جـامـعـــــــة الـيـرمـــــــوك

كليـــــــــــــــــــــة الآداب

قـــــــــــسم الجغرافيـــــــــــا

اختيار الموقع الأمثل لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة والاستشعار عن بعد

Selecting Optimal Locations for Photovoltaic Plants in Jordan using GIS and Remote Sensing

إعداد الطالب:

مأمون أحمد ارشيد ارشيد

2014440009

بإشراف:

الدكتور أحمد الخوالدة

الفصل الثاني 2017

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

اختيار الموقع الأمثل لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة والاستشعار عن بعد

إعداد الطالب:

مأمون أحمد ارشيد ارشيد

بكالوريوس جغرافيا، جامعة اليرموك، 2012

قدمت هذه الرسالة استكمالا لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في تخصص الجغرافيا تطبيقية في جامعة اليرموك، إربد، الأردن.

وافق عليها

د. أحمد الخوالدة..... مشرفاً ورئيساً

جامعة اليرموك

د. سامر النوايسة ..... عضواً

جامعة اليرموك

أ. د عثمان غنيم ..... عضواً

جامعة البلقاء

تاريخ المناقشة 2017/5/9م

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

الإهداء

إلى روح والدي العزيز

الى والدتي التي منحتني القوة في الحياة أطال الله في عمرها

الى أخوتي وأخواتي سندي في الحياة

الى جميع الأصدقاء الاوفياء

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شكر وتقدير

اتقدم بجزيل الشكر والعرفان لكل من ساندني وساعدني في انجاز هذه الدراسة واخص بالذكر اساتذتي في جامعة اليرموك **الدكتور احمد الخوالدة والدكتور خالد الهزايمة** .

كما اتقدم بالشكر لاعضاء لجنة المناقشة: **الدكتور احمد الخوالدة مشرفا ، والدكتور سامر نوايسة عضوا و الدكتور عثمان غنيم عوضا ومناقشا خارجيا.**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
لجنة المناقشة	ب
الإهداء.....	ج
الشكر والتقدير	د
قائمة المحتويات.....	هـ
قائمة الجداول	ط
قائمة الأشكال.....	ك
الملخص باللغة العربية	م
الفصل الأول: الخلفية النَّظريَّة	
1.1 المقدمة	1
2.1 مشكلة الدِّراسة وأسئلتها.....	3
3.1 أهميَّة الدِّراسة.....	3
4.1 أهداف الدِّراسة.....	4
5.1 أهميَّة الطاقة الكهروضوئيَّة.....	4
6.1 الألواح الضوئيَّة Photovoltaics	6
7.1 نظم المعلومات الجغرافيَّة والاستشعار عن بعد ودورها في مشاريع الطاقة الكهروضوئيَّة.....	7
1. 8 واقع قطاع الطاقة في الأردن.....	9
1. 8. 1 مؤسسات قطاع الكهرباء	12

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الموضوع	الصفحة
1. 8. 2 الطلب على الطاقة الكهربائيَّة في الأردن	14
1. 8. 3 كهربة الريف	15
9.1 المصطلحات العامة للدراسة	16
10.1 الدراسات السَّابقة	17
الفصل الثاني: منطقة الدِّراسة	
2. 1 أولا: الخصائص الطبيعيَّة	20
2. 1. 1 المناخ	20
2. 1. 2 الموارد المائيَّة	22
2. 1. 3 الطبوغرافيا	26
2. 1. 4 استخدام/غطاء الأراضي	27
2. 2 ثانيا: الخصائص البشريَّة	30
2. 2. 1 تطور عدد السُّكان	30
2. 2. 2 توزيع السُّكان	30
2. 2. 3 التركيب العمري والنوعي للسُّكان	31
الفصل الثالث: منهجيَّة الدِّراسة	
3. 1 مرحلة جمع البيانات	32
3. 2 مرحلة تحضير البيانات	33
3. 3 مرحلة التحليل والمناقشة	33
3. 3. 1 التحليل متعدد المعايير Multi – criteria analysis	33

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الموضوع	الصفحة
3. 3. 2 طريقة الأوزان التركيبية (Weighted Overlay)	34
3. 3. 2. 1 الخطوات العملية لطريقة الأوزان التركيبيَّة (ESRI 2016) ..	36
3. 3. 3 المعايير المتبعة في اختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	38
الفصل الرابع: التحليل والنتائج	
4. 1 نتائج بناء قاعدة البيانات الجغرافيَّة وتحضيرها	47
4. 1. 1 تحضير خريطة التوزيع الشَّمسي للأردن	47
4. 1. 1. 1 توقيع نظام الإحداثيات الجغرافي لخريطة الاشعاع الشَّمسي	47
4. 1. 2 تحضير خريطة شبكة خطوط الكهرباء الرئيسية.....	49
4. 1. 3 تحضير خريطة شبكة الطرق الرئيسية	51
4. 1. 4 تحضير خريطة الارتفاعات	53
4. 1. 5 تحضير خريطة درجات الانحدار	55
4. 1. 6 تحضير خريطة اتجاه المنحدرات	57
4. 1. 7 تحضير خريطة استعمالات الأرض	58
4. 1. 8 تحضير خريطة الأودية والمجاري المائيَّة	60
4. 2 التحليل متعدد المعايير (طريقة الأوزان التركيبية)	62
4. 2. 1 تحليل Euclidean Distance	62
4. 2. 2 تحليل إعادة التصنيف Reclassify Analysis	72
4. 3 تحليل الأوزان التركيبية Weighted Overlay Analysis	76
الخاتمَّة والتوصيات.....	76
المصادر والمراجع.....	77

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الموضوع	الصفحة
المراجع العربية	77
المراجع الأجنبية.....	78
الملاحق	82
الملخص باللغة الإنجليزية	88

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة الجداول

رقم الجدول	الجدول	الصفحة
الجدول رقم (1)	التوزيع القطاعي لاستهلاك الطاقة الكهربائيَّة ونسبة النمو خلال الفترة (2010 – 2014) ج.وس	15
الجدول رقم (2)	مقياس الأهميَّة بحسب تصنيف Sa'aty.	37
الجدول رقم (3)	الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار الطاقة الشَّمسية لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	39
الجدول رقم (4)	الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار المسافة من خطوط شبكة الكهرباء الرئيسية لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	40
الجدول رقم (5)	الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار المسافة من شبكة الطرق الرئيسية لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	41
الجدول رقم (6)	الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار الارتفاع عن سطح البحر لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	42
الجدول رقم (7)	الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى درجات انحدار سطح الأرض لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	43
الجدول رقم (8)	الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى اتجاهات انحدار سطح الأرض لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	44

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

رقم الجدول	الجدول	الصفحة
الجدول رقم (9)	معيار استعمالات الأرض المؤثرة في اختيار محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	45
الجدول رقم (10)	الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار البُعد عن الأودية والمجاري المائيَّة لاختيار محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	46
الجدول رقم (11)	نطاقات المفاضلة بالنسبة للمواقع حسب أهميتها لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة بحسب تحليل الأوزان التركيبية، والمساحات المتاحة لكل درجة من درجات الأهميَّة ضمن حدود الأردن	73

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة الأشكال

رقم الشكل	الشكل	الصفحة
الشَّكل (1)	المناطق الحيوية المناخية الرئيسية للأردن (Atlas of Jordan، Myriam Ababsaبعد العيساوي، 1985).	22
الشَّكل (2)	أحواض المياه السَّطحيَّة في الأردن.	24
الشَّكل (3)	أحواض المياه الجوفيَّة في الأردن	25
الشَّكل (4)	نموذج تصوري لعملية الأوزان التركيبية	35
الشَّكل (5)	خريطة توزيع الإشعاع الشَّمسي للأردن	48
الشَّكل (6)	: خريطة شبكة خطوط الكهرباء الرئيسيَّة في الأردن	50
الشَّكل (7)	خريطة شبكة الطرق الرئيسية	52
الشَّكل (8)	خريطة الارتفاعات الرقمية للاردن بالامتارعن سطح البحر	54
الشَّكل (9)	خريطة درجات الانحدار	56
الشَّكل (10)	خريطة اتجاهات الانحدارات بالدرجات	57
الشَّكل (11)	خريطة استعمالات الأرض.	59
الشَّكل (12)	خريطة المجاري المائيَّة من الرتبة الرابعة فأعلى	61
الشَّكل (13)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار الإشعاع الشَّمسي	64

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

رقم الشكل	الشكل	الصفحة
الشَّكل (14)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار خطوط شبكة الكهرباء الرئيسية	65
الشَّكل (15)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار خطوط شبكة الطرق الرئيسية	66
الشَّكل (16)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار المجاري المائيَّة	67
الشَّكل (17)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار الارتفاع	68
الشَّكل (18)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار درجات الانحدار	69
الشَّكل (19)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار اتجاه المنحدرات	70
الشَّكل (20)	درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار استعمالات الأرض والغطاءات الأرضية	71
الشَّكل (21)	المواقع المناسبة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة	74
الشَّكل (22)	(A) المواقع المناسبة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة في الأردن، (B) موقع محطة شمس معان لتوليد الطاقة الكهروضوئيَّة	75

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الملخص

ارشيد، مأمون أحمد ارشيد، (2017)، اختيار الموقع الأمثل لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير، جامعة اليرموك، إشراف (الدكتور أحمد الخوالدة)

تهدف هذه الدِّراسة إلى تحديد المواقع المثلى لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة في الأردن، كما تسعى للكشف عن أهم المعايير المؤثرة في اختيار هذه المواقع لإنشاء هذه المحطات. وقد استخدمت هذه الدِّراسة المنهج الوصفي التحليلي، ومنهجيَّة الأوزان التركيبيَّة في عملية المفاضلة بين العوامل المؤثرة على اختيار الموقع الأمثل، وذلك باستخدام الأدوات اللازمة من برمجيَّة ال arc gis) 10.3) وبرمجيَّة (ENVI). واستندت هذه الدِّراسة على عدد من البيانات التي تمَّ الحصول عليها من وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة، ووزارة البيئة، وشركة الكهرباء الوطنيَّة، والمركز الجغرافيَّ الملكيَّ، ودائرة الإحصاءات العامة، وتوصَّلت الدِّراسة إلى أنَّ كلَّ مناطقِ الأردن صالحةٌ لإنشاء محطات طاقة كهروضوئيَّة بعد إجراء تحليل الإشعاع الشَّمسي، وتمَّت المفاضلة بين المواقع اعتمَّادًا على المعايير السَّبع المعتمَّدة في الدِّراسة وهي: استعمالات الأرض، وشبكة الطرق الرَّئيسيَّة، وشبكة خطوط الكهرباء الرئيسية، والمجاري، والأودية المائيَّة، والارتفاع عن سطح البحر، ودرجات الانحدار، واتجاهات المنحدرات. حيثُ تبيَّن أنَّ إقليم الجنوب قد حاز على أعلى نسبة صلاحيَّة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة وذلك بنسبة (50.6%) يليه إقليم الوسط بنسبة (29.9%)، وكان إقليم الشَّمال أخيرًا بنسبة (19.5%).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الأول

الخلفية النَّظريَّة

1.1 المقدمة

إنَّ الطاقةَ بجميع مصادرها المتجدِّدة وغير المتجدِّدة عبارةٌ عن ثروةٍ حقيقيَّة للجنس البشريّ وهبها الله –سبحانه وتعالى–للإنسان؛ ليكمل رسالته على الأرض وينتفع بها، فمن هنا ظهر موضوع جغرافيا الطاقة، والتي تُعنَى بالتعرُّف على مصادر الطاقة والثَّروات التي سُخِّرت للإنسان وتعينه وتساعده على الاستغلال والاستخدام الأمثل لهذه الثروات بما يتناسب مع حاجاته، واحتياجات أولاده، وأحفاده من بعده، فالطاقة هي المحركُ الرئيسُ لتدوير عجلة الحياة، فبدونها يضحى الأنسانُ أعزلَ وغير قادرٍ على مزاولة أعماله ونشاطاته. وتُعرَّف جغرافيا الطاقة بأنَّها الجغرافيا التي تُعنى بدراسة موارد الطاقة من حيثُ خصائصُها وتنوعُها وتوزعُها الجغرافي على مستوى العالم وعلى مستوى الوحدات السياسيَّة (نصري خاطر، 2001م)، وذلك بالاستعانة بمناهج البحث الجغرافيَّة كالمنهج الإقليميَّ والمنهج الأصوليَّ والمناهج الحديثة، كمنهج تحليل المنظومات والأساليب الرياضيَّة والاحصائيَّة في التحليل والقياس.

لقد زاد اهتمَّام المُتطلَّب العالميَّ للطاقة المُستدامة على نحو متزايد خلال السنوات الماضية مع اتضاح الأثار البيئيَّة للوقود الأحفوري. إضافة إلى ذلك، فإنَّ النموَ السريعَ للسكان في البلدان النامية يعملُ على زيادة الحاجة إلى توليد وتوزيع الكهرباء. وقد أصبحت الطاقة المتجدِّدة مثل: الطاقة الشَّمسية وطاقة الرِّياح، مصادرَ أساسيَّة للطاقة الخضراء في جميع أنحاء العالم. كما أنَّ تطور تقنيات الطاقة الشَّمسية أصبح حجةً قويةً للنَّظر إليها في مستقبل إنتاج الطاقة المتجدِّدة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وفي ظل هذا التَّطور التِّقني والتكنولوجي بات اختيارُ الموقع الأمثل لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة أمرًا ملحًا وضروريًا في عمليات إنتاج الطاقة والحصول عليها، حيثُ عُرِّفَ الموقعُ الأمثلُ بأنه: (الموقع الذي تنطبق عليه أكبر نسبه من العوامل والمحددات مع مراعاة أنَّه في حالة وجود موقع بديل، أو أكثر للموقع المختار، فإنَّه يتمَّ المقارنة على أساس عدد العوامل المتوفرة في كل موقع) (ESRi, 2015)، فمن هذا المفهوم، نستطيع أنْ نصلَ للموقع الأمثل، ولتوزيع أمثل، وبالتالي الوصول الأمثل للخدمة التي تحقق الرفاه الاجتمَّاعي.

أما بالنِّسبة لمجتمَّعاتنا المعاصرة فبات يظهر جليًا لنا أنَّ التَّقدمَ والارتقاءَ والبقاءَ لأي مجتمَّع يعتمَّدُ على ثلاثة عناصر أساسيَّة ورئيسة وغاية في الأهميَّة هي: الطاقة، والتّكنولوجيا، والماء.

إذ تعتبر هذه العناصر من أبرز مشكلات النزاع في العالم؛ لأنَّها تعد من أهم مقومات قياس قوة الدولة، وكيف لا تكون كذلك، وهي أساسُ حياةِ الشُّعوبِ والمجتمَّعات وسرُ بقائِها وتقدمِها. باتت هذه العناصرُ على اختلافِ توزعها في العالم وندرتِها في بعض الأماكن مشكلةً حازت على اهتمَّام الكثير من الدارسين في العلوم الطبيعيَّة والانسانيَّة؛ ولأنَّ علم الجغرافيا ذو صلة وطيدة بهذه العلوم ومجالاتها فهو العلم الأولى بدارسة هذه العناصر والأكثر قدرة على تحديد الموقع الأمثل لاستغلالها.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2.1 مشكلة الدِّراسة وأسئلتها:

نظرًا لما يشهده الأردن من نقصٍ و افتقارٍ لمصادرِ الطاقة الأحفوريَّة الاعتياديَّة كالنِّفط، والغاز، والاعتمَّاد شبه الكامل على الاستيراد تلبيةً للاحتياجات المحلية، وتمَّاشيًا مع النُّمو السُّكاني، ومواكبةً لزيادة استهلاك الطاقة في القطاعاتِ الصناعيَّة والزراعيَّة والمواصلات والنَّقل، إضافةٍ إلى الآثار السَّلبيَّة والأضرار التي تُلحِقُها مصادرُ الطاقةِ الاعتياديَّة بالبيئة، إذ بات من الضروري أن نستعينَ بالطاقة الشَّمسيَّة كأحد مصادرِ الطاقة المتجدِّدة، وذلك من خلال إنشاء محطات كهروضوئيَّة، وبيان الموقع الأمثل الذي يتناسب مع طبيعة المناطق التي سيتمَّ فيها إنشاء محطات.

وتتضمَّن هذه الدِّراسة تساؤلين تدور حول محورهما معطيات هذه الدِّراسة هما:

1- ما هي العوامل المكانيَّة المؤثرة في اختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة؟

2- ما هي المواقع الأكثر ملاءمة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة في الأردن؟

3.1 أهميَّة الدِّراسة:

تكمن أهميَّة هذه الدِّراسة بأنَّها تتناول قطاعًا هامًا ومؤثرًا بعدد من القطاعات على رأسها القطاع الصناعيَّ، والإسكانيَّ، والزراعيَّ، والتِّجاريَّ، والنَّقل، والمواصلات، ولا ننسى الموازنات المصروفة على استيراد مصادر الطاقة والصعوبات التي تعترض طريق الاستمرار بالاعتماد على مصادر طاقة غير متجدِّدة ومستوردة. وعلاوة على ذلك، إنَّ الأردنَ بلدٌ يعاني من نقصٍ و محدوديَّةٍ في مصادرِ الطاقة الأحفوريَّة الاعتياديَّة (النِّفط والغاز)، على الرغم من أنَّه محاطٌ بدولٍ لديها وفرةٌ بالنِّفطِ والغاز بكمياتٍ متفاوتة، كما أنَّ النموَ السريعَ للسكانِ أدى إلى زيادة الطَّلب على الطَّاقة، وهذا يؤدي إلى زيادة الضَّغط على موارد الطاقة الاعتياديَّة، وغير المتجدِّدة المتوفرة من

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

هنا، أصبح موضوعُ إيجادِ مصادرَ بديلةٍ للطاقة موضوعًا ملحًا وغايةً في الأهميَّة، وكون الشَّمسِ مصدرُ الطَّاقة الرَّئيس للأرض، فاستغلالُ هذه الطاقةِ والاستفادةُ منها باتَ أمرًا ملحًا ومتاحًا في آنٍ واحدٍ، وخاصةً في ظلِّ التَّطور التّكنولوجي الذي وصلنا له في هذا العصر.

4.1 أهداف الدِّراسة:

إنَّ الهدفَ الرئيسَ لهذه لدراسة هو استخدامُ تحليلٍ متعددِ المعايير في بيئة نظم المعلومات الجغرافيَّة؛ لتحديد المواقع المثلى لإنشاء محطاتٍ كهروضوئيَّة.

أمَّا الأهداف التفصيليَّة فهي:

1- بناء قواعد البيانات الجغرافيَّة للعوامل المؤثِّرة في اختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة.

2- تحديد الأماكن المُثلى؛ لاستحداث مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة في الأردن.

1. 5 أهميَّة الطاقة الكهروضوئيَّة

تعتبرُ الطاقةُ واحدةً من أهم متطلباتِ الحياةِ الحديثة للإنسان؛ وذلك لاعتمَّاد كثيرٍ من الأنشطة البشريَّة عليها بشكل أساسيّ، كما أنَّ عمليةَ توفيرِ الطاقةِ للاستخداماتِ المختلفةِ، وتأمينها يعتبران متطلبات سابقة لعملية التَّنمية والتَّطوير في أي دولة. إنَّ الأوضاعَ الاقتصاديَّة الحاليَّة والمتمَّثلة بالتوزيع النِّسبي لمصادرِ الطاقةِ المُتاحة حاليًا، والأوضاعَ البيئيَّة المتمَّثلة بالآثارِ السَّلبيَّة لاستخدام مصادرِ الطاقة التقليديَّة كالنفطِ، والغازِ، بالإضافة إلى استنزافها دفعَ دولَ العالم إلى إيجاد مصادرَ بديلةٍ لضمانِ تلبية الطلب المتزايد على الطاقة، وضمان سلامة البيئة (سانشيز لوزانو وآخرون 2013).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ومن بين مصادرِ الطاقة البديلة تعتبرُ الطاقةُ الشَّمسيَّةُ من أكثر مصادرِ الطاقة تميُّزًا على مستوى العالم خاصةً في السَّنوات العشر الأخيرة، وهذا الأمرُ ليسَ مستغربًا كون الشَّمس توفِّرُ كميةً هائلةً من الطاقة للأرض، وكذلك نتيجة للتقدُّم العلميّ الكبير في مجال صناعة الألواح الشَّمسية التي أصبحت في أقل كلفةً وأكثر تطورًا (فيرناندیز 2014). وعلى الرغم من ذلك، فلا ننكر بأنَّ استخدامَ الطاقةِ الشَّمسيةِ كمصدرٍ لتوليدِ الطاقةِ الكهربائيَّة لا يزالُ منخفضًا فمثلا: يمثلُ استخدام الطاقة الشَّمسية في الولايات المتحدة ما نسبته (10%) من إجمالي المصادر المستخدمة في إنتاج الطاقة الكهربائيَّة (هيئة الطاقة النوويَّة الأردنيَّة 2016).

هذا ولاستخدام الطاقةِ الشَّمسيةِ أهميَّةٌ أكبرُ من أي مصدرٍ آخر للطاقة غير المتجدِّدة الأخرى؛ وذلك للأسباب التالية: (سولانجي وآخرون 2011، هيرناندز وآخرون 2014).

1. لا تنتج الطاقة الشَّمسية أي من الغازات الدَّفيئة المسبِّبة للاحتباس الحراري.
2. لا تسبب تدهور للأراضي أو تلويثا لها.
3. تقلل من الحاجة لمد خطوط نقل الطاقة الكهربائيَّة.
4. تزيد من التَّغطية الإقليميَّة للطاقة الكهربائيَّة.
5. تزيد من الشُّعور بأمن الطاقة وتوفِّرها.
6. تسرِّعُ من عمليةِ تزويدِ المناطقِ النَّائية بالطاقة الكهربائيَّة.
7. تزيد من فرصِ العملِ، وتساهم في تخفيض البِطالة.
8. تحسِّن المستوى المعيشي للسُّكان المخدومين.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

9. تساعد على زيادة الاستثمارات في الحدائق والمنتزهات العامة.

6.1 الألواح الضوئيَّة Photovoltaics:

هـي نظـام كهروضـوئي يـستخدم الطاقـةَ الشَّمـسيَّةَ لتوليـد الطاقـة الكهربائيَّـة بكلفـة زهيـدةٍ ومحافظـة علـى البيئـة. وقد بـدأ عددٌ من دولِ العالمِ باستخدامِها بصورةٍ واسعةٍ خاصـةً بعدَ ارتفـاعِ أسعارِ النفطِ بصورةٍ كبيرةٍ. فمثلاً: شُيِّدتْ في الولايات المتحدة في العام 2014 أكبرَ محطتين في العالم لتوليد الكهربـاء من الأشعة الشَّمسيَّة بواسطة الألواح الضَّوئيَّة وبقدرة 550 ميجا وات لكل منهمـا. كما شُيِّد أيضًا في الإمارات والسُّعودية العديدَ من مثل هذه المشاريع؛ نظرًا لتوفُّر أشعةِ الشَّمسِ أغلب أيام السَّنة. وأمّا من النَّاحية التاريخيَّة، فقد تمَّ اكتشاف ظاهرة توليد الكهرباء من الضُّوء في أوائل القرن التاسع عشر، لكن لم يتمَّ تطبيقها بشكلٍ فعلي حتَّى منتصف القرن العشرين، حين تمَّ تطوير أول خليّة ضوئيَّة جهديَّة من أجل برامج الفضاء في الولايات المتحدة. وبعد ذلك بدأ تطوير الخلايا الكهروضوئيَّة على نطاقٍ أوسعَ منذُ بداية سبعينات القرنِ العشرين.

