المحاكاة المكانية لمستقبل التوسع المساحي الحضري باستعمال الذكاء الاصطناعي في نظم المعلومات الجغرافية/قضاء سهل اربيل أنموذجا

أ.م.د عمر عبد الله اسماعيل القصاب **أ.م.د ليث حسن عمر**
كلية التربية للعلوم الانسانية/جامعة الموصل **كلية التربية للعلوم الانسانية/جامعة الموصل**
Omar.a.ismaeel@uomosul.edu.iq Layth.hassan@uomosul.edu.iq
أ.د .ريان غازي ذنون/مركز التحسس النائي/جامعة الموصل
rayan.ghazi@uomosul.edu.iq

(مُلَخَّصُ البَحث)

تزداد ظاهرة التوسع المساحي الحضري للمدن على حساب الأراضي الزراعية يوما بعد آخر، وعلى الرغم من أن المناطق الحضرية لا تمثل سوى جزء صغير من سطح الأرض إلا أن توسعها السريع على حساب الأراضي الزراعية قد أدى إلى تغيير كبير في اللاندسكيب الطبيعي، وخسارة الكثير من الأراضي الخصبة التي لا يمكن تعويضها أبداً، فهي بمثابة ثروة وطنية إذا ما أحسن استثمارها، وعلى الجانب الآخر فإن الزيادة السكانية المستمرة شكلت قوة دافعة نحو توسع المساحات الحضرية على حساب الأراضي الزراعية بوصفها ظاهرة مستمرة في جميع انحاء العالم، ولاسيما في البلدان النامية، فمن المتوقع أن يتجاوز عدد سكان المناطق الحضرية ٦٠% بحلول عام ٢٠٣٠، مع حدوث ٩٠ % من الزيادة في البلدان النامية على على وفق توقعات الأمم المتحدة. انطلق البحث من مشكلة رئيسة مشتقة من تساؤلات مفادها (ما السيناريوهات المستقبلية للتوسع المساحي الحضري في قضاء سهل اربيل عند الأخذ في الحسبان استدامة الأراضي الزراعية ؟، وهل تتغير تلك السيناريوهات على مستوى النويات الحضرية في القضاء المعني؟.

يهدف البحث الحالي إلى استعمال نظم المعلومات الجغرافية في عملية المحاكاة المكانية المستقبلية لظاهرة التوسع المساحي الحضري على حساب الأراضي الزراعية في قضاء سهل أربيل من أجل الوقوف على السيناريوهات المستقبلية الممكنة للتوسع المنشود حتى عام ٢٠٢٩، ذلك باستعمال الذكاء الاصطناعي على وفق أنموذج الشبكات العصبية الاصطناعية ANN ضمن برمجية GeoSOS في نظم المعلومات الجغرافية.

وقد توصل البحث إلى جملة من الاستنتاجات أهمها أن السيناريوهات المكانية التي أنتجها أنموذج المحاكاة ANN-CA حول معدل الزيادة المساحية للأرض الحضرية التي قدرت بنحو ٢٧كم^2 حتى عام ٢٠٢٩ وفي حال استمرار التوسع المساحي الحضري بذات

الوتيرة المتوقعة، سوف يكون صنف الملاءمة العالية على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل كافيا لاستيعاب الأرض الحضرية لـ ٦٠ سنة أخرى عند الأخذ بعين الاعتبار استدامة الأرض للمحاصيل الزراعية جميعها، ونحو ٩٠ تسعون سنة أخرى عند الالتزام باستدامة الأراضي لزراعة المحاصيل الاستراتيجية فقط.

مقدمة :

تزداد ظاهرة التوسع المساحي الحضري للمدن على حساب الأراضي الزراعية يوما بعد آخر، وعلى الرغم من أن المناطق الحضرية لا تمثل سوى جزء صغير من سطح الأرض إلا أن توسعها السريع على حساب الأراضي الزراعية قد أدى إلى تغيير كبير في اللاندسكيب الطبيعي، وخسارة الكثير من الأراضي الخصبة التي لا يمكن تعويضها أبداً، فهي بمثابة ثروة قومية إذا ما أحسن استثمارها، وعلى الجانب الآخر فإن الزيادة السكانية المستمرة شكلت قوة دافعة نحو توسع المساحات الحضرية على حساب الأراضي الزراعية بوصفها ظاهرة مستمرة في جميع أنحاء العالم، ولاسيما في البلدان النامية، فمن المتوقع أن يتجاوز عدد سكان المناطق الحضرية ٦٠% بحلول عام ٢٠٣٠، مع حدوث ٩٠ % من الزيادة في البلدان النامية على وفق توقعات الأمم المتحدة[1]. من هنا يأتي دور المحاكاة المكانية في بناء سيناريوهات مختلفة تجسد قدرة الأرض على استيعاب وترشيد التوسع المساحي الحضري مع الحفاظ على الأراضي الزراعية، والكشف عن ملامح مستقبل تغير استعمالات الأرض نحو الأراضي الحضرية على على وفق خرائط تعد بدورها وثائق مكانية يمكن الاعتماد عليها في عمليات التخطيط والتنمية.

١-١ مشكلة البحث : تكمن مشكلة البحث في التساؤلات الآتية:

١- ما احتياجات السكان الحالية والمستقبلية من مساحة الأرض الحضرية في قضاء سهل اربيل؟

٢- كيف تبدو ملاءمة الأرض الحالية على استيعاب الاستعمال الحضري في قضاء سهل اربيل عند الاخذ في الحسبان استدامة الأراضي الزراعية المجاورة؟

٣- ما سيناريوهات التوسع المساحي الحضري المستقبلي لقضاء سهل أربيل بدلالة استدامة الأراضي الزراعية المجاورة؟

[1]YE Yuyao, et al., Construction of an ecological resistance surface model and its application in urban expansion simulations, Journal of Geographical Sciences, Vol. 25, No. 2, 2015, p. 212.

١-٢ فرضيات البحث

١- هناك تباين في نواحي قضاء سهل أربيل من حيث احتياجات السكان فيها من الأرض الحضرية .

٢- تتنوع مستويات ملاءمة الأرض الحالية على استيعاب الاستعمال الحضري في قضاء سهل اربيل .

٣- إن التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل اربيل سوف تختلف سيناريوهاته في حال أخذ ام لم يؤخذ في الحسبان استدامة الأراضي الزراعية المجاورة.

١-٣ اهداف البحث

١- تقويم احتياجات السكان الحالية والمستقبلية من مساحة الأرض الحضرية في قضاء سهل اربيل.

٢- تقويم الأرض في قضاء سهل اربيل من حيث ملاءمتها الحالية على استيعاب الاستعمال الحضري مع الاخذ في الحسبان استدامة الأراضي الزراعية المجاورة.

