مجلة العمارة والتخطيط، م ٢٩(٢)، ص ص ١٨٥ - ٢٠٨، الرياض (٢٠١٧م / ١٤٣٨هـ)

تحليل ملاءمة الأرض استناداً إلى أسلوب تقييم المعايير المتعددة: دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية على منطقة عمان الكبرى بالمملكة الأردنية الهاشمية

ثائر مطلق محمد عياصرة

أخصائي تخطيط، إدارة الإحصاء، مديرية التخطيط والميزانية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، الرياض، المملكة العربية السعودية

thaer_ayasreh@yahoo.com

قدم للنشر في ١/ ٨/ ١٤٣٧هـ؛ وقبل للنشر في ٢٥/ ١١/ ١٤٣٧هـ

ملخص البحث. يستخدم تحليل ملاءمة الأرض في مجال التخطيط الحضري بشكل واسع، ولا سيما في تقييم مدى ملاءمة الأرض للتطوير الحضري، ويعدّ تقنية تحليلية مركّبة تستخدم مجموعة متنوعة من المعايير في عملية الاحتساب، كما يتكامل هذا التحليل مع نظم المعلومات الجغرافية التي تلعب دوراً مهماً في عملية التحليل وزيادة دقة النتائج. يهدف البحث إلى تقييم درجة ملاءمة الأرض للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى وذلك لمواجهة التحدي المتمثل في استيعاب النمو السكاني المتوقع حتى عام ٢٠٢٥، وقد جرى في هذا البحث التمييز بين نوعين من المعايير لتحليل التقييم متعدد المعايير. أولاً: القيود: وهي المعايير التي تستثني المناطق من التحليل، وتشمل (منطقة العمران المشيدة، والأراضي المحددة ضمن نظام الموروث الطبيعي، ونظام الموروث الحضاري)، وثانياً: العوامل: وهي المعايير التي تؤثر على تحقيق الهدف قيد الدراسة (إيجابياً أو سلبياً)، وقد تم تحديد عشرة معايير رئيسة استخدمت في التحليل المكاني، وقد جرى تقسيمها إلى عوامل النمو غير المحدودة؛ حيث يسمح بالإعمار في هذه المناطق بدون أي عوائق، وعوامل النمو المحدود؛ حيث يسمح بإعمار محدود في هذه المناطق بما يتوافق والاستعمال الرئيس.

وباستخدام عملية التحليل الهرمي ضمن أساليب تقييم القرار متعدد المعايير؛ تمّ إعطاء وزن لكل معيار من خلال مقارنتها معاً وفقاً لأهميتها. وعلى ضوء بناء نموذج تحليل ملاءمة الأرض وإعطاء أوزان للمعايير؛ تمّ استنباط خريطة ملاءمة الأرض النهائية لكامل منطقة الدراسة، وقد قسّمت منطقة الدراسة إلى خمس فئات مختلفة من الملاءمة تراوحت بين ملاءمة متوسطة إلى ملاءمة عالية جداً، وأخيراً أوصى البحث أن يكون استيعاب نمو مدينة عمان حتى العام ٢٠٢٥، من خلال إعمار الأراضي الخالية غير المطوّرة أو تحت التطوير الواقعة خارج حدود المنطقة المبنيّة، والتي تشمل الأراضي ذات الملاءمة المرتفعة والمرتفعة جداً، حيث تبلغ مساحتها معاً (٢١, ٤٨٥كم٢) بالإضافة إلى إعمار الأراضي الخالية الواقعة ضمن المناطق المبنيّة. مع الأخذ بعين الاعتبار أن يتم توجيه النمو أولاً نحو المناطق المبنيّة القائمة بهدف تشجيع النمو الحضري المضغوط (المكثّف) وتحقيق الاستفادة القصوى من الخدمات القائمة.

الكلمات المفتاحية: التخطيط المكاني، تحليل ملاءمة الأرض، تحليل المفاضلة الخرائطية، أدوات المحلل المكاني، نظم المعلومات الجغرافية، مطابقة الخرائط الموزونة، عملية التحليل الهرمي.

١. المقدمة

يعدّ تحديد الأرض الملائمة من أجل التطوير الحضري إحدى القضايا الحرجة في مجالات التخطيط، ومما لا شك فيه أن مدى ملاءمة الأرض للتطوير الحضري لا يستند إلى مجموعة من المعايير الطبيعية فقط، ولكن أيضاً إلى العوامل الاقتصادية إلى حد كبير. إذ إن الأثر التراكمي لهذه العوامل يحدد درجة الملاءمة، ويساعد أيضاً في تصنيف الأرض إلى عدة رتب مختلفة من التطوير (Kumar and Biswas,2013). فكل جزء من المشهد الطبيعي للأرض يتميز بمجموعة مختلفة من الميّزات التي تجعله أكثر ملاءمة لاستعمالات معينة وأقل ملاءمة للاستعمالات الأخرى (MacDonald, 2006).

ويمكن تقدير المعايير الطبيعية عن طريق تحليل استعمالات الأرض، ومعايير التضاريس والجيولوجيا والجغرافيا الطبيعية، والبعد عن الطرق، وكذلك عن المنطقة المبنية وغيرها من المعايير العديدة القابلة لتحليل نظم المعلومات الجغرافية. وبالمقابل، فإن الضغوط الاقتصادية على الأرض الحضرية هي ذات صعوبة كبيرة لكي يتم تعيينها واستخدامها بغرض التحليل. ومع ذلك، فإن تقييم المعايير الطبيعية يحدد ماهية القيود المفروضة على الأرض لأغراض التطوير الحضري. ويستمد مفهوم القيود من نوعية الأرض. فعلى سبيل المثال: إذا كان ميل الأرض مرتفعاً فإن محددات التوسع ستكون في هذه الحالة أكثر من الأرض المستوية أو ذات الميل المنبسط. عملياً، هذا يعني أن تطوير الأرض ذات الميل المرتفع يتطلب مدخلات كبيرة (من الناحية المالية والقوى العاملة والمواد والوقت، وما إلى ذلك)، وبالتالي قد تكون أقل ملاءمة للتطوير مقابل الأرض المنبسطة، حيث إن المدخلات المطلوبة هي أقل بكثير (Kumar and Biswas, 2013).

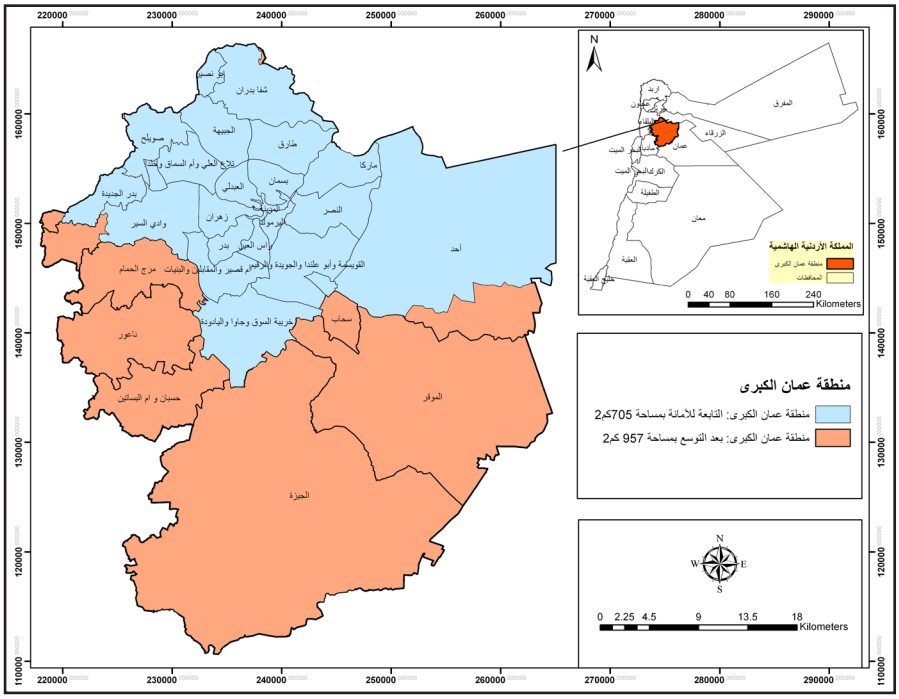
وضمن هذا السياق يعدّ تحديد المواقع الملائمة للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى (متربوليس)، (31°58′27.7″N 35°54′34.9″E) الشكل (١)؛ إحدى القضايا الحاسمة والتي لا مفر منها في توجيه كامل منطقة التخطيط المستقبلية على مستوى المدينة المتروبوليس، فقد حدّدت أمانة عمان الكبرى رؤيتها المستقبلية للمدينة ٢٠٢٥ لمواجهة التحدي الرئيس المتمثل في استيعاب النمو السكاني المتوقّع حتى عام ٢٠٢٥، حيث تواجه مدينة عمان عدداً من التحديات الديموغرافية خاصة مع النمو السكاني المتزايد خلال العقدين القادمين إذ يبلغ عدد سكانها الحالي حوالي (٤,٠١) مليون نسمة (دائرة الإحصاءات العامة، ٢٠١٥)، ومن المتوقع أن يصل إلى (٥,٣) مليون نسمة بحلول عام ٢٠٢٥، كما هو مبين في الشكل (٢) ويمتاز المجتمع السكاني لمدينة عمان بكونه مجتمعاً فتياً؛ إذ يشكّل السكان صغار السن (دون الخامسة عشرة من العمر) نسبةً كبيرةً من مجموع سكان المدينة، ونظراً للمجتمع الفتي لمدينة عمان؛ فإن ذلك يتطلب توفير مساحات كافية للسكن، والعمل، والخدمات الاجتماعية، وشبكة

النقل، والخدمات الحضرية الأخرى، والجدول رقم (١) ملخص لتوقعات النمو الرئيسة لمدينة عمان حتى عام ٢٠٢٥.