تتكـون الخلايـا الكهروضـوئيَّةُ مـن مـوادٍ شـبه موصـلةٍ للكهربـاء حيـثُ تكـون غالبًـا مـن السِّيليكون والتي يتمَّ ضغطها في رقاقة معالجة، بحيثُ تشكِّل حقلين كهربائيين أحدهما: موجب، والآخر: سالب، وعندما تصلُ الطاقة الضَّوئيَّة إلى الخليَّة، تقوم فوتونات ضوء الشَّمس بتحفيز الإليكترونات إلى حالة أعلى من الطاقة لتتولد الكهرباء على شكل تيار مستمَّر. وفي حالة الرغبة بتوصيل النِّظام إلى شبكة كهربائيَّة عاديَّة فلابد من تحويل التيار الكهربائي من تيار مستمَّر إلى تيار متردد. وعادة يتكون النظام الكهروضوئي من مصفوفة، أو عدة مصفوفات مع عدد من المكونات الأخرى، تعرف باسم النِّظام المتوازن، والذي يختلف بحسب التَّطبيق المطلوب منه كأن يكون نهاريًا أو نهاريًا وليليًا، وفي هذه الحالة يتمَّ تخزين الطاقةِ الكهربائيَّةِ في بطارياتٍ ضخمةٍ؛

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

لاستخدامها وقت غياب الشّمس. وتجدرُ الإشارة إلى أنَّ هناك عددًا من الأمورِ التّقنيَّة التي يجب مراعاتها عند بناء المحطات الكهروضوئيَّة مثل: الظل بين صفوف الألواح الضوئيَّة الموازية، وزاوية الشُّعاع الشَّمسي، ونسبة الإشعاع المباشر، ووقت سقوط الإشعاع، ودرجة الحرارة، ومدة استمرَّار الإشعاع، وتوجيه الخلايا نحو الشمس لتأمين أطول فترة سقوط للإشعاع، وتثبيت الخلايا على زاوية ميلان معينة لتأمين أفضل سقوط للإشعاع، وتحريك الخلايا لتتبع سقوط الإشعاع وغيرها (Chavez et al.، 2000) (VanArsdall، E. M.، Richards، J.M.،Chavez ، Ed. Richard C. Dorf ، The Engineering Handbook،A. “SolarPower Systems (2000،Boca Raton CRCPress LLC،

7.1 نظم المعلومات الجغرافيَّة والاستشعار عن بعد ودورها في مشاريع الطاقة الكهروضوئيَّة

إنَّ عملية اختيار الموقع المناسب لمواقع توليد الطاقة الكهروضوئيَّة يتطلَّب تقييمًا كاملاً للقضايا التقنيَّة والاقتصاديَّة والاجتمَّاعيَّة والبيئيَّة للمنطقة المستهدفة. ونتيجة لهذا فقد طوَّر المختصون في القطاعات الصناعيَّة والبيئيَّة أساليبَ عدةٍ لإنشاء محطات توليد الطاقة المعتمَّدة على الطاقة الشَّمسيَّة ابتداءً من الأساليب التقليديَّة المعتمَّدة على الزِّيارات المحليَّة والمُسوح المَيدانيَّة إلى استخدامِ الأساليبِ الحديثةِ المتمَّثلة باستخدامِ نظمِ المعلومات الجغرافيَّة والاستشعار عن بعد (كارريون وآخرون 2008، تيجو وآخرون 2010).

إنَّ استخدامَ هذه التقنيات الحديثة سهَّل كثيرًا من عملية اختيار الموقع الأمثل في مجالات عدَّة منها: عملية اختيار مواقع محطات الطاقة الشَّمسيَّة. وتكمُنُ أهميَّة هذه التقنيات في أنَّها توفِّر كثيرًا من الجهد، والمال، بالإضافة إلى أدوات تحليليَّة، ومعلومات شاملة عن المنطقة المُستهدفة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ولعلَّ من أبرزِ الأساليبِ المستخدمةِ في هذا المجال هو أسلوب التَّحليل متعددة المعايير (multi-cretiria analysis) (توريس – سيبيل 2009) الذي استُخدِم في العديد من الدراسات المتعلقة في اختيار المكان الأمثل لخدمة ما (تيجيو وآخرون 2010، كونتوس وآخرون 2005، جورجيو وآخرون 2012، ماسبيرا وآخرون 2006).

ولا يتوقفُ دورُ نظم المعلومات الجغرافيَّة عندَ هذا الأمر، بل إنَّها تستخدمُ في عمليات تحضير وإعداد وجمع وترتيب البيانات المكانيَّة والوصفيَّة اللازمة لمثل هذه الدراسات والمشاريع مدعومةً بما تُقدمه من تقنياتِ الاستشعار عن بعد من بياناتٍ وصورٍ فضائيَّة وجويَّة شاملةً لمنطقة قيد الدِّراسة. ولعلَّ أبرز هذه المعلومات تتمَّثل في توفيرِ خرائطَ شاملة وتفصيلية لاستعمالات الأرض ومعلومات عن مختلف الجوانب الطبوغرافيَّة كالانحدار، والارتفاع، واتجاهات السُّطوح وغيرها. بالإضافة إلى دورها في إنتاج خرائط توزيع الطاقة الشَّمسيَّة على الأرض. وعادة ما تتضمن المنهجيَّة المتبعة عند استخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة في مشاريع الطاقة الكهروضوئيَّة على المراحل التالية (Noorolli et al.، 2016):

1. تشكيلُ فريق يتكون من الخَبراء الأكاديميين، والحكوميين، والصناعيين الذين سيشاركون في عملية تحديد وتقييم المعايير.
2. التعرُّف على المعوقات الفنيَّة، والاقتصاديَّة، والاجتمَّاعيَّة، والبيئيَّة؛ لاستغلال الطاقة الشَّمسيَّة في مناطق مختلفة من البلاد، ولتحديد المناطق غير الملائمة.
3. تحديد وتقييم المعايير المكانيَّة وغير المكانيَّة التي تؤثِّر على إمكانيات الطاقة الشَّمسيَّة.
4. تحديد أوازن معايير التَّقييم حسب أهميتها في التأثير على اختيار مواقع الطاقة الشَّمسيَّة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5. بناء نموذج تحليل ملاءمة الأرض Land suitability.

6. بناء قاعدة البيانات الجغرافيَّة للطبقات المتعلِّقة بالمعايير المكانيَّة.

7. تحديد أسلوب وطريقة دمج الطبقات في نظم المعلومات الجغرافيَّة

8. إعداد خريطة ملاءمة الأرض للمناطق؛ لاستغلال الطاقة الشَّمسية من الأعلى إلى الأقل أهميَّة.

9. وأخيراً، تزويد صانعي القرار بالخرائط النهائيَّة؛ لدراستها واتخاذ القرار النِّهائي.

1. 8 واقع قطاع الطاقة في الأردن

تسعى وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة إلى توفير كافة أشكال الطاقة اللازمة لتحقيق التنمية المستدامة، وذلك من خلال تطوير وتنفيذ السياسات والتشريعات والبرامج المناسبة وتنويع مصادر وأشكال الطاقة المستوردة وتطوير وتحسين مصادر الطاقة المحلية والمتجدِّدة ورفع كفاءتها في مختلف القطاعات. ففي مجال النفط الخام والمشتقات النفطية فقد تمَّ الاستمرار بتأمين حاجة المملكة من النفط الخام والمشتقات النفطية. ويتم متابعة كافة مشاريع السعات التخزينية للنفط الخام والمشتقات النفطية والغاز البترولي المسال القائمة مشروع تطوير الميناء النفطي الذي يهدف إلى زيادة طاقة مناولة النفط الخام والمشتقات النفطية في العقبة. وفي مجال مصادر الطاقة المحلية من النفط والغاز استطاعت وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة اجتذاب عدد من الشَّركات العالميَّة للتنقيب عن النفط في الأردن حيثُ تمَّ تقسيم المملكة إلى إحدى عشرة منطقة استكشافية وقامت عددٌ من شركات البترول العالميَّة بتوقيع اتفاقيات مشاركة بالإنتاج ومذكرات تفاهم للاستكشاف والتنقيب عن

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البترول ودراسة الاحتمَالات النفطية في هذه المناطق. (وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة الأردنيَّة 2014)

وفي مجال الصخر الزيتي منحت الحكومة عدة شركات محلية وعالميَّة مناطق امتياز للاستثمار في الصخر الزيتي بطريقة التقطير للخام السطحي والعميق، وطريقة الحرق المباشر، إضافة إلى توقيع مذكرات التفاهم مع شركات أخرى. وفي مجال الغاز الطبيعي استمَّرت المتابعة الحثيثة مع الجانب المصري لضمان استمراريَّة توريد كميات الغاز الطبيعي التعاقديَّة لمحطات توليد الكهرباء في المملكة بعد الانقطاعات المتتالية. وفي إطار البحث عن مصادر خارجية جديدة للتزويد بالغاز الطبيعي وقعت الحكومة الأردنيَّة العديد من الاتفاقيات مع عدة شركات عالمية. كما تمَّ تكليف شركة الكهرباء الوطنية بإدارة وتشغيل وصيانة ميناء الغاز الطبيعي المسال. (وزارة الطاقة والثروة المدنية 2014)

وفي مجال الطاقة الكهربائيَّة فقد تمَّ تشغيل المرحلة الأولى من مشروع توليد الكهرباء الخاص الثَّالث باستطاعة 240 ميجاواط بتاريخ 2014/8/5 وتشغيل المرحلة الثانية باستطاعة 210 ميجاواط والمرحلة الثَّالثة باستطاعة 120 ميجاواط بتاريخ 2014/10/23. كما تمَّ التشغيل التجاري لمشروع التوليد الخاص الرابع بتاريخ 2014/7/11 باستطاعة 240 ميجاواط. كما تمَّ تكليف شركة السمرا لتوليد الكهرباء بتحويل التوربين الغازي السابع إلى دورة مركبة وذلك بإضافة توربين غازي بقدرة 70 ميجاواط بهدف تحسين كفاءة الوحدة الغازية السابعة وتقليل كميات الوقود المستهلك.(شركة الكهرباء الوطنية الأردنيَّة 2015)

وفي مجال الطاقة المتجدِّدة فتتمَّ المتابعة مع الشركات الاستثمارية لمشاريع الخلايا الشَّمسيَّة لتوليد الكهرباء والبالغة 12 مشروعًا باستطاعات مختلفة مجموعها 200 ميجاواط، وقد

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

انتهى العمل في مشروع منها وهو مشروع شمس معان باستطاعة 160 ميجاوات لكل ساعة بما يعادل 1% من إنتاج الأردن الحالي للطاقة الكهربائيَّة. كما تمَّ السير في إجراءات عطاء مشروع توليد الطاقة الكهربائيَّة بواسطة الخلايا الشَّمسية باستطاعة (65-75) ميجاواط في منطقة القويرة/العقبة. وضمن المرحلة الثانية للعروض المباشرة تمَّ توقيع 45 مذكرة تفاهم مع شركات عالمية للتنافس على تطوير حوالي 200 ميجاواط من مشاريع الطاقة الشَّمسية في شمال ووسط وشرق المملكة (50 ميجاواط لكل مشروع). كما تمَّ البدء بأعمال البناء في موقع مشروع توليد الكهرباء الخاص من طاقة الرياح باستطاعة 117 ميجاواط في منطقة الطفيلة. وضمن مشاريع الأنظمة الصغيرة للطاقة المتجدِّدة فقد تمَّ فتح المجال للمستهلكين في كافة القطاعات المنزليَّة والصناعيَّة والتجاريَّة والمؤسسات الحكوميَّة ودور العبادة وغيرها لتأمين احتياجاتها من الطاقة الكهربائيَّة باستخدام الطاقة المتجدِّدة وبيع الفائض (إن وجد) للشبكة الكهربائيَّة. (وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة 2014)

وفي مجال الجيولوجيا والتعدين فقد تمَّ تنفيذ أربعة مشاريع حفر للصخر الزيتي في أربع مناطق تقع ضمن محافظة معان غطت ما مساحته 2700 كم^2 وذلك لإضافة مناطق جديدة لزيادة احتياطي المملكة من الصخر الزيتي. كما تمَّ تنفيذ مشروع التَّنقيب عن الخامات المعدنيَّة والذي يهدف إلى استكشاف وتقييم الخامات المعدنيَّة المختلفة المنتشرة بالمملكة وتحديد مواصفاتها وكمياتها واستخداماتها الصناعية المختلفة وحاجة ومتطلبات الأسواق المحلية والخارجية لها مثل: الدولومايت، والفوسفات، والحجر الجيري النقي وغيرها. كما يجري العمل على تطوير العديد من الإنجازات في مجالات أخرى مثل الطاقة النوويَّة والثروات المعدنيَّة وكهربة الريف وغيرها. (وزارة الطاقة والثورة المعدنيَّة 2014)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1. 8. 1 مؤسسات قطاع الكهرباء:

وهي المؤسسات التي تعنى بتوليد ونقل وتوزيع الكهرباء داخل المملكة، وهي على النحو التالي:

1-شركة الكهرباء الوطنية: وهي شركة مساهمة عامة تمَّلكها الحكومة. مهمتها بناء وتشغيل وصيانة نظام النقل داخل حدود المملكة إضافة إلى نظام النقل الذي يربط النظام الكهربائي مع الأنظمة الكهربائيَّة لدول أخرى، بالإضافة إلى تأمين المملكة بالطاقة الكهربائيَّة من خلال التوسع في بناء الوحدات التوليدية من خلال القطاع الخاص و/ أو القطاع العام.

2-شركة توليد الكهرباء المركزية: وهي شركة مساهمة عامة مهمتها توليد الطاقة الكهربائيَّة وبيعها بالجملة إلى شركة الكهرباء الوطنيَّة وقد تأسست عام 1999. وتبلغ الاستطاعة التوليديَّة للشَّركة كما هي في نهاية عام 2014 حوالي 1392 ميجاواط.

3-شركة السَّمرا لتوليد الكهرباء: وهي شركة مساهمة خاصة تمَّتلك الحكومة كامل أسهمها مهمتها توليد الطاقة الكهربائيَّة وبيعها لشركة الكهرباء الوطنية، وقد تأسست عام 2004. وتبلغ الاستطاعة التوليدية للشركة كما هي في نهاية عام 2014 حوالي 1059 ميجاواط.

4-شركة (AES-Jordan. Psc): وهي شركة خاصة تمَّتلكها شركة AES الأمريكيَّة وشركة MITSUI اليابانيَّة مهمتها توليد الطاقة الكهربائيَّة وبيعها لشركة الكهرباء الوطنية وقد تأسست عام 2009. وتمَّتلك أول مشروع توليد للقطاع الخاص في الأردن هو محطة شرق عمان/ المناخر التي افتتحت رسميًا برعاية صاحب الجلالة الملك عبد الله الثاني ابن الحسين بتاريخ 2009/10/26 وتبلغ الاستطاعة التوليديَّة للشركة كما هي في نهاية عام 2014 حوالي 372 ميجاواط.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5–شركة القُطْرَانة للطاقة الكهربائيَّة: وهي شركة خاصة تمَّتلكها شركة KEPCO الكوريَّة، وشركة XENEL السعوديَّة، وقد تأسست عام 2010 مهمتها توليد الطاقة الكهربائيَّة وبيعها لشركة الكهرباء الوطنيَّة. وتبلغ الاستطاعة التوليديَّة للشَّركة كما هي في نهاية عام 2014 حوالي 373 ميجاواط.(شركة الكهرباء الوطنيَّة الأردنيَّة 2015)

6– شركات توزيع الطاقة الكهربائيَّة: وهي ثلاث شركات لكل واحدة منها منطقة خاصة بها لتوزيع الطاقة الكهربائيَّة وعلى النحو التالي:

1. شركة الكهرباء الأردنيَّة: وهي شركة مساهمة عامة تتولى توزيع الطاقة الكهربائيَّة في محافظات العاصمة والزرقاء ومأدبا والبلقاء باستثناء مناطق الأغوار الوسطى. وقد تمَّ بتاريخ 2014/5/29 منح الشركة رخصة لمدة 20 عامًا.
2. شركة كهرباء محافظة إربد: وهي شركة مساهمة عامة تتولى توزيع الطاقة الكهربائيَّة في محافظات إربد والمفرق وجرش وعجلون باستثناء الأغوار الشَّمالية والمناطق الشَّرقية. وقد تمَّ في عام 2008 منح الشَّركة رخصةً لمدة 25 عامًا.
3. شركة توزيع الكهرباء:

وهي شركة مساهمة عامة تتولى توزيع الطاقة الكهربائيَّة في المناطق الواقعة خارج مناطق امتياز شركتي الكهرباء الأردنيَّة وكهرباء محافظة إربد وتحديدًا "المناطق الجنوبيَّة والشَّرقية والأغوار". وقد تمَّ في عام 2008 منح الشركة رخصة لمدة 25 عامًا. (شركة الكهرباء الوطنية الأردنيَّة 2015)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1. 8. 2 الطلب على الطاقة الكهربائيَّة في الأردن

تختلف استخدامات الطاقة الكهربائيَّة من سنة إلى أخرى اعتمادًا على قاعدة العرض والطلب المتاحة والذي يتزايد بسبب الزيادة السُّكانيَّة والتحولات في القطاع الصناعي والتعديني والخدمي. فقد ازداد الطلب على الطاقة الكهربائيَّة في عام 2014، وقد سجل قطاع الصناعة وقطاع ضخ المياه أعلى نسبة نمو حيثُ بلغت (10%) يليه إنارة الشوارع بنسبة (9%). كما بلغت كميَّة الطاقة الكهربائيَّة المستوردة عبر خطوط الربط مع مصر وسورية (435) ج. و. س مسجلة نسبة ارتفاع بلغت (14%) عن عام 2013. كما قامت وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة وشركة الكهرباء الوطنية بعدة إجراءات لمواجهة هذا الطلب المتزايد. وقد بلغت كمية الطاقة الكهربائيَّة المولدة (18704) ج.و.س في عام 2104 مسجلة نسبة نمو تقدر بحوالي (8.4%) عن عام 2013. أما الطاقة الكهربائيَّة المستهلكة فقد بلغت (15418) ج.و.س مسجلة نسبة نمو تقدر بحوالي (5.8%) عن عام 2013. ويبين الجدول رقم (1) توزيع الاستهلاك من الطاقة الكهربائيَّة على القطاعات المختلفة في المملكة (وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة(2014م).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول رقم (1) التوزيع القطاعي لاستهلاك الطاقة الكهربائيَّة ونسبة النمو خلال الفترة (2010 – 2014) ج.وس

السنة	نوع القطاع							نسبة النمو%
	منزلي	صناعي	تجاري	ضخ مياه	إنارة شوارع	أخرى	المجموع	
2010	5220	3258	2184	1867	315	–	12844	7.4
2011	5441	3478	2260	1938	324	94	13535	5.4
2012	6126	3461	2427	1955	305	0	14274	5.5
2013	6265	3517	2415	2076	291	0	14564	2.0
2014	6580	3877	2358	2287	316	0	15418	5.9

المصدر وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة 2014

1. 8. 3 كهربة الريف:

استمَّرت وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة في عام 2014 في إيصال الطاقة الكهربائيَّة للقرى النائية والتجمعات السُّكانية الريفية والأسر الفقيرة، حيثُ بلغ مجموع الطلبات المتعلقة بإيصال التيار الكهربائي 4539 طلبًا وبكلفة تقديرية بلغت 24.1 مليون دينار. (شركة الكهرباء الوطنية 2015م)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

9.1 المصطلحات العامة للدراسة:

1- نظم المعلومات الجغرافيَّة: علم جمع المعلومات المكانيَّة والوصفيَّة وإدخالها ومعالجتها وتحليلها وإخراجها وإجراء التحليلات المكانيَّة والإحصائيَّة، ومن ثم عرضها على شاشة الحاسوب، أو على شكلِ خرائطَ، أو تقاريرَ، أو أشكالٍ بيانيَّةٍ؛ للإجابة عن الأسئلة المتعدِّدة: كتحديد المواقع، والقياسات. (أديبة الحربان 2011م).

2- التَّحليل المكاني: هو دراسة نمط توزيع المكاني للظواهر في منطقة معينة وعلاقة تلك الظواهر ببعضها. (منصور وهزايمة 2009)

3- الاستشعار عن بعدُ: هو علم وتقنية الحصول على المعلومات عن ظاهرات سطح الأرض دون الاتصال المباشر معها. (أديبة الحربان 2011م)

4- الموقع الأمثل: الموقع الذي تنطبق عليه أكبرَ نسبة من العوامل والمحددات، مع مراعاة أنَّه في حالة وجود موقع بديل، أو أكثر للموقع المختار، فإنَّه يتمَّ المقارنة على أساس عدد العوامل المتوفرة في كل موقع) (ESRI, 2015)

5- الالواح الكهروضوئيَّة: هي وسيلة لتوليد الطاقة الكهربائيَّة عن طريق تحويل الإشعاع الشَّمسيّ إلى كهرباء مباشرة باستخدام أشباه موصلات (Clifford, 2012)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

10.1 الدراسات السَّابقة

فيما يلي عرضٌ لبعض الدراسات السَّابقة في مجال تحديد المواقع المُثلى لمحطات الطاقة الكهروضوئيَّة:

1- دراسة Effat وآخرون 2016، في هذه الدِّراسة هدفت الباحثة إلى دراسة توزيع الطاقة الشَّمسيَّة في منطقة أسوان في مصر؛ وذلك لتحديد إمكانيّة استحداث محطات للطاقة الشَّمسية، وقد استخدمت الباحثة صورًا فضائيَّة من القمر الصناعي "لاندسات"، وبيانات الارتفاع الرَّقمي[SRTM]؛ لإنتاج خرائط استعمالات الأرض، والخرائط الطبوغرافيَّة، كالانحدار، والارتفاع، وغيرها. فيما تمَّ استخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة؛ لدمج وتحليل هذه البيانات المكانيَّة باستخدام التحليل المعتمَّد على المعايير المتعددة، ومن أجل تحديد المواقع الأكثر ملاءمة لاستخدام محطات الطاقة الشَّمسية. وقد خَلُصَتْ الدِّراسة إلى تحديد 264موقعًا ملائمًا لاستحداث محطات الطاقة.

2- Noorollahi وآخرون 2016: في هذه الدِّراسة، تمَّ استخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة لتحديد المناطق المناسبة لاستغلال الطاقة الشَّمسية في إيران باتباع منهجية المعايير المتعددة، وصنع القرار. حيثُ تمَّ تقسيم المنطقة إلى 1057 منطقةً، وتمَّ تحديد مؤشر ملاءمة الأرض (LSI،Land suitability index) لكل منطقة. وتضمَّنت المنهجيَّة المقترحة ثماني مراحل ابتداءً من تشكيل فريق العمل حتى الوصول إلى اتخاذ القرار بإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة. وقد تمَّ تنفيذ جميع عمليات التَّرقيم، والتَّحويل، وتحليل الخرائط باستخدام برمجيَّة Arc GIS Desktop. وأجريت الحسابات المتعلقة بأوزان المعايير بالاستناد إلى آراء الخبراء.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3- آدميتاومو وآخرون 2015 ،قام الباحثون باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافيَّة؛ من أجل تحديد المواقع المناسبة لاستحداث محطات الطاقة الشَّمسية في كامل الولايات المتحدة الأمريكيَّة، حيثُ تمَّ استخدام بيانات الاستشعار عن بعد لتقدير مقدار الإشعاع الشَّمسي في مناطق الدِّراسة، ثم قاموا بتطوير نموذج رياضي باستخدام ال [GIS]؛ لتقسيم المنطقة إلى شبكة من الخلايا بواقع 100متر مربع لتقدير درجه مناسبة لكل خلية لاستحداث محطات الطاقة الشَّمسية اعتمَّادًا على مجموعة من المعايير مثل : الكثافة السُّكانيَّة ، ومقدار الطاقة الشَّمسية، والاراضي الفدراليَّة، ومواقع المنشآت الخطرة والمناطق المحميَّة وغيرها من البيانات المكانيَّة . وقد أظهرت الدِّراسة أنَّ (11%) من الأراضي الأمريكيَّة صالحةً لإنشاء محطات توليد من الطاقة الشَّمسية باعتبار(6) كيلو واط اساعةامتر مربع كحد أدنى من الطاقة الشَّمسية اليوميَّة، وأنَّ (28%) من الأراضي صالحةً لذلك باعتبار(408) كيلو واط اساعةامتر مربع كحد أدني من الطاقة الشَّمسية اليوميَّة.

4- دراسة Khan و Rathi 2014: في هذه الدِّراسة هدف الباحثون إلى تحديد المواقع المحتمَّلة لمشاريع الطاقة الشَّمسية الكهروضوئيَّة (SPV) الضخمة بالاستناد إلى مجموعة من العوامل المختلفة. وتمَّ تصنيف العوامل إلى صنفين هما: "معايير التحليل" و "معايير الاستبعاد". وتمَّ اعتبار معايير توفُّر الإشعاع الشَّمسي، وتوافر الأراضي الشَّاغرة، والمسافة من الطرق السريعة وخطوط النَّقل الحالية بعين الاعتبار عند تنفيذ التَّحليل. كما راعت الدِّراسة الاختلافات في المناخ المحلي، وحِدَّة التَّلويث، وتضاريس الموقع. وتمَّ اختيار منطقة "راجستان" في الهند كدراسة حالة؛ لكونها تمَّثل أعلى إشعاع شمسي في الهند. كما تمَّ إنشاء سلسلة من الخرائط التي تمَّ تصميمها من خلال برنامج نظم المعلومات الجغرافيَّة؛

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

لتفسير وتوضيح المواقع المحتمَلة لSPV على نطاق واسع ضمن منطقة محصورة بين 70.9 E و26.9 N في "راجستان".

إنَّ ما يميز هذه الدِّراسة عن الدِّراسات السَّابقة هو اعتمَادها على تحليل متعدّد المعايير المعتمَد على طريقة الأوزان التَّركيبيَّة التي تمَّتاز بقلَّة تعقيدها مقارنة بغيرها من الطُّرق الأخرى، بالإضافة لاعتمَادها على ثمانية معايير مجتمَّعة مما ساعد على اختيار أفضل المواقع ملاءمة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة في الأردن، وعلاوة على ذلك، تمَّيَّزت الدِّراسة بأنَّها غطت مساحة الأردن كاملا، وهي الدِّراسة الأولى التي اتخذت هذه الخطوة في الأردن.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الثاني:

منطقة الدِّراسة

سيتمُ عرض بعض الخصائص الطبيعيَّة والبشريَّة لمنطقة الدِّراسة بشكل موجز في هذا الفصل من الدِّراسة.

