

المعالجة والاشتقاق : تُعد هذه الخطوة من أهم وظائف نظم المعلومات الجغرافية، ويعتبر التحليل القلب النابض الذي بدونه لا فائدة من المعلومات المجمعة والمنقحة، اذ يُعتمد على نتائجها في إتخاذ القرارات ويتولد منها توليفات جديدة من الخرائط تعرض أشكال نتائج التحليل المتعدد، والتي تضاف إلى قاعدة البيانات الجغرافية، وتمثل طبقات جديدة يمكن الربط بينها وبين بعضها، أو بينها وبين مراحل أخرى متقدمة من التحليل المكاني، وتشمل هذه المرحلة على كافة العمليات والاشتقاقات التي جرت على البيانات الأولية داخل البرنامج، ويتم من خلالها اعداد الخرائط الفرعية للنموذج، تم في هذه المرحلة اجراء عملية التطابق الموزون (Weighted Overlay) للظواهر الغبارية (الغبار المتصاعد، الغبار العالق، العواصف الترابية) والخروج بطبقة واحدة تمثل الظواهر الغبارية.

٤- التصنيف والمعايرة : من أهم مراحل تهيئة البيانات إذ يتم في هذه المرحلة تصنيف (Classify) الخرائط الى مستويات واصناف وفئات حسب التقسيمات والمعايير المتبعة في كل خريطة .

شكل (١) تصنيف معايير نموذج الملاءمة المكانية





عمل الباحث بالاعتماد على برنامج Arc Gis

وزن معايير النموذج المقترح

١- عملية التسلسل الهرمي التحليلي Analytical Hierarchy Process (AHP)

يعتمد AHP على تحديد التسلسل الهرمي للمشكلات وتقييم العناصر على المستويات الهرمية حتى يتم تحديد عوامل الوزن لجميع العناصر في التجميع النهائي[١٩]، تعد من انجح اكثر الطرق شيوعا للتعامل مع القرارات الصعبة التي يتم تنفيذها بواسطة برمجيات صنع القرار المتخصصة (MCDM) تعتبر (AHP) اداة مرنة للحصول على الترتيب النهائي يعتمد على التقييمات المزدوجة لكل معيار من المعايير والخيارات التي يوفرها المستخدمون، تختار طريقة (AHP) الخيار الافضل، في طريقة (AHP) يتم اعطاء اوزان لجميع المعايير إذ يتم اعطاء وزن لكل معيار وتزداد اهمية المعيار بازدياد وزنه، ثم تجمع الاوزان لتحديد النتيجة والترتيب النهائي[٢٠].

عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) هي شكل معروف جيدًا لطريقة MCDM ويمكن أن تكون بمثابة أداة لحل مشاكل صنع القرار في تخطيط الطاقة، للوصول الى تنمية حقيقية في اختيار الموقع المناسب، باستخدام هيكل هرمي متعدد المستويات لتقييم العملية بالتزامن مع تحليل نظم المعلومات الجغرافية، كما ان هذه الطريقة تعطي البساطة لتنفيذ عوامل صنع القرار في مصفوفة المقارنة الزوجية إذ يعتمد تنفيذ AHP على ثلاثة مبادئ أساسية: (١) تحديد هيكل المشكلة كتسلسل هرمي للأهداف والمعايير والبدائل (٢) إجراء مصفوفة تفضيلية مقارنة لاتخاذ القرار للمعايير والبدائل في كل مستوى من

مستويات التسلسل الهرمي (تجميع أحكام الخبراء في مصفوفة مقارنة زوجية) (٣) تحديد أوزان العوامل وتحليل النتائج. يجب أن يكون مجموع الأوزان المستخرجة لنفس التسلسل الهرمي ١ (١٠٠٪)[٢١] كما في الجدول(١).