٣- محاكاة مستقبل التوسع المساحي الحضري المستقبلي لقضاء سهل اربيل بدلالة استدامة الأراضي الزراعية.

١-٤ منهجية البحث

بنيت الدراسة على المدخل الاستقرائي Inductive Approach الذي يبدأ بالجزئيات وينتهي بالكليات، وقد تم ذلك باستعمال منهجين رئيسين على النحو الآتي:

١- المنهج التحليلي Analytical Method: هو منهج يقوم على تقسيم أو تجزئة الظواهر أو المشكلات البحثية على العناصر الأولية التي تُكَوِّنها؛ لتسهيل عملية الدراسة، ويستعمل بالتزامن مع مناهج علمية أخرى.

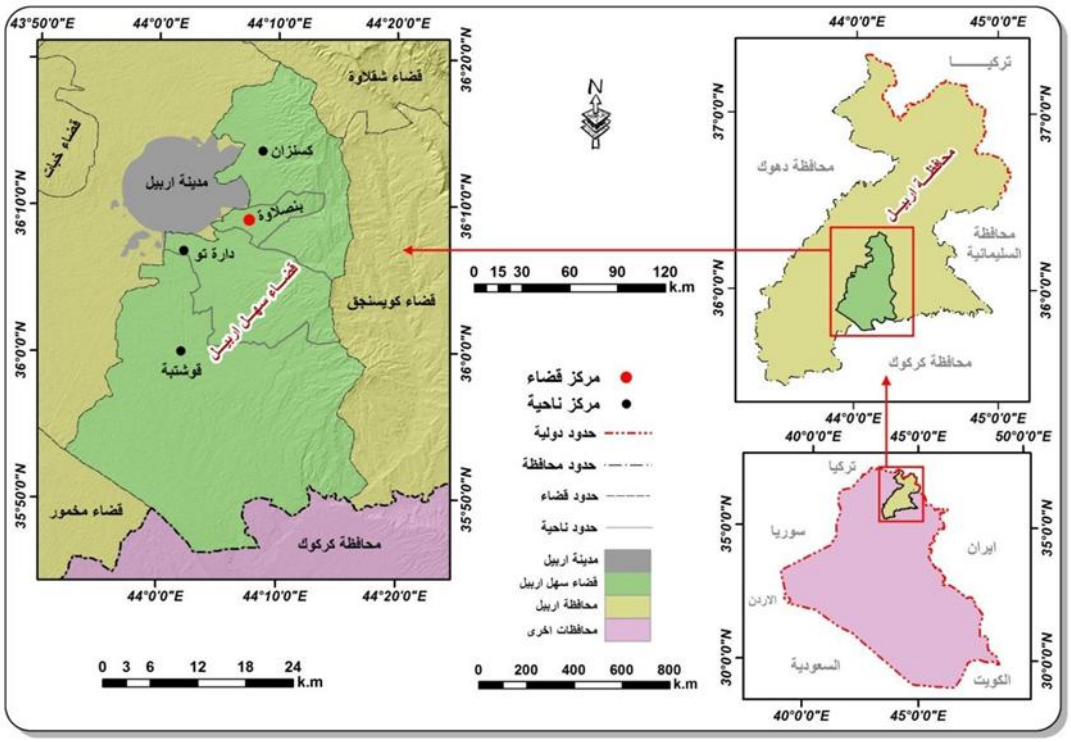
٢- منهج النمذجة Modeling Method: وهو أحد مناهج البحث العامة المعاصرة في مجال الجغرافيا، الذي يعتمد استبدال الموضوع الفعلي (ظاهرة) بآخر مماثل له (خريطة)، أي أنه منظومة صنعية تعكس الخصائص الرئيسة للموضوع المدروس، إذ يسمح باستبدال الموضوع الفعلي مع نظيره المماثل عند إجراء البحث، لغرض الحصول على معلومات جديدة عن الموضوع الفعلي.

١-٥ الحدود المكانية والزمانية للبحث

تتمثل الحدود المكانية بقضاء سهل أربيل الذي يقع في الجزء الجنوبي من محافظة أربيل الواقعة بدورها في الجزء الشمالي من العراق عند إقليم كوردستان؛ إذ يحده قضاء شقلاوه شمالا، ومن الشرق قضاء كويسنجق، ومحافظة كركوك مع قضاء مخمور من

الجنوب، ومدينة أربيل غربا. تبلغ مساحة القضاء ١٣٠٥.٣ كم^2، أي ما تشكل ٨.٥٧% من مساحة محافظة أربيل البالغة ١٥٢١٩.٢٤كم$^{2(*)}$، وبذلك ينحصر بين خطي طول ٤٣ ^{o} $^{=}$36 $^{-}$52 و٤٤ $^{=}$48 $^{-}$17 ^{o}شرقا، ودائرتي عرض $^{-}$46 ^{o}35 $^{=}$ ١٧ و $^{-}$19 ^{o}36 $^{=}$ ٤٧ شمالا. يضم القضاء أربع نواحٍ، ألا وهي ناحية بنصلاوة التي تمثل مركز القضاء، وتبعد عن مركز مدينة أربيل نحو ١١.٥كم، وناحية كسنزان وناحية داره تو، فضلا عن ناحية قوش تبه. وقد انحصرت الحدود الزمانية للشروع في المحاكاة المستقبلية لمستقبل التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل، من تاريخ تأسيسه عام ٢٠٠٢[3(**)]، مرورا بعام ٢٠١٢، نحو عام ٢٠١٩، فضلا التنبؤ بمستقبل ذلك التوسع حتى عام ٢٠٢٩. ينظر الخريطة (١).

الخريطة (١): الموقع الجغرافي لقضاء سهل أربيل



المصدر: عمل الباحث، اعتماد: جمهورية العراق، إقليم كوردستان، وزارة التخطيط، مديرية إحصاء محافظة أربيل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية، الخرائط الإدارية لمحافظة أربيل، ملفات رقمية غير منشورة، ٢٠١٨.

(*)[2] استخرجت المسافات والمساحات في برنامج ArcGIS desktop ١٠.٦.١، بعد وضع محافظة أربيل على على وفق نظام إحداثيات UTM ضمن النطاق Zone 38 WGS ٨٤.

(**)[3] تم الإعلان عن القضاء حسب الأمر الإداري لمجلس وزراء إقليم كوردستان العراق المرقم (٣٧٢) في عام ٢٠٠٢، تحت اسم قضاء سهل أربيل، ومركزه بنصلاوه.

المصدر: جمهورية العراق، إقليم كوردستان، وزارة الداخلية، دائرة محافظة أربيل، قائمقامية قضاء سهل أربيل، الشعبة الإدارية، كتاب إعلان سهل أربيل كقضاء ضمن محافظة أربيل، المرقم ٣٧٢، لسنة ٢٠٠٢.