2. 1 أولا: الخصائص الطبيعيَّة

2. 1. 1 المناخ

تشكل الأراضي الجافة (80٪) من مساحة الأردن التي تحصل على أقل من (200) ملم من الأمطار السَّنويَّة. وتقل نسبة هطول الأمطار من الشَّمال إلى الجنوب والغرب إلى الشَّرق ومن أعلى الارتفاعات إلى الأقل. ويتراوحُ المعدلُ السَّنوي للأمطار من أقل (50) ملم في الجنوب والبادية إلى أكثر من(500) ملم في الشَّمال والمرتفعات الجبلية. إنَّ السِّمات الرَّئيسيَّة لمناخ الأردن تمتاز بكونه حارًا جافًا صيفًا بين شهري حزيران إلى أيلول ومعتدلاً ماطرًا شتاءً بين شهري أيلول وأذار مع تركز (80 %) من الموسم المطري ما بين تشرين الأول وأيار (دائرة الأرصاد الجوية، 2005). وفي أشهر الشِّتاء، يكون الطقس باردًا نسبيًا في المتوسط حوالي(13) درجة مئويَّة، حيثُ يعتبر شهر كانون الثاني الأكثر برودةً عدا وادي الأردن. وتشهد البلاد صيفًا طويلاً، ترتفع فيه درجات الحرارة لتصل إلى ذروتها خلال شهر آب مع درجات الحرارة في النَّهار التي عادةً ما تتجاوز (36) درجة مئويَّة وبالمتوسط أكثر من (32) درجة مئويَّة.

ويمكن تقسيم الأردن إلى تسعِ مناطق حيويَّة مناخيَّة للبحر الأبيض المتوسط على النَّحو التالي، انظر الشَّكل رقم (2).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1. منطقة البحر المتوسط الجافة وشبه الرطبة، والدَّافئة والباردة: وهي تقتصر على منطقة صغيرة جدًا في عجلون ورأس منيف.

2. منطقة البحر المتوسط شبه القاحلة والحارَّة: وتشمل إربد، عمَّان، الطَّيبة والبقعة.

3. منطقة البحر المتوسط شبه القاحلة والباردة: وهي مقصورة على الشُّوبك.

4. منطقة البحر المتوسط الجافة، والباردة: مناطق المفرق والجيزة، ووادي الضليل.

5. منطقة البحر المتوسط الجافة، والحارَّة: وتشمل مدينتي الزَّرقاء والرَّمثا.

6. منطقة البحر المتوسط الجافة والدافئة جدًا: دير علَّا، الباقورة، الشُّونة الشَّماليَّة.

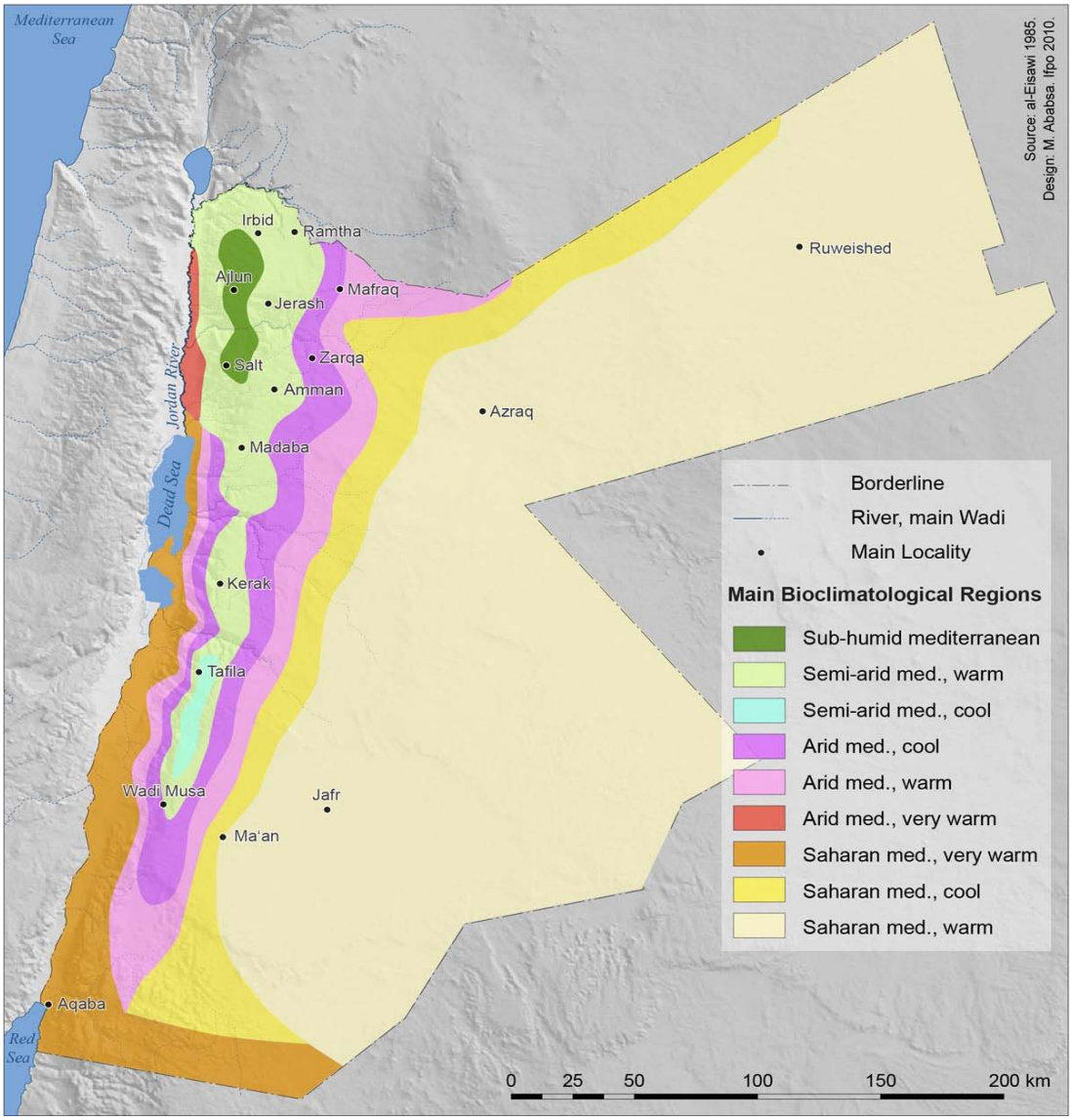
7. منطقة البحر المتوسط الصحراء، والباردة: المناطق القاحلة جدًا من الجفر، ومعان، والصَّفاوي والرُّويشد، والأزرق.

8. منطقة البحر المتوسط الصحراء، والدافئة: وهي عبارة عن قطاع قاحل جدًا أو حزام من الأرض حيثُ تتراوح معدلات هطول الأمطار السَّنوية بين(100) و(150) مم.

9. منطقة البحر المتوسط الصحراء، والحارَّة جدًا: وتشمل مناطق جنوب الغور (جنوب البحر الميّت)، ووادي عربة والعقبة ومنطقة الدِّيسي. (وزارة البيئة الأردنيَّة 2013)

ويجدر الإشارة إلى أنَّ العامل المناخي يلعب دورًا أساسيًا في عملية تحديد مقدار الطاقة الشَّمسية الواصلة إلى سطح الأرض والتي تعتبر الأعلى مقارنة بغيرها من المناطق في العالم نظرًا لطول فترات السُّطوع الشَّمسي اليوميَّة (Qasaimeh وآخرون 2014، Qasaimeh 2012، JIBRIL 1991)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (1): المناطق الحيوية المناخية الرئيسية للأردن (Atlas of Jordan، Myriam Ababsa بعد العيساوي، 1985).

2. 1. 2 الموارد المائيَّة

تتكون موارد المياه من المياه السَّطحيَّة والمياه الجوفيَّة، مع استخدام مياه الصَّرف الصحي المُستصلَحة على نطاق متزايد للرَّي. كما وأصبحت تحليةُ المياه مصدرًا اختياريًا حيثُ يتمَّ إنتاج (40) مليون متر مكعب حاليًا من أكثر من (10) محطات لتحلية المياه للأغراض المنزليَّة وحوالي(9) مليون متر مكعب للرَّي. وتقدر الموارد المائيَّة المتجدِّدة بحوالي (840) مليون متر

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مكعب سنويًا، بما في ذلك (280) مليون متر مكعب من المياه الجوفيَّة و(560) مليون متر مكعب من المياه السَّطحيَّة التي يمكن استخدامها. ويمكن تقدير وجود كمية إضافيَّة تقدر بـ (143) مليون متر مكعب من المياه الجوفيَّة غير المتجدِّدة. كما وتمَّ تقدير حجم النّفايات السَّائلة من مختلف محطات معالجة مياه الصَّرف الصحي حتى تتراوح بين (75–80) مليون متر مكعب في عام 2004.

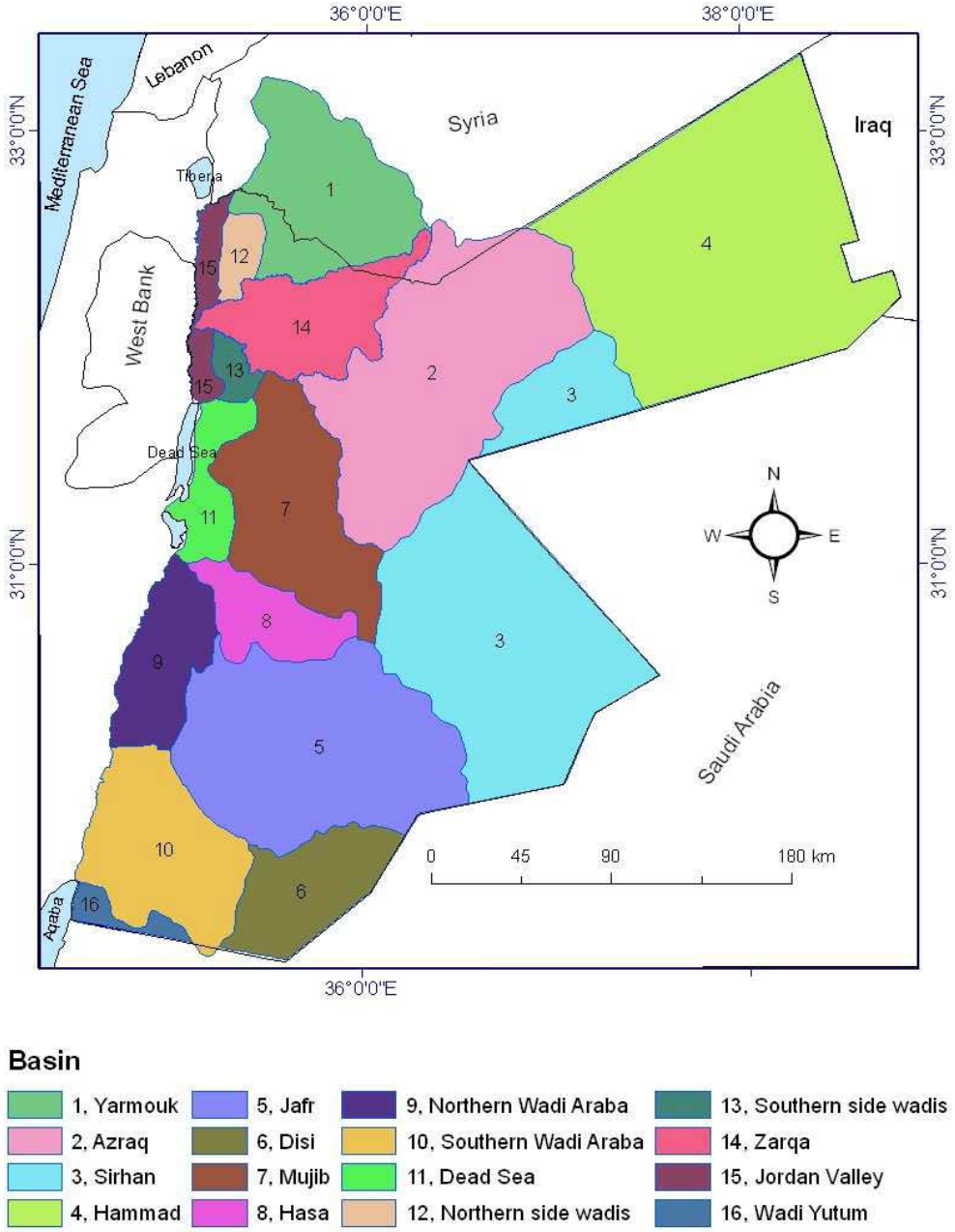
وتتوزع موارد المياه السَّطحيَّة في الأردن بين (15) حوضًا رئيسيًا يبينها (الشَّكل 2). واعتمادًا على اتجاه الصَّرف العام، والتي يمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

1. الأحواض التي تصبُّ في البحر الميت.
2. الأحواض التي تصبُّ في البحر الأحمر.
3. الأحواض التي تصبُّ شرقًا إلى السُّهول الطينيَّة في الصَّحراء.

وفيما يتعلق بالمياه الجوفيَّة فإنَّ أحواضَ المياه الجوفيَّة في الأردن تتجمعُ في ثلاثة مجمعات رئيسية وهي: مجمعات المياه الجوفيَّة العميقة، والمتوسطة، والضَّحلة. وتشكَّلت مجمعات المياه الجوفيَّة العميقة من الحجر الرَّملي. وتتكوَّن المجمعات المتوسطة من طبقات الحجر الجيري، والدولوميت، والصَّوان والتُّراب الكلسي. وتتكوَّن مجمعات المياه الجوفيَّة الضَّحلة التي يتمَّ استغلال معظمها من نظامين رئيسيين: نظام المياه الجوفيَّة البازلت، والصخور الرسوبية، والرواسب الطمية من نظام العصور الرباعية (بندر، 1974). وقد تمَّ تحديد اثني عشر حوضًا للمياه الجوفيَّة (الشَّكل رقم3) والتي تمثّلك "إنتاجًا آمنًا" سنويًا وقابلاً للتجديد لحوالي (280) مليون متر مكعب.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

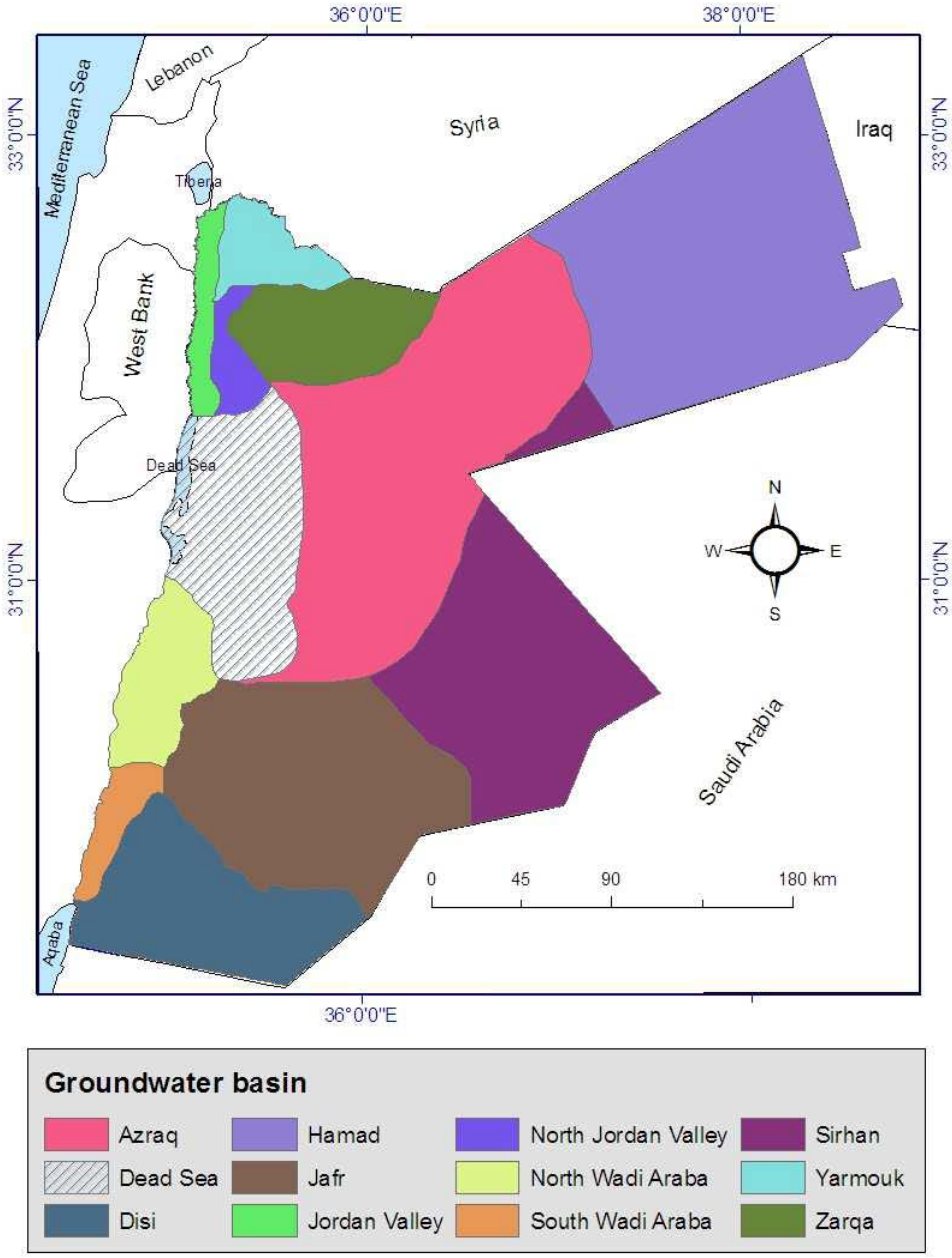
تجدر الإشارة إلى أهميَّة الموارد المائيَّة السَّطحيَّة في تحديد مواقع المحطات الكهروضوئيَّة. حيثُ يُستفادُ منها في عمليات تبريد المحطات، كما أنَّها تدخل في تقييم الأثر البيئي، والأخطار البيئيَّة التي تعد الفيضانات من أهمِّها وأكثرها خطورةً على مواقع المحطات.



الشَّكل (2): أحواض المياه السَّطحيَّة في الأردن.

المصدر: وزارة البيئة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (3): أحواض المياه الجوفيَّة في الأردن

المصدر: وزارة البيئة

www.manaraa.com

2. 1. 3 الطبوغرافيا

تنقسم الأردن إلى ثلاث مناطق طوبوغرافية (GCEP، 1998):

أخدود وادي الأردن، وهو صدعٌ يمتد من بحيرة طبريَّا في الشَّمال إلى خليج العقبة في الجنوب. ويقع وادي الأردن والبحر الميّت ووادي عربة في هذه المنطقة. ويعتبر البحر الميّت، على ارتفاع أقل من −400م تحت سطح البحر الأدنى انخفاضًا على وجه الأرض. ويبلغ متوسط هطول الأمطار في هذه المنطقة 200−300 ملم سنويًا في وادي الأردن، و50 إلى 100 ملم في البحر الميّت، وأقل من 50 مم في وادي عربة.

المنطقة الجبليَّة وتشكل الحد الشَّرقي من الوادي المتصدع وتمَّتد من بحيرة طبريَّا إلى خليج العقبة. وتتراوح ارتفاعات الجبال في هذه المنطقة بين 1200 إلى 1500 متر فوق مستوى سطح البحر. ومناخ المنطقة معتدل نسبيًا مع أمطار الشِّتاء. وتتلقى المرتفعات الثلوج في الشِّتاء في بعض الأحيان. ويختلف متوسط هطول الأمطار السَّنوي في المناطق الجبلية من 600 مم في المرتفعات الشَّمالية، إلى 100−300 مم في الجنوب. ويعيش تسعين في المئة من سكان الأردن في هذه المنطقة.

الصحراء الشَّرقيَّة (المعروفة أيضًا باسم **البادية**) وتقع في شرق المنطقة الجبليَّة وتغطي 85 في المئة من مساحة الأراضي الأردنيَّة. ويتمَّيز مناخ هذه المنطقة بمناخٍ جافٍ وحارٍ. وأكثر مساحة هذه المنطقة مسطحات أو تلال، ولكن في الجنوب، هناك نوعان من الجبال العالية في الأردن، وهي جبل رم، وجبل أم العشرين.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وتجدر الإشارة إلى أهميَّة دراسة الطبوغرافيا في تحديد الموقع الأمثل لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة، و ذلك للتعرُّف على الانحدارات و اتجاهاتها و زوايا الانحدار لما لذلك من تأثير على كمية الاشعاع الشَّمسي الواصل إلى سطح الأرض، وعلاوة على ذلك، أهميَّة دراستها في التعرُّف على المناطق الأكثر عرضة للانهيارات والانزلاقات الأرضيَّة.

2. 1. 4 استخدام/غطاء الأراضي

يمثل رسم الخرائط وتحديد استخدام /غطاء الأراضي بيانات خط الأساس للعديد من الدِّراسات الجغرافيَّة. وعادة ما ترتبط فئات استخدام / غطاء الأرض مع احتياجات الدِّراسات ذات الصلة حيثُ يلعب استخدام الأراضي، والأنشطة البشريَّة أدوارًا هامة في أي تطبيق. ويقع استخدام/غطاء الأراضي في الأردن في خمس فئات عريضة هي (وزارة البيئة 2013):

أ. المراعي

بحكم التَّعريف، تشمل المراعي المناطق غير المزروعة في مناطق هطول الأمطار العالية والمنخفضة. ومع ذلك، تقع معظم هذه الأراضي في المنطقة القاحلة التي توفر مناطق مهمة للرَّعي والاستعراض. وتشكل ما نسبته (93.30 %) من مساحة الأردن. وتعتبر الثَّروة الحيوانيَّة المصدرّ الرئيس لدخل المجتمَّعات المحلية في هذه المنطقة. وتقع المناطق الرَّعوية العالية الأكثر إنتاجيَّة داخل مناطق هطول الأمطار 100 –250 ملم. وفي هذه المنطقة، يُزرَعُ الشعيرُ؛ لأنه نادرٌ ما تكفي مياه الامطار لإنتاج محصول معقول (100–500 كجم / هكتار)، حيثُ يعتبر نمو الخضراوات المحدود امرًا شائعًا.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ب. الأراضي الزراعيَّة:

وتشمل كل من الزِّراعة البعليَّة والمرويَّة. وعمومًا، لا تدعم كميات الأمطار والظروف المناخيَّة للبلد الزِّراعة البعليَّة الجيدة، باستثناء مناطق قليلة في المرتفعات في الشَّمال والغرب. وتشكل ما نسبته 2.69 % من مساحة الأردن. وتقع المنطقة الزراعيَّة البعليَّة داخل نظام رطوبة التُّربة في المناطق التي يتجاوز فيها هطول الأمطار 250 ملم، على الرغم من أهميَّة إنتاج الحبوب في بعض المناطق التي يكون فيها هطول الأمطار بين 200 و250 ملم. وعمومًا، هناك قسمان رئيسان في الزِّراعة البعليَّة هما: أشجار الفاكهة، والمحاصيل الحقليَّة. وتهيمن المحاصيل الشَّجرية على الأراضي المُنحدِرة والتِّلال، وبشكل حاد في الجزء الغربي من الهضاب المرتفعة. وفي الأراضي السَّهليَّة في إربد ومأدبا، والكرك، والطفيلة، والشُّوبك، يعتبر القمح المحصول الرئيس، مع مناطق أقل زراعةً بالتبغ، والذُّرة الرَّفيعة، ومحاصيل الصَّيف الأخرى كالعدس، والحمص.

أما فيما يخص الزِّراعة المرويَّة، فتقع معظم الأراضي الزراعيَّة المرويَّة في وادي الأردن. حيثُ تخدم هذه المنطقة الزراعيَّة بإمدادات المياه السَّطحيَّة المنقولة عن طريق قناة الملك عبد الله، ومناطق محدودة في جنوب الوادي والمروية من المياه الجوفيَّة. وتتمثل المحاصيل الرئيسية بالخضار والأشجار بما في ذلك الحمضيات والموز. وفي شمال الوادي، يزرع القمح في كثير من الأحيان في التُّربة الصخريَّة ويعتمَّد في البداية على المطر، ولكن يتمَّ تقديم الرَّي التَّكميلي في مرحلة تشكيل المحصول.

أما في مناطق الدِّيسي والمدوَّرة، فتستخدم المياه الجوفيَّة الأحفوريَّة العميقة للرَّي المحوري للقمح والعلف والبطاطا. وبشكل عام، تتنوع المنطقة الزراعيَّة في الأردن من سنة إلى أخرى اعتمادًا على كميات الأمطار والموارد المائيَّة المتاحة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ج. **المناطق الحضريَّة:** تشغل المناطق الحضريَّة نسبةً صغيرةً من مساحة الأردن. وعلى الرغم من أنَّ المناطق الحضريَّة تشكل حوالي 1.89٪ من الأرض، وهي ترتكز أساسًا في الأراضي الأكثر إنتاجية من منطقة هطول الأمطار العالية في عمان، وإربد، ومأدبا، والسَّلط.