جدول (١) مقاييس المقارنة على وفق نظام AHP

درجة الاهمية	الوصف	درجة الاهمية	الوصف
١	اهمية قليلة	٧	اهمية كبيرة جدا
٣	اهمية متوسطة	٩	اهمية مطلقة
٥	اهمية كبيرة	الدرجات (٢,٤,٦,٨)	درجات بينية بين الاحكام

بالاعتماد على عماد احمد محمد الجلبي، النمذجة الجيوموفية لتقييم المظهر الارضي في منطقة تلكيف باستخدام التقانات المكانية, اطروحة دكتوره (غير منشورة), جامعة تكريت, كلية التربية للعلوم الانسانية, ٢٠٢٣, ص١٣٨

استمارة الاستبيان لتقييم وتحديد اوزان معايير اختيار الموقع

تمّ انشاء استمارة استبيان عبر الانترنت نماذج Google لتقييم وتحديد اهمية معايير اختيار المواقع لإنشاء مزارع الطاقة الشمسية تم تقديم الاستطلاع الى (٢٥) خبير لديهم المعرفة والخبرة في مجال الطاقة الشمسية ونظم المعلومات الجغرافية في العراق والوطن العربي، إذ طُلب من الخبراء الاشارة الى اهمية جميع العوامل والمعايير المشار اليها, تستخدم طريقة AHP للمقارنة الزوجية بين معايير متعددة لأنشاء المصفوفة يمثل كل مقياس في مصفوفة المقارنة تنصيف صانع القرار للأهمية النسبية او درجة تفضيل المعيار.

جدول (٢) نتائج استبيان اهمية اوزان المؤشرات وفق AHP

مقياس الأهمية	قليلة	متوسطة	كبيره	كبيرة جدا	مطلقة	المجموع	التصحيح الى AHP	الوزن
قيمة AHP	١	٣	٥	٧	٩			
مؤشر الاشعاع الشمسي	٠	٢	٤	١٤	٥	٢٥	٧	١٦,٢
الظواهر الغبارية	3	٧	٨	7	0	٢٥	٥	٦,٨
الرطوبة النسبية	٧	٥	٦	٧	0	٢٥	٤	٥,٤
مؤشر الارتفاع	٥	٧	٧	٦	٠	٢٥	٤	٥,٤
مؤشر درجة الانحدار	٦	٦	٩	٤	٠	٢٥	٥	٦,١
مؤشر اتجاه الانحدار	٠	٤	٦	١٣	٢	٢٥	٦	٩,٤
التربة	٨	٥	٦	٦	٠	٢٥	٤	٥,٤

مؤشر القرب من شبكة الطرق	٢	٦	٧	٨	٢	٢٥	٦	٩,٤
مؤشر القرب من خطوط نقل الطاقة	٠	٢	٤	١٣	٦	٢٥	٧	١٦,٢
الكثافة السكانية	3	7	8	7	0	25	5	٦,٨
مؤشر استعمالات الارض	٤	٧	٢	١١	١	٢٥	٥	٦,٨
مؤشر القرب من الموارد المائية	٣	٧	٨	٧	٠	٢٥	٤	٦,٣

عمل الباحث بالاعتماد على AHP Online System - AHP-OS

إعداد مصفوفة المقارنة الزوجية

بعد هذه الخطوة يتم بناء مصفوفة المقارنة الزوجية بين عناصر القرار لإجراء مقارنة بين كل عنصر من العناصر الأخرى ضمن المستوى الأدنى، ويتم الحصول على الأوزان النسبية لجميع مستوى اعلى مع البدائل (المؤشرات)، ولإجراء المقارنة تم الاعتماد على نظام (AHP Online System-AHP-OS) .

تقانة AHP نموذج رياضي طوره (توماس الساعاتي) عام ١٩٨٠ كأداة لصنع القرار متعدد المعايير أو منهجا للمقارنة بين زوج من المتغيرات لإنتاج قيمة فردية, كما انها طريقة لمعايرة مقياس رقمي يقوم بقياس العناصر الكمية او النوعية على وفق مقياس يتكون من (١ – ٩) من وحدات القياس, وقد تم تطبيقه لاستخلاص نموذج ملاءمة المكانية لاختيار المواقع المناسبة لأنشاء مزارع الطاقة الشمسية وقد دمجت هذه التقانة مع GIS مما جعلها اداة ممتازة بدع قرارات التنظيم المكاني وذلك بهدف اشتقاق اوزانها بطريقة صحيحة[٢٢].