١- تقييم احتياجات السكان الحالية والمستقبلية من الأرض الحضرية حتى عام ٢٠٢٩

مع تزايد عدد سكان الحضر على مستوى عالمي تظافرت جهود المخططين للتعامل مع الطلبات المتزايدة لسكان الحضر[٤]، إذ تشكل الزيادة السكانية ضغطا دائما على الأرض الحضرية الذي يرافقه ضغط على البنية التحتية وما يسببه من مشكلات، والازدحام المروري وأزمة السكن ونمو العشوائيات على أعتاب المدينة [٥]، فكلما كبر حجم السكان في المدينة ازدادت الحاجة إلى تخصيص مساحات جديدة من الأراضي لتلبية الطلب على الخدمات العامة والخاصة، ومن أجل معرفة ما إذا كانت الأراضي الحضرية تناسب حجم سكان الحضر في قضاء سهل أربيل، وجب أولا تحديد الأرض الحضرية على المرئيات الفضائية المصنفة، ومن ثم مقارنة حجم السكان مع تلك الأرض في ضوء التقديرات التي وضعتها وزارة الاعمار والاسكان العراقية التي تنص على أن نصيب الفرد من الأرض الحضرية في استعمالاتها يجب أن لا يقل عن ١٠٠ م.[٦]2

٢-١ تصنيف استعمالات الأرض في قضاء سهل اربيل

من أجل فصل الأرض الحضرية عن الأراضي الأخرى، اعتمدنا المرئيات الفضائية المأخوذة عن التابع الصنعي Landsat OLI 8, ETM+ ٧، للتواريخ ٢٠٠٢/٤/٣٠، ٢٠١٢/٤/١ ، و ٢٠١٩/٤/١ ، وقبل الشروع في تصنيف المرئيات ذات التواريخ اعلاه تم اجراء معالجات منهجية على تلك المرئيات ابتداء من التصحيح الهندسي للتخلص من أخطاء المسح الناتجة عن أسباب كثيرة من قبل ارتفاع المستشعر وتباين سرعته، وكروية الأرض ودورانها حول نفسها، واختلاف الطوبوغرافيا التي تؤدي إلى الاختلاف في استجابتها لعكس الأشعة الساقطة [٧]، مرورا بالتصحيح الجوي الذي يعد من الطرائق المستعملة لتحويل الإشعاع الذي تم قياسه عند التابع الصنعي إلى إشعاع نقي كما لو تم قياسه على الأرض[٨]. تم استعمال التصنيف الموجه باستعمال برمجية ENVI ٥.٣ على وفق طريقة

---

[4]William Robert Avis, Urban Expansion in Nigeria. K4D Helpdesk Report 692. Brighton, UK: Institute of Development Studies, 2019, p. 3.

[5]Alireza Sharifi and Mohammad Hosseingholizadeh, The Effect of Rapid Population Growth on Urban Expansion and Destruction of Green Space in Tehran from 1972 to 2017, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 47, No. 6, 2019, p. 8.

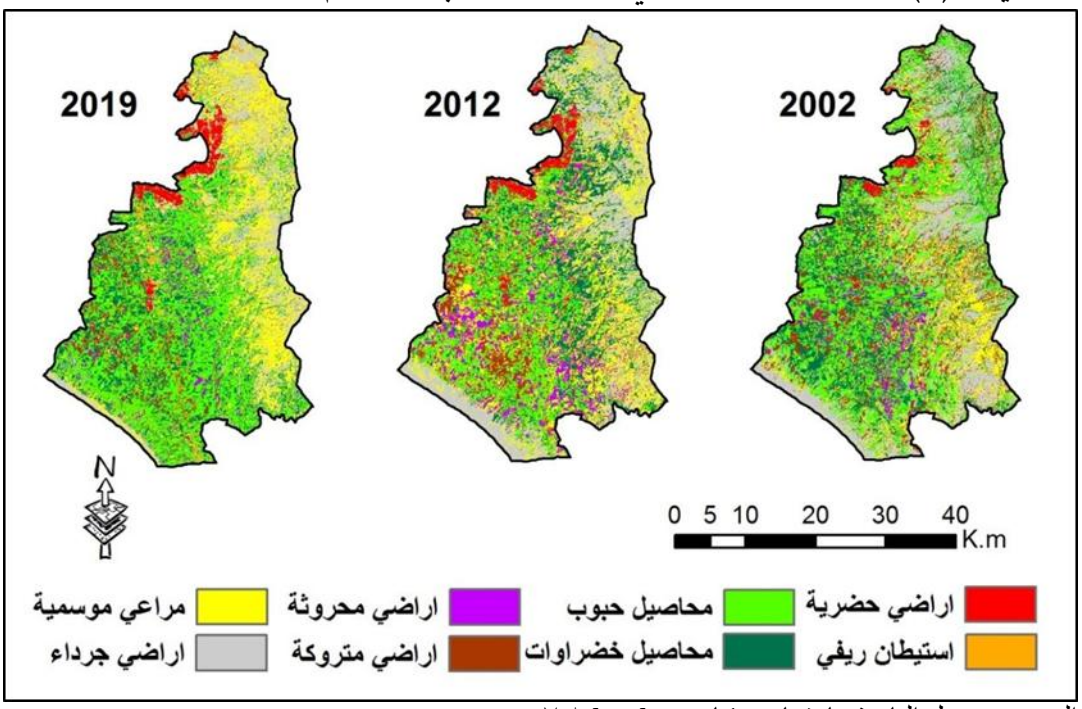
[٦] جمهورية العراق، وزارة الاعمار والاسكان، الهيئة العامة للإسكان، شعبة الدراسات، كراس معايير الإسكان الحضري، ٢٠١٠.

[7]Siamak Khorram, et al. Remote Sensing, Springer, New York, USA, 2012, p.41.

[8]Wafi Al-Fares, Historical Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing - A Case Study of the Euphrates River Basin in Syria, Springer Science & Business Media, New York, USA, 2013,p.p. 71-75.

Maximum Likelihood في تحديد استعمالات الأرض عند قضاء سهل أربيل بعدما أخذت عينات تدريب من الزيارات الميدانية للمنطقة. ينظر الخريطة (٢) والجدول (١).

الخريطة (٢): استعمالات الارض في قضاء سهل اربيل للأعوام ٢٠٠٢، ٢٠١٩،٢٠١٢



المصدر : عمل الباحث باعتماد مرئيات landsat ٧,٨

الجدول (٢): مساحة الأراضي الحضرية بحسب نواحي قضاء سهل أربيل للأعوام ٢٠٠٢ و٢٠١٢ و٢٠١٩

النواحي	2002		2012		2019	
	كم^2	هكتار	كم^2	هكتار	كم^2	هكتار
كسنزان	1.79	179	15.34	1534	19.84	1984
بنصلاوة	3.60	360	6.21	621	7.40	740
دارةتو	2.76	276	8.85	885	10.67	1067
قوش تبه	0.45	45	1.98	198	3.52	352
كامل القضاء	8.59	859	32.38	3238	41.42	4142

المصدر: عمل الباحث، اعتمادا على الخريطة (٢).