د. **الغابات والتَّشجير:** تتركز الغابات أساسًا في منطقة هطول الأمطار العالية في عجلون وجرش وتمَّ تعديلها من قبل أنظمة الحراجة الزراعيَّة وتشكل ما نسبة 1.5 % من مساحة الأردن.

هـ. **المسطحات المائيَّة:** وتشمل البحر الميّت وخليج العقبة على الأخص فهما يشكلان ما نسبته 0.62% من مساحة الأردن.

تجدر الإشارة إلى أهميَّة دراسة خرائط استعمالات الأراضي والغطاءات الأرضيَّة، وذلك للابتعاد عن الأماكن المحظورة مثل: المحميات الطبيعيَّة، أو المطارات، أو أماكن مستغلَّة كالغابات أو المراعي، والقدرة على اختيار أماكن أكثر ملاءمة، واستغلالها في مشاريع تنمويَّة مثل: إنشاء محطات كهروضوئيَّة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2. 2 ثانيا: الخصائص البشريَّة

2. 2. 1 تطور عدد السُّكان

بلغ عدد سكان الأردن حسب تعداد عام 2015 ما مقداره ٥٣١.٧١٢.٩ نسمة، وبلغ عدد الأُسر 534،977،1 أسر، وبلغ متوسط حجم الأُسرة 82،4 فرد، وبمقارنة متوسط حجم الأُسرة بالتعدادات السَّابقة، يتبين أنَّ حجم الأُسرة استمرَّ بالانخفاض التَّدريجي خلال الأربعة عقود الأخيرة.

وقد تطوَّر عدد سكان الأردن منذ مطلع عقد السِّتينيات من القرن الماضي، حيثُ تضاعف عدد السُّكان أكثر من 10 مرات خلال 55 عامًا.وكانت الزِّيادة الأكبر خلال العقد الماضي، وخاصة منذ عام 2011م. وقد بلغ معدل النُّمو السُّكاني خلال الفترة 2004 و2015 حوالي 5.3% سنويًا.ويعود الارتفاع في هذا المعدل إلى الهجرات بما فيها الهجرة القسريَّة واللجوء للأردن، حيثُ كان معدل النمو السَّنوي للأردنيين 3.1% سنويًا مقابل 18% لغير الأردنيين .(دائرة الإحصاءات العامة 2015م)

2. 2. 2 توزيع السُّكان

أمَّا توزيع السُّكان حسب المحافظات بناء على النتائج لتعداد 2015 مقارنة بتعداد 2004، فقد تخطَّى حجم السُّكان في محافظة عمَّان أربع ملايين نسمة، بما يزيد عن الضِّعف العدد لعام 2004. ويعود ذلك إلى أنَّ العاصمةَ تعتبرُ المحافظة الأكثر جذبًا للأردنيين وللقادمين إلى المملكة من غير الأردنيين .(.دائرة الإحصاءات العامة 2015م)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وكذلك فقد ارتفع نصيب المحافظات المستقبلة لغير الأردنيين وخاصة اللاجئين السوريين مثل: إربد (بزيادة 0.4%) والمفرق (بزيادة 1%)، وذلك على حساب المحافظات التي لم تستقبل أعدادًا كبيرة، أو لم تكن جاذبة.

وفيما يتعلق بتوزيع السُّكان في المحافظات حسب الجنسيات في المملكة، فيشكل السُّكان غير الأردنيين حوالي 30% من إجمالي السُّكان، نصفهم من السوريين (1.3 مليون) يتركز أغلبهم في محافظة العاصمة (436 ألفًا)، ثمَّ إربد (343 الفًا)، ثم المفرق (208 ألفًا)، ثم الزرقاء (175 ألفًا .(دارة الإحصاءات العامة 2015م).

2. 2. 3 التركيب العمري والنوعي للسُّكان.

يشير الهرم السُّكاني لإجمالي السُّكان إلى زيادة في عدد الذُّكور مقارنة بعدد الإناث، وخاصة للأعمار التي تزيد عن عشرين عامًا. ويعود ذلك إلى خاصية الاختيار، وخاصة بالنِّسبة للهجرة الطوعيَّة حيثُ إنَّ الغالبية العظمى للقادمين من الذكور هم في سنِّ العمل.

أما بالنسبة للأعمار دون سنِّ العشرين فإنَّ نسبة الجنس تكاد تكون متقاربةً، حيثُ إنَّ الجزء الاكبر من الهجرات القسريَّة وخاصة المتعلقة بالأزمة السُّوريَّة عبارة عن أُسر فيها أطفال ونساء وبقية الأعمار، وبالنِّسبة للهرم السُّكاني للأردنيين، فقد جاء حسب التوقعات والتي تشير إلى أنَّ المجتمع يتأثر بالنُّمو الطبيعي للسُّكان كما لوحظ تقلُّص حصة الأطفال دون سن الخامسة، والذي يعود إلى انخفاض معدلات الإنجاب. (دائرة الإحصاءات العامة 2015م)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الثالث

منهجيَّة الدِّراسة

في عملية التخطيط لتطوير محطات الطاقة الكهروضوئيَّة، فإنَّ أخذَ القيود التقنيَّة والاقتصاديَّة والاجتمَّاعيَّة، والبيئيَّة بعين الاعتبار يعتبرُ أمرًا أساسيًا (Wheatbelt Development Commission 2010 و Ong وآخرون 2013). وفي هذا السِّياق، تستخدم نظم المعلومات الجغرافيَّة، وتقنيات الاستشعار عن بعد في تحليل وتصوير المعلومات الجغرافيَّة المكانيَّة، وتوجيه نظم دعم القرار؛ لتحديد المواقع المكانيَّة المناسبة من خلال تطوير قواعد بيانات الخاصة بذلك. في هذه الدِّراسة تمَّ اتباع ثلاث مراحل أساسية هي:

3. 1 مرحلة جمع البيانات:

اشتمَّلت البيانات اللازمة لهذه الدِّراسة على خريطة توزيع الإشعاع الشَّمسي للأردن، وخريطة استعمالات الأرض، وخريطة المجاري المائيَّة، وخريطة درجات الانحدار، وخريطة اتجاه المنحدرات وخريطة الارتفاع، وشبكة الطرق الرئيسية، وخريطة شبكة خطوط نقل الكهرباء الرئيسية. وقد تمَّ الحصول على هذه البيانات من المصادر الرَّسميَّة كوزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة، والجمعيَّة العلميَّة الملكيَّة والمركز الجغرافي الملكيّ، ودائرة الإحصاءات العامَّة، بالإضافة إلى وكالة الفضاء الأمريكيَّة "ناسا" عبر موقع USGS وموقع ASTER-GDEM وموقع Google Earth بالإضافة إلى العديد من المواقع الإلكترونيَّة الرسميَّة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3. 2 مرحلة تحضير البيانات:

وفيها تمَّ استخدام البيانات التي تمَّ جمعها في إنتاج الخرائط الرَّقمية اللازمة لعملية التَّحليل باستخدام حزمة برمجيَّة ArcGIS10.4.1 وبرمجيَّة(5.3) ENVI.

3. 3 مرحلة التحليل والمناقشة:

3. 3. 1 التحليل متعدد المعايير Multi – criteria analysis

لقد قادت الحاجة إلى مساهمة العوامل البيئيَّة والتقنيَّة والاجتمَّاعيَّة والسياسيَّة في مجال تخطيط استعمالات الطاقة إلى زيادة الاعتمَّاد على تطبيقات المعايير المتعددة (بوهيكار وراماجانوان 2004). ففي السَّنوات الأخيرة استخدمت طريقة اتخاذ القرار المعتمَّد على المعايير المتعددة في مجال الطاقة الشَّمسيَّة في العديد من الدراسات في مناطق مختلفة من العالم (بين سالده وآخرون 2008). إذ تقومُ هذه الطريقةُ على صياغة مشكلة البَّحثِ، ومن ثم تقوم بوضع مجموعة من المعايير التي تؤسّس قواعد ومتطلبات البَّحث. ومن ثم تحديد أو ترتيب هذه المعايير حسب أولوياتها وأهميتها في التأثير على النتائج النهائيَّة أو الهدف المرجوّ من الدِّراسة. ويتمَّ ذلك من خلال تخصيص أوزان كل معيار من هذه المعايير بناءً على درجة تأثيره في التطبيق قيد الدِّراسة (واتج وآخرون 2009). ومن ثم يتمَّ استخدام أحد أساليب دمج البيانات للخروج بمجموعة من البدائل للموضوع قيد الدراسة. وأخيرًا، يتمَّ اختيار واحد من هذه البدائل؛ لتمَّثل البديل الأمثل، كأن يكون الموقع الأمثل لمحطات الطاقة الشَّمسية. وبعد ذلك يتمَّ تقديم هذه البدائل إلى صُنَّاع القرار كالحكومات، والشركات التي يكون لها القول الفصل في قبول أو رفض مخرجات الدِّراسة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ومن أشهر طرق التَّحليل المتعدد المعايير، طريقة الأوزان التركيبيَّة (weighted sum) و الأوزان التركيبيَّة (Weighted Overlay)، والطريقة التشعبيَّة (Fuzzy set)، و طريقة التسلسل الهرمي التحليلي (Analytical hierarchy process)، (منصور و هزايمة 2010) (وانج و آخرون 2009). وقد تمَّ في هذه الدِّراسة الاعتمَّاد على طريقة الأوزان التركيبيَّة (Weighted Overlay) لاختيار أنسب المواقع لمحطات الطاقة الكهروضوئيَّة في الأردن، نظرًا لقلَّة تعقيداتها ومتطلباتها مقارنة مع الطرق الأخرى وسهولة مراجعة نتائجها.

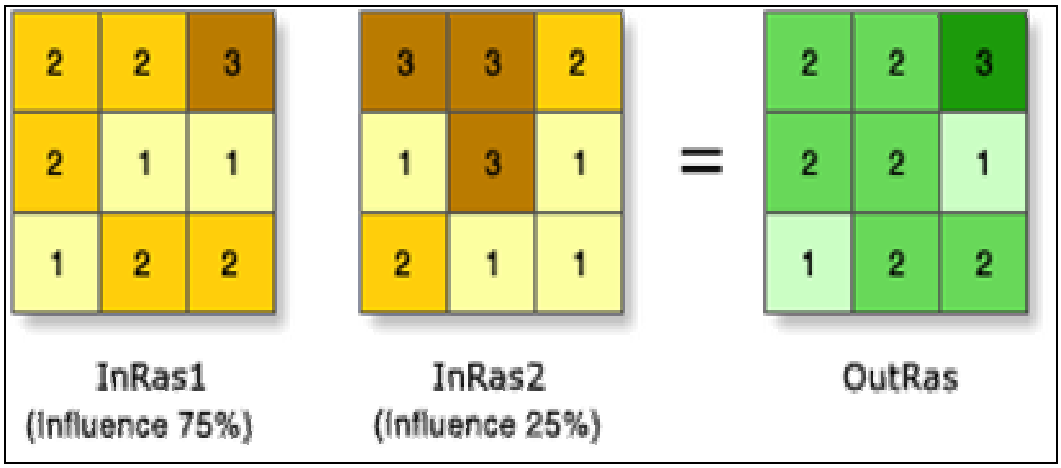
3. 3. 2 طريقة الأوزان التركيبية (Weighted Overlay):

طريقة الأوزان التركيبيَّة هي واحدة من أشهر الأساليب المستخدمة في التحليل متعدد المعايير وعادة ما يتمَّ استخدامها في تحديد المواقع المثلى لاستحداث خدمة معينة في هذه الطريقة يجب تحديد مشكلة معينة، ومن ثم تقسم إلى نماذج فرعيَّة وتحدد المدخلات اللازمة لكل نموذج والتي يمكن أن تكون مدخلات نصيَّة أو رقميَّة أو اتجاهيَّة أو شكليَّة لذا يجب توحيد جميع المدخلات إلى مقياس موحد، مثلا: يمكن اختيار مقياس يعبر عنه بأرقام من(1−10) عادة بحيثُ يكون الرقم (10) هو الأعلى أهميَّة أو الأكثر تأثيرًا في مشكلة الدِّراسة ضمن المعيار الواحد في هذه الطريقة يتمَّ تخصيص وزن عام للمعيار الواحد بالمقارنة مع المعايير الأخرى بحيثُ يعبِّر هذا الوزن من الأهميَّة النسبيَّة لهذا المعيار مقارنة مع غيره من المعايير ويجب أن يكون مجموع أوزان المعايير يساوي 100 (ESRI 2016)

في هذه الطريقة يتمَّ تحديد أهميَّة أو صلاحيَّة الموقع في المخرجات النهائيَّة من خلال إجراء عملية ضرب كل خلية في طبقة المدخلات بالوزن العام للمعيار، ومن ثم تضاف النتيجة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

لكل المعايير معًا، ومن ثم تقرب النتيجة إلى أقرب عدد صحيح وبعدها يتمَّ مراجعة النتائج للتحقق منها انظر إلى الشَّكل رقم (4) للتوضيح .



الشَّكل (4) نموذج تصوري لعملية الأوزان التركيبية

المصدر: ESRI

يوضح الشَّكل رقم (4) أنَّ هناك طبقتين من نوع "راستر" لمعياريين مختلفين وقد تمَّ توحيدها إلى مقياس "واحد" إلى يتدرج من 1-3 بحيثُ يشير الرقم 3 إلى المواقع الأعلى أهميَّة. وقد تمَّ تخصيص وزن مقداره 75% للمعيار الأول وزن مقداره 25% للمعيار الثاني لذا فعند تنفيذ طريقة الأوزان التركيبيَّة فإنَّ كل خلية في طبقة المعيار الأول ستضرب بـ 75% في حين ستضرب كل خلية في المعيار الثاني بـ 25%ومن ثم تضاف القيم الناتجة لتشكيل الأهميَّة النسبيَّة لتلك الخلية.

مثال: في حالة الخلية الأولى الواقعة في الجهة العليا اليسرى على الشَّكل رقم (4) فإنَّ قيمة الخلية في المخرجات ستكون كالتالي:

$(2*0.75)+(3*0.25)=2.25$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ومن ثم تقرب النتيجة إلى أقرب عدد صحيح هو في هذه الحالة يساوي 2 وهذا يعني أنَّ هذه الخلية لها أهميَّة بمقدار 2 مقارنة مع الخلايا الأخرى في الطبقة المستخرجة.

3. 3. 2. 1 الخطوات العملية لطريقة الأوزان التركيبيَّة (ESRI 2016):

1- اختيار مقياس معين للتقييم:

يتمَّثل مقياس التقييم بدرجة مناسبة الموقع للموضوع قيد الدِّراسة بحيثُ تمَّثل القيمة الأصغر المواقع غير المناسبة وتمَّثل القيمة الأعلى المواقع الأكثر مناسبة، وعادة ما يتمَّ اختيار مقياس من 1- 10.

2-إضافة المدخلات:

المدخلات في هذه الطريقة تمَّثل في طبقات المعايير المؤثرة في اختيار الموقع المناسب للموضوع قيد الدِّراسة، وهنا تجد الإشارة إلى أنَّ القيمَ يجب أن تكونَ أعدادًا صحيحةً وليست عشريَّةً أو نصيَّةً.

3-ضبط قيمة مقياس التقييم للمعيار الواحد:

وهنا يتمَّ إعطاء كل خلية قيمة في طبقة المعيار الواحد قيمة رقميَّة محددة بحيثُ يتمَّ إجراء العمليات الحسابيَّة عليها فمثلا: إذا أردنا اختيار موقع لبناء محطة كهروضوئيَّة وكانت الطبقة المستخدمة تمَّثل استعمالات الأرض (زراعة، مباني أثرية، مياه)، وطبقة أخرى تمَّثل القُرب من شبكة خطوط الكهرباء. فإنَّنا نعطي قيمةً لكل استعمالٍ من استعمالاتِ الأرضِ حسبَ أهميتهِ مثلاً: نُعطي التُّربةَ القيمةَ 9 والمناطقَ الزراعيَّةَ القيمةَ 5 والمناطقَ المبنيَّة القيمةَ 3 والمياه القيمة صفر. وفي حالة شبكة خطوط الكهرباء فإنَّنا نقسم المواقع بحسب البُعد عن الطريق إلى عشرة مستويات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مثلا بحيثُ تكون المواقع الأقرب من الشَّبكة هي الأعلى أهميَّة، فنعطيها مثلاً القيمة 9 وتنخفض القيمة بالبُعد على الشَّبكة.

4–ضبط الوزن للمعيار:

وهنا يتمَّ تحديد وإضافة الوزن المحدد للمعيار إلى نافذه التطبيق اعتمادًا على درجة أهميَّتِها ويجب أن يكونَ مجموعُ الأوزانِ يساوي 100%

5–تنفيذ العملية، وذلك بإعطاء الحاسوب الأمرَ بتنفيذ عملية الأوزان التركيبية.

مقارنة النتائج مع مقياس الأهميَّة المبين في الجدول رقم (2). (Sa'aty 1987 ، 2008).

الجدول رقم (2): مقياس الأهميَّة بحسب تصنيف Sa'aty.

درجة الأهميَّة	التعريف
1	متساوي الأهميَّة
2	متساوي إلى متوسط الأهميَّة
3	متوسط الأهميَّة
4	متوسط إلى قوي الأهميَّة
5	قوي الأهميَّة
6	قوي إلى قوي جدًا
7	قوي جدًا
8	قوي جدًا إلى فائق الأهميَّة
9	فائق الأهميَّة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3. 3. 3 المعايير المتبعة في اختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

يتمَّ تحديد مجموعة معايير اختيار الموقع الأمثل بالأخذ بعين الاعتبار العوامل الجغرافيَّة واستعمالات الأراضي والعوامل الاقتصادية، والبيئية، والهيدرولوجيَّة، والأمنيَّة، والتقنيَّة، وغيرها. وفي هذه الدِّراسة، فقد تمَّ تحديد معايير المفاضلة بين المواقع اعتمَّادًا على الدراسات السَّابقة ومراجعة خبيرين في هذا المجال وهما: ا. د محمد حسن الزعبي من كلية الحجاوي في جامعة اليرموك، والمهندس أنس عصام السُّخني من شركة قعوار للطاقة الشَّمسية وذلك من خلال إعداد استبانة لتحديد المعايير والمفاضلة فيما بينها (انظر الملحق رقم 1 الذي يبين استبانة المفاضلة بين المعايير). وبناءً على ذلك فقد تمَّ تحديد ثمانية معايير مكانيَّة لهذه الغاية، وقد تمَّ تقديم بعض التفسيرات بشأنها. وقد كانت هذه المعايير على النحو التالي:

1. الطاقة الشَّمسية:

تعتبر الطاقة الشَّمسيَّة إحدى أهم المعايير التي يجب مراعاتها عند اختبار محطات الطاقة الشَّمسية؛ وذلك لأنَّها المصدرُ المزودُ للخلايا الشَّمسيَّة بالطاقة. كما يجب أن تكونَ كميَّةُ الطاقة الشَّمسيَّة كافيةً بما يضمن إنتاج كمياتٍ من الطاقة الكهربائيَّة تغطي الطَّلب وتضمن الدَّيمومة والجدوى الاقتصاديَّة من المحطات. وعادةً يتمَّ إنتاج خرائط توزيع الطاقة الشَّمسيَّة باستخدام معادلات رياضيَّة وفيزيائيَّة بالاستعانة ببيانات الاستشعار عن بُعد، وتقنيات نظم المعلومات الجغرافيَّة. وبشكل عام فالأماكن المرشَّحة بشكل أكبر هي التي تتلقى إشعاعًا شمسيًا كافيًا على مدار العام. وكقاعدة عامة، تتطلب الأنظمة الكهروضوئيَّة إشعاعًا شمسيًا بحد أدنى يبلغ 1300 كيلو واط ساعة للمتر المربع الواحد (1300كيلو واط/متر^2) بالسنة للتشغيل الاقتصادي [US

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2013 EPA & Nrel]. ويبين الجدول رقم (3) الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار الطاقة الشَّمسية. وقد تم تخصيص وزن بمقدار 40% لهذا المعيار.

الجدول رقم (3): الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار الطاقة الشَّمسية لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

كمية الطاقة الشَّمسية (كيلوواط/متر^2)	أهميَّة الموقع بالدرجات من 0 إلى 9
2699.99–2600	9
2599.99–2500	8
2499.99–2400	8
2399.99–2300	8
2299.99–2200	7
2199.99–2100	6
2099.99–2000	6
1999.99–1900	6

المصدر عمل الباحث

2. المسافة من خطوط الكهرباء الرئيسية:

نظرًا لارتفاع التكاليف المرتبطة ببناء خطوط نقل الطاقة الكهربائيَّة، فإنَّ المسافةَ من خطوط النقل الكهربائي يُعدُّ أحدَ المعايير المهمَّة في تحديد مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة. وبشكل عام، فإنَّ خطوط نقل الطاقة الكهربائيَّة تؤثّر على محطات الطاقة الشَّمسيَّة من حيثُ السَّلامة العامة، وسلامة الشبكات، والوصول السريع؛ لتثبيت المعدات وعمليات الإصلاح المحتمَّلة. وقد أظهرت الدراسات أنَّ أفضلَ مسافةٍ من شبكاتِ الكهرباءِ من أجل سلامة محطات الطاقة الشَّمسيَّة والشَّبكة يجب ألا تزيد عن (15) كم، أي أنّ قرب موقع بناء المحطات لخطوط نقل الطاقة الكهربائيَّة يُعدُّ ميزةً اقتصاديَّة هامة كونه يقلل من التكلفة ويقلل مقدار الفاقد من الطاقة [US 2013 EPA & Nrel].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وفي هذه الدِّراسة، فيما يتعلق بمدى أهميَّة المنطقة لتكون موقعًا مقترحًا لاستخدام الطاقة الشَّمسية، فقد تمَّ تحديد عشرة نطاقات طوليَّة تبدأ من شبكة خطوط الكهرباء، وتقل فيها الأهميَّة النِّسبيَّة للموقع كلما ابتعدنا عن خطوط الشَّبكة، وكما هو مبين في الجدول رقم (4). وباختصار، فإنَّ المناطقَ الواقعة على مسافة تزيد عن (15) كم من خطوط نقل الطاقة الكهربائيَّة تعتبرُ مناطقَ غير مناسبة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة. وقد تمَّ تحديد الوزن الإجمالي لمعيار شبكة خطوط الكهرباء بواقع (7%) من الوزن الكلي لجميع المعايير.

الجدول رقم (4) الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار المسافة من خطوط شبكة الكهرباء الرئيسية لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

أهميَّة الموقع بالدرجات من 0 إلى 9	المسافة من شبكة خطوط الكهرباء(متر)
9	100
9	500
8	1000
6	1500
5	2000
4	2500
1	3000
1	3500
1	5000
0	أكبر من 5000

المصدر: عمل الباحث

3. المسافة من الطرق الرئيسية

يعتبر توفر طرق الوصول لنقل المعدات الإنشائية والتشغيليَّة إلى محطات الطاقة الكهروضوئيَّة واحدًا من العوامل التي لا يمكن تجنبها في بناء محطات الطاقة الشَّمسيَّة. وبالتأكيد فإنَّ سهولة الوصول إلى المحطة تقلل كلفة البناء والتشغيل. وفيما يخص هذا المعيار، وبناءً على

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

شبكة الطرق المحلية القائمة، فقد تمَّ تحديد الحد الأقصى، والحد الأدنى من للبعد عن الطرق الرَّئيسية لموقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة بين (100) متر و(5000) متر كحد أقصى. وقد تمَّ استثناء المناطق الواقعة على مسافة أقل من (100) متر؛ لضمان سلامة المحطات، وضمان سلامة القيادة على الطرق [Sánchez-Lozano 2015]. ويبين الجدول رقم (5) الأهميَّة النسبيَّة للمواقع بالنِّسبة للبُعد عن شبكة الطرق. وقد تمَّ تخصيص الوزن العام لهذا المعيار بواقع (15 %) من الوزن الإجمالي لكل المعايير.