شكل (٢) مصفوفة المقارنة الزوجية لأوزان المعايير وفق AHP

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	4.00	2.00	4.00	4.00	1.00	4.00	2.00	3.00	1.00	1.00	2.00
2	0.25	1	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	0.25	1.00
3	0.50	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00
4	0.25	1.00	1.00	1	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	0.25	1.00
5	0.25	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	1.00
6	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1	1.00	1.00	0.50	0.25	1.00
8	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.50	1.00
9	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1.00	0.33	1.00
10	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00
11	1.00	4.00	2.00	4.00	4.00	1.00	4.00	2.00	3.00	1.00	1	2.00
12	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1

Cat		Priority	Rank	(+)	(-)
1	الاشعاع الشمسي	16.2%	1	4.8%	4.8%
2	الرطوبة النسبية	5.4%	10	1.0%	1.0%
3	الظواهر الغبارية	6.8%	5	1.4%	1.4%
4	الارتفاع	5.4%	10	1.0%	1.0%
5	درجة الانحدار	6.1%	9	1.7%	1.7%
6	اتجاه الانحدار	9.4%	3	3.4%	3.4%
7	التربة	5.4%	10	1.0%	1.0%
8	استعمالات الارض	6.8%	5	1.4%	1.4%
9	الموارد المائية	6.3%	8	1.4%	1.4%
10	شبكة الطرق	9.4%	3	3.4%	3.4%
11	خطوط نقل الطاقة	16.2%	1	4.8%	4.8%
12	الكثافة السكانية	6.8%	5	1.4%	1.4%

عمل الباحث بالاعتماد على AHP Online System - AHP-OS

الجبر الخرائطي Map Algebra

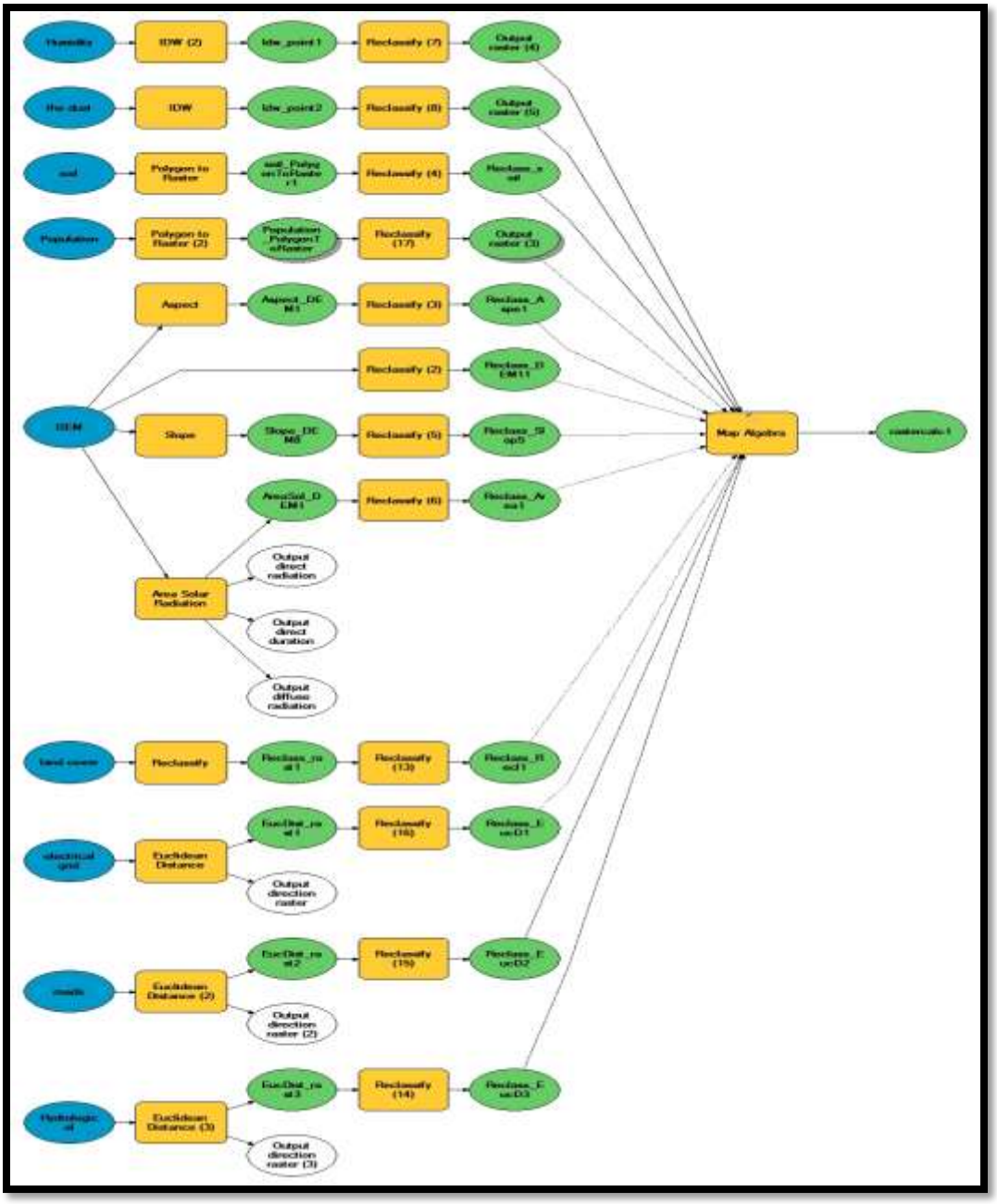
وهي المرحلة الأخيرة من تصميم النموذج يتم من خلالها تطبيق المعادلة النهائية، ويعرف جبر الخرائط (Map Algebra) بأنه مجموعة من الوظائف و العمليات الرياضية لمعالجة البيانات المكانية الخلوية، مما يسمح بنمذجة المشكلات المختلفة والحصول على معلومات جديدة من البيانات المتوفرة. وهو يستخدم عادة عندما يراد العثور على الأماكن التي تتداخل فيها عدة طبقات في نظم المعلومات الجغرافية أكثر من غيرها وهذا ما يسمى بنمذجة الملائمة Modeling Suitability، التي تروم إلى البحث على مواقع مثالية أو غير مثالية لظاهرة جغرافية ما، وفي الوقت الحاضر يعد جبر الخرائط الموزون من لدن الكثيرين ميدانا بحثيا معاصرا في التحليل الجغرافي .