٢-٢ تقدير حجم سكان الحضر المتوقع في قضاء سهل أربيل حتى عام ٢٠٢٩

يعد الإسقاط السكاني من أهم المصادر التي تبنى عليها الخطط والبرامج الخدمية؛ إذ يمكن استعمال نتائجه في التعرف على الاحتياجات المستقبلية للسكان من المساحة الحضرية وما تحويه من استعمالات الأرض؛ لذلك تم تقدير عدد السكان في قضاء سهل أربيل بحسب نواحيه حتى عام ٢٠٢٩، باستعمال معادلة الوسط الهندسي لاستخراج معدل التغير والنمو السنوي، ومعادلة الاسقاط السكاني، كما في الجدول (٣)، وذلك باعتماد عدد السكان لعام ٢٠١٠ و٢٠١٩، على وفق المعادلات الآتية :[٩]

$$r = \left(\sqrt[t]{\frac{P_1}{P_o}} - 1 \right) \times 100$$

إذ إن:

r = معدل النمو السنوي، P١ = عدد السكان في التعداد اللاحق، Po = عدد السكان في التعداد السابق، t = عدد السنوات بين التعدادين. وينفذ الاسقاط السكاني باعتماد نتائج معادلة الوسط الهندسي في أعلاه ، على وفق المعادلة الآتية: -

$$p = (r)^{n-1} \, x \, (P1)$$

إذ إن:

p = عدد السكان المتوقع، r = معدل التغير السنوي، n = عدد السنوات بين التعداد الأخير وسنة الهدف، p١ = عدد السكان في التعداد الأخير.

الجدول (٣)

الإسقاط السكاني لحجم سكان الحضر المتوقع في قضاء سهل أربيل حتى عام**2029**

الناحية	سكان الحضر			
	2010	**2019**	معدل النمو السنوي%	**2029**
كسنزان	54222	70511	2.96	94409
بنصلاوة	48100	62273	2.91	82969
دارةتو	44430	57451	2.90	76440
قوش تبه	13833	18020	2.98	24174
كامل القضاء	160585	208255	2.93	277992

المصدر: عمل الباحث، جمهورية العراق، إقليم كوردستان، وزارة التخطيط، مديرية إحصاء محافظة أربيل، شعبة الإحصاء، سكان قضاء سهل أربيل، بيانات غير منشورة، ٢٠١٩.

[٩] طه حمادي الحديثي،جغرافية السكان، دار الكتب للطباعة والنشر، ط٢، جامعة الموصل، ٢٠٠٠، ص٣٠٨.

إن الغاية من التنبؤ بعدد السكان حتى عام ٢٠٢٩، أي لمدة عشر سنوات فقط، هو لتجنب النتائج المضللة التي قد تحدث في عملية التنبؤ عند الابتعاد عن سنة الأساس، وبذات المبدأ سوف يتم في مراحل بحثية لاحقة التنبؤ بسيناريوهات استعمالات الأرض في قضاء سهل أربيل حتى عام ٢٠٢٩ ايضا، وذلك أن اختيار عشر سنوات فقط للتنبؤ بعدد السكان وتغير استعمالات الأرض هو للوقوف على أقرب مدة زمنية مستقبلية، إذ إن التنبؤ بسلوك الظاهرة البشرية لا يجب أن يتوغل في مستقبل بعيد قد لا يأخذ في الحسبان التغيرات السريعة التي قد تطرأ على سلوك الظاهرة في المدة المتنبأ بها، ومن ثم الوقوع في نتائج مضللة.

٢-٣ احتياجات السكان الحالية والمستقبلية من الأرض الحضرية حتى عام ٢٠٢٩

في ضوء حساب المساحة الحضرية وتقدير عدد سكان الحضر في القضاء حتى عام ٢٠٢٩ ومعيار نصيب الفرد من الأرض الحضرية التي وضعتها وزارة الاعمار والاسكان العراقية، لوحظ أن نصيب الفرد من الأرض الحضرية في قضاء سهل أربيل على نحو عام حوالي ضعف المعيار الذي وضعته وزارة الإعمار والإسكان بواقع ١٩٨.٩ م^2 لكل فرد، ويعزى ذلك إلى أن معيار الـ ١٠٠ م^2 للفرد، وضِعَ لكي يتناسب مع المدن الكبرى التي تتميز باحتشاد الاستعمال الحضري، في حين تعد مركز النواحي في قضاء سهل أربيل نويات حضرية ما تزال تحمل في عمرانها طابع الريف، حيث قلة احتشاد العمران مع انخفاض في عدد السكان مقارنة بالمساحة التي يتوطن فيها. ينظر الجدول (٤).

الجدول (٤): نصيب الفرد من المساحة الحضرية لعام ٢٠١٩ واحتياجات السكان المتوقعة من المساحة الحضرية حتى عام ٢٠٢٩ في قضاء سهل أربيل

الناحية	مساحة الحيز الحضري بالهكتار لعام **2019**	نصيب الفرد من الأرض الحضرية بالمتر ^{2}لعام **2019**	احتياجات السكان من المساحة الحضرية بالهكتار حتى عام**2029**	فائض المساحة الحالية بالهكتار حتى عام**2029**	عوز المساحة بالهكتار حتى عام**2029**
كسنزان	1984	281.33	944.09	1039.91	-
بنصلاوة	740	118.76	829.69	-	89.69
دارةتو	1067	185.68	764.4	302.6	-
قوش تبه	352	195.53	241.74	110.26	-
كامل القضاء	4142	198.9	2779.92	1363.08	-

المصدر، عمل الباحث، اعتمادا على الجدولين (٢) و(٣).

كما يفصح الجدول (٤) عن تباين محلي حول معيار نصيب الفرد من الأرض الحضرية بحسب نواحي قضاء سهل أربيل، إذ اضطلعت ناحية كسنزان بأعلى نصيب للفرد من الأرض الحضرية على مستوى القضاء نحو ٢٨١.٣٣ م^2، أي أن نصيب الفرد من الأرض الحضرية أعلى بحوالي ضعفي المعيار المقدر من وزارة الاعمار والاسكان على الرغم من أن الناحية تمتلك أعلى عدد لسكان الحضر على مستوى القضاء (الجدول ٤)، مما انعكس ذلك على ظهور فائض في المساحة الحضرية عن عدد سكان الناحية المتوقع في عام ٢٠٢٩، ويعزى ذلك بأن ناحية كسنزان تحتوي على الكثير من المرافق الترفيهية ذات المساحات الكبيرة من قبل مدينة الألعاب وحديقة الحيوانات التي يتوافد إليها السكان من داخل القضاء، فضلا عن خارجه كذلك احتوائها على شبكة شوارع حديثة وواسعة، وهي امتدادا للشوارع السريعة لمدينة أربيل التي تقع ضمن الحدود البلدية للناحية، ناهيك عن أن معظم أراضيها تحتوي على مشاريع سكنية مخططة حديثا مع سعة مساحة المرافق الخدمية التابعة لها، من قبل مجمع لانا ستي Lana City وانتلانتك ستي Atlantic City على سبيل المثال لا الحصر.