الجدول رقم (5) الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار المسافة من شبكة الطرق الرئيسية لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

أهميَّة الموقع بالدرجات مَّن 0 إلى 9	البُعد عن شبكة الطرق الرئيسية (متر)
0	100
5	500
9	1000
9	1500
8	2000
7	2500
7	3000
7	3500
5	5000
1	أكثر من 5000 متر

المصدر: عمل الباحث

4. الارتفاع

تؤثر سماكة ومكونات الغلاف الجوي على مقدار الطاقة الشَّمسية الواصلة إلى سطح الأرض ويتعاظم هذا التأثير على الموجات القصيرة من الإشعاع الشَّمسي، وبالتالي فكلما كان ارتفاع المنطقة عن مستوى سطح البحر أقل زادتْ سماكةُ الغلاف الجوي. وعلى هذا الأساس،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فالمناطقُ المرتفعة تتمَّتعُ بمقدارٍ من الإشعاع الشَّمسي أعلى من المناطق المنخفضة، بإضافة إلى كونها تضمن أطول فترة ممكنة من السُّطوع الشَّمسي [Piazena 1996]. وبناءً على ذلك، فهي تعتبرُ أكثرَ مناسبةً لاستحداث مواقع الطاقة الكهروضوئيَّة. وقد تمَّ تخصيص الوزن العام لهذا المعيار بواقع (5 %) من الوزن الإجمالي لكل المعايير. ويبين الجدول رقم (6) توزيع ارتفاعات سطح الأرض بحسب أهميتها بالنسبة لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة التي تمَّ استخدامها في هذه الدِّراسة.

الجدول رقم (6) الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار الارتفاع عن سطح البحر لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

أهميَّة الموقع بالدرجات مَّن 0 إلى 9	الارتفاع(متر)
1	100
4	200
7	400
8	600
8	800
8	1000
8	1200
8	1400
8	1600
8	1600>

المصدر: عمل الباحث

5. درجات الانحدار

يعتبر الانحدار واحدًا من العوامل المهمَّة للغاية في اختيار موقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة. وبشكل عام، فإنَّ الأراضي ذات الانحدار الأكبر من (4٪) تكون ذات أولوية أقل من الأراضي ذات الانحدارات الأقل من ذلك؛ وذلك لزيادة احتمَّالية تأثير ظلال صفوف الألواح

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشَّمسيَّة في الصف الأول على الصف التالي مما يؤثر سلبًا على كفاءة النظام [Wheatbelt Development Commission 2010]. وكقاعدة عامة، فالمناطق ذات السطوح المستوية هي الأكثر مناسبةً لاستحداث محطات الطاقة الكهروضوئيَّة. وفي هذه الدِّراسة، فقد تمَّ تقسيم درجات الانحدار إلى عشرة مستويات من الأهميَّة كما يبينها الجدول رقم (7). وقد تمَّ تخصيص الوزن العام لهذا المعيار بواقع (10 %) من الوزن الإجمالي لكل المعايير.

الجدول رقم (7): الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى درجات انحدار سطح الأرض لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

الانحدار (درجات)	أهميَّة الموقع بالدرجات مَّن 0 إلى 9
2	8
4	8
6	7
8	6
10	5
12	4
14	3
16	0
18	0
> 18	0

المصدر: عمل الباحث

6. اتجاه المنحدرات:

عند اختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة فإنه يجب مراعاة اتجاه سفوح سطح الأرض وذلك بسبب اختلاف كميات الطاقة الواصلة إلى السطح باختلاف اتجاهه نتيجة اختلاف زاوية سقوط الاشعاع الشَّمسي خلال العام. وبشكل عام، فالمواقع الملائمة لإنشاء محطة الطاقة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الكهروضوئيَّة يجب أن تكون على السفوح المتجه إلى الجنوب في نصف الكرة الشَّمالي؛ وذلك بسبب الموقع بالنسبة للشمس. في حيثُ تكون في الاتجاه الشَّمالي في نصف الكرة الجنوبي (corrion 2007). وباختصار فإنَّه يجب اختيار الموقع الذي يتضمن أقل احتمَّالية لتشكيل الظلال على الالواح الشَّمسيَّة. لذا فمن المهم تقييم أداء الألواح الضوئيَّة من خلال دراسة منهجية للظل التي يسمح بإيجاد مواقع سليمة للصفوف وتجنب حجب بعضها لبعض. وفي هذه الدِّراسة، تمَّ تقسيم اتجاهات انحدار السفوح إلى عشرة مستويات من الأهميَّة كما يبينها الجدول رقم (8). وقد تمَّ تخصيص الوزن العام لهذا المعيار بواقع 5 % من الوزن الإجمالي لكل المعايير.

الجدول رقم (8): الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى اتجاهات انحدار سطح الأرض لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

أهميَّة الموقع بالدرجات من 0 إلى 9	اتجاه المنحدرات
0	الشَّمال
1	الشَّمال الغربي
2	الغرب
3	الجنوب الغربي
4	الجنوب
3	الجنوب الشَّرقي
1	الشَّمال الشَّرقي
1	الشَّرق

المصدر: عمل الباحث

7. استخدامات الأراضي

إنَّ من أحد الأمور المؤثرة على إنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة هو استخدامات الأراضي. وفي هذه الدِّراسة، تمَّ تقييم استخدام الأرض لسبعة أنواع، هي: المناطق المفتوحة التي تشمل الصخور الجرداء، والتُّربة الجرداء، ومناطق تواجد البازلت، والمناطق الحضريَّة، ومناطق التَّعدين والمحاجر، ومناطق سهول الأودية، والغابات، والمناطق الزراعيَّة، وأخيرًا المسطحات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المائيَّة. وبشكل عام، فالمناطقُ المفتوحةُ تعتبرُ أفضل المناطق لاستحداث المحطات فيما تمتلك مساحات الغابات والمسطحات المائيَّة أدنى أولوية لاستغلال محطات الطاقة الكهروضوئيَّة؛ وذلك لزيادة احتمَّال تشكيل الظل على خلايا الألواح الشَّمسية بفعل الأشجار وضعف صلاحية المسطحات المائيَّة من الناحية الهندسيَّة لتثبيت الألواح الشَّمسيَّة (Corion 2007). وقد تمَّ تخصيص الوزن العام لهذا المعيار بواقع (5 %) من الوزن الإجمالي لكل المعايير. ويبين الجدول رقم (9) توزيع استعمالات الأرض بحسب أهميتها بالنسبة لاختيار مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة.

الجدول رقم (9): معيار استعمالات الأرض المؤثرة في اختيار محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

أهميَّة الموقع بالدرجات من 0 إلى 9	استعمالات الأرض والغطاءات الأرضية
basalt ، bare soil،Open Area (Bare rock plain)	9
Urban Area	3
Quarries	7
Chert plain (Wadi)	7
Forest	0
Agriculture	4
Water bodies	0

المصدر: عمل الباحث

8. الأودية والمجاري المائيَّة

تعتبر مسألة الحفاظ على سلامة محطات الطاقة الشَّمسيَّة وديمومتها من أهم الاعتبارات عند التخطيط لإنشاء مثل هذه المحطات، لذا يلعبُ القُربُ أو البُعدُ عن مجاري الأودية المائيَّة الدَّائمة أو الموسميَّة دورًا مهمًا في ذلك. وعليه، يجب أنْ تكونَ مواقع المحطات بعيدة على المجاري المائيَّة؛ لاحتمَّال تشكل السُّيول أو الفيضانات التي يمكن أن تعرِّض المحطات لخطر

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الانجراف أو التدمير. وفي هذه الدِّراسة، تمَّ استخراج المجاري المائيَّة من الرُّتبة الرَّابعة وأعلى في منطقة الدِّراسة، وتمَّ إتباع التقسيم المبين في الجدول رقم (10) للمفاضلة بين المواقع بناءً على هذا المعيار. وقد تمَّ تخصيص الوزن العام لهذا المعيار بواقع (5 %) من الوزن الإجمالي لكل المعايير.

الجدول رقم (10): الأهميَّة النسبيَّة للمواقع استنادًا إلى معيار البُعد عن الأودية والمجاري المائيَّة لاختيار محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

البُعد عن شبكة المجاري المائيَّة (متر)	أهميَّة الموقع بالدرجات من 0 إلى 9
100	8
200	7
400	6
600	5
800	4
1000	3
1200	2
1400	1
1600	0
1600>	0

المصدر: عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الرابع

التحليل والنتائج

4. 1 نتائج بناء قاعدة البيانات الجغرافيَّة وتحضيرها

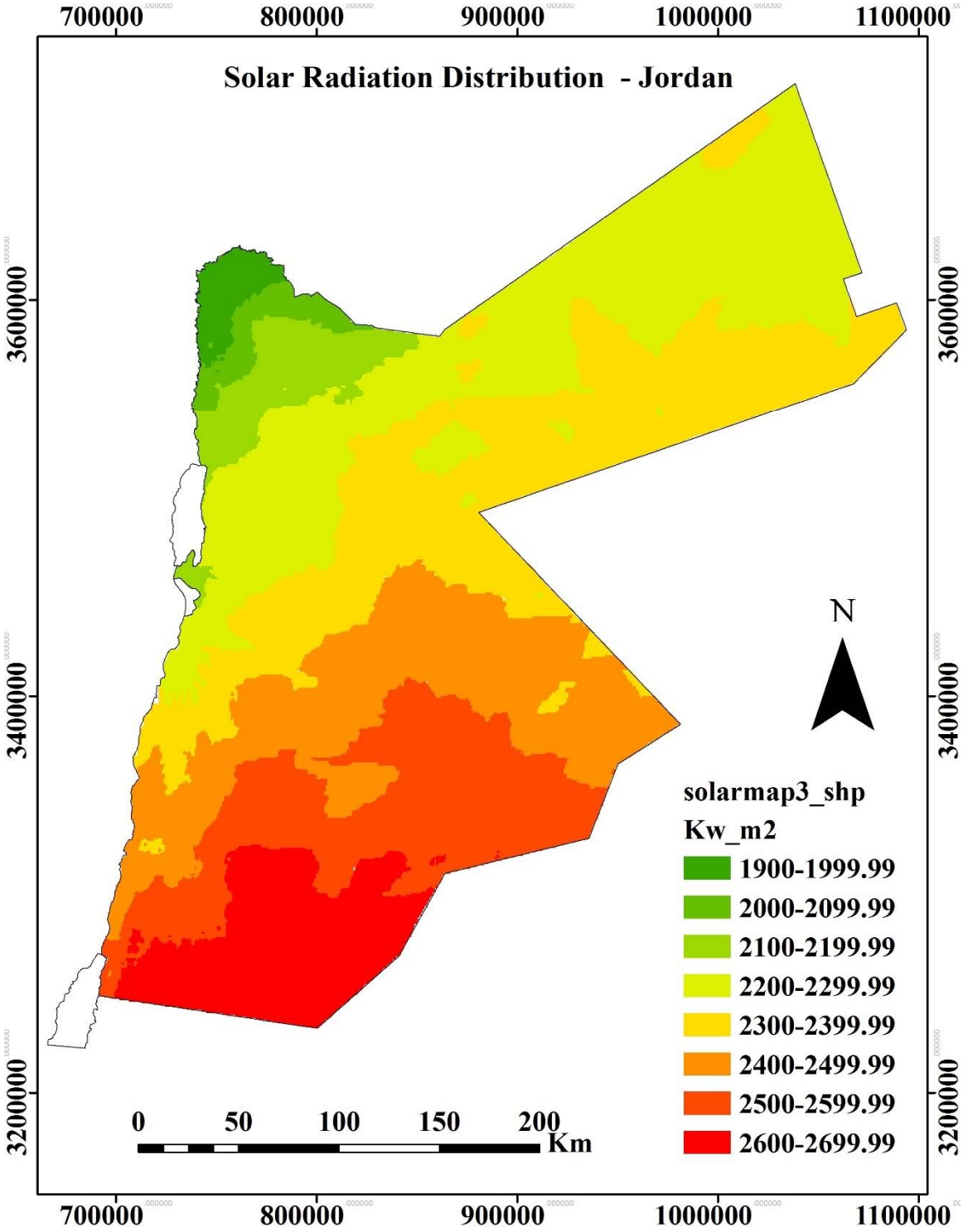
4. 1. 1 تحضير خريطة التوزيع الشَّمسي للأردن

تمَّ الحصول على خريطة التوزيع الشَّمسي للأردن من وزارة الطاقة والثروة المعدنيَّة الأردنيَّة كصورة (Image File) وهذا يعني أنَّ هذه الخريطة لا تحتوي على معلومات مرجعيَّة مكانيَّة (Spatial Reference Information) وغير مرتبطة بموقعها الجغرافي الحقيقي (Un-Georeferenced) . لذلك فيجب توقيعها لنظام إحداثيات جغرافي معين بواسطة نقاط التحكم الأرضية (Ground Control Point GCPS).

4. 1. 1. 1 توقيع نظام الإحداثيات الجغرافي لخريطة الاشعاع الشَّمسي:

باستخدام حزمة برامج (ArcGIS10.4.1) تمَّ ضبط توقيع خريطة التوزيع الشَّمسي إلى نظام الإحداثيات الجغرافي UTM Zone 36N ومن ثم تمَّ ربطها مع موقعها الجغرافي الحقيقي باستخدام 9 نقطة تحكم أرضية أخذت من خريطة للأردن معرَّفة الإحداثيات. وقد وزعت النقاط بشكل جيد بحيثُ تضمن درجة عالية من الدقة وفي مواقع واضحة مثل زوايا حدود الأردن السياسية. ويبين الشَّكل رقم (5) خريطة توزيع الإشعاع الشَّمسي للأردن.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (5): خريطة توزيع الإشعاع الشَّمسي للأردن

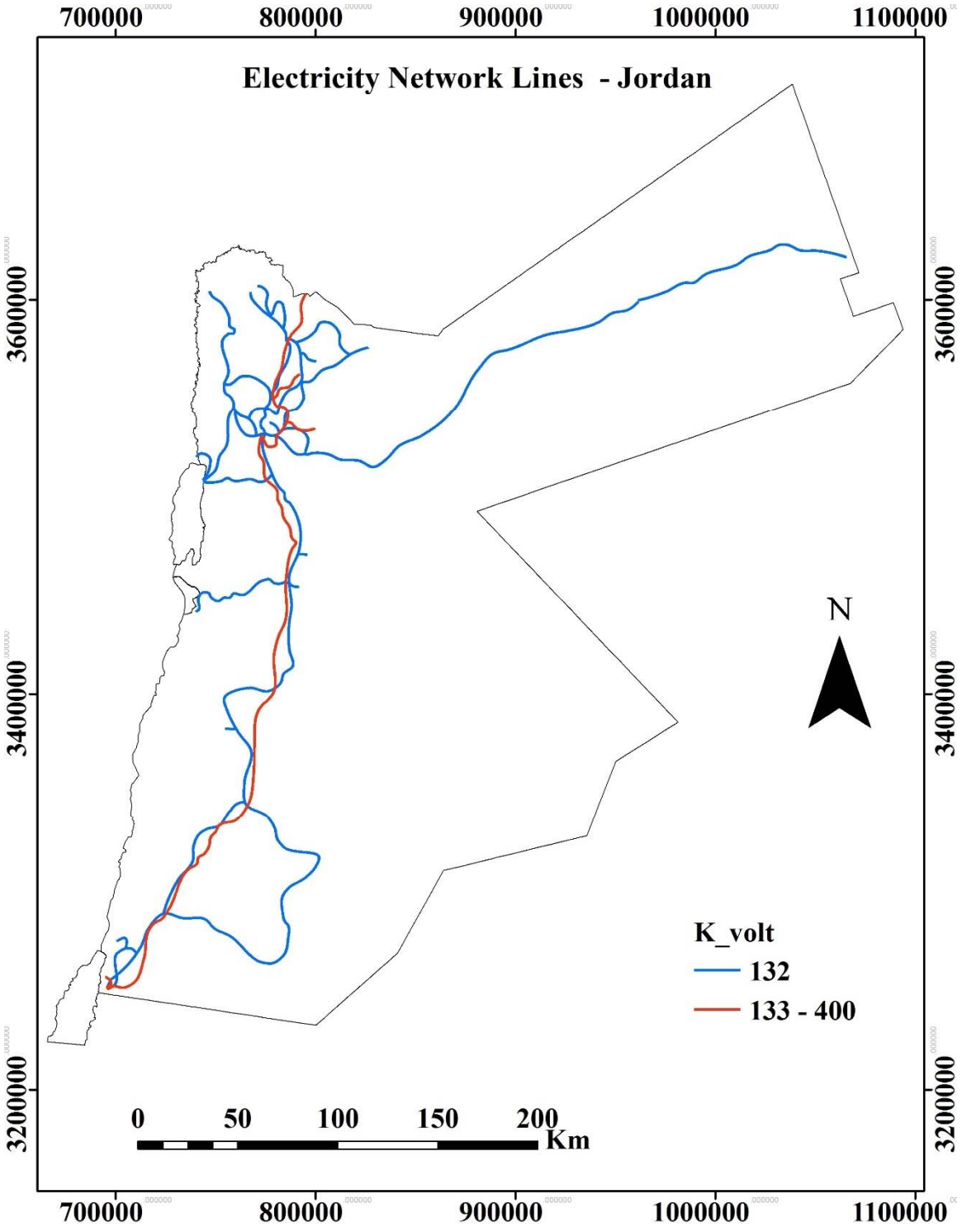
* المصدر : عمل الباحث.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 1. 2 تحضير خريطة شبكة خطوط الكهرباء الرئيسية

تمَّ الحصول على ملف صورة لخطوط الكهرباء الرئيسية من الموقع الالكتروني لوزارة الطاقة ومن ثم تمَّ ضبط الإحداثيات الجغرافيَّة باستخدام أدوات الارجاع المكاني Georeferencing بالطريقة نفسها التي استخدمت مع خريطة توزيع الاشعاع الشَّمسي وبعد ذلك تمَّ بناء ملف Shape file خطي وأُجريت عملية ترقيم الشَّبكة لخطوط الكهرباء ذات الجهد 132كيلو واط و 140 كيلو واط بحيثُ يتمَّ استخدامها في عملية التحليل متعدد المعايير. ويوضح الشَّكل رقم(6) خريطة شبكة خطوط الكهرباء الرئيسية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (6): خريطة شبكة خطوط الكهرباء الرئيسيَّة في الأردن

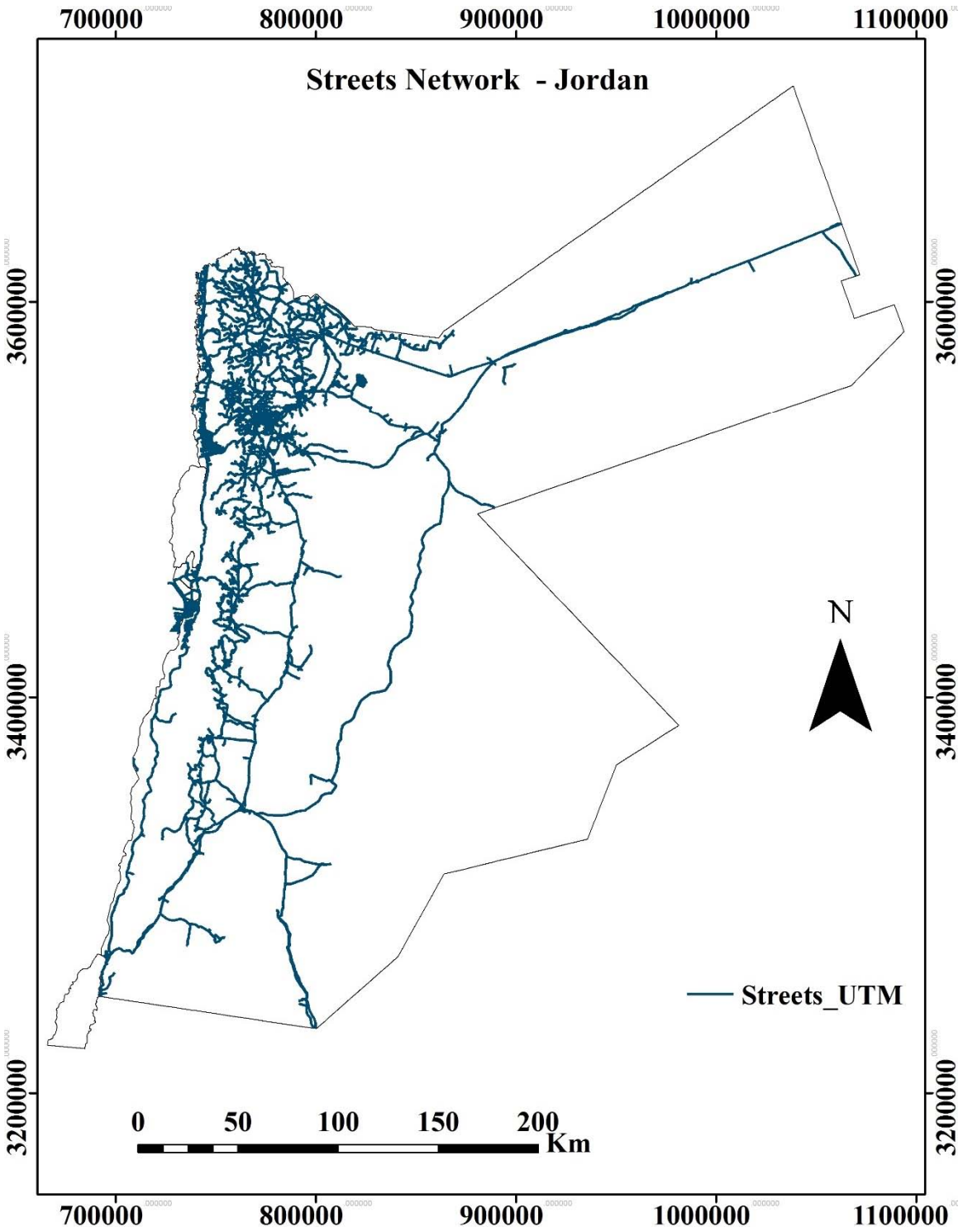
المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 1. 3 تحضير خريطة شبكة الطرق الرئيسية

تمَّ الحصول على ملف خطيvector shape file يمثل شبكة الطرق الرئيسية في الأردن بنظام احداثيات Jordan Trancferse Mercator (JTM) ومن ثم تمَّ عمل عملية تحويل لنظام الاحداثيات JTM إلى نظام إحداثيات UTM ZONE36N وذلك لجعله متوافقًا مع بقية المدخلات من حيثُ نظام الإحداثيات بما يضمن التركيب OVERLAYالصحيح عند إجراء التحليل متعدد المعايير. ويوضح الشَّكل رقم (7) خريطة شبكة الطرق الرئيسية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (7) خريطة شبكة الطرق الرئيسية

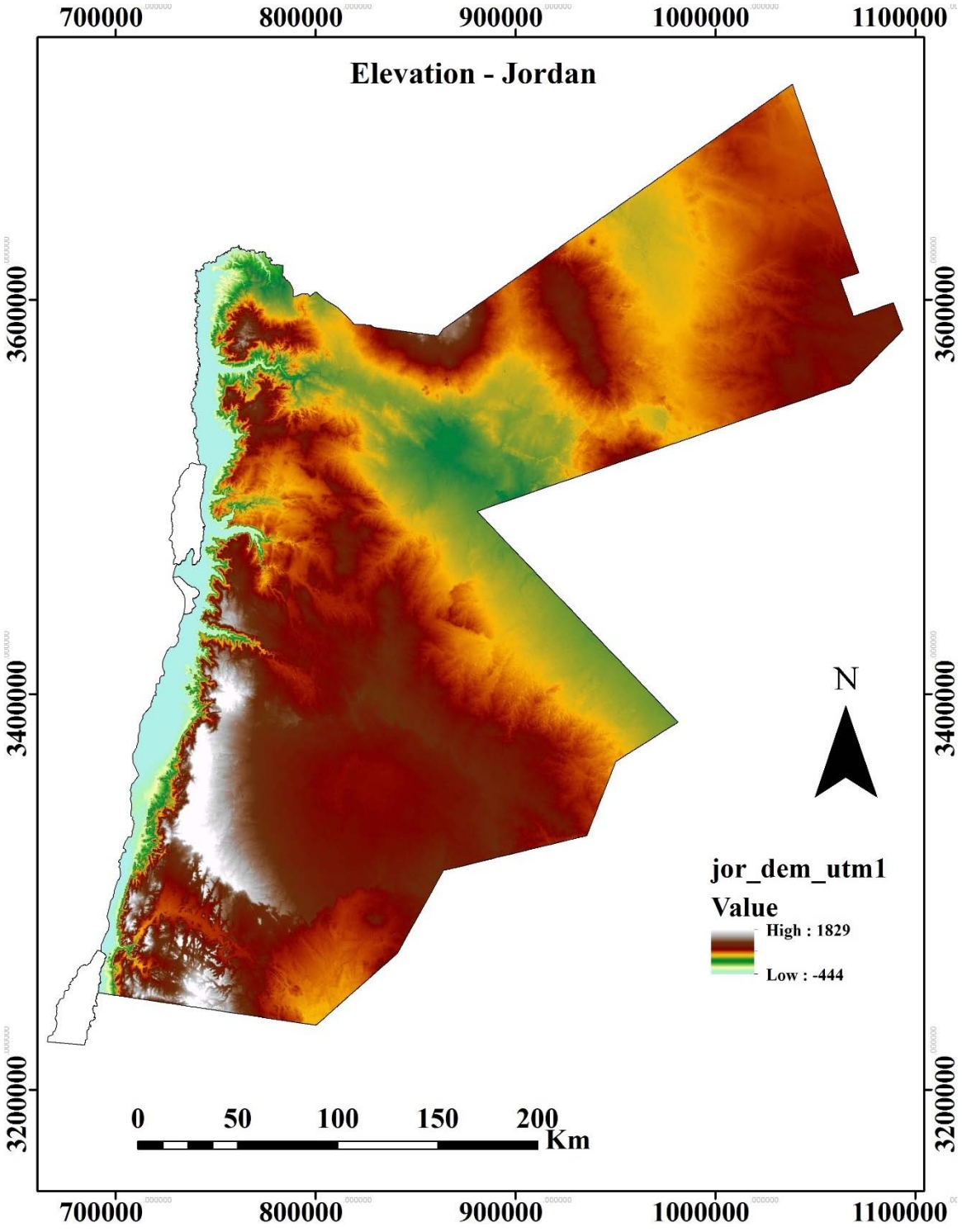
المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 1. 4 تحضير خريطة الارتفاعات