إنَّ جبر الخرائط مستند أساسا على المنطق البولياني Boolean Logic الذي طوره عالم الرياضيات Boole عام ١٨٥٤ من أجل التعامل مع التعبيرات الرياضية Expressions Mathematical ألا وهي: NOT OR AND OR)، هذه التعبيرات الأساسية لها نتائج حتمية ثنائية متمثلة بالـ (٠) الذي يعني عدم تحقق شروط التعبير الرياضي وتسمى بالقيمة الكانية False Valued والـ (١) الذي يشير إلى تحقق شروط التعبير الرياضي ويسمى بالقيمة الحقيقية Truth Value[٢٣]

بيانات الإدخال لأداة الجبر الخرائطي هي جميع البيانات الشبكية للمعايير المعتمدة بعد إجراء إعادة التصنيف. تم تغذية الاداة بأوزان المعايير وأوزان الفئات كما هو موضح في الشكل (١٦)، تم إدراج طبقة الارتفاع النقطية في أداة التراكب كنظام أساسي للتحديد الأمثل[٢٤]، يتم تصنيف القيم إلى مقياس مناسب مشترك ويتم إنشاء طبقات نقطية، بضرب القيمة

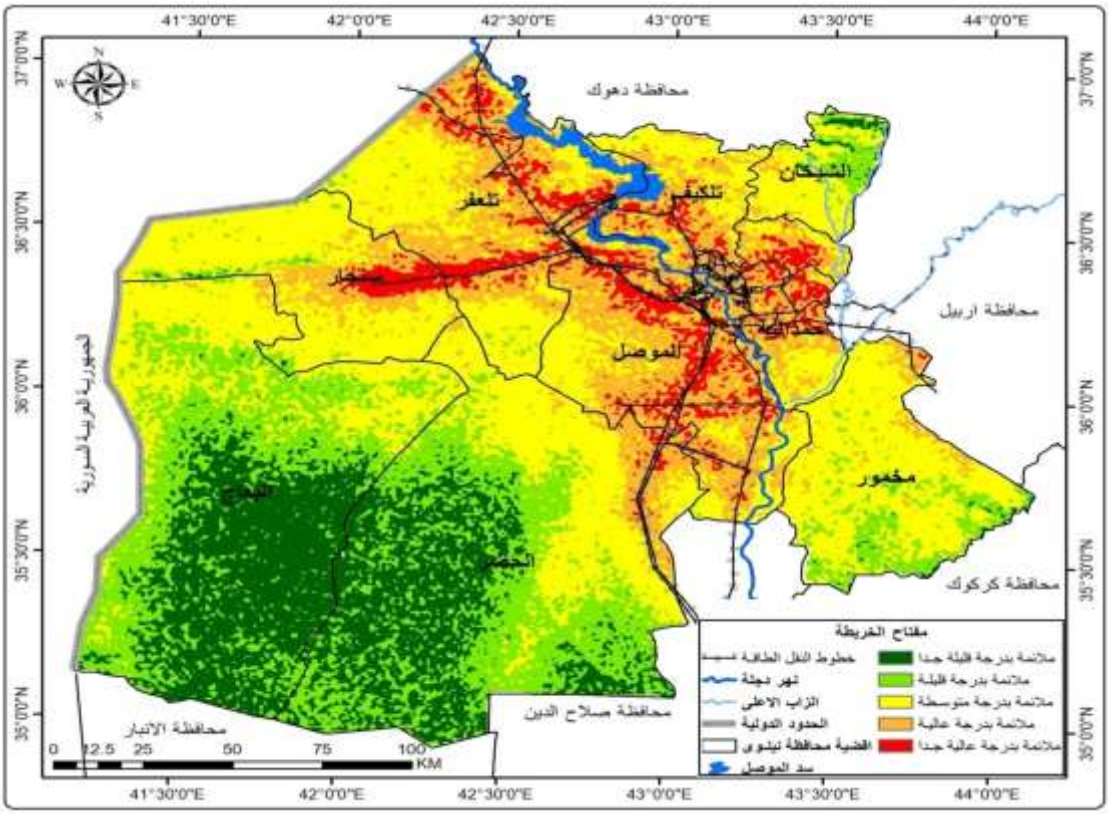
الملائمة لكل خلية نقطية بوزن طبقتها ومجموع القيم يطبق تحليل التراكب الموزون تقدير المقياس المشترك على طبقات مختلفة لإنتاج نتيجة نهائية كطبقة مخرجات[٢٥].