أما ناحية بنصلاوة فقد قدر فيها نصيب الفرد من الأرض الحضرية نحو ١١٨.٧٦م^2 لكل فرد، وهو قريب من معيار وزارة الإعمار والإسكان، إذ تمثل الناحية مركز قضاء سهل أربيل، لذلك تعد ذات نسيج حضري محتشد، وفي ضوء التنبؤ بعدد سكان الناحية حتى عام ٢٠٢٩، يتوقع ظهور عوز في الأرض الحضرية بواقع ٨٩.٦٩ هكتارا حتى تغطي الزيادة في عدد السكان بالحد الأدنى.

بيد أن ناحيتي داره تو وقوشتبه، اضطلعتا بنصيب فرد من الأرض الحضرية نحو ١٨٥.٦٨ و١٩٥.٥٣م^2 على التوالي، وهذا يعني أن نصيب الفرد من الأرض الحضرية يرتفع نحو الضعف في الناحيتين كلاهما مقارنة بالمعيار المعتمد. وهذا انعكس على توقع فائض بالمساحة الحضرية عن متطلبات السكان عام ٢٠٢٩ نحو ٣٠٢.٦ و١١٠.٢٦ هكتارا لكل من ناحيتي دارة تو وقوش تبه على التوالي، إذ يعزى ذلك إلى الأسباب نفسها المذكورة آنفا من حيث إن النواحي ما تزال تحمل الطابع الريفي في عمرانها غير المحتشد مع انخفاض في عدد السكان مقارنة بالمساحة التي يتوطن فيها، وإن معيار الـ ١٠٠م^2 / فرد ليس سوى تقدير من وزارة الإعمار والإسكان العراقية، ويتناسب مع المدن الكبرى ذات الاحتشاد الحضري على عكس البلدات التي تشكل نويات حضرية.

وعلى الجانب الآخر هذه التوقعات لم تأخذ في الحسبان سوى الزيادة الطبيعية في عدد سكان نواحي القضاء وحتى حجم السكان الحالي (٢٠١٩) ما هو إلا تقديرات لعدد السكان وليس عدد السكان الفعلي، إذ إن آخر تعداد سكاني فعلي في إقليم كوردستان العراق حصل عام ٢٠١٠، وهذا بدوره قد يؤثر على دقة التقويم والتوقع، فضلاً عن عدم الأخذ في الحسبان التوسع المساحي لمدينة أربيل على حساب أرض القضاء من جهة الغرب، بدافع الزيادة السكانية سواءً أكانت طبيعية أم بعامل هجرة السكان إلى مدينة أربيل من المدن الأُخرى وكذلك الأرياف، ومن ثم زيادة عدد سكان الحضر داخل أراضي قضاء سهل أربيل تتبعه زيادة في الضغط على الأرض الحضرية وانخفاض نصيب الفرد منها، كما أن نمذجة ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري هي ليست محصورة في مدة زمنية محددة، إنما تسعى إلى وضع خريطة تجسد إمكانية الحيز المكاني لقضاء سهل أربيل على استيعاب الأرض الحضرية مع الأخذ في الحسبان حماية الأراضي الزراعية ذات الجودة والإنتاجية العالية من دون عامل الزمن.

٢- ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل

أصبح احتواء التوسع المساحي الحضري على حساب الأراضي الزراعية محط تركيز عالمي في مجال التخطيط، مدفوعا بالتحفظات التي تنص على ضرورة الحفاظ على الأراضي الزراعية [١٠]؛ لذلك ظهر مصطلح ملاءمة التوسع المساحي الحضري في ثنايا مجموعة من الدراسات التي تناولت مجال التخطيط المكاني. والملاءمة هنا تعني مدى ملاءمة ظروف الأرض على استيعاب الاستعمال الحضري بوصفها أحد استعمالات الأرض، وتفسر على أنها مؤشر لإمكانية احتواء الأرض على الاستعمال الحضري، لذلك فالملاءمة العالية في هذا الصدد لها أعلى قيمة عندما يكون المكان أكثر احتمالية لجذب الأرض الحضرية.[١١]

٣-١ تهيئة متغيرات الملاءمة

اعتمدت جملة من المتغيرات التي لها علاقة بخصوصية الحيز المكاني لقضاء سهل أربيل، الذي يتمتع بأرض سهلية على نحو عام باستثناء الجزء الشرقي والجنوبي الغربي منه، فضلا عن عدم وجود أي استعمال ضاغط على التوسع المساحي الحضري، المطارات

[10] Van der Merwe and Johannes Hendrik, GIS-aided land evaluation and decision-making for regulating urban expansion: A South African case study, Geo Journal, Vol. 43, No. 2, 1997, p.135.

[11] Masanobu Kii and Kazuki Nakamura, Development of a suitability model for estimation of global urban land cover, Transportation research procedia, Vol. 25, 2017, p.p. 3162 – 3164.

والمصانع والمعسكرات، وهذه المتغيرات اعتمدتها مجموعة من الأبحاث العالمية والعراقية، يمكن تحديدها على النحو الآتي:

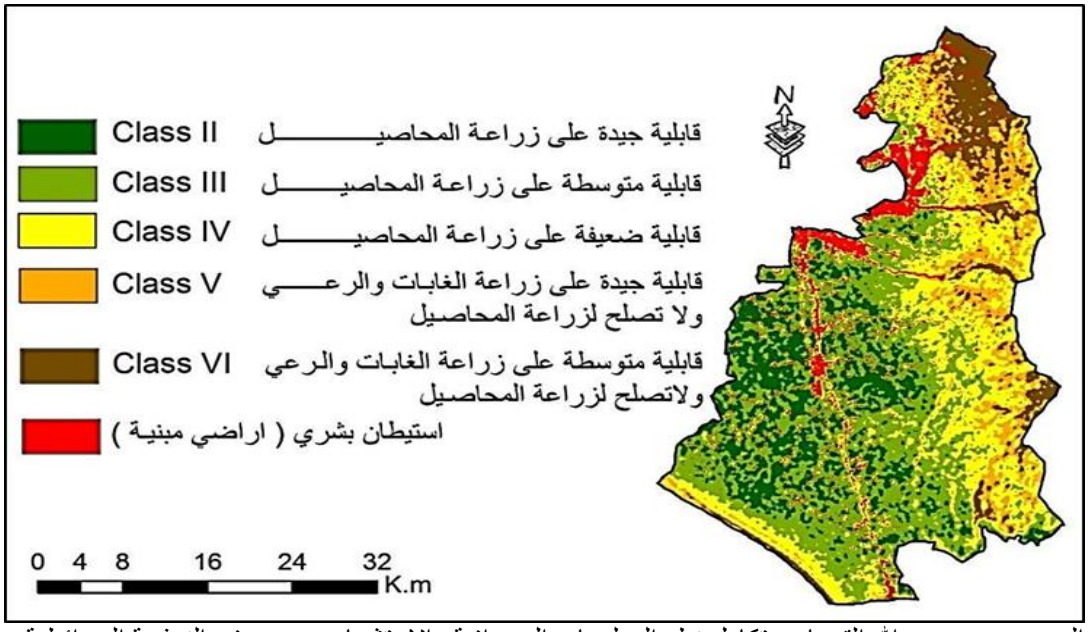
٣-١-١ محددات ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري