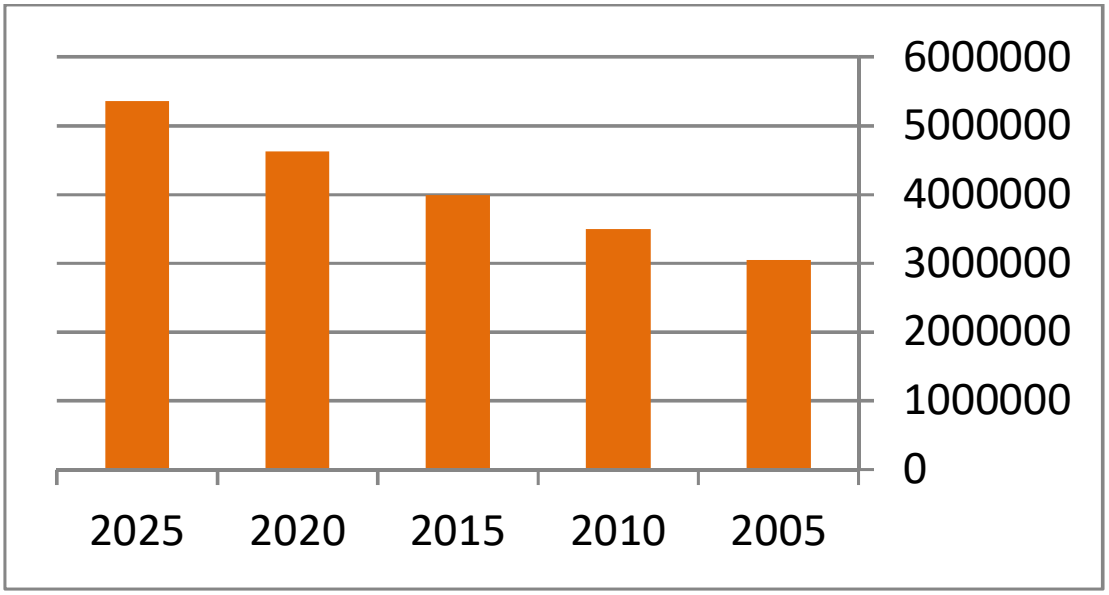
وبالنسبة للأسئلة المطروحة في هذا البحث، فيمكن تلخيصها بما يلي: أولاً: ما أصناف الأرض الملائمة للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى؟ ثانياً أين يجب أن تنمو المدينة؟ وهل يتم توجيه النمو أولاً نحو الأراضي الخالية غير المطوّرة خارج المناطق المبنية، أو نحو الأراضي الخالية ضمن المناطق المبنية؟

ومن خلال الإجابة عن هذه التساؤلات، سيتمكن البحث من تحديد الأرض الملائمة وغير الملائمة للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى بهدف استيعاب النمو السكاني المتوقع لعام ٢٠٢٥.

ويتمثل الهدف الرئيس من هذا البحث بإنتاج خريطة تشير إلى مدى ملاءمة الأرض للتطوير الحضري في منطقة الدراسة بأكملها وبشكل أكثر تحديداً، فإن البحث يهدف إلى تحديد الأرض الملائمة وغير الملائمة للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى بتطبيق تحليل ملاءمة الأرض باستخدام أدوات المحلل المكاني Spatial Analyst Tools المتاحة في نظم المعلومات الجغرافية بالاستناد إلى أسلوب تقييم المعايير المتعددة، وذلك كاستراتيجية مقترحة يتم على ضوئها تحديد أين تنمو المدينة وأين يجب أن يتم توجيه النمو للمدينة أولاً.



الشكل (١) الموقع الجغرافي لمدينة عمان الكبرى



الشكل (٢) مدينة عمان الكبرى: ملخص توقعات النمو السكاني، من إعداد الباحث

الجدول رقم (١) مدينة عمان الكبرى: توقعات النمو الرئيسة

	حاليا	٢٠٢٥
عدد السكان (شخص)	٤ ملايين	٥,٣ مليون
القوى العاملة (شخص)	٩٠٠٠٠٠	١,٥ مليون
مناطق العمل (دونم)	٨٩٠٠٠	٩٠٠٠٠
الاحتياجات من مناطق العمل à	٤٠٠٠٠	٥٤٠٠٠
الاحتياجات السكنية (وحدة)	٨٦٠٠٠٠	١,١٥ مليون

* لا تشمل العمالة في قطاع الخدمات خارج المناطق التجارية الرئيسة
المصدر: توقعات السكان والقوى العاملة من إعداد الباحث بالاستناد إلى النموذج الآسي، وتقدير الاحتياجات السكنية والاحتياجات من مناطق العمل بناء على معيار حصة الفرد من السكن، وحصة الفرد من مناطق العمل وذلك على التوالي.

٢. خلفية أدبية

٢,١ النمذجة المكانية ومعايير الأفضلية المكانية

يعود وضع خريطة على أخرى للكشف عن العلاقات بين التوزيعات المكانية للظواهر المختلفة؛ إلى فترة ما قبل الستينيات، فقد طوّر كيبل (Keeble, 1952) عملية المفاضلة الخرائطية Sieve Mapping بوصفها أداة نمذجية تخطيطية معنية بتحديد درجة الملاءمة المكانية للتطور أو النمو، فهي من جانب تستخدم لتحديد الأراضي المتاحة للتطوير عن طريق مطابقة الخرائط بعضها فوق الآخر في وقت واحد Overlaying Maps، حيث يمكن غربلة المحددات الطبيعية فقط، وتدل المناطق البيضاء حسب طريقة

كيبل من سلسلة التراكبات على المناطق الملائمة للتطوير.

وقد لاحظ كيبل أن استخدام تراكب الخرائط بعضها فوق الآخر في وقت واحد بدلاً من إعادة رسم كل القيود المفروضة على خريطة مركبة واحدة؛ له ميّزة أن التراكبات يمكن أن تستخدم في أي تجميع. العيوب هي صعوبة تأمين والاحتفاظ بسجل مثالي بين تراكب الخرائط وصعوبة قراءة الطبقات السفلى عند وضع التراكبات بعضها فوق الآخر - ولا سيما - عند استخدام طبقات كثيرة، حيث يصبح النظر مستحيلاً تماماً من خلال التهشير Hatching (Massey University, 2016). كما كانت هناك مشكلات أخرى، منها أن هذا الأسلوب لا يعطي درجات متفاوتة من الملاءمة (كانت مناسبة أو غير مناسبة)، فالعوامل كلها ذات أهمية متساوية، والعوامل الطبيعية فقط تؤخذ بالاعتبار. ولاحظ كيبل أن هناك صعوبة أخرى متأصلة في جميع الخرائط الورقية وهو ما يعقّد الأمور عند رسم خريطة الغربلة، فإذا حصل خطأ يكون من الصعوبة معه إعادة الرسم مرة أخرى. وعلى أية حال، مع ظهور تقنية GIS أصبح الأمر أكثر دقة وسهولة (Meng, 2003).

فخرائط المفاضلة Sieve Maps تعرف بأنها خريطة تجميعية تبين خصائص الأرض التي تجعلها غير ملائمة لغرض معين؛ مثل هذه الخصائص تحدد القيود. وتتكون الخريطة المركّبة من سلسلة من الخرائط التي تبين القيود التي يتم رسمها على الورق الشفاف. هذه الخرائط تجمع في خريطة أساسية وبعضها على الآخر لتكشف عن المناطق التي لا تخضع لأي قيود، وهكذا تعتبر ملائمة للاستعمال المحدد لهذا الغرض (Massey University, 2016).

ولقد وضع تحليل المفاضلة الخرائطية في الولايات المتحدة الأمريكية تحت عنوان تحليل ملاءمة الأرض Land Suitability Analysis، ولا سيما في مجال تخطيط المشهد الطبيعي Landscape (Massey University, 2016)، فقد صقل أسلوب المفاضلة الخرائطية وأشيع في كتاب متشارج McHarg (التصميم مع الطبيعة) Design with Nature عام ١٩٦٨. وكان من بين التحسينات على الأسلوب استعمال تدرج القيمة Value Gradient لتقييم وتصنيف درجات مختلفة من الملاءمة. ومع ذلك، كان هناك مشاكل أيضاً مشابهة للصياغة الأصلية لتقنية المفاضلة الخرائطية، حيث كان تدرج القيمة يتم بشكل شخصي، كما أن اختيار العوامل كان يتم أيضاً بشكل اعتباطي، ومن ثم كانت هناك شكوك في المخرجات النهائية للمواقع التي تعتبر ملائمة للتطوير؛ وعلاوة على ذلك تم تناول العوامل الطبيعة فقط (والبيولوجية) مع استبعاد العوامل الاجتماعية والاقتصادية. وفي عام ١٩٦٩ مع وفرة أجهزة الحاسب استخدمت في تطوير تقنيات مطابقة الخرائط Overlaying Maps، وهكذا طوّرت طريقة سطح الأرض الكامنة Potential Surface Method

(Meng, 2003)، وهي بالأساس تطوير منهجي وشامل لإجراءات عملية المفاضلة الخرائطية التقليدية، وتعرف أحياناً بتحليل إمكانية التطوير Development Potential Analysis (Massey University, 2016).

ويمكن فهم تحليل ملاءمة الأرض في GIS بشكل أفضل - كما هو الحال في طريقة إمكانية التطوير - من خلال الخرائط الخلوية Raster Map، حيث يتم أولاً تراكب منطقة الدراسة بشبكة موحّدة ومن ثمّ يتم ترميز كل خلية بدرجات للدلالة على مختلف المعالم البيئية، بما في ذلك عوامل، مثل: متوسط درجة الميل للأرض، والوصول إلى العمل أو التسوق والنسبة المئوية للمساحة المبنية. وبسبب اختلاف العوامل يمكن استخدام عدة فئات من الدرجات للقياس، بعد ذلك تتم عملية التنميط لتوحيد المقياس. لذلك، سيكون لكل خلية درجات موحدة ولكل عامل من العوامل، ومن ثم تجمع هذه النقاط لإعطاء النتيجة الإجمالية لكل خلية كمؤشر لإمكانيات الخلية للتطوير. وعلى أية حال، إذا تمّ إعطاء وزن متساوٍ لكل العوامل، سيترتب على ذلك إنشاء خطة بديلة واحدة فقط. ولذلك يتم إعطاء أوزان مختلفة تبعاً لتفضيلات المجتمع وقيمه المختلفة على العوامل للتطوير. وهكذا تتميز طريقة ملاءمة الأرض عن طريقة المفاضلة الخرائطية في إدخال الأوزان التي تعكس تفضيلات المجتمع والسياسة والقيود (بما في ذلك القضايا الاجتماعية والإنصاف بدلاً من القضايا الاقتصادية البحتة أو التكلفة). وهكذا فإنه باختلاف الأوزان يمكن إنشاء خطط ببدائل مختلفة (بدون الأوزان، يتم إنتاج خطة واحدة فقط استناداً إلى تحديد المعايير) (Meng, 2003).

يعدّ تحليل ملاءمة الأرض بمنزلة فصل إمكانيات الأرض إلى أجزاء على أساس قدرتها لخدمة استعمال أو غرض معين، فالملاءمة المرتفعة تعني أن الأرض لديها درجة كبيرة نسبياً من الإمكانية لخدمة الاستعمال أو الغرض المعين، وبالمقابل فإن الملاءمة المنخفضة تعني أن الأرض لديها درجة قليلة نسبياً من الإمكانية لخدمة الاستعمال أو الغرض المعين. ومن المهم ملاحظة أن تحليل ملاءمة الأرض في نهاية المطاف يؤدي إلى خريطة تشير إلى نمط استعمالات الأرض المستقبلي، غير أن الخريطة لا تعدّ خطة. وإنما تعبّر عن الأهداف الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية، وقد طبّقت عدة أشكال لتحليل الملاءمة، وأكثرها شيوعاً أسلوب الجمع الترتيبي، وأسلوب الجمع الخطي، وقواعد أسلوب التوافيق Rules of Combination Method والتي طبّقها McHarg في أعماله (MacDonald, 2006).