شكل (٣) هيكلية الانموذج (Solar farms) المصمم لانتخاب مو اقع مزارع الطاقة الشمسية



عمل الباحث باستخدام (Model builder) داخل برنامج Arc Map

خريطة (٢) الملاءمة المكانية لأنشاء مو اقع مزارع الطاقة الشمسية



عمل الباحث بالاعتماد على نموذج solar farm وبرنامج arc map

٤-٤-١-٤ تقييم درجة الملائمة المكانية

تقييم درجة الملائمة بالنسبة للعوامل المؤثرة وقد اعتمدت على خرائط التصانيف السابقة، والغرض منها هو ربط العوامل والمؤشرات السابقة والخروج بخريطة موحدة مبنية على قاعدة بيانات تضم المعلومات ومناطق الطرد والجذب في منطقة الدراسة وبعد إجراء عملية الجبر الخرائطي (Map Algebra) من خلال (Raster Calculator) .

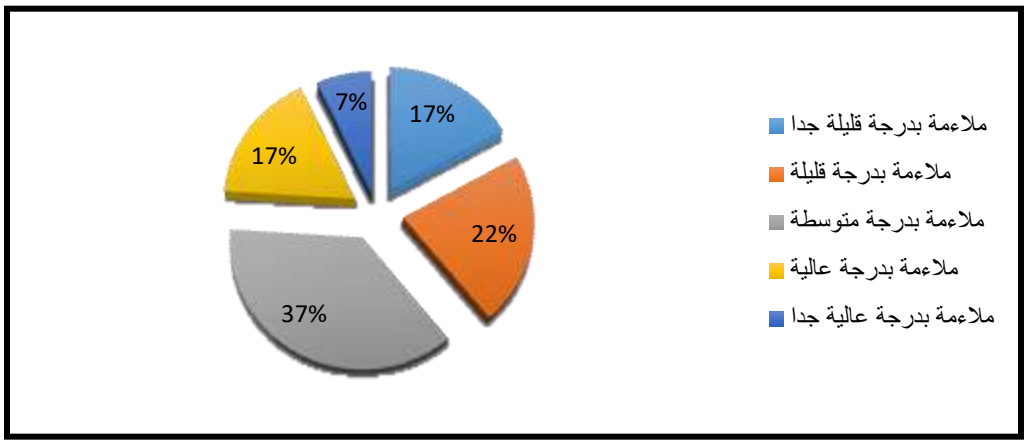
الجدول (٣) المساحة والنسبة المئوية لأصناف الملاءمة المكانية لاختيار مو اقع الخلايا الشمسية

اصناف الملاءمة المكانية	المساحة كم^2	النسبة المئوية %
ملاءمة بدرجة قليلة جدا	6753	17
ملاءمة بدرجة قليلة	8565	22
ملاءمة بدرجة متوسطة	14322	37
ملاءمة بدرجة عالية	6547	17
ملاءمة بدرجة عالية جدا	2586	7