يتضمن هذا المحدد مفهومين اولهما هو قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي Capability الذي يعرف بأنه إمكانية استعمال الأرض (الجزء السطحي منها أو التربة حصرا) بطرائق محددة، أو إمكانية إدارة ممارسات زراعية محددة عليها[١٢]، والقابلية هنا تمثل قدرة نوع معين من التربة على العمل داخل النظام البيئي الطبيعي، للحفاظ على إنتاجية النبات والحيوان، ومن ثم دعم صحة الإنسان[١٣]، وهو يقع ضمن التقويم العام للأرض الزراعية أي: قدرة الأرض على استيعاب جميع النشاطات الزراعية. أما المفهوم الثاني فيتضمن ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية فقط التي يمكن زراعتها في قضاء سهل أربيل وهي تشمل القمح، والشعير، والذرة الصفراء، إذ يقع هذا المفهوم ضمن التقويم الخاص للأرض، وقد تمت نمذجة متغير الابتعاد عن الأراضي الزراعية ذات الجودة الانتاجية العالية على وفق عاملي القابلية الانتاجية للأرض وملامح ملاءمتها لزراعة المحاصيل الاستراتيجية التي تدخل ضمن الأمن الغذائي الوطني، وبذلك يمثل هذين المفهومين عوامل محددة للتوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل (عوامل طاردة). ينظر الخريطتان (٣) و (٤).

[12]Abd El-Hady and I. A. H. Yousif, Land Evaluation and Sustainable Development of Some Areas of Dakhla Oasis, Egypt, Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, Vol. 4, No. 12, 2013, p. 1399.

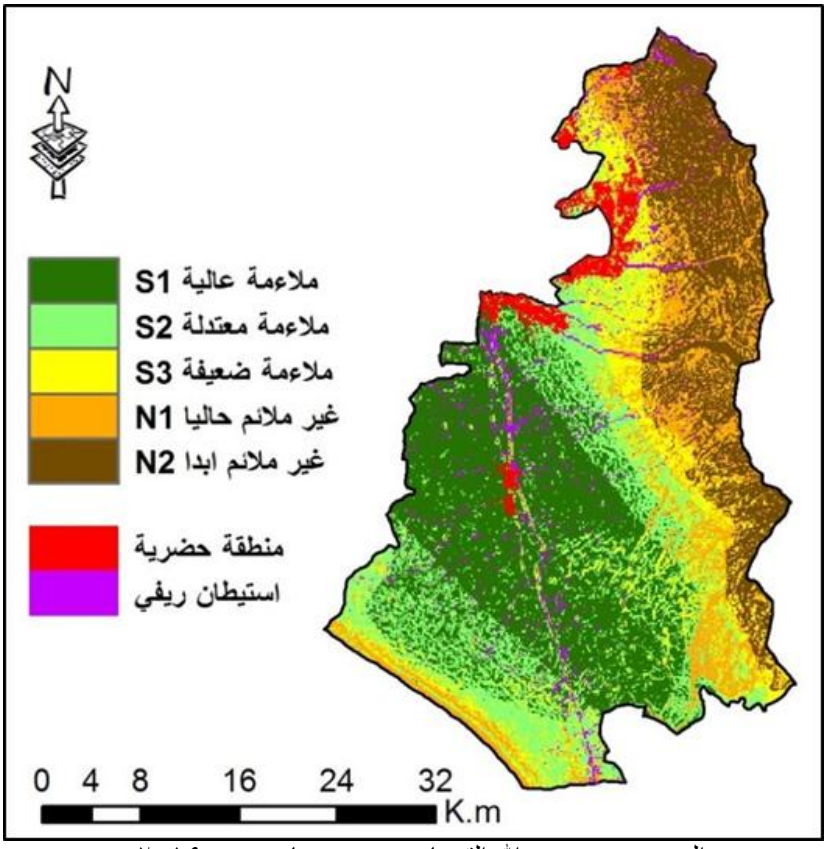
[13]A.E. Gadem, et.al., Decision Support System for Soil Productivity and Erosion in Polk county, Nebraska, 2001, Internet Link: http://www.cse.unl.edu/~reich/publications/asprs2001-036.pdf , p. 1.

الخريطة (٣): قابلية الأرض على الإنتاج في قضاء سهل أربيل لعام**2019**



المصدر: عمر عبدالله القصاب، تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في النمذجة الخرائطية لاستعمالات الارض قضاء سهل اربيل أنموذجا، اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الموصل، كلية التربية للعلوم الانسانية ، ٢٠٢١، ص ١٤٢ .

الخريطة (٤): ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية في قضاء سهل أربيل لعام**2019**



المصدر: عمر عبدالله القصاب، مصدر سابق، ص ٢٠١٩ .

٣-١-٢ عوامل الجذب نحو التوسع المساحي الحضري:

وتتمثل في عوامل القرب من الأرض الحضرية، القرب من طرق النقل الرئيسة، المياه الجوفية، وانحدار سطح الأرض. يعمل القرب من المنطقة الحضرية على الربط بين حدود الحيز الحضري والمناطق الحضرية الجديدة، ومن ثم سوف يسهم في تقليل الكلفة الاقتصادية لمد خدمات البنى التحتية، وتوسع شبكة الطرق ،فضلا عن أنه يؤدي إلى التجانس الحضري بين المناطق السكنية الحالية ومناطق التوسع المستقبلي[١٤] وقد تمت نمذجة العامل المعني بتحليل المسافة الاقليدية عن المراكز الحضرية في القضاء. أما عامل القرب من الطرق الرئيسة فيعد من أهم العوامل المسؤولة عن نمو الحيز الحضري وتوسعه المساحي، إذ لولاه لما تباعدت أطراف المدينة عن مركزها؛ لذلك يمثل أحد الأوجه المهمة في تفسير العلاقات المكانية بين استعمالات الأرض الحضرية، ويكشف عن مدى الارتباط والتفاعل المكاني بين المدينة وأطرافها[١٥]، كما تعد سهولة الوصول أحد أهم العوامل المؤثرة على اتجاهات التوسع الحضري، من حيث انجذاب التوسع باتجاه الطرق الرئيسة، وهذا يؤمن استمرار ربط حافات الحيز الحضري بقلبه[١٦] ؛لذلك تمت نمذجة هذا العامل بتحليل المسافة الاقليدية عن طرق النقل الرئيسة.