٢ , ٢ عوامل تصنيف ملاءمة الأرض

ينبغي النظر في مجموعة العوامل عند تقييم مدى ملاءمة الأرض لفئة معينة من استعمالات الأرض والتي يجب اختيارها من قبل المختصين أو

الخبراء لتلك الفئة المعينة من الاستعمالات. فعلى سبيل المثال: ينبغي تقييم مدى ملاءمة الأرض للتطوير من خلال عدة عوامل مختارة من قبل المطورين أنفسهم والخبراء بشأن ما العوامل التي تسعى لتأهيل موقع مناسب للتطوير، وينبغي أن لا تكون فئات استعمالات الأرض مصنّف بعضها ضد الآخر، فكل تحليل ملاءمة أرض يجب أن يكون مستقلاً عن الآخر، وهذا الاستقلال ينطبق على جميع جوانب التحليل، بما في ذلك اختيار العوامل المستخدمة في تقييم مدى ملاءمة الموقع لاستعمالات الأرض بشكل خاص (MacDonald, 2006).

ويعدّ الجمع بين نظم المعلومات الجغرافية وتحليل القرار متعدد المعايير (Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA طريقة فعّالة لتقييم مدى ملاءمة الأرض، فمن خلال تقنية نظم المعلومات الجغرافية تتم عملية احتساب المعايير، بينما استخدام تحليل القرار متعدد المعايير يؤدي إلى تجميعها في مؤشر يعكس مدى الملاءمة.

وأحد أساليب القرار متعدد المعايير والمستخدمة على نطاق واسع والتي تقلل بشكل كبير من الوقت والجهد؛ هي عملية التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process (AHP التي وضعها ساعاتي (Saaty, 1980) ، وبشكل عام، تتم المقارنة المزدوجة بين كل المعايير المتوفرة، لاختيار الملاءمة الأكبر لعدد من البدائل. ومع ذلك تنطوي هذه العملية على أخطاء ومحددات. ومن ذلك محدودية قدرة العقل البشري التي لا تسمح بتقييم كل البدائل، علاوة على استخدام الحدس للتحديد قد يسفر عن نتائج غير مرغوبة عند اختيار أحد البدائل بشكل خاطئ (Kumar and Biswas,2013).

وقد طبّقت العديد من الدراسات مفهوم تحليل ملاءمة الأرض للمساعدة على توجيه خطط استعمالات الأرض الشاملة في الأقاليم والمجتمعات المحلية، أمثال: (Wyong Shire Council, 2014; Tims,2009; Marrero etal,2016).

كما طبّق تحليل ملاءمة الأرض باستخدام GIS إلى جانب تحليل القرار متعدد المعايير على نحو واسع في دراسات التوسع الحضري. ومراجعات سابقة شاملة لمثل هذا التحليل يمكن أن يوجد في دراسات (MacDonald,2006; Wahid et al, 2009; Harris ,2008; Nakya etal,2010; Carr etal,2005; Kumar and Kumar,2014; Alexander etal,2012).

وباتباع نهج مماثل قام (Rathore et al, 2016) بإنتاج خريطة ملاءمة أرض بالنسبة لإحدى مكبات النفايات في لاهور في الباكستان، كما قام كل من (Liu and Xia, 2011) باستخدام تحليل القرار متعدد المعايير ونظم المعلومات الجغرافية لاختيار موقع منتجع في يهاى، الصين، وكذلك دراسة (Al-Shalabi etal, 2006) بهدف تقييم المواقع الملائمة للإسكان.

٣. منهجية البحث Methodology

٣,١ منهج الدراسة

اعتمد البحث للإجابة عن الأسئلة المطروحة فيه على المنهج الاستقرائي التحليلي عن طريق مراجعة الخلفية الأدبية لأهم مفاهيم التحليل المكاني وأهمية الخرائط الرقمية ودورها في تحليل المواقع للتعرف إلى ملاءمتها للتطوير الحضري. وسيطبّق البحث أدوات التحليل المكاني من أجل تقييم ملاءمة الأرض للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى، من خلال الاستفادة من إمكانيات تقنية GIS بالاعتماد على برنامج ArcGIS 10.1 الذي يعدّ من البرامج المهمة في التحليل المكاني، حيث يشتمل على العديد من الأدوات المتعددة لأغراض التحليل المكاني، أهمها: أدوات المحلل المكانية Spatial Analyst Tools.

٣,٢ مصادر البيانات

من أجل تطوير خريطة ملاءمة الأرض استخدمت عدة طبقات تمثل العوامل والقيود التي على ضوئها تمّ استنباط خريطة الملاءمة، وجميعها مستمدة من أمانة عمان الكبرى.

٣,٣ فرضية البحث (Hypothesis)

لا تختلف درجة ملاءمة الأرض للتوسع الحضري في منطقة عمان الكبرى تبعاً للمعايير المطبّقة في الدراسة.

٣,٤ الافتراضات البحثية (Assumptions)

١) الاستشهاد بآراء الخبراء بالنسبة لموضوع الأوزان في مصفوفة التحليل الهرمي.

٢) يتم المحافظة على مناطق الموروث الطبيعي والحضاري من الزحف العمراني.

٣) لا تدخل المنطقة المشيدة ضمن الأراضي التي ستتولد من تحليل ملاءمة الأرض.

٤) الابتعاد ما أمكن عن المواقع التي قد تلحق الضرر بصحة الإنسان ولا سيما الأمواج الكهرومغناطيسية الناجمة عن الضغط العالي ومصادر التلوث البصري والتلوث السمعي وتلوث الهواء وتلوث المياه.

٣,٥ أساليب التحليل

سيطبّق البحث تحليل ملاءمة الأرض بالاستناد إلى أدوات المحلل المكانية Spatial Analyst Tools المتاحة في صندوق الأدوات Arc Toolbox ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية ArcMap GIS، وقد طبّق البحث الأدوات التالية لغرض تحليل ملاءمة الأرض:

- أداة التحليل الطبوغرافي لسطح الأرض Surface Tool وذلك لاستنباط خريطة الميل Slope.
- أداة التحويل من بيانات خطية إلى بيانات خلوية Conversion Tool to Raster.
- أداة المسافة الإقليدية Euclidean Distance وذلك لإظهار حدود امتداد المسافات حول كل موقع من المعايير قيد الدراسة.

- أداة مطابقة الخرائط الموزونة بعضها فوق الآخر Weighted Overlay لاستنباط طبقة جديدة تعبّر عن مجموع الطبقات (المعايير) مع الأخذ بالاعتبار وزن كل معيار.
- أداة النموذج الهيكلي Model Builder، المتاحة ضمن أدوات Geoprocessing Tools، حيث يمكن من خلالها تنفيذ جميع الأدوات السابقة على شكل سلسلة متتابعة، بحيث تكون مخرجات كل أداة مدخلاً لأداة أخرى.

تمثّل المعايير أو العوامل بوصفها قيوداً Constraint أو أهدافاً Objective على النحو التالي (Michael, 2013):

$$A_{ik}^{c} = \begin{cases} 1, & constraint \\ 0, & un\ constraint \end{cases} \quad or \quad 0 \le A_{ik}^{o} \le 1 \qquad (1)$$

يتم إعطاء أوزان للتفرقة بين أهمية المعايير Weighted Overlay، وفق الصياغة التالية:

$$\bar{A}_i = \sum_k W_k A_{ik} \qquad (2)$$

حيث إن:

A_i: المعيار i.....n.

W_k: وزن المعيار K.

A_{ik}: المعيار K.

يجب أن تكون الأوزان منمّطة، وهذا يعكس الأهمية النسبية لكل معيار، ومجموع الأوزان يجب أن يساوي ١، كما يلي:

$$\sum_k W_k = 1 \qquad (3)$$

والصياغة الرياضية التالية تستعمل في تراكيب الخرائط، حيث تستخدم القيود للغربلة Sieve، ويحدد الحل النهائي كما يلي:

$$\bar{A}_i = \prod_{k=1}^{k} A_{ik}^{c} \qquad (4)$$

بالإضافة إلى ذلك، طبّق البحث عملية التحليل الهرمي Analytic Hierarchy Process (AHP) وهي أحد الأساليب المستخدمة في تقييم القرار متعدد المعايير Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)، حيث تبدأ عملية التحليل الهرمي بوضع عناصر المشكلة المطروحة بشكل هرمي، ثم عمل مقارنة مزدوجة (Pairwise Comparison) بناء على معايير الاختيار بعضها مع بعضها الآخر، ومن ثم وزنها بالنسبة للهدف. ويكون تحديد الأفضلية طبقاً لمقياس المقارنة المقترح من قبل ساعاتي (Saaty,1980) والذي يتكون من تسعة مستويات على النحو المبين في الجدول (٢) التالي:

جدول(٢) مقياس عملية التحليل الهرمي

المقياس	الوصف				
١	أهمية متساوية	٤	أهمية معتدلة إلى قوية	٧	أهمية قوية جداً
٢	أهمية متساوية إلى معتدلة	٥	أهمية قوية	٨	أهمية قوية جداً إلى بالغة
٣	أهمية معتدلة	٦	أهمية قوية إلى قوية جداً	٩	أهمية بالغة

ونحصل من خلال المقارنات الثنائية على أوزان للمعايير والتي تستخدم في ترتيب الأولويات، بعد ذلك يتم التحقق من نسبة الثبات المطلوبة (Consistency Verification) والتي تضمن عدم تناقض الآراء، وهذه النسبة يجب ألا تتجاوز ١٠٪.

وقد اعتمد البحث على أحد المواقع الإلكترونية التي تتيح عملية احتساب التحليل الهرمي بشكل إلكتروني (Klaus,2016).

٣,٦ إجراءات إعداد البيانات

٣,٦,١ جمع المعلومات

تطلب القيام بإجراء تحليل ملاءمة الأرض في أدوات المحلل المكانية في ArcMap 10.1 من أجل استنباط خريطة الملاءمة المكانية؛ تجهيز خريطة أساس لمنطقة عمان الكبرى، وقد تمّ الحصول عليها من أمانة عمان الكبرى بنظام إحداثيات مسقط Palestine_1923_Palestine_Grid، تظهر عليها الطبقات التالية:

١) طبقة الحدود الإدارية والمنطقة المشيدة لمنطقة عمان الكبرى على شكل مساحة (Polygon).

٢) طبقة الطرق الرئيسة والطرق السريعة، على شكل خط (Polyline).

٣) طبقة الأراضي الزراعية، على شكل مساحة (Polygon).

٤) طبقة الموروث الحضاري، على شكل مساحة (Polygon) ونقاط (Points).