المجموع	٣٨٧٧٣	100

عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة (٢)

الشكل (٤) النسب المئوية لمساحات اصناف الملاءمة المكانية لاختيار مو اقع الخلايا الشمسية



بالاعتماد على الجدول (٣)

وتظهر نتائج الخريطة (٢) وجود خمسة انماط من الملاءمة المكانية لاختيار مواقع مزارع الطاقة الشمسية تتمثل في الاتي :

١. مناطق ملائمة بدرجة قليلة جدا وتشغل مساحة ٦٧٥٣ كم^{٢} بنسبة ١٧% وتتميز باللون الاخضر الغامق والمناطق الملائمة بدرجة قليلة والتي تشغل مساحة ٨٥٦٥ كم٢ بنسبة ٢٢% من مساحة محافظة نينوى و تتميز باللون الاخضر الفاتح وتتمثل في المناطق التي يكون انحداراها باتجاه الشمال عكس اتجاه الاشعاع الشمسي، اذ تستلم كميات قليلة من الاشعاع الشمسي، والتي لا تتوفر فيها خطوط نقل الطاقة الكهربائية وشبكة الطرق وتتمثل في الاجزاء الوسطى والجنوبية في قضاء بعاج وقضاء الحضر التي ترتفع فيها نسبة الظواهر الغبارية بسبب تربتها التي تكون صحراوية رملية وهذه غير ملاءمة لأنشاء مزارع الطاقة الشمسية .

٢. مناطق ملائمة بدرجة متوسطة وتشغل مساحة ١٤٣٢٢كم^{٢} بنسبة ٣٧% من مساحة محافظة نينوى مميزة في الخريطة اللون الاصفر والتي تعتبر اكثر ملائمة لاختيار مواقع المزارع الشمسية من المنطقة السابقة بسبب توفر مجموعة من المعايير متمثلة بالإشعاع الشمسي، والظواهر الغبارية تكون بنسبة اقل وتوفر شبكة الطرق والارتفاعات المناسبة وتربتها تكون ذات السمك المتوسط وتوفر والارضي الجرداء المناسبة لأنشاء مزارع الطاقة الشمسية وعدم توفر بعض المعايير المهمة مثل خطوط نقل الطاقة الكهربائية، وكثافة سكانية قليلة جعلها مناطق ذات ملائمة متوسطة متمثلة بشكل واضح في قضاء سنجار والاجزاء الجنوبية من تلعفر في ناحية ربيعة وشمال قضاء بعاج في ناحية القحطانية وناحية المحلبية في قضاء الموصل وقضاء مخمور .

٣. مناطقة ملائمة بدرجة عالية وتشغل مساحة ٦٥٤٧ كم^{٢} بنسبة ١٧% من مساحة المحافظة تتمثل في اللون البرتقالي تكون نطاق حول المناطق الملاءمة بدرجة عالية جدا والتي تتوفر فيها مقومات ومعايير انشاء المزارع الشمسية تستلم كميات كبيرة من الاشعاع الشمسي واتجاه انحدار اراضيها باتجاه الجنوب تربتها ذات السمك العميق ونسبة الظواهر الغبارية قليلة في هذه المناطق مما جعلها مناسبة لأنشاء المزارع الشمسية لكنها تبعد عن خطوط نقل الطاقة الشمسية وشبكة الطرق التي تتميز فيها المناطق الملاءمة بدرجة عالية جدا

٤. مناطق ملائمة بدرجة عالية جدا وتشغل مساحة ٢٥٨٦ كم^{٢} ونسبة ٧% من مساحة المحافظة وتتمثل باللون الاحمر وهي المناطق التي تتوفر فيها اهم مقومات انشاء المزرعة الشمسية من اشعاع شمسي وخطوط نقل الطاقة الكهربائية مما يسهل عملية ربط الطاقة الناتجة بالشبكة وتوفر شبكة الطرق الرئيسة الي يقلل تكاليف نقل المعدات والاجهزة والاراضي الجرداء وبعدها عن الموارد المائية الدائمة والموسمية الجريان وتكون فيها اقل نسبة من الرطوبة الجوية والظواهر الغبارية جعلها ملاءمة بدرجة عالية جدا متمثلة في الاجزاء الجنوبية من ناحية زمار مع مسار خط نقل الكسك – سد الموصل والخط التركي العراقي والاجزاء الشمالية من قضاء تلكيف مع مسار خط نقل فايدة – سد الموصل للطاقة، اما النطاق الذي يمر من وسط تلعفر الى قضاء سنجار في الاجزاء الجنوبية من جبل سنجار مع مسار خط نقل موصل – تلعفر – سنجار بلغ اعلى درجات الملاءمة بسبب ارتفاع المنطقة وانحدار اراضيها باتجاه الجنوب حصلت على اعلى كمية من الاشعاع الشمسي في محافظة نينوى وتوفر شبكة الطرق الرئيسة وخطوط نقل الطاقة واراضيها جرداء مع وجود تربة البنية متوسطة السمك.