إن التوسع الحضري على المنحدرات الأرضية يتطلب إجراء الكثير من المعالجات حول تأهيل الأرض على تحمل العمران، وهذا يترتب عليه ارتفاع في تكاليف التوسع الحضري على الأراضي المنحدرة على الرغم من انخفاض أسعارها مقارنة بالأراضي السهلية[١٧]؛ لذلك يميل التوسع الحضري إلى استثمار الأراضي السهلية[١٨] ؛ بسبب انخفاض

---

[١٤] كامل كاظم بشير الكناني واحمد عبد السلام حنش الجابري، استعمال منهجية التحليل المكاني في تقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري لمدينة الكوت، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العدد ١٢، ٢٠١٢، ص ٢٥٨.

[١٥] عمر سالم يسلم المحمدي، شبكة الطرق والنقل الحضري في مدينة المكلا دراسة جغرافية باستعمال نظم المعلومات الجغرافية، المؤتمر الدولي الثالث لنظم المعلومات الجغرافية وتحقيق التنمية المستدامة، قسم الجغرافيا، جامعة طرابلس، ليبيا، ٢٠١٤، ص ٤٨.

[16] David a. Hensher, et al., Handbook of Transport Geography and Spatial Systems, Emerald Group Publishing Limited, UK, Third edition, 2008, p. 31.

[17] Boualem El Kechebour, Relation between stability of slope and the urban density: Case study, Procedia Engineering, Vol. 114, 2015, p. p. 825-831.

[18] Amal Najihah M. Nor, et al., Impact of rapid urban expansion on green space structure, Ecological Indicators, Vol. 81, 2017, p. 276.

تكاليف تشييد المباني والبنية التحتية التي تزداد كلما زادت شدة المنحدر الأرضي[١٩] وهنا يتجلى عامل البعد عن المنحدرات الارضية العالية الذي تمت نمذجته باشتقاق المنحدرات الأرضية من أنموذج الارتفاعات الرقيمة DEM بدقة مكانية ٣٠ م.

يعد توفير امدادات المياه من العناصر الرئيسة في عملية التوسع الحضري، إذ تتضمن معظم عمليات التحضر واردات كبيرة من المياه، باستثناء المناطق الغنية بالمياه الجوفية التي تعمل على سد متطلبات التحضر[٢٠]، كما أن زيادة الطلب على المياه نتيجة الزيادة في معدل نمو سكان الحضر سيؤدي إلى زيادة المنافسة بين الاستعمالات الحضرية المختلفة على استهلاك المياه. والاستعمالات السكنية من مياه الشرب والاحتياجات المنزلية الأُخرى، فضلا عن الاستعمالات التجارية والصناعية وحتى الاستعمال الزراعي؛ لذلك هناك حقيقة مفادها بأن ديمومة المدينة تعتمد مدى توفر المياه في المناطق التي تتوطن فيها .[٢١]

ونظرا لاعتماد سكان قضاء سهل أربيل ريفا وحضرا على المياه الجوفية بوصفه مورداً مائياً رئيساً، وعدم وجود أي مشروع لمد المياه إلى المراكز الحضرية في قضاء سهل أربيل من جانب آخر، وصلاحية المياه الجوفية المتوطنة في قضاء سهل أربيل للاستعمال البشري من جانب ثالث[٢٢]، ووجود تنافس على استعمال المياه الجوفية بين الاستعمال الزراعي والحضري من جانب رابع، ومن أجل توفير عامل المياه الجوفية تم نمذجته باستعمال الاستكمال المكاني Spatial Interpolation استنادا إلى الطاقة الانتاجية للآبار المتوطنة في المنطقة. ينظر الخريطة (٥).

---

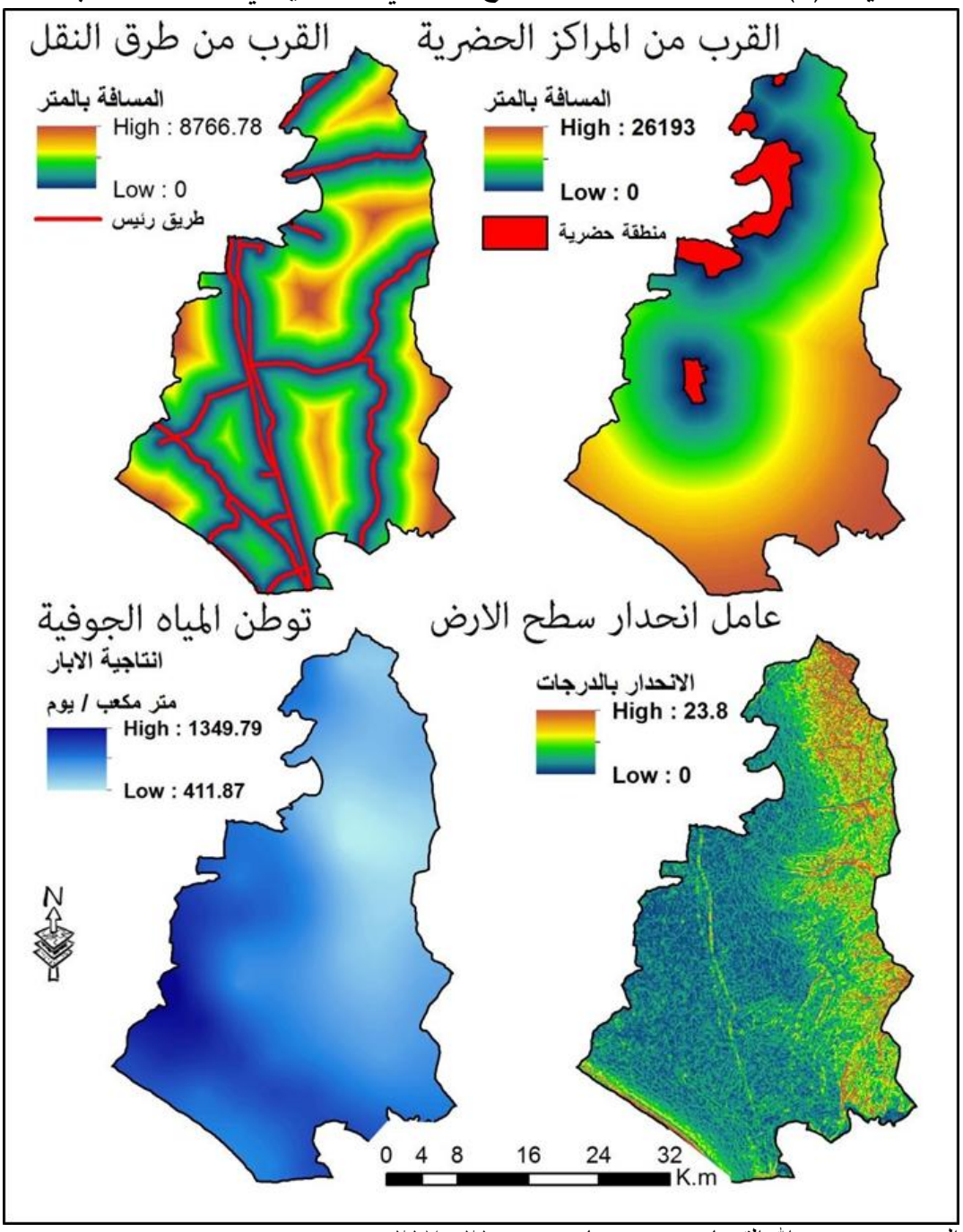
[19] YE Yuyao, et al., Construction of an ecological resistance surface model and its application in urban expansion simulations, Journal of Geographical Sciences, Vol. 25, No. 2, 2015, p. 212.