تمَّ الحصول على مرئيتين فضائيتين من القمر الصناعيASTER GDEM من موقع وكالة الفضاء الأمريكيَّة "ناسا". ثم تمَّ عمل عملية تحويل لنظام إحداثياتها من درجات عشريَّة إلى نظام UTM بحيثُ تصبح القياسات بالوحدات المتريَّة، وتكون بذلك متوافقة مع بقية المدخلات في قاعدة البيانات. وبعد ذلك تمَّ دمجها تينا لمرئيتين معا باستخدام اداة Mosaic في برنامج ENVI 5.3وتمَّ اقتطاع الجزء الذي يغطي مسافة الأردن بواسطة ملف SHAPE FILE يمثل حدود الأردن. ويوضح الشَّكل رقم(8) خريطة الارتفاعات الرقمية للأردن بالأمتار عن سطح البحر.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (8) خريطة الارتفاعات الرقمية للاردن بالامتارعن سطح البحر

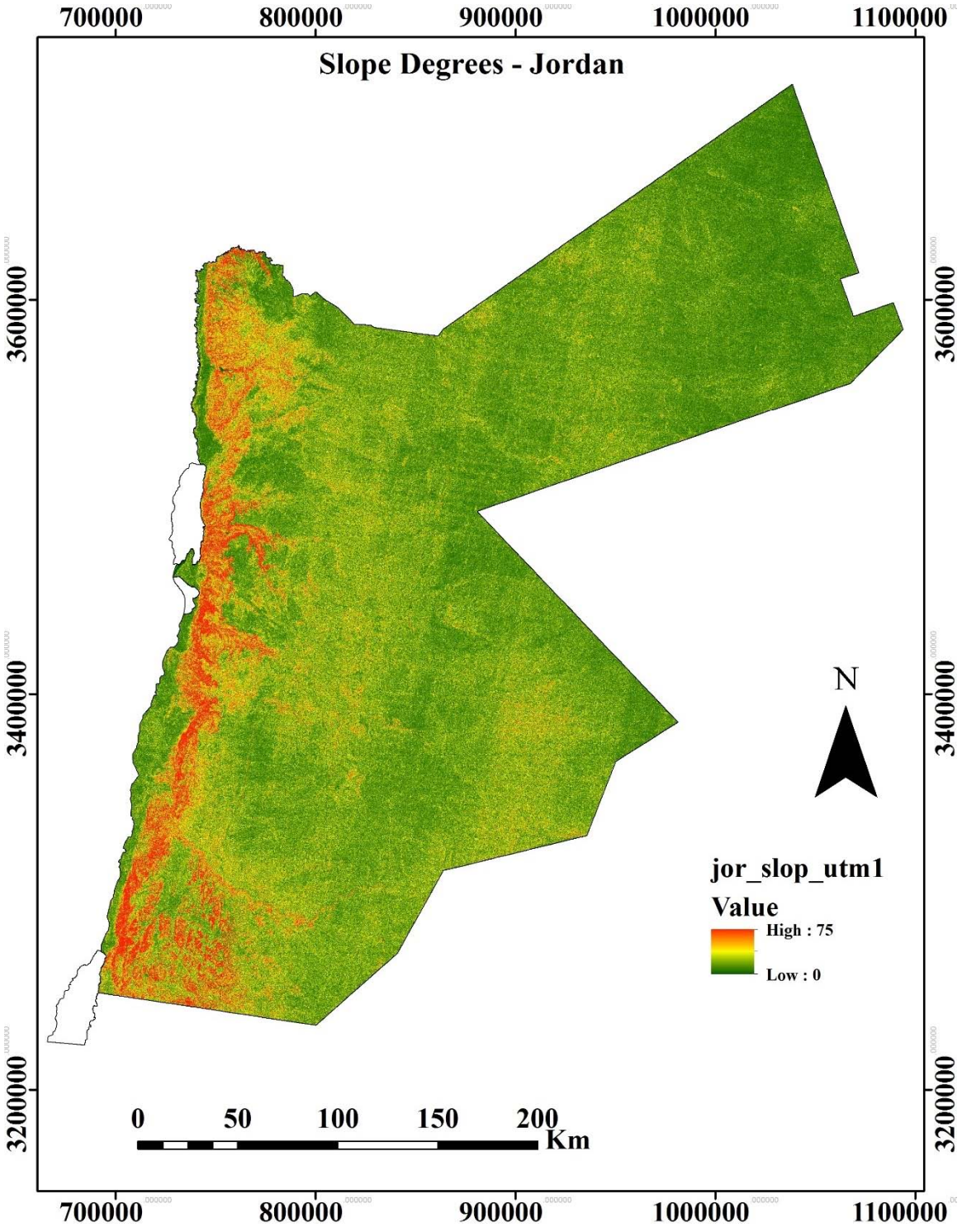
المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 1. 5 تحضير خريطة درجات الانحدار

تمَّ استخدام مرئية الارتفاعات الرقميَّة المستخرجة في البند السابق رقم 4،1،4 ثم بعد ذلك تمَّ إجراء تحليل الانحدار SLOPE ضمن قائمة أدوات التحليل المكاني في برنامج Ace GIS {10.4}حيثُ تمَّ إنتاج خريطة انحدارات السَّطح بالدرجات كما يبينها الشَّكل رقم(9).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



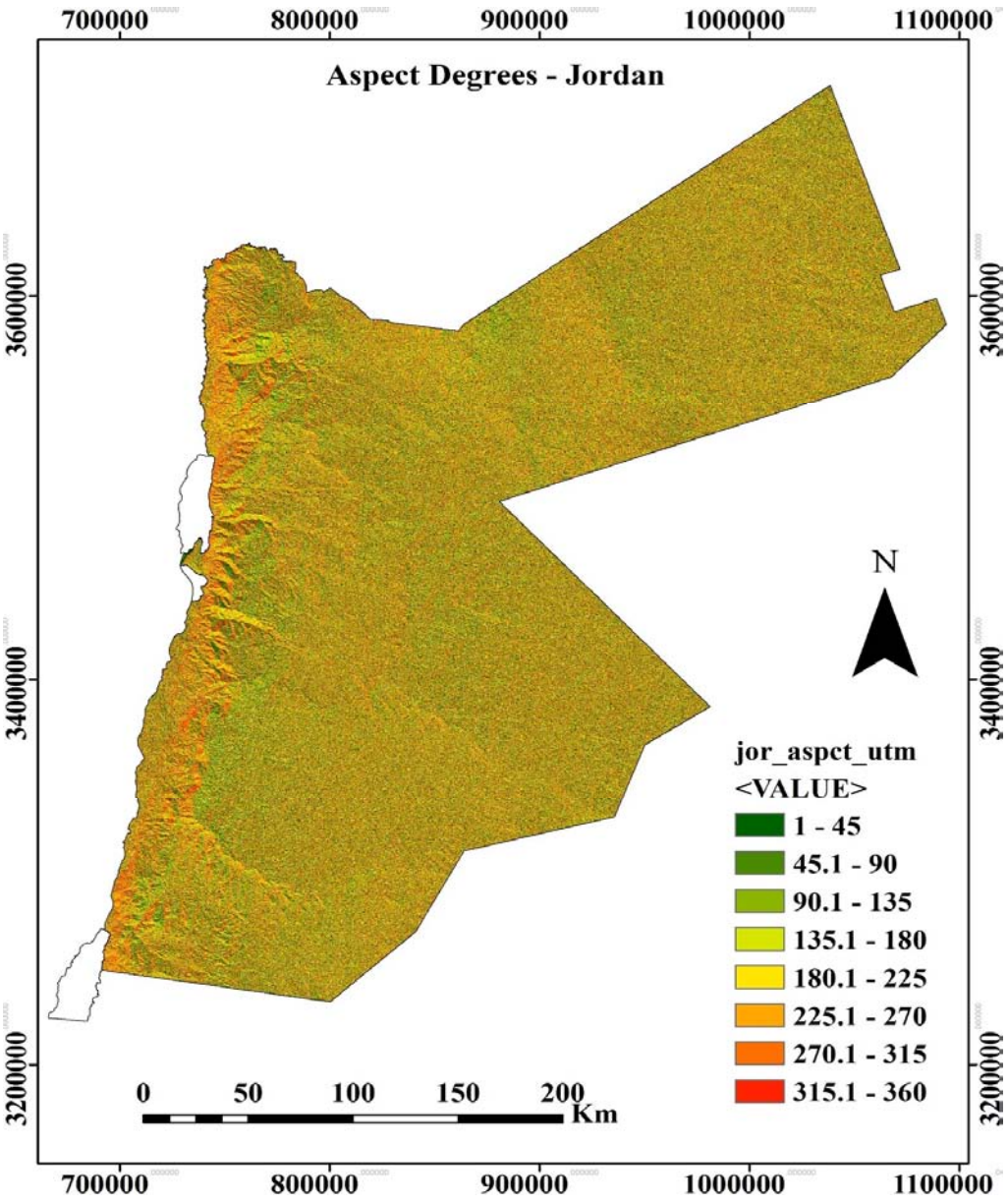
الشَّكل (9) خريطة درجات الانحدار

المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 1. 6 تحضير خريطة اتجاه المنحدرات

تمَّ استخدام مرئية الارتفاعات الرقميَّة المستخرجة في البند رقم4 ،4،1 ثم بعد ذلك تمَّ إجراء تحليل الانحدار ASPECT ضمن قائمة أدوات التحليل المكاني في برنامج {Ace GIS{10.4 حيثُ تمَّ إنتاج خريطة اتجاه المنحدرات بالدرجات كما يبينها الشَّكل رقم(10).



الشَّكل (10) خريطة اتجاهات الانحدارات بالدرجات

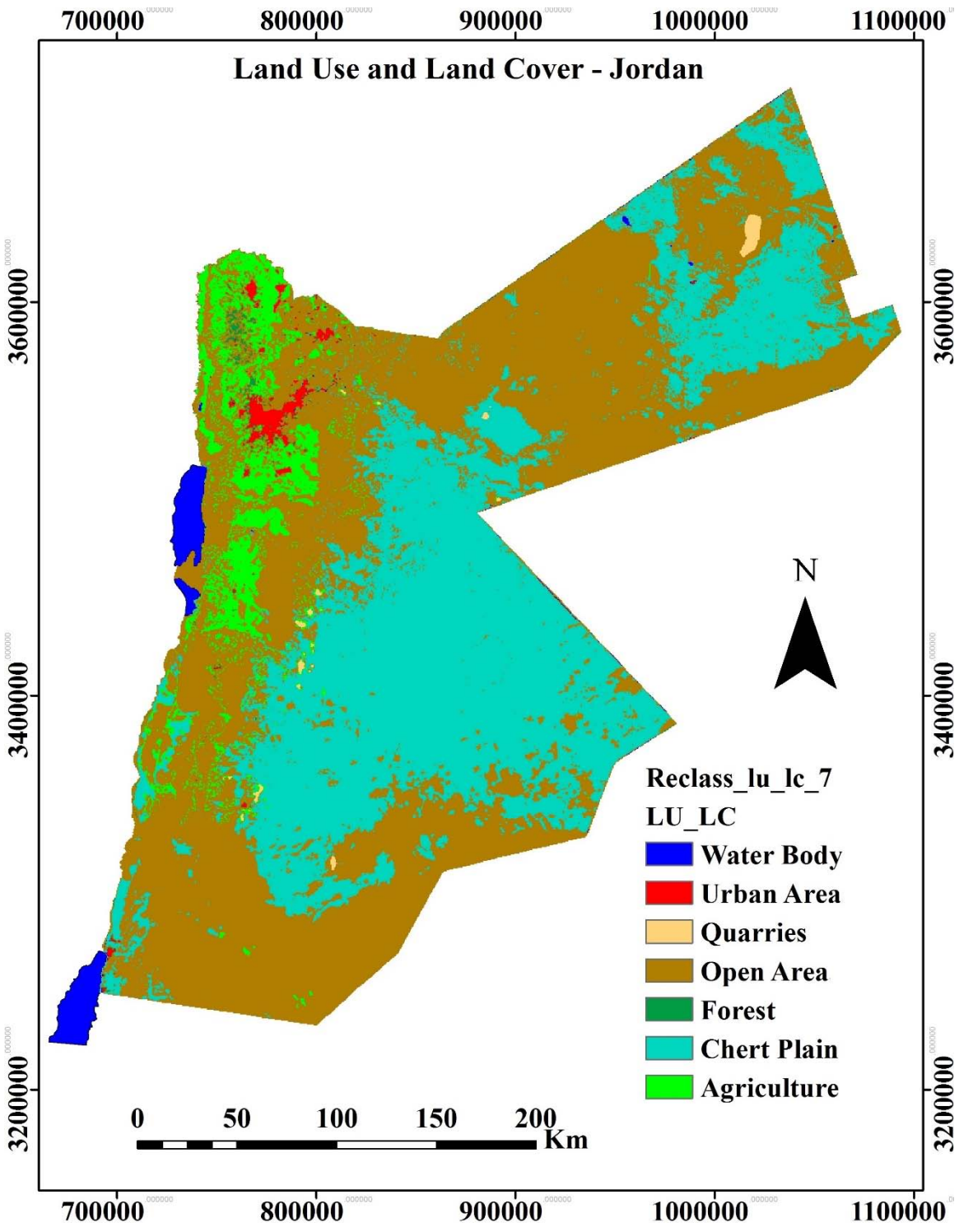
المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 1. 7 تحضير خريطة استعمالات الأرض

تمَّ الحصول على أحدى عشرة مرئية فضائية من القمر الصناعي LANDSAT8 تغطي مساحة الأردن من موقع وكالة الفضاء الأمريكيَّة "ناسا"، ومن ثم تمَّ عمل دمج لهذه المرئيات باستخدام أداة التحليل المسماة MASAIC في برنامج ENVI 5.3. وبعد ذلك تمَّ اقتطاع الجزء الذي يغطي الأردن فقط وتمَّ إزالة كل الأجزاء الخارجة عن حدود الأردن السياسيَّة ثم تمَّ إجراء تصنيف مراقب SUPER VISED CLAYSIFICATION باستخدام طريقة المسافة الأقصر MINIMUM DISTANCE CLASSIFICATIONوقد تمَّ تصنيف استعمالات الأرض إلى سبعة غطاءات \استعمالات رئيسية هي المناطق المبينة، والمسطحات المائيَّة، ومناطق المناجم، والمحاجر، والمناطق المفتوحة، (التُّربة الجرداء والصخور)، والغابات، ومناطق الحرّة، والمسطحات المائيَّة والمناطق الزراعيَّة. ويوضح الشَّكل رقم(11) خريطة استعمالات الأرض.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (11) خريطة استعمالات الأرض.

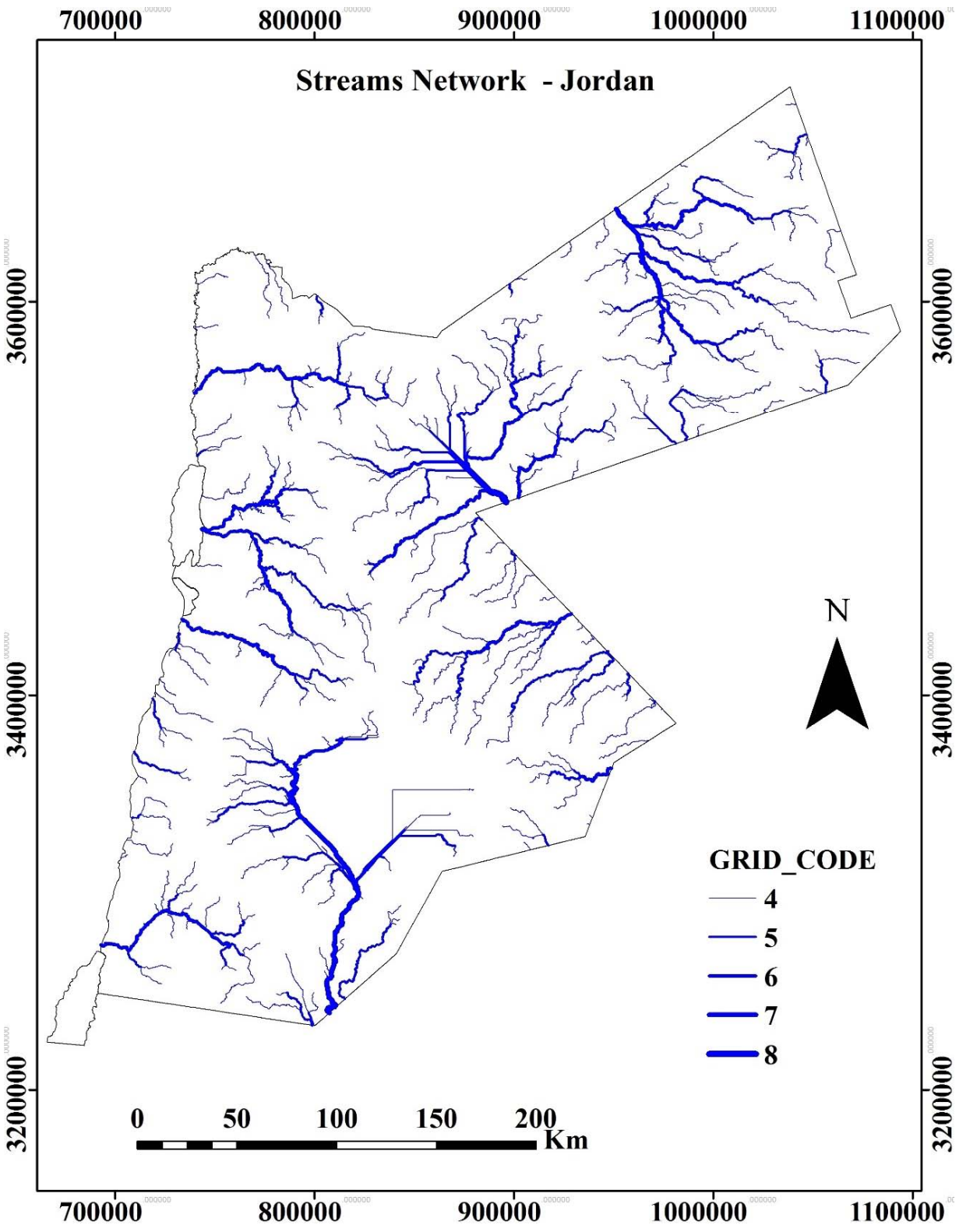
المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 1. 8 تحضير خريطة الأودية والمجاري المائيَّة

تمَّ استخدام مرئية الارتفاعات الرقمية في استخراج شبكة المجاري المائية من الرتبة الرابعة وأعلى وذلك باستخدام تحليل الشبكات NETWORK ANALYSIS ضمن قائمة أدوات التحليل المكاني في برنامج ArcGIS 10.3 . حيثُ تمَّ ابتداءً إنتاج خريطة تبين جميع المجاري المائية في الأردن، ثم بعد ذلك تمَّ تحديد المجاري المائية من الرتبة الرابعة فأعلى؛ وذلك لاستخدامها في التحليل متعدد المعايير كما يبينها الشَّكل رقم (12).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (12) خريطة المجاري المائيَّة من الرتبة الرابعة فأعلى

المصدر عمل الباحث

www.manaraa.com

4. 2 التحليل متعدد المعايير (طريقة الأوزان التركيبية)

4. 2. 1 تحليل Euclidean Distance

بهدف إجراء التحليل متعدد المعايير فقد تمَّ ابتداءً إجراء التحليل المسمى Euclidean Distance ضمن مجموعة أدوات التحليل المكاني في برنامج ArcGIS 10.4.1؛ وذلك لإنتاج خرائط ذات نطاقات متساوية من حيثُ المسافة من العناصر المكانيَّة Spatial Features للطبقات الممثِّلة لمعايير شبكة الطرق، وشبكة خطوط الكهرباء الرئيسية، وشبكة المجاري المائيَّة؛ وذلك لجعلها قابلة للاستخدام في التحليل متعدد المعايير من خلال تحويلها إلى النظام الشبكي Raster. يشار إلى أنَّ برنامج ArcGIS 10.4.1 يقوم بإنتاج عشرة نطاقات متساوية البُعد عن العنصر المكاني، لذا فإنه يتوجب عمل إعادة تصنيف لهذه النطاقات بما يتفق مع معايير إنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة.

4. 2. 2 تحليل إعادة التصنيف Reclassify Analysis

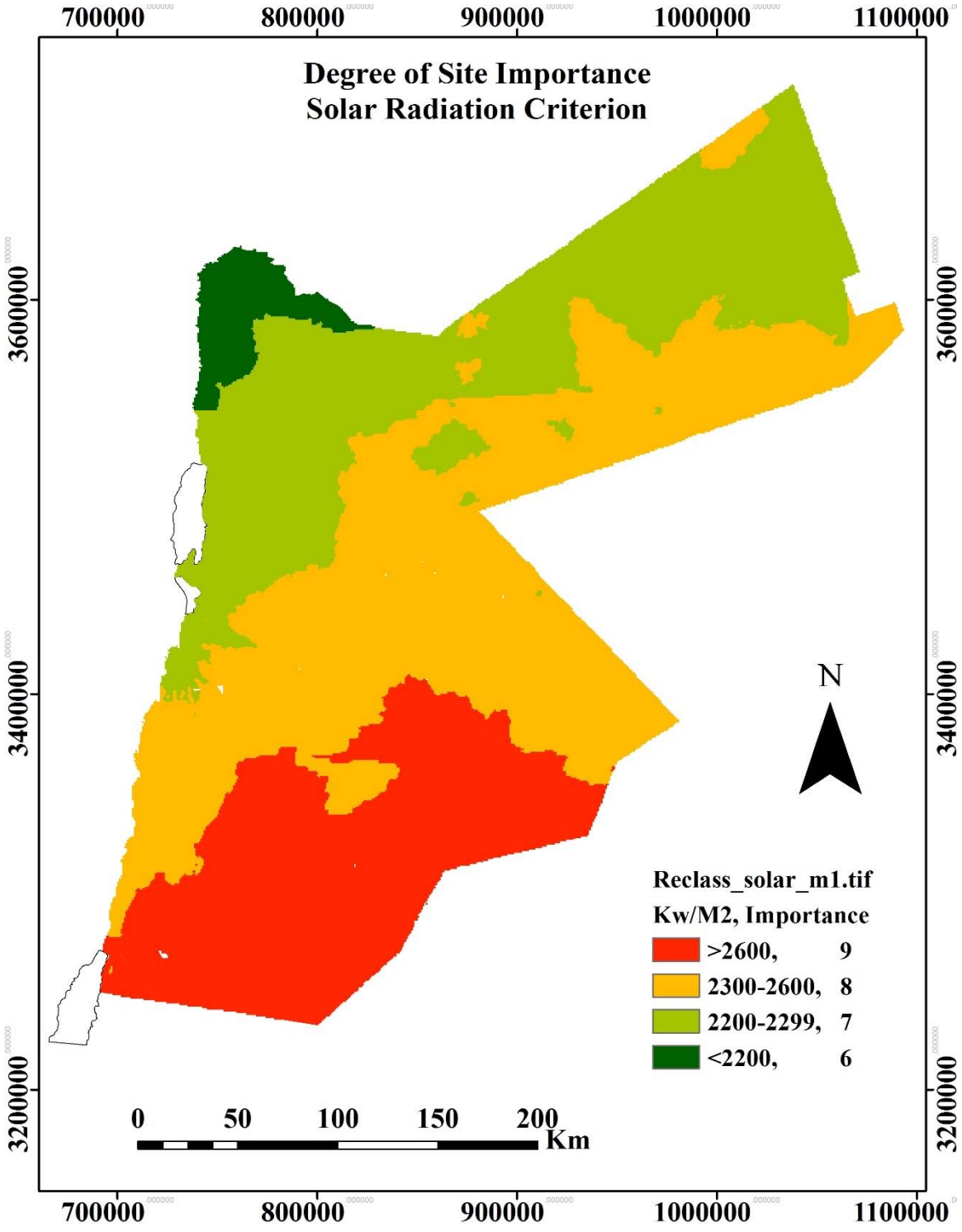
تتمَّثل الخطوة الثانية في التحليل متعدد المعايير بعملية إعادة تصنيف للطبقات الممثِّلة لمعايير إنشاء مواقع محطات الطاقة الكهروضوئيَّة، بما يتفق مع درجات الأهميَّة المشار إليها في البند 3. 3. 2 من الفصل الثاني لكل معيار. حيثُ تمَّ إجراء التحليل المسمى Reclassify ضمن مجموعة أدوات التحليل المكاني في برنامج ArcGIS 10.4.1. وقد تمَّ في هذه العملية أيضًا استبدال البيانات النَّصية Text Format إلى بيانات رقمية Numerical Format لجعلها ملائمة لتحليل الأوزان التركيبية. وعليه فقد تمَّ إنتاج الخرائط النهائية اللازمة لإجراء تحليل الأوزان التركيبية Weighted Overlay بعد إضافة درجات الأهميَّة إليها. وتوضح الأشكال من (13) إلى (19) الخرائط النهائية اللازمة لعملية إعادة التصنيف.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وقد أظهر التحليل الأولي لخريطة الإشعاع الشَّمسي بأن جميع مناطق المملكة تصلح لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة. وبالتالي فقد تمَّ عمل إعادة تصنيف لنطاقات هذه الخريطة وحصرها في أربعة نطاقات اعتمادًا على درجات الأهميَّة المشار إليها في الجدول رقم (2) في البند 3. 3. 3 من الفصل الثالث، انظر الشَّكل رقم (13) الذي يبين درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار الإشعاع الشَّمسي.