يستمر نطاق الملاءمة في قضاء الموصل من ناحية الحميدات مع مسار خط موصل – بيجي مرورا بناحية حمام العليل والشورة غرب نهر دجلة ام الاجزاء الشرقية من نهر دجلة فتمثل نطاق الملاءمة في قضاء الحمدانية في ناحية برطلة مع خط نقل موصل – اربيل والاجزاء الجنوبية من ناحية بعشيقة.

الهوامش

(١) جمال حمدان، جغرافية المدن، القاهرة، الطبعة الثانية، ١٩٧٧، ص ٢٨٠ .

(٢) علي حسين الشلش، جغرافية الاقاليم المناخية، مطبعة بغداد، ١٩٧٨، ص٢٣ .

(٣) خضر جاسم محمد، الموازنة الإشعاعية والموازنة المائية المناخية المحطات مختارة في محافظة نينوى والمناطق المجاورة لها, اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، جامعة الموصل، كلية التربية، ٢٠١٠، ص٢٦

(٤) اسماء محمد سعيد البلوشية، تحديد مواقع محطات انشاء الخلايا الشمسية المركزة في سلطنة عمان باستخدام التحليل المتعدد المتغيرات والمنطق الضبابي في نظم المعلومات الجغرافية، سالة ماجستير(غير منشورة)، جامعة السلطان قابوس، كلية الآداب العلوم الاجتماعية، ٢٠١٢ص٣٥

(5) Iva Gasparovic, Mateo Gasparovic, Determining Optimal Solar Power Plant Locations Based on Remote Sensing and GIS Methods – A Case Study from Croatia, journal remote sensing, vol;11, 2019, P3

(6) Abdulaziz Alhammad, and others, Optimal Solar Plant Site Identification Using GIS and Remote Sensing – Framework and Case Study, journal remote sensing, vol;15, 2022, P8

(7) Sajaa Mouhsen khazil, the optimum site selection for solar energy farms using AHP in GIS environment – A case study of Iraq, Master Thesis, university of Baghdad, college of engineering, 2021, PP49-50
(8) Sajaa Mouhsen khazil,Op. Cit., p10
(9) Diane Palmer and others, The future scope of large – scale solar in the UK: Site suitability and target analysis, Renewable Energy an international journal, 2019, p1138
(10) Rebbouh Yahya, Lahreche Kouider, Combining GIS and MCDA to select suitable areas for new solar energy projects in the south of Algeria, Master Thesis, University of Kasdi Merbah Ouargla, Faculty of applied Sciences, 2017, p30
(11) Bahaa Elboshy, and others, A suitability mapping for the PV solar farms in Egypt based on GIS-AHP to optimize multi-criteria feasibility, Ain Shams Engineering Journal, vol 13 , 2022, p4
(12) سرى بدر حسين النجماوي، مصدر سابق، ص٨٦
(١٣) مثال طلب فرج الساعدي، تقييم امكانية استخدام الطاقة الشمسية في محافظة بغداد ودورها في تحقيق التنمية المستدامة في قطاع الطاقة الكهربائية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة بغداد، كلية الآداب، ٢٠٢٠، ص٧٩
(١٤) حامد سفيح عجرش الركابي، اعداد خريطة التوقيع المكاني لمزارع الطاقة الكهرو شمسية في محافظة ذي قار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة ادأب ذي قار، العدد ٣٨، ٢٠٢٢،ص١٨٨
(15) Jose Eduardo Tafula, and others, Multicriteria Decisions – Making Approach for Optimum Site Selection for Off-Grid Solar Photovoltaic Micro grids in Mozambique, journal energies , vol 16 , 2023, P17
(16) Iva Gasparovic, Mateo Gasparovic, Op. Cit., P8
(17) https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm Arc GIS Pro الموقع الرسمي لبرنامج
(18) Abdulaziz Alhammad, and others,Op. cit., P14
(19) Iva Gasparovic, Mateo Gasparovic, Op. Cit., P4
(20) Sajaa Mouhsen khazil, Op. Cit., p51
(21) Jose Eduardo Tafula, and others, Multicriteria Decisions – Making Approach for Optimum Site Selection for Off-Grid Solar Photovoltaic Micro grids in Mozambique, journal energies , vol 16 , 2023, P8
(٢٢) عماد احمد محمد الجلبي، النمذجة الجيوموفية لتقييم المظهر الارضي في منطقة تلكيف باستخدام التقانات المكانية, اطروحة دكتوره (غير منشورة), جامعة تكريت, كلية التربية للعلوم الانسانية, ٢٠٢٣, ص١٣٨
(٢٣) عماد احمد محمد الجلبي، مصدر سابق، ص١٤٢
(24) Sajaa Mouhsen khazil, Op. Cit., p92
(25) Abdulaziz Alhammad, and others, Op. Cit., P13