٥) طبقة الموروث الطبيعي، على شكل مساحة (Polygon).

٦) طبقة مناطق العمل، على شكل مساحة (Polygon).

٧) طبقة مناطق المحاجر واستخراج المعادن، على شكل مساحة (Polygon).

٨) طبقة خطوط الضغط العالي للكهرباء، على شكل خط (Polyline).

٩) طبقة مكب النفايات، على شكل مساحة (Polygon).

١٠) طبقة المطار، على شكل مساحة (Polygon).

١١) طبقة المواقع العسكرية، على شكل نقاط (Points).

١٢) طبقة الخدمات، على شكل نقاط (Points)، وتشمل: (المراكز الصحية، والمستشفيات، ومراكز الدفاع المدني، ومراكز الأمن، والمدارس، والكليات والجامعات، ومكاتب البريد، والحدائق العامة، والمكتبات العامة، والمراكز الثقافية، والبنوك، ومراكز التسوق التجارية).

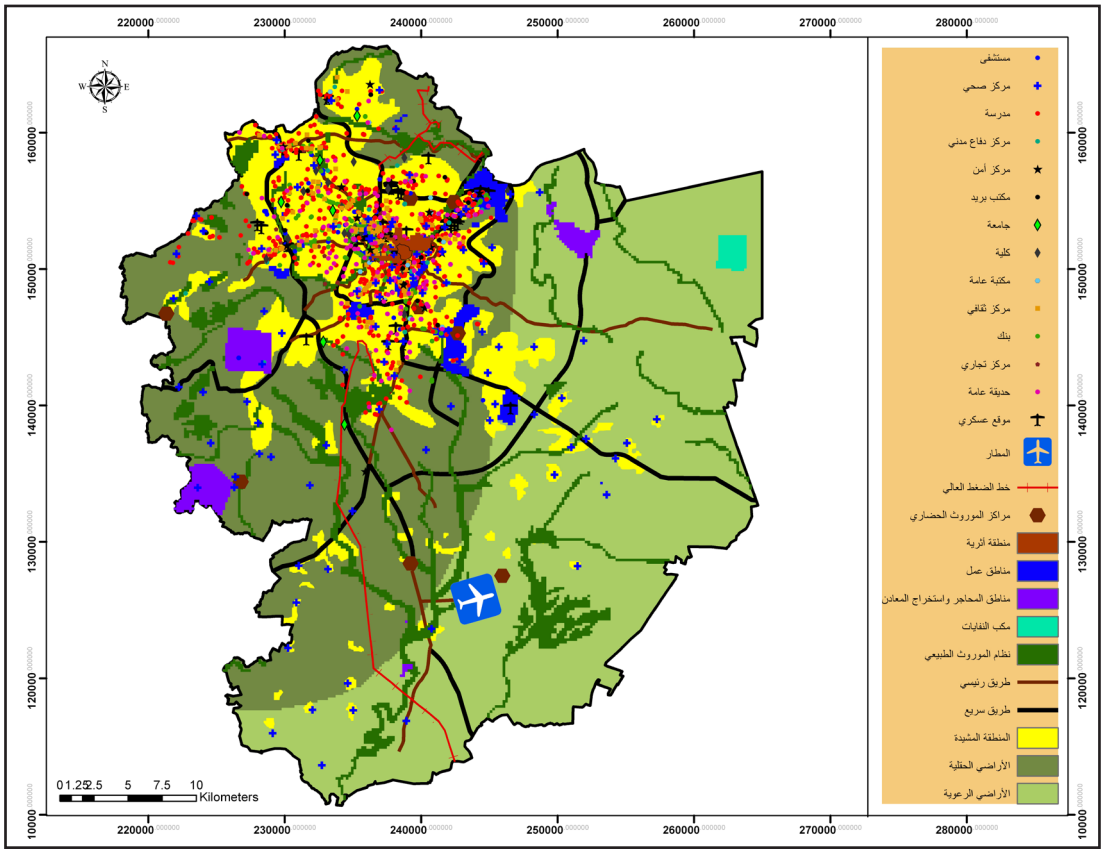
والشكل رقم (٣) التالي يظهر توزيع الطبقات سالفة الذكر في منطقة عمان الكبرى.

٣,٦,٢ تجهيز خرائط المعايير المصنّفة

تتضمن عملية تجهيز خرائط المعايير المصنّفة ما يلي :

أولاً: تحديد المعايير المطبّقة في تحديد ملاءمة الأرض للتطوير الحضري، وإعداد خرائط المعايير على ضوء ذلك، كما سيتم تناولها لاحقاً.

ثانياً: تحويل خرائط المعايير إلى خرائط خلوية: تبنى التحليلات التالية على خرائط من نوع خلوي Raster Map؛ لأن عملية الاحتساب باستخدام صيغ



الشكل (٣) توزيع استعمالات الأرض في منطقة عمان الكبرى

البيانات الخلوية Raster Data أقل تعقيداً من أشكال البيانات الخطية Vector Data. ولذلك، تمّ تحويل خرائط المعايير المختلفة إلى خرائط خلوية، من خلال تصنيف البيانات المكانية، بحيث يتم تقسيم مدى التأثير إلى تسعة نطاقات متساوية البعد عن العامل المؤثر وذلك عن طريق تطبيق أداة المسافة الإقليدية (Euclidean Distance) المتاحة ضمن أدوات المحلل المكاني.

ثالثاً: إعادة تصنيف خرائط المعايير الخلوية: تمّ تطبيق أداة إعادة تصنيف Reclassify المتاحة ضمن أدوات المحلل المكاني لكل طبقة من العوامل على مقياس موحّد يتراوح بين (١-٩)، فكلما زادت القيمة تعبر عن الأفضل ويتم التنصيف بحسب القرب أو البعد، فمثلاً القرب من خطوط الضغط العالي يعطي أقل ملاءمة (١) والبعد عنها يعطي أعلى ملاءمة (٩)، وبالمقابل فإن القرب من شبكة الطرق يعطي أعلى ملاءمة (٩) والبعد عنها يعطي أقل ملاءمة (١)، وهكذا تكرر عملية إعادة التنصيف بالنسبة لبقية العوامل.

وعلى ضوء ذلك تمّ التمييز بين نوعين من المعايير لتحليل التقييم متعدد المعايير، وهي القيود والعوامل.

أولاً: القيود Constraints: وهي المعايير التي تستثني المناطق من التحليل، وقد حدد البحث على مستوى المدينة المتروبوليس مناطق نمو غير مشروعة أو مقيّدة (محظورة) وتضم:

١) المناطق التي شملها العمران (الأرض المبنية)، الشكل (٣).

٢) الأراضي المحددة ضمن نظام الموروث الطبيعي: يهدف نظام الموروث الطبيعي إلى حماية المناطق الطبيعية من التطوير، حيث يتم منع الإعمار حول المناطق البيئية ذات الطبيعة الخاصة، وتشمل: الأودية الرئيسة ومجاري المياه ومناطق الغابات، الشكل رقم (٣).

٣) نظام الموروث الحضاري: يهدف نظام الموروث الحضاري إلى وضع أساس لحماية المواقع التاريخية الأثرية والتراثية وإعادة تأهيلها والمحافظة عليها، وتشمل: مراكز التراث الرئيسة والمواقع الأثرية على مستوى المدينة المتروبوليس، الشكل رقم (٣).

ثانياً: العوامل Factors: وهي المعايير التي تؤثر على تحقيق الهدف قيد الدراسة (إيجابياً أو سلبياً)، وقد تم تحديد العوامل التي ستستخدم في تحليل تقييم المعايير المتعددة استناداً إلى الدراسات السابقة، بالإضافة إلى مشاركة عدد من أصحاب الاختصاص والخبراء في هذا المجال، وقد تم تحديد عشرة معايير رئيسة استخدمت في التحليل المكاني، وقد جرى تقسيمها إلى قسمين وذلك على النحو التالي:

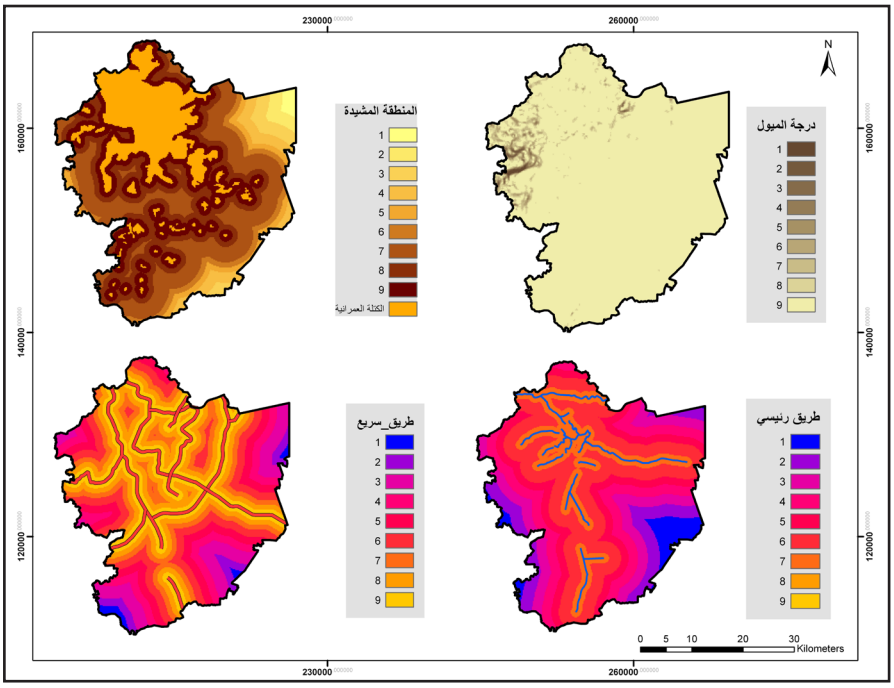
أ- عوامل النمو غير المحدودة، حيث يسمح بالإعمار في هذه المناطق بدون أي عوائق، وتشمل:

١) القرب من المنطقة المشيدة: يعتبر القرب من الكتلة العمرانية المشيدة عاملاً مهماً من حيث تقليل الكلف الاقتصادية لمد خدمات البنية التحتية وسهولة الوصول إلى مركز الكتلة العمرانية، حيث تتوطن الخدمات، وعلاوة على ذلك يحافظ القرب من الكتلة العمرانية على التجانس الحضري بين المناطق السكنية الحالية ومناطق التوسع المستقبلي، وقد تم استنباط خريطة المسافة عن المنطقة المشيدة شكل (٤)، وإعادة تصنيفها بحيث تأخذ المناطق القريبة من الكتلة العمرانية الحالية (٩) لكونها تمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة العالية للتطوير الحضري، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا عن الكتلة العمرانية إلى (١) لتمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة المتدنية للتطوير الحضري، وقد جرى الاعتماد على عدد من الدراسات (الكناني والجابري، ٢٠١٢؛ أبو جياب، ٢٠١٢) لتحديد قيمة التدرج عن المنطقة المشيدة والاستشهاد أيضاً بآراء عدد من المختصين في هذا المجال.