كما تمَّ عمل إعادة تصنيف لكل من خريطة نطاقات الأهميَّة لمعايير خطوط شبكة الكهرباء الرئيسية، وخريطة الطرق، وخريطة المجاري المائيَّة بما يتناسب مع درجات الأهميَّة لكل منها. كما هو مبين في الأشكال (14 –16). وفيما يتعلق بمعيار الارتفاع فقد تمَّ عمل إعادة تصنيف لخريطة الارتفاعات إلى أربعة نطاقات من درجات الأهميَّة كما هو مبين في الشَّكل (17). أما خريطة درجات الانحدار فقد تمَّ إعادة تصنيفها إلى ست درجات من الأهميَّة كما هو مبين في الشَّكل رقم (18). وكذلك فقد تمَّ إعادة تصنيف خريطة اتجاهات الانحدار إلى ثماني درجات من الأهميَّة كما يوضحها الشَّكل رقم (19). وأخيرًا، فقد تمَّ إعادة تصنيف خريطة استعمالات الأرض إلى سبع درجات من الأهميَّة كما هو مبين في الشَّكل رقم (20).

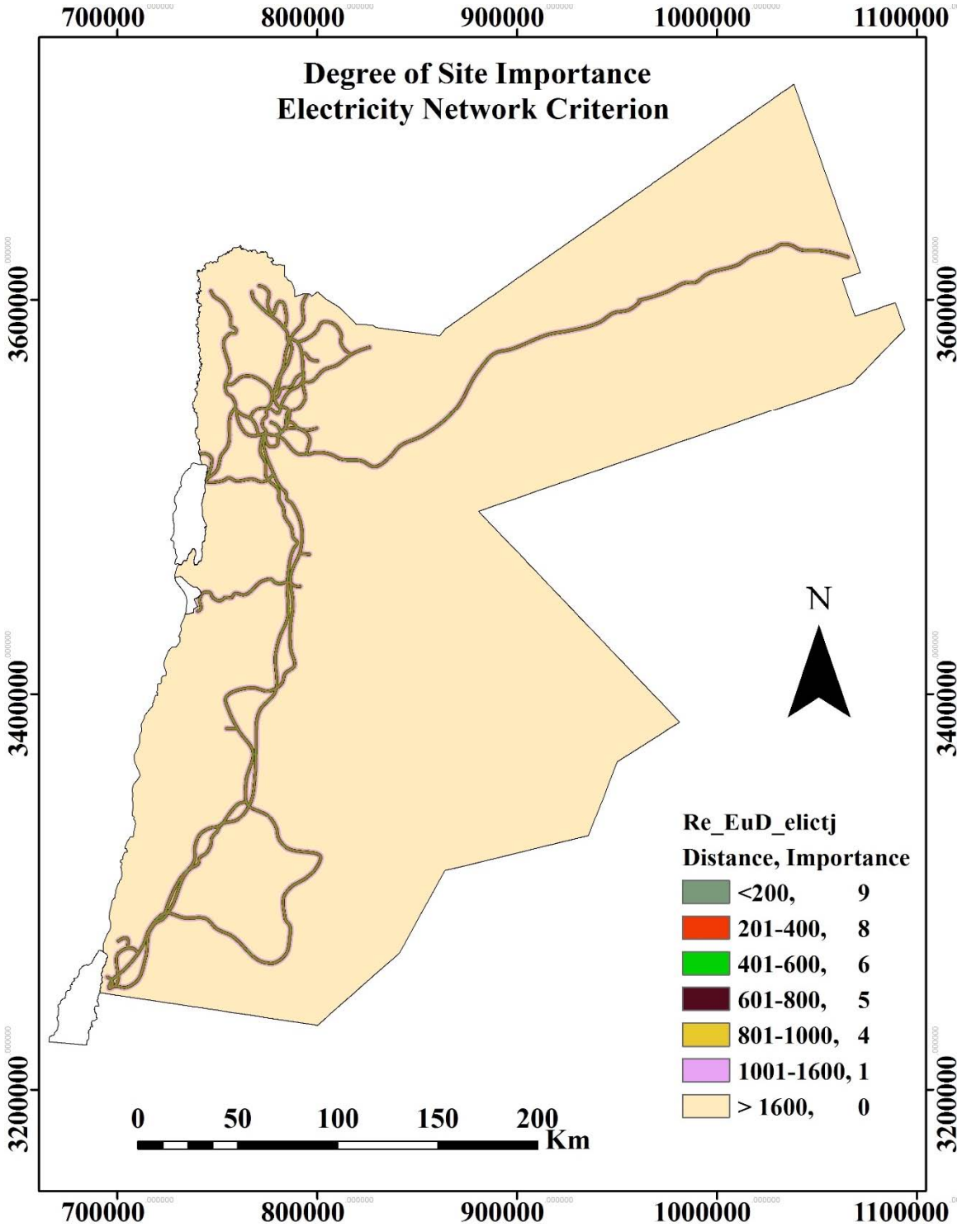
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (13): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار الإشعاع الشَّمسي

المصدر عمل الباحث

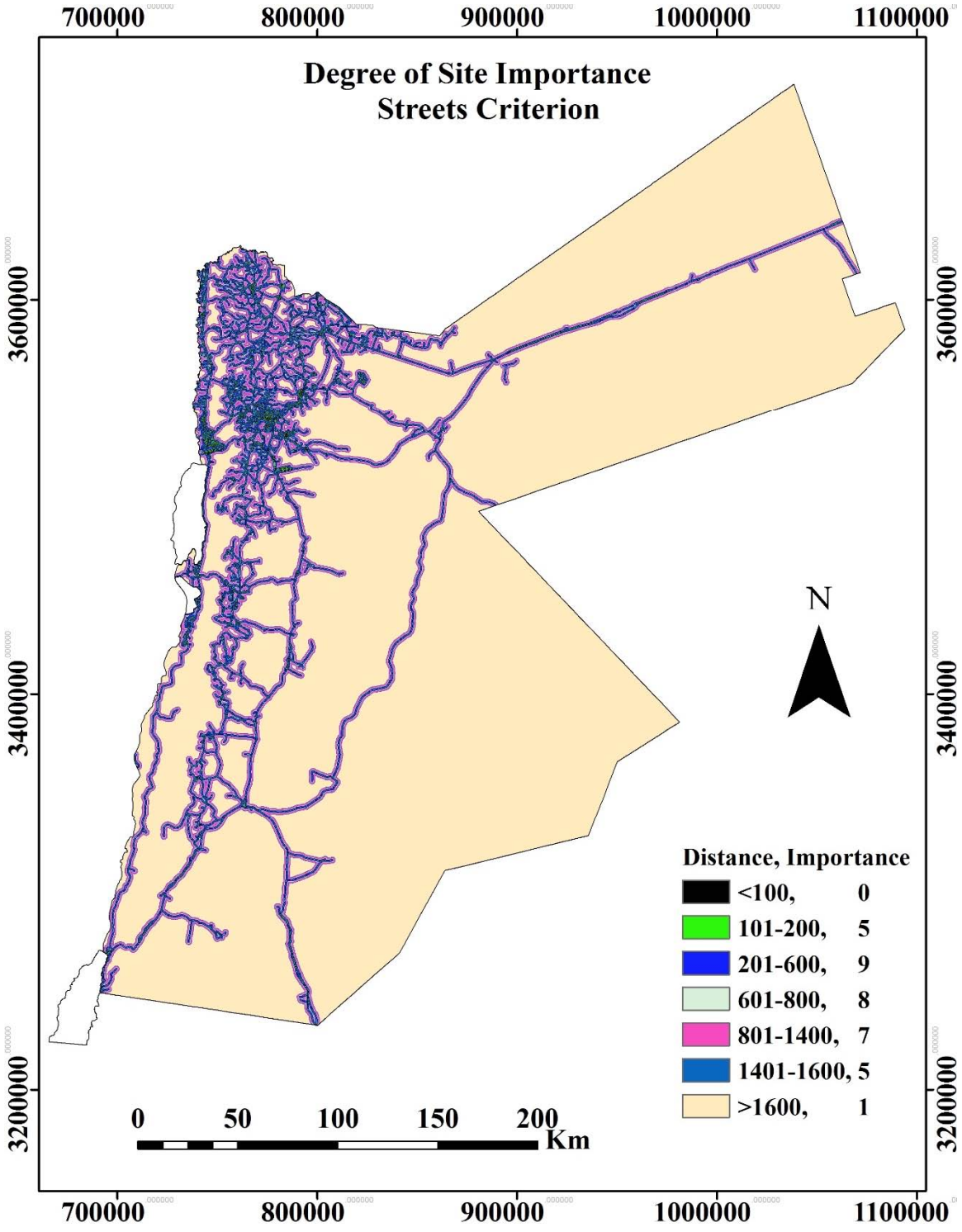
www.manaraa.com



الشَّكل (14): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار خطوط شبكة الكهرباء الرئيسية

المصدر عمل الباحث

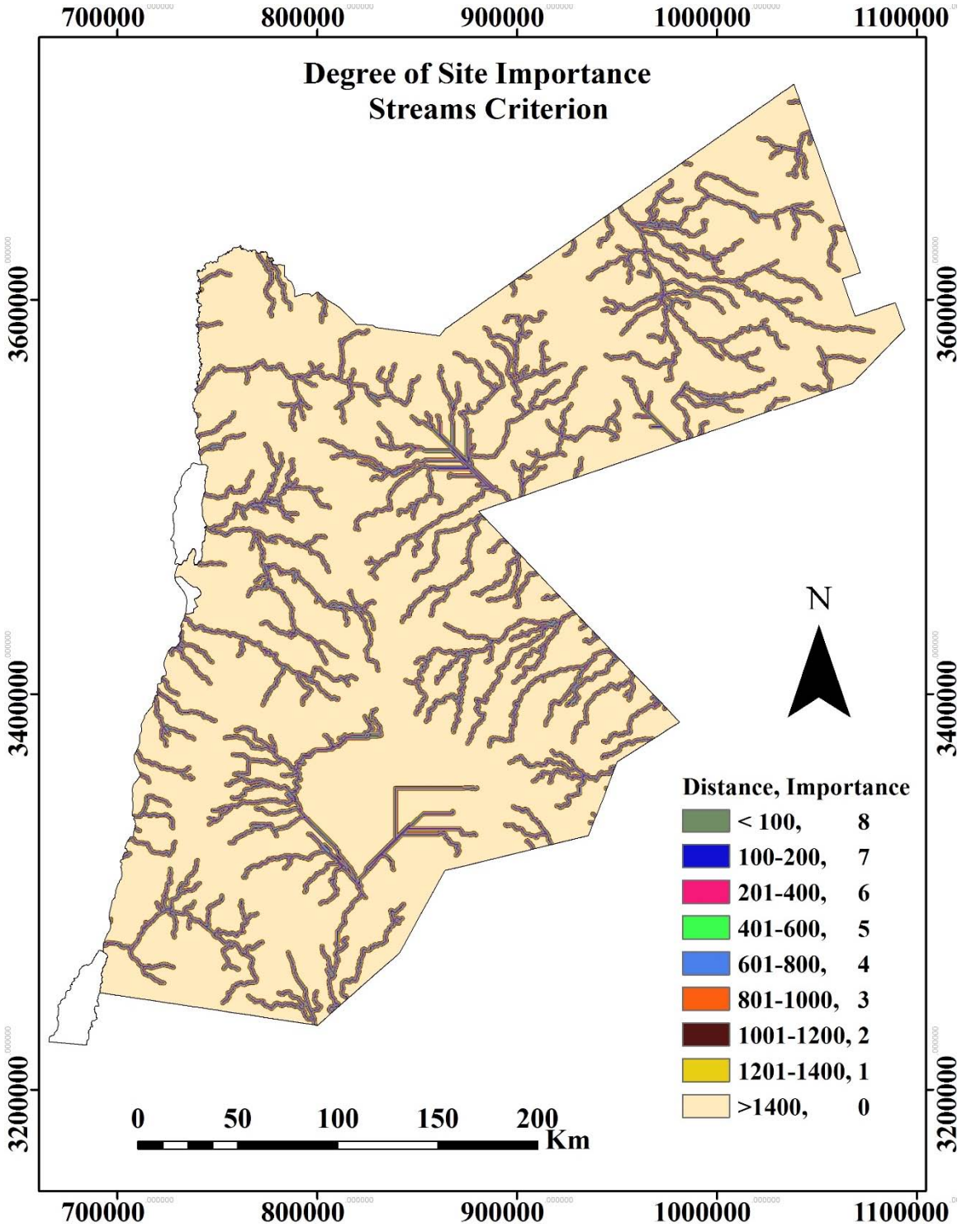
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (15): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار خطوط شبكة الطرق الرئيسية

المصدر عمل الباحث

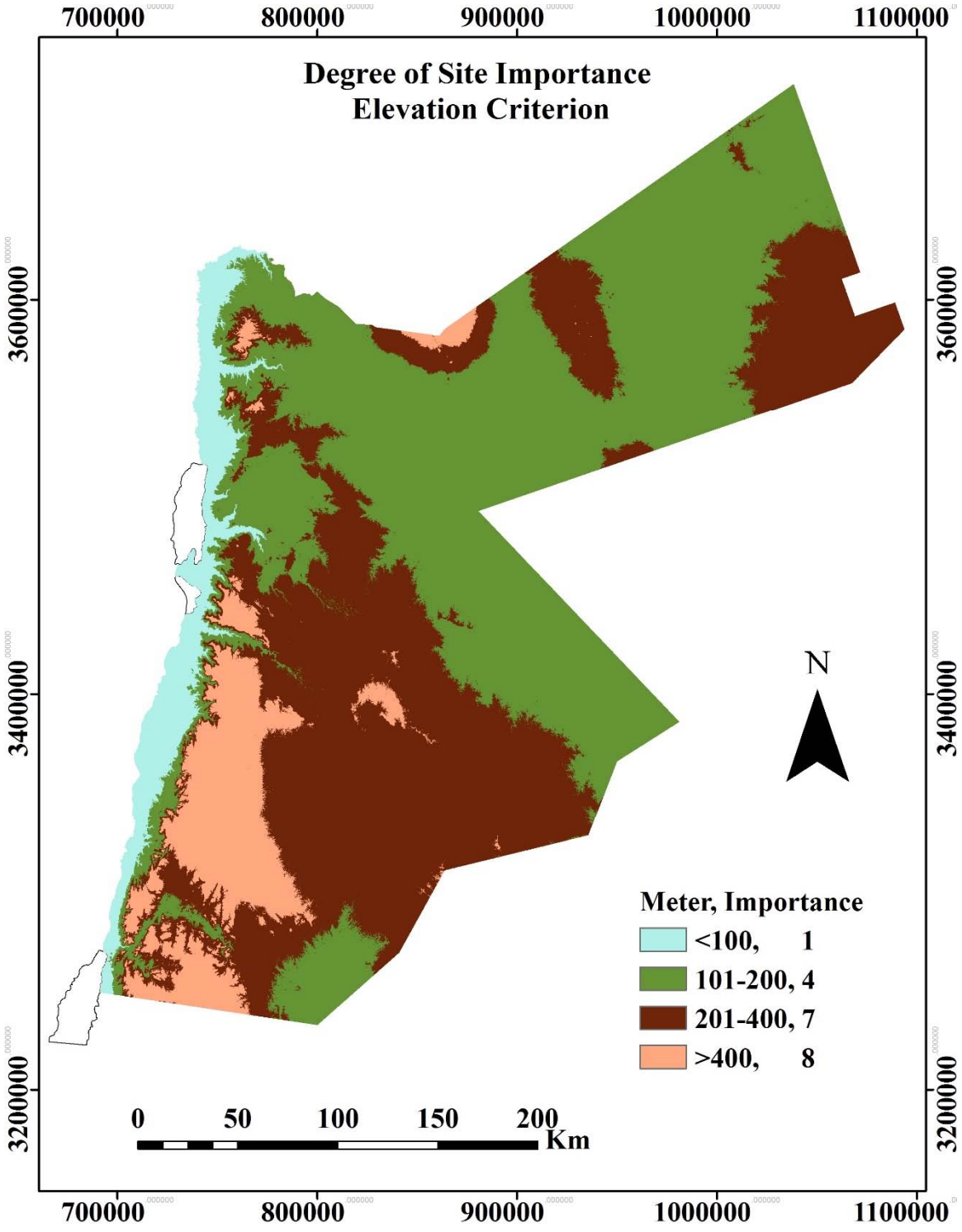
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (16): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار المجاري المائيَّة

المصدر عمل الباحث

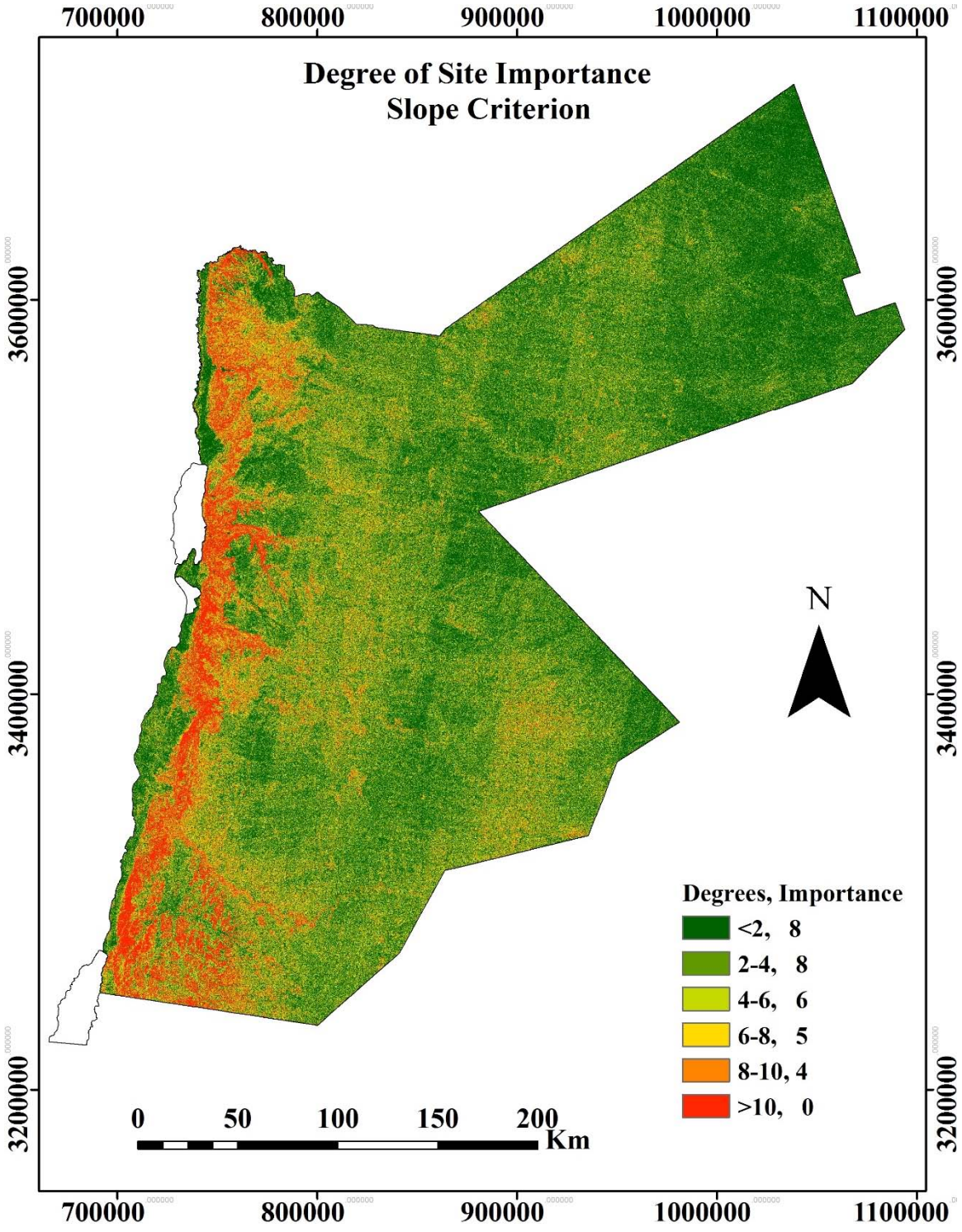
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (17): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار الارتفاع

المصدر عمل الباحث

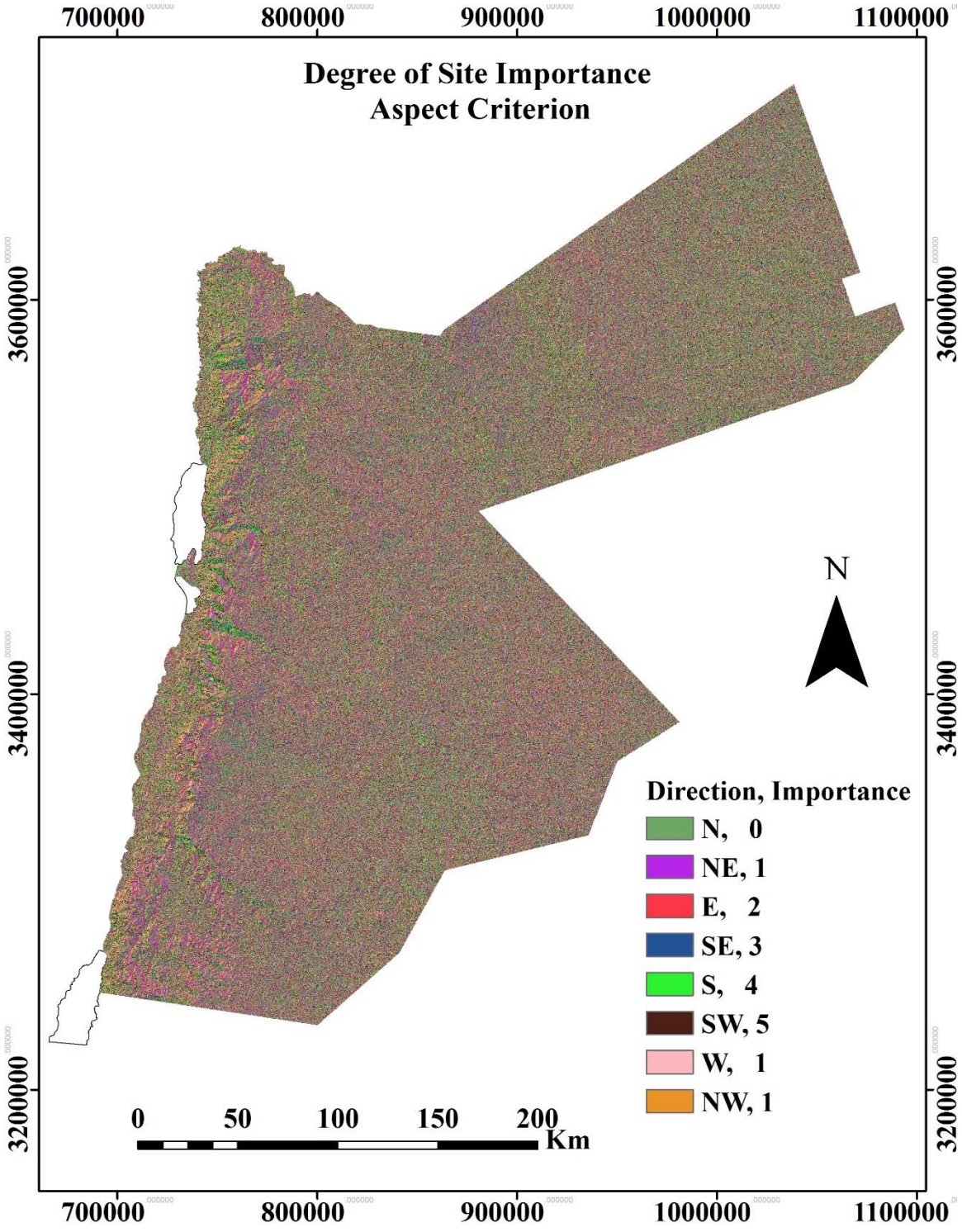
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (18): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار درجات الانحدار