المصادر

١. جمال حمدان، جغرافية المدن، القاهرة، الطبعة الثانية، ١٩٧٧
٢. علي حسين الشلش، جغرافية الاقاليم المناخية، مطبعة بغداد، ١٩٧٨
٣. خضر جاسم محمد، الموازنة الإشعاعية والموازنة المائية المناخية المحطات مختارة في محافظة نينوى والمناطق المجاورة لها, اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، جامعة الموصل، كلية التربية، ٢٠١٠

٤. اسماء محمد سعيد البلوشية، تحديد مواقع محطات انشاء الخلايا الشمسية المركزة في سلطنة عمان باستخدام التحليل المتعدد المتغيرات والمنطق الضبابي في نظم المعلومات الجغرافية، سالة ماجستير(غير منشورة)، جامعة السلطان قابوس، كلية الآداب العلوم الاجتماعية، ٢٠١٢

5. Iva Gasparovic, Mateo Gasparovic, Determining Optimal Solar Power Plant Locations Based on Remote Sensing and GIS Methods – A Case Study from Croatia, journal remote sensing, vol;11, 2019

6. Abdulaziz Alhammad, and others, Optimal Solar Plant Site Identification Using GIS and Remote Sensing – Framework and Case Study, journal remote sensing, vol;15, 2022

7. Sajaa Mouhsen khazil, the optimum site selection for solar energy farms using AHP in GIS environment – A case study of Iraq, Master Thesis, university of Baghdad, college of engineering, 2021

8. Diane Palmer and others, The future scope of large – scale solar in the UK: Site suitability and target analysis, Renewable Energy an international journal, 2019

9. Rebbouh Yahya, Lahreche Kouider, Combining GIS and MCDA to select suitable areas for new solar energy projects in the south of Algeria, Master Thesis, University of Kasdi Merbah Ouargla, Faculty of applied Sciences, 2017

10. Bahaa Elboshy, and others, A suitability mapping for the PV solar farms in Egypt based on GIS-AHP to optimize multi-criteria feasibility, Ain Shams Engineering Journal, vol 13 , 2022

١١. سرى بدر حسين النجماوي, دراسة مناخ محافظة نينوى، رسالة ماجستير(غير منشورة)، جامعة الموصل، كلية التربية، ٢٠٠١

١٢. مثال طلب فرج الساعدي، تقييم امكانية استخدام الطاقة الشمسية في محافظة بغداد ودورها في تحقيق التنمية المستدامة في قطاع الطاقة الكهربائية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة بغداد، كلية الآداب، ٢٠٢٠

١٣. حامد سفيح عجرش الركابي، اعداد خريطة التوقيع المكاني لمزارع الطاقة الكهرو شمسية في محافظة ذي قار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة ادأب ذي قار، العدد ٣٨، ٢٠٢٢

١٤. Jose Eduardo Tafula, and others, Multicriteria Decisions – Making Approach for Optimum Site Selection for Off-Grid Solar Photovoltaic Micro grids in Mozambique, journal energies , vol 16 , 2023

١٥. Arc https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm الموقع الرسمي لبرنامج GIS Pro

١٦. عماد احمد محمد الجلبي، النمذجة الجيوموفية لتقييم المظهر الارضي في منطقة تلكيف باستخدام التقانات المكانية, اطروحة دكتوره (غير منشورة), جامعة تكريت, كلية التربية للعلوم الانسانية, ٢٠٢٣