٢) الأراضي المنبسطة ذات الميل المنخفض: تساهم درجة انحدار سطح الأرض المنخفضة في تقليل كلف إنشاء المباني، بحيث تكون ملاءمة لاستعمال المباني دون أية تمهيد أو تصليح للتضاريس، كما يؤخذ ارتفاع منسوب سطح الأرض بعين الاعتبار لتجنب المناطق المنخفضة التي تكون

عرضة لتجمعات مياه الأمطار والسيول، وقد تم استنباط خريطة الميول شكل (٤)، وإعادة تصنيفها حسب درجة الميل بحيث تأخذ المناطق ذات الميل المنخفض (٩) لكونها تمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة العالية للتطوير الحضري، وتتدرج القيم كلما ارتفعت درجة الميل إلى (١) لتمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة المتدنية للتطوير الحضري، ومما تجدر الإشارة إليه أن المعايير بالنسبة للمنحدرات تختلف من دولة لأخرى، وبصفة عامة تعدّ درجة الميل الأقل من ١٠٪ ملائمة بدرجة جيدة، وقد أعطيت وزناً يتراوح بين (٧-٩) ودرجة الميل التي تتراوح بين ١٠-٢٠٪ تعتبر ملائمة بدرجة مقبولة (٤-٦)، والتي تزيد عن ٢٠٪ تعدّ غير ملائمة (١-٣) (Ritung et al, 2007).

٣) القرب من الطرق الرئيسة والطرق السريعة: تلعب الطرق دوراً مهماً في تحديد الهيكل العمراني في المدينة وتؤثر على سلوكيات التنقل من مكان إلى آخر؛ فهي تعدّ مكوناً أساساً وشرياناً حيوياً للمدينة، وناظماً مهماً وبوصلة للحركة السكانية في المدينة وما حولها، وعلى هذا الأساس تمّ استنباط خريطة المسافة عن الطرق السريعة والطرق الرئيسة في منطقة عمان الكبرى شكل (٤)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب بحيث تأخذ المناطق القريبة من شبكة الطرق (٩) لكونها تمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة العالية للتطوير الحضري، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا عن الشبكة إلى (١) لتمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة المتدنية للتطوير الحضري، وقد جرى الاعتماد على عدد من الدراسات (الكناني

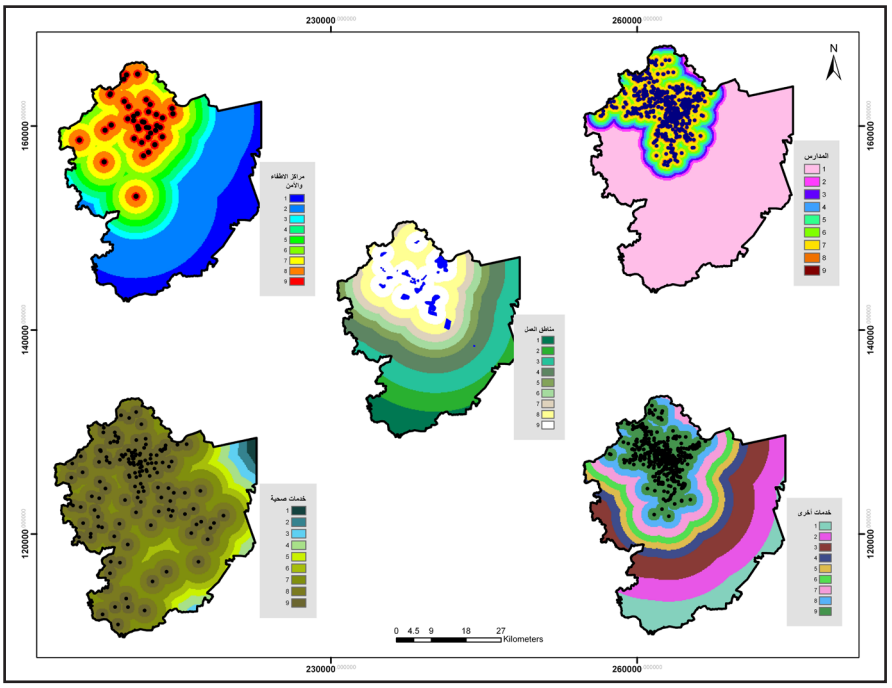


الشكل (٤) نتائج إعادة تصنيف طبقات المعايير: المنطقة المشيدة، ودرجة الميول، والطرق على مقياس ملاءمة بين ١-٩

والجابري،٢٠١٢؛ أبو جياب،٢٠١٢) لتحديد قيمة التدرج عن شبكة الطرق والاستشهاد بآراء عدد من المختصين في هذا المجال.

٤) القرب من مناطق العمل: يعدّ عامل المسافة والقرب من منطقة العمل مسألة ذات طابع اجتماعي ورغبة السكان بالعيش قرب مكان عملهم؛ لما له من ميزات في عدم تبديد الوقت الذي يستغرقه الذهاب إلى العمل، علاوة عن الميزات المادية في تقليل كلف التنقل، وعليه تمّ استنباط خريطة المسافة عن منطقة العمل شكل (٥)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب بحيث تأخذ المناطق القريبة من مناطق العمل (٩) لكونها تمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة العالية للتطوير الحضري، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا عن مناطق العمل إلى (١) لتمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة المتدنية للتطوير الحضري، وقد جرى الاستشهاد بآراء عدد من المختصين لتحديد قيمة التدرج عن مناطق العمل.

٥) القرب من الخدمات: مما لا شك فيه أن القرب من الخدمات – خصوصاً في مجال الخدمات العامة – أهمية كبيرة في جوانب عديدة تتمثل في سهولة الوصول إلى الخدمة ضمن مسافة أو زمن مقبولين، وكذلك تقليل حجم الأضرار والخسائر التي تلحق بالموارد البشرية والمادية ولا سيما في الحالات الطارئة غير المتوقعة والتي تفرق فيها الثواني كالإطفاء والإسعاف. بالإضافة إلى ضمان تقليل النفقات الاجتماعية للسكان، وعلى ضوء المعايير المتعارف عليها للخدمات والتي تختلف أيضاً من دولة إلى أخرى، جرى بصفة عامة استنباط خريطة المسافات للخدمات، فعلى ضوء المعيار المحدد لخدمات الإطفاء والأمن بأن لا يتجاوز زمن الوصول إلى موقع الحدث (٤) دقائق؛ (أو ما يعادل مسافة ٥ كلم) (Murray and Tong, 2009) تمّ استنباط خريطة المسافة عن موقع مركز الإطفاء أو الأمن كما في الشكل (٥)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب بحيث تأخذ المناطق الأقرب (٩)، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا عن الموقع إلى (١)، وطبقاً للمعيار المحدد للمدارس بأن لا تتجاوز مسافة الوصول بالحد الأعلى إلى المدرسة (١,٥) كلم (Menezes and Pizzolato, 2014) تمّ استنباط خريطة المسافة عن المدارس كما في الشكل (٥)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب من المدرسة بحيث تأخذ المناطق الأقرب (٩)، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا عن موقع المدرسة إلى (١)، وأيضاً على ضوء المعيار المحدد للخدمات الصحية من قبل منظمة الصحة العالمية بأن لا تتجاوز مسافة الوصول إلى موقع المركز الصحي أو المستشفى (٥) كلم (Tom etal, 2013) تمّ استنباط خريطة المسافة عن موقع الخدمات الصحية كما في الشكل (٥)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب من الموقع بحيث تأخذ المناطق الأقرب (٩)، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا إلى (١)، وبالمثل تمّ استنباط خريطة المسافة بأن لا تتجاوز مسافة الوصول بصفة عامة إلى موقع الخدمات الأخرى



الشكل (٥) إعادة تصنيف طبقات: خدمات مراكز الدفاع المدني والأمن، والمدارس، والخدمات الصحية، والخدمات الأخرى، ومناطق العمل على مقياس ملاءمة بين ١-٩

(المكتبات العامة، المراكز الثقافية، الحدائق العامة، البريد، البنوك، مراكز التسوق التجارية) (٥) كلم، كما في الشكل (٥) وتمّ إعادة تصنيفها حسب درجة القرب من الموقع بحيث تأخذ المناطق الأقرب (٩)، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا إلى (١).

ب- **عوامل النمو المحدود**، حيث يسمح بإعمار محدود في هذه المناطق بما يتوافق والاستعمال الرئيس، وتشمل:

١) المناطق الزراعية (الرعوية والحقلية): يهدف تحديد النمو في المناطق الزراعية إلى حمايتها من الامتداد العشوائي؛ حيث إن الاهتمام بالزراعة المحلية ودعمها عن طريق التخطيط والسياسات سوف يعود على المدن بفوائد عديدة تشمل روابط اقتصادية قوية بين المجتمعات الحضرية والزراعية؛ بسبب الأسواق المشتركة وحجم السوق وتوفير الغذاء الآمن بسبب الاعتماد على المنتج الزراعي، وتخفيض فقدان الطاقة والحدّ من التلوث نتيجة استخدام أقل لوسائط نقل البضائع وتقليل الغازات المنبعثة من البيوت الزجاجية عن طريق نزع الكربون من المحاصيل الحقلية، ولجميع هذه الأسباب سيتم الحماية والحفاظ على المصادر الزراعية القيّمة - ولا سيما - الأراضي الزراعية الحقلية، ومما تجدر الإشارة إليه أن كلا الأراضي الرعوية والحقلية ملائمة للتطوير الحضري، وقد أعطيت درجة ملاءمة متوسطة.