المصدر عمل الباحث

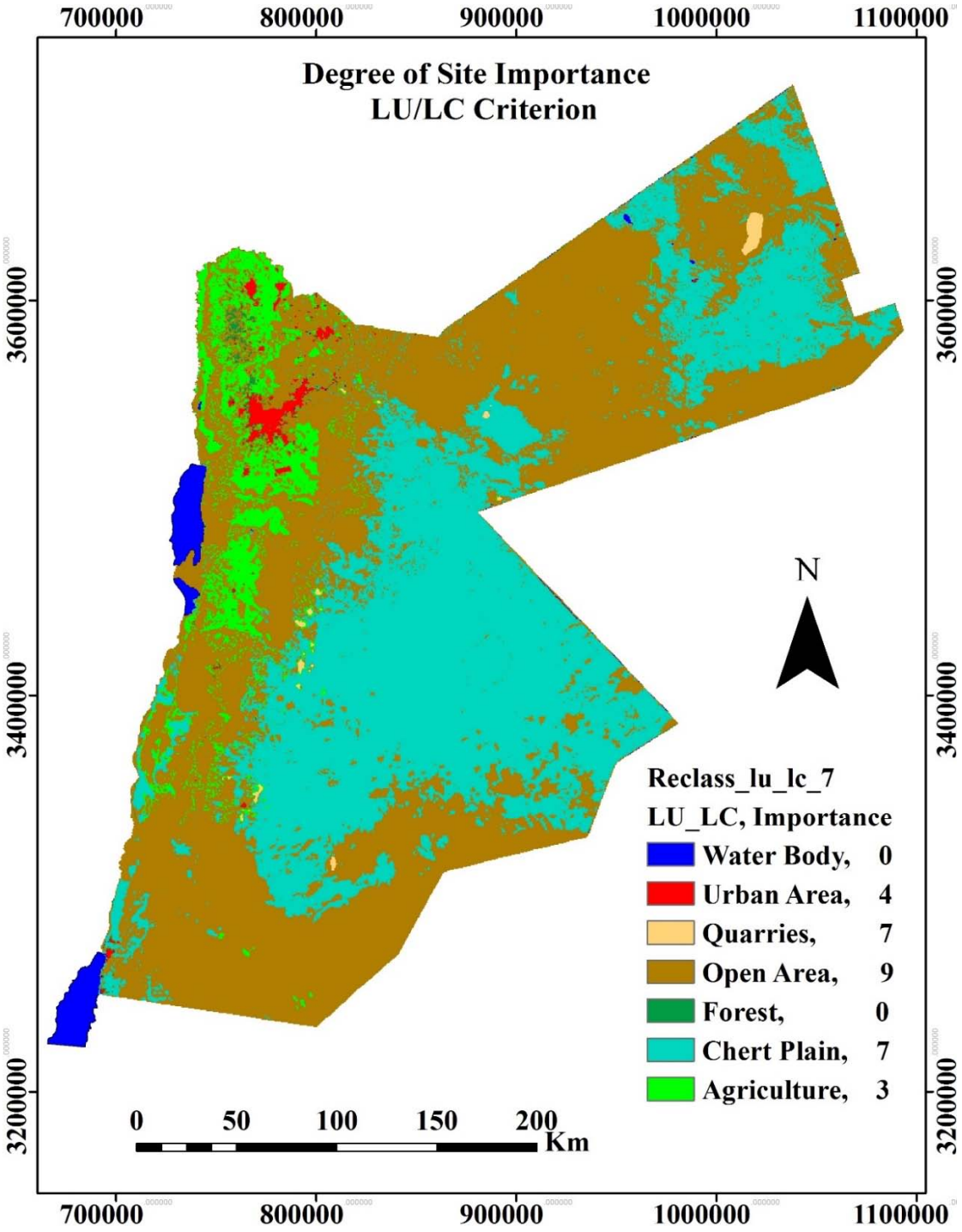
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (19): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار اتجاه المنحدرات

المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (20): درجات أهميَّة المواقع استنادًا إلى معيار استعمالات الأرض والغطاءات الأرضية

المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4. 3 تحليل الأوزان التركيبية Weighted Overlay Analysis

تمَّ تنفيذ تحليل الأوزان التركيبية كأحد أدوات التحليل المكاني في برنامج ArcGIS 10.4.1. حيثُ تمَّ إدراج جميع المدخلات معًا، وتمَّ تحديد الوزن الإجمالي المشار إليه في البند 3.1.1.3 من الفصل الثالث لكل معيار من المعايير الثمانية بحيثُ كان مجموع الأوزان يساوي 100%.

وبالرغم من أنَّ التحليل الأولي لمعيار الاشعاع الشَّمسي أظهر بأن جميع مناطق الأردن تصلح لإنشاء محطات كهروضوئيَّة إلاّ أنَّ المعايير المكانيَّة السَّبعة الأخرى هي التي ستفاضل بين المواقع من حيثُ درجة ملاءمتها لإنشاء المحطات. وبالتالي يتمَّ تحديد المواقع الأمثل لإنشاء هذه المحطات.

وبعد تنفيذ تحليل الأوزان التركيبية ظهرت المواقع الأكثر ملاءمة لإنشاء المحطات متدرجة ضمن ثمانية نطاقات من الأهميَّة كما يوضحها الجدول رقم (11). كما ويبين الجدول رقم (11) المساحات التفصيلية لكل درجة من درجاتِ المفاضلة الثمانية السَّابقة الذكر.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول رقم (11): نطاقات المفاضلة بالنسبة للمواقع حسب أهميتها لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة بحسب تحليل الأوزان التركيبية، والمساحات المتاحة لكل درجة من درجات الأهميَّة ضمن حدود الأردن

درجة الأهميَّة	التعريف	المساحة كم^2
1	متساوي الأهميَّة	87603.9
3	متوسط الأهميَّة	0.031
4	متوسط إلى قوي الأهميَّة	5.62
5	قوي الأهميَّة	164.52
6	قوي إلى قوي جدًا	496.86
7	قوي جدًا	38.03
8	قوي جدًا إلى فائق الأهميَّة	46.95
9	فائق الأهميَّة	0.004

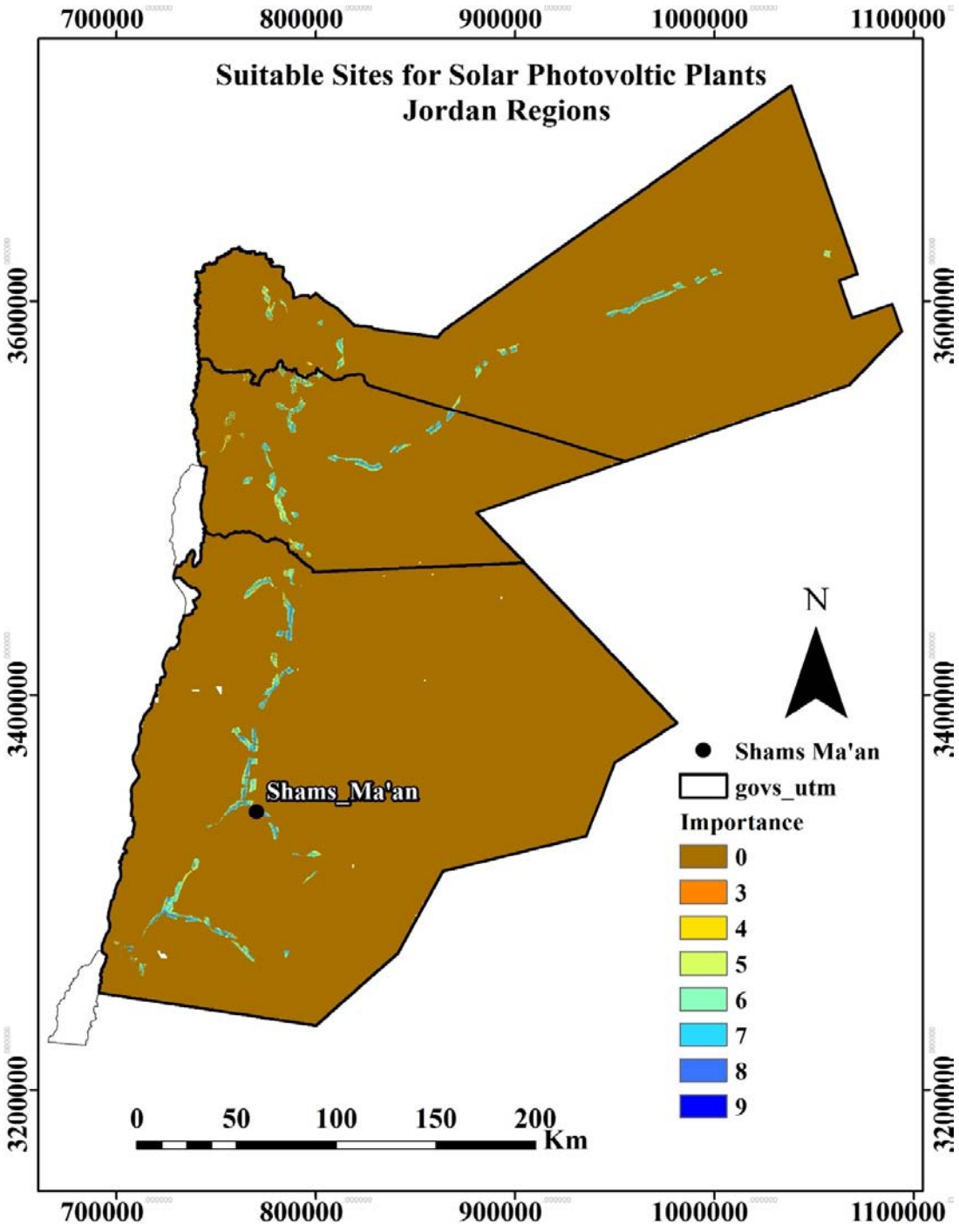
المصدر عمل الباحث

ويبين الشَّكل رقم (21) بأنَّ إجمالي مساحة المواقع المناسبة من الدرجة القوية (الدرجة الخامسة فأعلى) قد بلغت 1088.3كم^2. ومن الدرجة المتوسطة (الدرجة الثَّالثة والرابعة) بلغت 5.7كم^2، ومن الدرجة متساوية الأهميَّة (أقل من الدرجة الثَّالثة) بلغت المساحة 87603.9كم^2.

إضافة إلى ذلك، فقد تمَّ حساب مساحات المواقع المناسبة من الدرجة الخامسة فأعلى لكل إقليم من الأقاليم الإدارية الثلاثة في الأردن كما يبينها الشَّكل رقم (22). حيثُ حاز إقليم الجنوب على أكبر مساحة بما مقداره 551.3كم^2 وهو ما يعادل ما نسبته 50.6%. وجاء إقليم الوسط في المرتبة الثانية بمساحة 325.2كم^2 وما نسبته 29.9%. وكان إقليم الشَّمال في المرتبة الثَّالثة بواقع 211.8كم^2 وبنسبة 19.5%. ويرجع ذلك إلى أنَّ المساحات الواقعة في إقليم الجنوب قد توافرت فيها النِّسبة الأعلى من المعايير المكانيَّة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة مقارنة مع الأقاليم الأخرى. وبهدف التحقق من النتائج، فقد تمَّ تحديد موقع مشروع شمس معان للطاقة الكهروضوئيَّة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

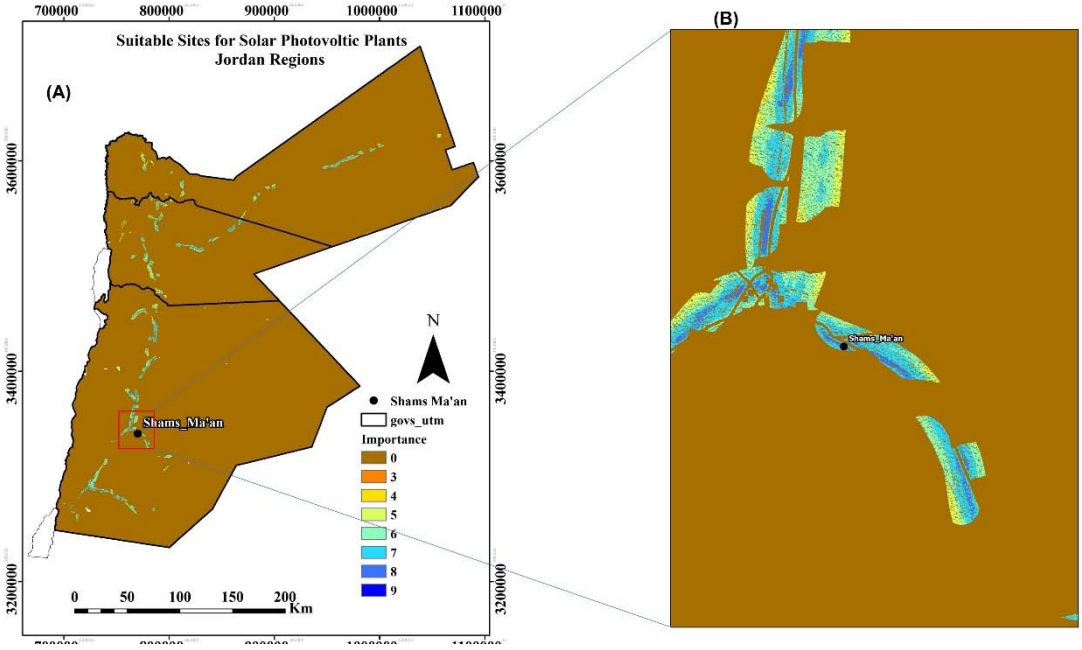
على الخريطة وتَبيَّن بأن الموقع يقع ضمن مواقع المفاضلة العالية جدًا كما هو مبين في الشَّكل رقم (23).



الشَّكل (21) المواقع المناسبة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة

المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشَّكل (22): (A) المواقع المناسبة لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة في الأردن، (B) موقع محطة شمس معان لتوليد الطاقة الكهروضوئيَّة

المصدر عمل الباحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الخاتمَّة والتوصيات:

أثبتت نتائج تحليل الأوزان التركيبة أنَّ كل مناطق الأردن تصلح لإنشاء محطات الطاقة الكهروضوئيَّة بعد إجراء تحليل الاشعاع الشَّمسي، وتمَّت المفاضلة اعتمادًا على السَّبع معايير الأخرى، للكشف عن المناطق المثلى، وظهرت المواقع المثلى متدرجة ضمن ثمان نطاقات على حسب الأهميَّة.

وبناءً على هذه النتائج توصي الدِّراسة أصحاب القرار بما يلي:

1- العمل على بناء قاعدة بيانات الكترونيَّة جغرافيَّة شاملة لكل الأردن تتضمن جميع المعاير المؤثرة في عملية اختيار الموقع الأمثل لإنشاء المحطات الكهروضوئيَّة.

2- تحديد أسس واضحة عند طرح مشاريع انشاء المحطات الكهروضوئيَّة بحيثُ تراعي خطط التنمية المستدامة.

3- تكثيف الدراسات النظرية والتطبيقيَّة التي تصبُّ في مصلحة الطاقة الشَّمسيَّة والطاقة الخضراء عمومًا في الأردن.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المصادر والمراجع

المراجع العربية

1. الجمعية العلمية الملكية

2. الحربان، أديبة. (2011) . **نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وتطبيقاتهما.** جامعة الكويت، لجنة التأليف والتعريب والنشر.

3. خاطر، نصري . (2011). **جغرافية الطاقة.** دار الجنادرية، عمان: الأردن.

4. دائرة الإحصاءات العامة، النشرة السنوية والأردن بالأرقام 2015.

5. دائرة الأرصاد الجوية، 2005

6. شركة الكهرباء الوطنية، النشرة السنوية 2015

7. المركز الجغرافي الملكي الأردني

8. منصور، حسين ؛ هزايمة، خالد. (2011). التحليل المكاني لمراكز الدفاع المدني في مدينة اربد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. **أبحاث اليرموك**، 24.

9. هيئة الطاقة النووية الأردنية، 2016.

10. وزارة الطاقة والثروة المعدنية، النشرة السنوية 2014.

11. وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا).

12. Google Earth

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المراجع الأجنبية

Ababsa, M., Dupret, B., & Dennis, E. (Eds.). (2012). *Popular Housing and Urban Land Tenure in the Middle East: Case Studies from Egypt, Syria, Jordan, Lebanon, and Turkey*. Oxford University Press.

Baitulin, I. O. (2001). National strategy and action plan to combat desertification in Kazakhstan. In *Sustainable Land Use in Deserts* (pp. 441-447).Springer Berlin Heidelberg.

Carrion J. A. et al., "Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants," Renewable Sustain. Energy Rev. 12, (9), 2358 –2380. 2008

Carrion, J. A., Estrella, A. E., Dols, F. A., Toro, M. Z., Rodríguez, M., &Ridao, A. R. (2008). Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: Optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *12*(9), 2358-2380.

Charabi, Y., &Gastli, A. (2011).PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation.*Renewable Energy*, *36*(9), 2554-2561.

Cleve, C., Kelly, M., Kearns, F. R., & Moritz, M. (2008). Classification of the wildland–urban interface: A comparison of pixel-and object-based classifications using high-resolution aerial photography. *Computers, Environment and Urban Systems*, *32*(4), 317-326.

Clifton, J., &Boruff, B. J. (2010).Assessing the potential for concentrated solar power development in rural Australia.*Energy Policy*, *38*(9), 5272-5280.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Clifton, J., &Boruff, B. J. (2010).Assessing the potential for concentrated solar power development in rural Australia.*Energy Policy*, *38*(9), 5272-5280.

Effat, H. A. (2013). Selection of Potential Sites for Solar Energy Farms in Ismailia Governorate, Egypt using SRTM and Multicriteria Analysis.*International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, *2*(1), pp-205.

Georgiou, A., &Skarlatos, D. (2016).Optimal site selection for sitting a solar park using multi-criteria decision analysis and geographical information systems.*Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, *5*(2), 321-332.

Georgiou, A., Polatidis, H., &Haralambopoulos, D. (2012). Wind energy resource assessment and development: Decision analysis for site evaluation and application. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, *34*(19), 1759-1767.

Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (2015). Solar cell efficiency tables (Version 45). *Progress in photovoltaics: research and applications*, *23*(1), 1-9.

Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., ...& Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *29*, 766-779.

Jibril, Z. (1991). Estimation of solar radiation over Jordan—predicted tables.*Renewable Energy*, *1*(2), 277-291.

Khan, G., &Rathi, S. (2014). Optimal Site Selection for Solar PV Power Plant in an Indian State Using Geographical Information System (GIS). *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, *2*(7), 260-266.

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

Kontos, T. D., Komilis, D. P., &Halvadakis, C. P. (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste management*, *25*(8), 818-832.

Macknick, J., Newmark, R., Heath, G., &Hallett, K. C. (2012). Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature. *Environmental Research Letters*, *7*(4), 045802.

Mark Clifford, China's visible solar power success .MarketWatc. 2012 http://www.marketwatch.com/Story/story/print?guid=F4031B1C-52B9-11E1-A6A2-002128040CF6. (Accessed 31/3/2017)

Masera, O., Ghilardi, A., Drigo, R., &Trossero, M. A. (2006). WISDOM: A GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management. *Biomass and Bioenergy*, *30*(7), 618-637.

Noorollahi, E., Fadai, D., AkbarpourShirazi, M., &Ghodsipour, S. H. (2016). Land Suitability Analysis for Solar Farms Exploitation Using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)—A Case Study of Iran. *Energies*, *9*(8), 643.

Ong, S., Campbell, C., Denholm, P., Margolis, R., & Heath, G. (2013).Land-use requirements for solar power plants in the United States.*Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory*, *140*.

Piazena, H. (1996). The effect of altitude upon the solar UV-B and UV-A irradiance in the tropical Chilean Andes. *Solar energy*, *57*(2), 133-140.

Pohekar, S. D., &Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review.*Renewable and sustainable energy reviews*, *8*(4), 365-381.

Polo, G., Acosta, C. M., Ferreira, F., & Dias, R. A. (2015).Location-allocation and accessibility models for improving the spatial planning of public health services.*PloS one*, *10*(3), e0119190.

www.manaraa.com

Qasaimeh, A. (2012). Solar energy optimization through seasons: case study in Jordan. *Smart Grid and Renewable Energy*, *3*(04), 275.

Qasaimeh, A.Qasaimeh, M.Abu-Salem, Z.Momani, M. Solar Energy Sustainability in Jordan, Computational Water, Energy, and Environmental Engineering, 2014, 3, 41-47.

Salah, C. B., Chaabene, M., &Ammar, M. B. (2008).Multi-criteria fuzzy algorithm for energy management of a domestic photovoltaic panel.*Renewable Energy*, *33*(5), 993-1001.

Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., &Lamata, M. T. (2015).Evaluation of suitable locations for the installation of solar thermoelectric power plants.*Computers & Industrial Engineering*, *87*, 343-355.

Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., &García-Cascales, M. S. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *24*, 544-556.

Thomas L..Saaty. (1980). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill International Book Company.

www.manaraa.com

الملاحق

موضوع الدِّراسة: الموقع الأمثل لإنشاء محطات كهروضوئيَّة في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافيَّة والاستشعار عن بعد،

الدكتور/المهندس

يرجى تحكيم المعايير التالية لاختيار المواقع الأمثل لإنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائيَّة من الطاقة الشَّمسية اعتمادًا على خبرتكم العلميَّة والعمليَّة، كما نرجو عدم التردد في تقديم أي اقتراحات من شأنها إثراء هذه الدِّراسة، شاكرين لكم تعاونكم.

معايير المفاضلة بين المواقع الجغرافيَّة:

يرجى تحديد الوزن العام للمعيار مقارنة مع المعايير الأخرى في التأثير على اختيار المكان الأمثل للمحطات.

الوزن مقارنه مع المعايير الأخرى من 100	المعيار	الرقم
	الاشعاع الشَّمسي	1
	شبكة الطرق	2
	شبكة خطوط الكهرباء الرئيسية	3
	استعمالات الأرض	4
	الارتفاع	5
	درجة الانحدار	6
	اتجاه المنحدرات	7
	الأودية والمجاري المائيَّة	8
%100	المجموع	-

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

درجات المفاضلة بين المواقع الجغرافيَّة تبعًا للمعيار الواحد:

يرجى تحديد درجات المفاضلة ضمن المعيار الواحد في التأثير على اختيار المكان الأمثل للمحطات.

معيار الإشعاع الشَّمسي Solar Radiation

Class / Wm^2	10/Score

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

معيار المسافة من شبكة الطرق

m/Class	Score / 10
100	
200	
400	
600	
800	
1000	
1200	
1400	
1600	
1600>	

معيار المسافة من خطوط شبكة الكهرباء الرئيسية

m/Class	Score / 10
100	
200	
400	
600	
800	
1000	
1200	
1400	
1600	
1600>	

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

معيار استعمالات الأرض

Class \ Type	10/Score
Open Area (Bare rock، bare soil، basalt plain)	
Urban Area	
Quarries	
Chert plain (Wadi)	
Forest	
Agriculture	
Water bodies	

معيار الارتفاع عن سطح الأرض

m/Class	Score / 10
100	
200	
400	
600	
800	
1000	
1200	
1400	
1600	
1600>	

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

معيار درجة الانحدار Slope

Class \ Degree	10/Score
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
> 18	

معيار وجه المنحدر Aspect

Class / Direction	Score / 10
N	
NW	
W	
SW	
S	
SE	
NE	

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

معيار البُعد عن الأودية والمجاري المائيَّة

m/Class	Score / 10
100	
200	
400	
600	
800	
1000	
1200	
1400	
1600	
1600>	

مقترحات أخرى (يرجى ذكرها)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Abstract

Ma'mwn ahmed arshead (2017). Selecting Optimal Locations for Photovoltaic Plants in Jordan using GIS and Remote Sensing. Dr. Ahmed khawldh.

This study aims to identify the optimal locations for establishing photovoltaic plants in Jordan. It also seeks to identify the most important criteria that affects the selection of these locations. The study has used descriptive and analytical methodsin addition to the weighting overlay procedure for the justification between the factors that affect the selection of the optimal location through implementing several ArcGIS 10.4.1 and ENVI 5.3 spatial tools. The study employed different spatial data which was collected from various sources including the Ministry of Energy and Mineral Resources, National Electricity Company, Royal Jordanian Geographic Center, Department of Statistics. Results showed that the entire area of Jordan was suitable for establishing photovoltaic projects in terms of solar radiance criterion. Thus, the other spatial factors including land use, main roads, main electricity lines, wadies, elevation, slope, and aspects contributed in identifying optimal sites for photovoltaic plants. The results showed that the southern region of Jordan has the higher percentage of optimal sites (i.e., 50.6%), middle region 29.9 % and lastly the northern region with approximately 19.5 %.

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com