٢) مناطق المحاجر واستخراج المعادن: يهدف تحديد النمو في مناطق المحاجر واستخراج المعادن

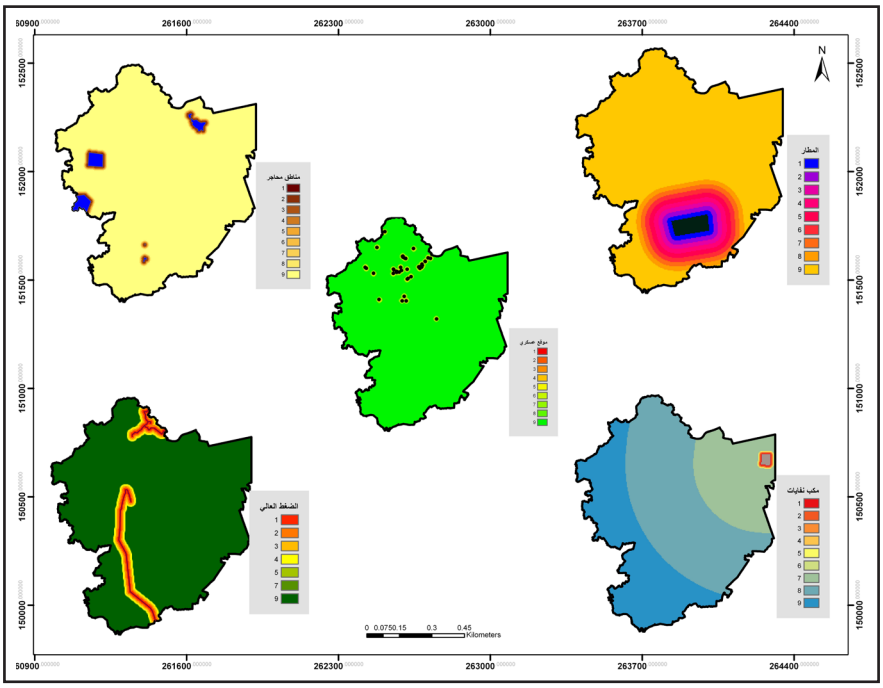
إلى حماية أراضي المصادر الطبيعية الحالية لكونها مناطق عمل مهمة، وتشمل: حماية مصادر التعدين والمحاجر القائمة، وعلى هذا الأساس تم استنباط خريطة المسافة عن مناطق المحاجر واستخراج المعادن شكل (٦)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب بحيث تأخذ المناطق القريبة (١) لكونها تمثّل مناطق ذات درجة ملاءمة متدنية للتطوير الحضري، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا صعوداً إلى (٩) لتمثّل المناطق ذات درجة الملاءمة العالية للتطوير الحضري، وقد جرى الاستشهاد بآراء عدد من المختصين لتحديد قيمة التدرج عن مناطق المحاجر.

٣) المواقع العسكرية: تعدّ المناطق العسكرية عتبة للتوسع العمراني، وعليه فقد تمّ استنباط خريطة المسافة عن المواقع العسكرية كما في الشكل (٦)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب فالمناطق الأقرب سوف تأخذ أقل تقييم (١) وتتدرج القيم كلما ابتعدنا صعوداً إلى (٩)، وقد جرى الاستشهاد بآراء عدد من المختصين لتحديد قيمة التدرج عن المواقع العسكرية.

٤) موقع المطار: يعدّ موقع المطار عتبة للتوسع العمراني، علاوة على تأثير الملاحة الجوية على سكان المناطق القريبة من ارتفاع درجة ضوضاء الطيران، وعليه فقد تمّ استنباط خريطة المسافة عن موقع المطار كما في الشكل (٦)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب فإن المناطق الأقرب سوف تأخذ أقل تقييم (١) وتتدرج القيم كلما ابتعدنا صعوداً إلى (٩)، وقد جرى الاستشهاد بآراء عدد من المختصين في تحديد قيمة التدرج عن موقع المطار.

٥) شبكة النقل الوطنية للكهرباء: إن خطوط الضغط العالي موجودة على نطاق واسع في كل دول العالم لكن بمحاذير معينة وإرشادات مستمرة، وتوجد قوانين لعدم السكن أو ممارسة أي نشاط في الزراعة أو الرعي لمسافات قريبة منها؛ ففي ألمانيا مثلاً حد الأمان من تلك الأبراج يبلغ (١٢٧٥) متر. كما أن هذا المعيار يختلف من دولة لأخرى، وعليه فقد تمّ استنباط خريطة المسافة عن موقع خطوط الضغط العالي كما في الشكل (٦)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب فإن المناطق الأقرب سوف تأخذ أقل تقييم (١) وتتدرج القيم كلما ابتعدنا صعوداً إلى (٩)، وقد استند البحث في تحديد قيمة التدرج عن موقع خطوط الضغط العالي إلى المواصفات الألمانية والتي تحدد الحرم الصحي بـ (١٢٧٥) متر (حاكم، ٢٠٠٤).

٦) مكب النفايات: يعدّ الابتعاد عن مكبات النفايات الصلبة مطلباً أساساً للسكان، وذلك لتجنب الروائح الكريهة والحشرات الضارة وانبعاثات الغازات السامّة، وبشكل رئيس غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون، وعليه فقد تمّ استنباط خريطة المسافة عن موقع مكب النفايات كما في الشكل (٦)، وإعادة تصنيفها حسب درجة القرب؛ فإن المناطق الأقرب سوف تأخذ أقل تقييم (١)، وتتدرج القيم كلما ابتعدنا صعوداً إلى (٩)، وقد



الشكل(٦) إعادة تصنيف طبقات: مناطق المحاجر واستخراج المعادن، والمطار، وخطوط الضغط العالي، ومكب النفايات والمواقع العسكرية على مقياس ملاءمة بين ١-٩

استند البحث في تحديد قيمة التدرج عن موقع مكب بالنفايات إلى معيار ٥٠٠م كأقل مسافة عن المكب (أبو جياب، ٢٠١٢) بحيث لا يتم التعمير فيها .

٣,٦,٣. إجراء عملية التحليل الهرمي

لإجراء تحليل الملاءمة من الضروري إعطاء درجات لكل معيار وفقاً لمدى ملاءمتها للتطوير الحضري. ولهذا الغرض تمّ تطبيق مصفوفة المقارنة المزدوجة المطوّرة من قبل ساعاتي، حيث تتضمن مقياس تصاعدي من تسعة أوزان كما هو مبين في الجدول السابق (٢)، ويتطلب إعداد مصفوفة المقارنة المزدوجة استخدام عدة معايير مختلفة وذلك لإنشاء مصفوفة النسبة، حيث تؤخذ هذه المقارنات المزدوجة بوصفها مدخلات والأوزان النسبية المستخرجة بوصفها مخرجات، وبعد تشكيل مصفوفة المقارنة المزدوجة، تمّ احتساب الأوزان لكل معيار. وتنطوي عملية الاحتساب على العمليات التالية (Marrero etal, 2016):

١) إيجاد مجموع القيم في كل عمود من مصفوفة المقارنة المزدوجة.

٢) قسمة كل عنصر في المصفوفة على مجموع العمود الذي يقع فيه، والمصفوفة الناتجة تسمى مصفوفة المقارنة المزدوجة الموحدة.

٣) احتساب المتوسط للعناصر في كل صف من المصفوفة الموحدة، أي قسمة مجموع الدرجات

الموحدة لكل صف على عدد المعايير. وبناء على هذه المتوسطات يتم تقدير للأوزان النسبية للمعايير التي يتم مقارنتها.

ومما تجدر الإشارة إليه استخدام نسبة الاتساق Consistency Ratio (CR) للمعايير الموزونة لمنع التحيز والتناقضات بين المعايير.

٣,٦,٤. وزن المعايير

بهدف المفاضلة بين المعايير وإعطاء أحدها وزناً أكبر من المعايير الأخرى، فقد تمّ تطبيق عملية التحليل الهرمي عن طريق أحد المواقع الإلكترونية التي تتيح احتسابها إلكترونياً (Klaus,2016)، وقد أظهرت مخرجات عملية التحليل الهرمي كما هو مبين في الشكل (٧) مصفوفة القرار (إلى اليمين) والأوزان النسبية لكل معيار مرتبة تنازلياً (إلى اليسار)، وقد وصلت نسبة ثبات المصفوفة (٠,٠٩) وهو ما يعني أن أحكامها تتصف بالثبات.

٣,٦,٥. دمج الخرائط وإعداد خريطة الملاءمة النهائية

بعد إعادة تصنيف الخرائط على مقياس موحّد، جرى تكامل الخرائط الخلوية المصنّفة لكل معيار مضروباً في الوزن المرجح له وذلك من خلال أداة Weighted Overlay المتاحة ضمن أدوات المحلل المكاني. والمحصلة هي إنتاج خريطة الملاءمة النهائية للتطوير الحضري.

Priorities

These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons

	Category	Priority	Rank
1	المنطقة المشيدة	19.9%	1
2	الميول	13.0%	2
3	شبكة الطرق	11.9%	3
4	الخدمات	9.9%	4
5	الأراضي الزراعية	9.0%	5
6	مناطق العمل	7.9%	6
7	مناطق المحاجر واستخراج المعادن	6.9%	7
8	موقع المطار	6.2%	8
9	مواقع عسكرية	6.2%	8
10	خطوط الضغط العالي	5.0%	10
11	مكب النفايات	4.1%	11

Number of comparisons = 55
Consistency Ratio CR = 0.09%

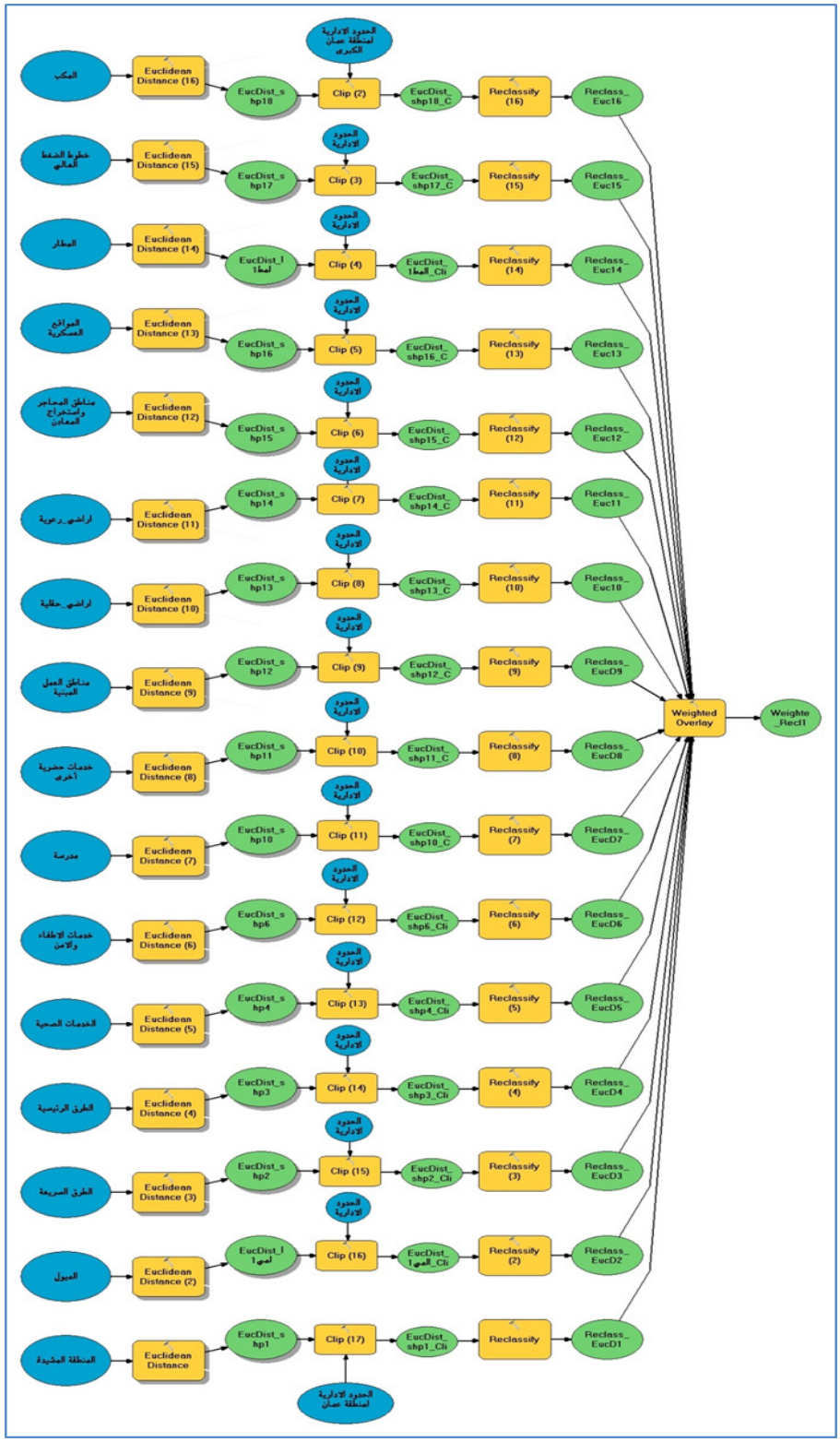
Decision Matrix

The resulting weights are based on the principal eigenvector of the decision matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1.50	1.86	1.86	2.33	2.33	3.00	3.00	3.00	4.00	5.67
2	0.67	1	1.00	1.00	1.22	1.50	1.86	2.33	2.33	3.00	4.00
3	0.54	1.00	1	1.22	1.22	1.50	1.50	1.86	1.86	2.33	4.00
4	0.54	1.00	0.82	1	1.22	1.22	1.22	1.50	1.50	1.86	2.33
5	0.43	0.82	0.82	0.82	1	1.00	1.22	1.50	1.50	1.86	2.33
6	0.43	0.67	0.67	0.82	1.00	1	1.00	1.22	1.22	1.50	1.86
7	0.33	0.54	0.67	0.82	0.82	1.00	1	1.00	1.00	1.22	1.50
8	0.33	0.43	0.54	0.67	0.67	0.82	1.00	1	1.00	1.22	1.22
9	0.33	0.43	0.54	0.67	0.67	0.82	1.00	1.00	1	1.22	1.22
10	0.25	0.33	0.43	0.54	0.54	0.67	0.82	0.82	0.82	1	1.22
11	0.18	0.25	0.25	0.43	0.43	0.54	0.67	0.82	0.82	0.82	1

Principal eigen value = 11.059
Eigenvector solution: 3 iterations, delta = 2.1E-8

الشكل(٧) نتائج الأوزان بالاستناد إلى مصفوفة القرار وأولوية الترتيب للمعايير قيد الدراسة



الشكل (٨) النموذج الهيكلي لتحليل ملاءمة الأرض المطبّق على منطقة عمان الكبرى

ويبين الشكل رقم (٨) بناء النموذج الهيكلي Model Builder لعملية تقييم ملاءمة الأرض، وهو تطبيق يستخدم لإنشاء وتحرير وإدارة النماذج، حيث يمكن من خلاله تنفيذ جميع الأدوات السابقة على شكل سلسلة متتابعة، بحيث تكون مخرجات كل أداة مدخلاً لأداة أخرى، ويمتاز بسهولة تطبيقه وإنشاء وتشغيل سلسلة الأدوات المتدفقة Workflows في نموذج واحد.

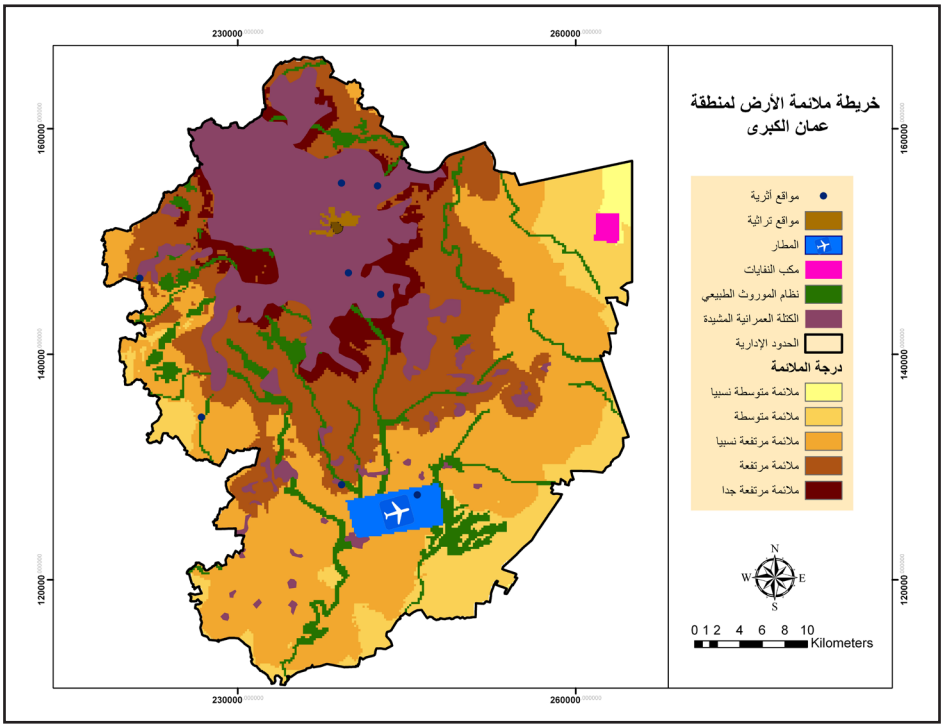
٤. النتائج والمناقشة

استنباط خريطة ملاءمة الأرض

بعد تحويل جميع خرائط المعايير إلى خرائط من نوع خلوي Raster Maps، واحتساب الأوزان النسبية للمعايير، جرى تكاملها معاً باستخدام أداة مطابقة الخرائط الموزونة Weighted Overlay ضمن أدوات المحلل المكاني بهدف إنتاج خريطة الملاءمة النهائية، الشكل (٩).

تكشف خريطة ملاءمة الموقع النهائية الشكل (٩) أن منطقة الدراسة قسّمت إلى خمس فئات مختلفة من الملاءمة. وهي نطاق الأراضي الملائمة بدرجة متوسطة نسبياً، والمتوسطة، والعالية نسبياً، والعالية وعالية جداً، ويبين الجدول (٤) مساحة هذه النطاقات.

يظهر من الجدول (٤) أن حوالي (٣,٨٢٪) من إجمالي المساحة تقع تحت فئات أرض ذات ملاءمة مرتفعة نسبياً، ومرتفعة، ومرتفعة جداً، وأن



الشكل(٩) مخرجات تحليل مطابقة الخرائط الموزونة لتحديد درجة ملاءمة الأرض للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى

الجدول (٤). المساحات التي نظمت تحت فئات الملاءمة المختلفة

التصنيف	مساحة النطاق (كم٢)	٪
ملاءمة متوسطة نسبية	17.00	1.3
ملاءمة متوسطة	215.45	16.3
ملاءمة مرتفعة نسبياً	601.90	45.6
ملاءمة مرتفعة	401.42	30.4
ملاءمة مرتفعة جداً	83.80	6.4
المجموع	1319.55	100.0

مساحة المنطقة المشيّدة: ٣٤٢,٤٥كم٢

(١٧,٧٪) من الأرض تقع تحت فئات أرض ذات ملاءمة متوسطة، ومتوسطة نسبياً.

ويظهر من الشكل (٩) أن إمكانية استيعاب نمو مدينة عمان لغاية العام ٢٠٢٥، يمكن أن يتحقق من خلال إعمار الأراضي الخالية غير المطوّرة أو تحت التطوير الواقعة خارج حدود المنطقة المبنيّة، والتي تشمل الأراضي ذات الملاءمة المرتفعة والمرتفعة جداً، حيث تبلغ مساحتها معاً (٢١,٤٨٥كم٢) بالإضافة إلى إعمار الأراضي الخالية الواقعة ضمن المناطق المبنيّة، مع الأخذ بعين الاعتبار أن يتم توجيه النمو أولاً نحو المناطق المبنيّة القائمة بهدف تشجيع النمو الحضري المضغوط (المكثّف) وتحقيق الاستفادة القصوى من الخدمات القائمة، وتشجيع زيادة استخدام وسائل النقل العام، وتحسين سهولة وصول المشاة، وتمكين المواطنين في المدينة من الحصول على السكن المناسب.

٥. الخاتمة

بالنظر إلى محددات الأرض الملائمة لأغراض التطوير الحضري، وفي ظل الزحف العمراني العشوائي في منطقة عمان الكبرى؛ فإن تحليل ملاءمة الأراضي يعدّ ضرورياً للتغلب على هذه المشكلة. وقد تمّ من خلال هذه الدراسة تحديد الأرض الملائمة وغير الملائمة للتطوير الحضري في منطقة عمان الكبرى بهدف استيعاب النمو السكاني المتوقع لعام ٢٠٢٥، وتحديد أين يجب أن تنمو المدينة.

وقد طبّق البحث تحليل ملاءمة الأرض باستعمال أدوات المحلل المكاني المتاحة ضمن تقنية نظم المعلومات الجغرافية بالاستناد إلى تقييم القرار متعدد المعايير.

وقد أظهرت نتائج تحليل ملاءمة الأرض استنباط خريطة ملاءمة الأرض للتطوير الحضري في منطقة الدراسة بأكملها، حيث قسّمت منطقة الدراسة إلى خمس فئات مختلفة من الملائمة، وهي: نطاق الأراضي الملائمة بدرجة متوسطة نسبياً، والمتوسطة، والعالية نسبياً، والعالية، والعالية جداً، وظهر أن حوالي (٨٢,٣٪) من إجمالي المساحة تقع تحت فئات أرض ذات ملاءمة مرتفعة نسبياً، ومرتفعة، ومرتفعة جداً، وأن (١٧,٧٪) من الأرض تقع تحت فئات أرض ذات ملاءمة متوسطة، ومتوسطة نسبياً.

كما أظهرت نتائج الدراسة أن إمكانية استيعاب نمو مدينة عمان لغاية العام ٢٠٢٥؛ يمكن أن يتحقق

من خلال إعمار الأراضي الخالية غير المطوّرة أو تحت التطوير الواقعة خارج حدود المنطقة المبنيّة، والتي تشمل الأراضي ذات الملاءمة المرتفعة والمرتفعة جداً، حيث تبلغ مساحتها معاً (٢١,٤٨٥كم٢) بالإضافة إلى إعمار الأراضي الخالية الواقعة ضمن المناطق المبنيّة. مع الأخذ بعين الاعتبار أن يتم توجيه النمو أولاً نحو المناطق المبنيّة القائمة.

وأخيراً يوصي البحث بإمكانية الاستفادة من هذا النموذج ولا سيما المخططين والجهات المختلفة لصياغة الخطة المناسبة للتطوير الملائم في المنطقة.

٦. المراجع

المراجع العربية:

أبو جياب، صهيب. التطوير العمراني المستقبلي في محافظة خانيونس في ضوء المحافظة على الموارد البيئية باستخدام GIS وRS، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب-قسم الجغرافيا، الجامعة الاسلامية في غزة، (٢٠١٢):١-٢٧٤.

حاكم، اشراقة. «أبراج الضغط العالي في الخرطوم: المخاطر الصحية لخطوط الضغط الكهربائي العالي.. حقيقة أم وهم؟»، المنتدى الثالث للجمعية السودانية لحماية البيئة، السودان. (٢٠٠٤)، استرجاع بتاريخ ٢٧ شباط ٢٠١٦ من :
http://sudaneseonline.com/board/277/mg/%D8%A7%D8%A8%D8%B1%D8%A7%D8%AC-8%A7%D9%84%D8%B6%D8%BA%D8%B7-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%A7%D9%84%D9%8A-%D9%81%D9%8AA7%D9%84%D8%AE%D8%B1%D8%B7%D9%88%D9%85--1189413727.html

الجابري، أحمد، والكناني، كامل. استخدام منهجية التحليل المكاني في تقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري لمدينة الكوت، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، ١ (١٢)، (٢٠١٢): ٢٤١-٢٧٠.

دائرة الإحصاءات العامة. تقرير النتائج الرئيسية للتعداد العام للسكان والمساكن ٢٠١٥، عمان-الأردن. استرجاع بتاريخ ٢٧ شباط (٢٠١٦) من:
http://census.dos.gov.jo/wp-content/uploads/sites/2/2016/02/Census_results_2016.pdf

Arabic References:

Abu Giap, Sahib. Future urban development in Khan Younis governorate in light of maintain environmental resources using GIS and RS, Unpublished Master Thesis, Faculty of Arts-Department of Geography, Islamic University in Gaza, (2012): 1-274.

Department of Statistics. Report the main results of the General Census of Population and Housing in 2015, Amman- Jordan. retrieved dated February 27, (2016) from:
http://census.dos.gov.jo/wp-content/uploads/sites/2/2016/02/Census_results_2016.pdf.

Hakem, Eshraqa. "High pressure towers in Khartoum: the health risks of high-voltage lines pressure .. the fact or fiction ?", Third Forum of the Sudanese Association for Environmental Protection, Sudan. (2004), retrieved dated February 27, (2016) from:
http://sudaneseonline.com/board/277/ms/%D8%A7%D8%A8%D8%B1%D8%A7%D8%AC-8%A7%D9%84%D8%B6%D8%BA%D8%B7-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%A7%D9%84%D9%8A-%D9%81%D9%8AA7%D9%84%D8%AE%D8%B1%D8%B7%D9%88%D9%85--1189413727.html

MacDonald, Joseph A." A Decision-Support Model of Land Suitability Analysis for the Ohio Lake Erie Balanced Growth Program",EcoCity Cleveland,(2006):4.

Marrero, T. L., González,T. A., Scalley, T. H., Báez, L. A." Multi-Criteria Evaluation and Geographic Information Systems for Land-Use Planning and Decision Making, Department of Social Science and CIEL,UPR-Malaysia, Retrieved (2-May-2016) from: http://cohemis.uprm.edu/prysig/pdfs/pres_lopez14.pdf

Massey University." Spatial Analysis: Overlaying", Retrieved (2-May-2016) from: http://gisweb.massey.ac.nz/topic/SpatialAnalysis/lectures/overlaying.html

Menezes, R. C., and Pizzolato, N. D." Locating Public Schools in Fast Expanding Areas: Application of the Capacitated P-Median and Maximal Covering Location Models",Pesquisa Operacional, 34 (2), (2014).

Meng, Lee L." A Methodology for Generating Alternative Land Use Plans Using GIS Modeling Techniques", Retrieved (2-May-2016) from: http://www.hbp.usm.my/itsupport/PhDLLM/PhdThesisLLM.htm

Michael, B." The New Science of Cities", 1sted, The MIT Press:London,(2013): 314-316.

Murray, A., and Tong, D."GIS and Spatial analysis in the media", Applied Geography, 29 (1), (2009): 250-259.

Nakya,S., Leopairojna, S. K., Rangsiraksa, L. "Use Of Satellite Data And Potential Surface Analysis For Urban Expansion Of Hua Hin Municipality, Prachuap Khiri Khan Province, Thailand", 31st Asian Conference on Remote Sensing, Hanoi ,(2010):1-10.

Rathore, S., Ahmad, S.R., Shirazi, S.A. "Use of the Suitability Model to Identify Landfill Sites in LahorePakistan",Journal of Basic & Applied Sciences, 1 (12), (2016): 103-108.

Ritung, S. W., Agus, F., Hidayat,H." . Land Suitability Evaluation with a case map of Aceh Barat District. Indonesian Soil Research Institute and World Agroforestry Centre, Bogor, Indonesia, (2007):10.

Saaty, L.T. "The Analytic Hierarchy Process". New York: McGraw-Hill International, (1980).

Tims, Willem." GIS Model for the Land Use and Development Master Plan in Rwanda" Unpub-

Jabri, Ahmed, and Kanani, Kamel. "The use of spatial analysis methodology in the appropriate spatial evaluation of the urban expansion of the city of Kut", Journal of the Faculty of Education, University of Wasit, 1 (12), (2012): 241-270.

English References:

Alexander, K.W., Benjamin, M., Grephas, O. P. "Urban Landuse Suitability Assessment Using Geoinformation Techniques for Kisumu Municipality in Kenya", IJRRAS, 13 (2) , (2012):522-530.

AL-Shalabi, M. A., Mansor, S., Bin Ahmed. N., Shiriff, R. "GIS Based Multicriteria Approaches to Housing Site Suitability Assessment" Proceedings of the 23th FIG Congress, Munich, Germany,(2006): 1-17.

Carr, M. H., Zwick, P. "Using GIS suitability analysis to identify potential future land use conflicts in North Central Florida", Journal of Conservation Planning, 1 (1),(2005): 58-73.

Harris, D."Akaroa Harbour Basin Settlements Study Sieve Mapping Report-Constraints and Opportunities, Christchurch City Council: Strategy and Planning Group,(2008):1-87.

Keeble, L." Principles and Practice in Town and Country Planning, Estates Gazette", London, (1952).

Klaus, D.G." BPMSG AHP Online System: AHP priority calculator", Retrieved (2-May-2016) from: http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php

Kumar, M., Biswas, V." Identification of Potential Sites for Urban Development Using GIS Based Multi Criteria Evaluation Technique. A Case Study of Shimla Municipal Area, Shimla District,Himachal Pradesh, India", Journal of Settlements and Spatial Planning, 4 (1), (2013): 45-51.

Kumar, S ., Kumar, R." Site Suitability Analysis for Urban Development of a Hill Town Using GIS Based Multicriteria Evaluation Technique: A Case Study of Nahan Town, Himachal Pradesh, India" International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS,3 (1), (2014): 516-524 .

Liu, M ., Xia, X." Using GIS-based Multi-criteria Analysis for Holiday Resort Site Selection in Weihai, China",Project for a Bachelor of Science/Technology in Geomatics, Hogskolan I Gavle,(2011):1-45.

lished Master Thesis: Department of Technology and Built Environment, University of GAVLE, (2009).

Tom, K.K., and Edward, H. W."GIS Location-Allocation Model in Improving Accessibility to Health Care Facilities: A Case Study of Mt. Elgon Sub-County". International Journal of Science and Research (IJSR). 4 (4), (2013): 3306-3310.

Wahid, Ahmed., Madden, Marguerite., Khalaf ,Fikry and Fathy, Ibtehal. "Land Suitability Scenarios For Arid Coastal Plains Using GIS Modeling: Southwestern Sinai Coastal Plain, Egypt", Journal of Urban and Environmental Engineering, 3(2),(2009): 73-83 .

Wyong Shire Council." Planning for Land Use", Retrieved (2-May-2016) from: https://www.wyong.nsw.gov.au/getmedia/342055b4-12e2-457e-9a2f-2d91479edf72/9.-Planning-for-Land-Use-r.aspx

Suitable Land Analysis Based on the Method of Evaluation Multiple Criteria: A case Study by GIS on the Metropolitan of Amman in the Hashemite Kingdom of Jordan

Tha'r Mutlaq Mohammed Ayasrah

Specialist of planning /Statistical Division- Planning and Financial Management.
Technical and Vocational Training Corporation / Ar Riyad- Kingdom of Saudi Arabia

thaer_ayasreh@yahoo.com

Received 8/5/2016 ; accepted for publication 28/8/2016

Abstract: Land Suitability Analysis is widely used in the field of urban planning for analysis, particularly in evaluating the suitability of land for urban development. Land Suitability Analysis is a complex analytical technique and uses a variety of parameters in the calculation process. This analysis is one of the strongest GIS analytical capabilities, and hence a widely used spatially modeling method.

This article aims at evaluating suitability of lands for urban development in metropolitan Amman to confront the challenges of accommodating expected population growth till 2025. This article distinguishes between two types of criteria for analysis in Multi-Criteria Evaluation: Firstly, the constraints: These are criteria that exclude areas from the analysis, such as built-up area, land identified within the natural heritage system, and cultural heritage. Secondly the factors, which are criteria that affect the achievement of the target under study (positive or negative). Ten key criteria have been identified and used in spatial analysis, divided into two types: factors of unlimited growth, which allow reconstruction in these areas without any hindrance, and factors of limited growth, which allow a limited reconstruction in these areas in accordance with the main use.

The article uses the analytic hierarchy process within the methods of Decision Multi-Criteria Evolution giving the weight of each criterion by pairwise comparison of criteria with each other, according to importance. Through building a model of suitable land analysis and giving weights to the criteria, a final suitable land map was derived for the entire study area. It divides the study area into five different categories of suitable zones, from medium suitable to very high suitable. Finally, the article recommends resolving the growth of the city of Amman till 2025 through the reconstruction of lands which are free or undeveloped, or under development beyond the limits of built-up area. This includes highly and very highly suitable land, with an area of (485.21 km^2). This is in addition to the reconstruction of vacant land within the built-up areas, taking into account that this is directed towards the growth of existing built-up areas in order to encourage compact urban growth (density) and encourage the utilization of existing services.

Key words: Spatial Planning; Land Suitability Analysis; Sieve Analysis, Spatial Analyst Tools; GIS; Overlay Maps Weighted; Analytic Hierarchy Process.