[20] S. S. D. Foster, et al., Groundwater in urban development—a review of linkages and concerns, Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater Quality (IUGG), IAHS PUBLICATION, No. 259, 1999, p. p. 3-4.

[21] Suraj Mohammed, Urbanization And Water Resources Vulnerability In The Kumasi Metropolitan Area, Ghana, Master Thesis, Linköping University, Department of Water and Environmental Studies, Sweden ,2004, p. 19.

[22] YE Yuyao, et al., Construction of an ecological resistance surface model and its application in urban expansion simulations, Journal of Geographical Sciences, Vol. 25, No. 2, 2015, p. 212.

الخريطة (٥) : عوامل الجذب نحو التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل اربيل



المصدر: عمر عبدالله القصاب، مصدر سابق، ص ٢١٥ - ٢١٧ .

٣-٢ تقييس متغيرات الملاءمة:

لكي يتنسى تجهيز المعايير التي نُمذجت خرائطيا لابد من عملية تقييسها، أي إخضاعها إلى مقياس موحد يمكن عن طريقه دمج المعايير بعد استخراج أوزانها من عمليات التحليل الهرمية. إن السبب في إجراء عملية التقييس Standardization هو اختلاف مقياس البيانات لكل معيار من المعايير، فعلى سبيل المثال إن معيار القرب من المنطقة الحضرية مقاس بالمتر، في حين أن معيار انحدار سطح الأرض مقاس بالدرجات؛ لذلك لا يمكن دمج المعيارين المنمذجين خرائطيا على شاكلتهما، نظرا لاختلاف مقياسيهما. وعلى هذا الأساس لا يمكن إجراء نمذجة ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري للمعايير جمعاء.

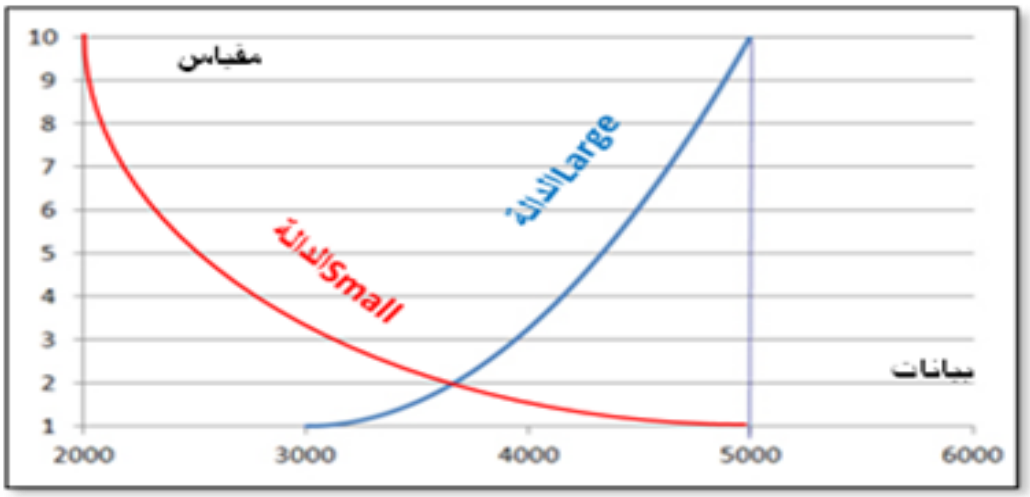
إن مقياس البيانات للمعايير لابد أن يكون مبنياً على أساس عوامل الجذب والطرد للتوسع المساحي الحضري، فإذا ما أخذ في الحسبان العوامل الجاذبة إلى التوسع المساحي الحضري في ضوء المعايير النمذجة آنفا، فسوف يكون القرب من المنطقة الحضرية والقرب من طرق النقل الرئيسة والتوطن في مناطق غنية بالمياه الجوفية، فضلا عن التوطن في الأراضي السهلية عوامل جذب للتوسع المساحي الحضري، في حين إن الأراضي ذات القابلية الإنتاجية الزراعية العالية، والأراضي ذات الملاءمة العالية على زراعة المحاصيل الاستراتيجية هي عوامل طرد للتوسع المساحي الحضري؛ إذ ما أخذ في الحسبان الإبتعاد عن التجاوز على الأراضي الزراعية ذات الجودة العالية.

ومن أجل ترجمة هذه المفهومات رياضيا، استُعين بالدوال الرياضية Large and Small Functions المتوافرة في الأداة Rescale by Function ضمن صندوق أدوات Reclass المتوافر في المحلل المكاني Spatial Analyst في برنامج ArcGIS ١٠.٦.١ ،إذ تعمل الأداة Rescale by Function على استعمال دوال رياضية (خط أو منحنى) لتعيين قيم جديدة بدلا من القيم الأصلية للمتغيرات المُنمذجة، وعادة يكون المقياس محصور بين (١ – ١٠)، وهي طُورت خصيصا لغرض إجراء الملاءمة على نحو عام[٢٣]. ينظر الشكل (١).

[23]ESRI, ArcGIS Desktop 10.6.1 Software Help, Rescale by Function (Spatial Analyst), 2018 .

الشكل (١)

عمل الدالتين **Large and Small** في برنامج **ArcGIS Desktop** ١٠.٦.١

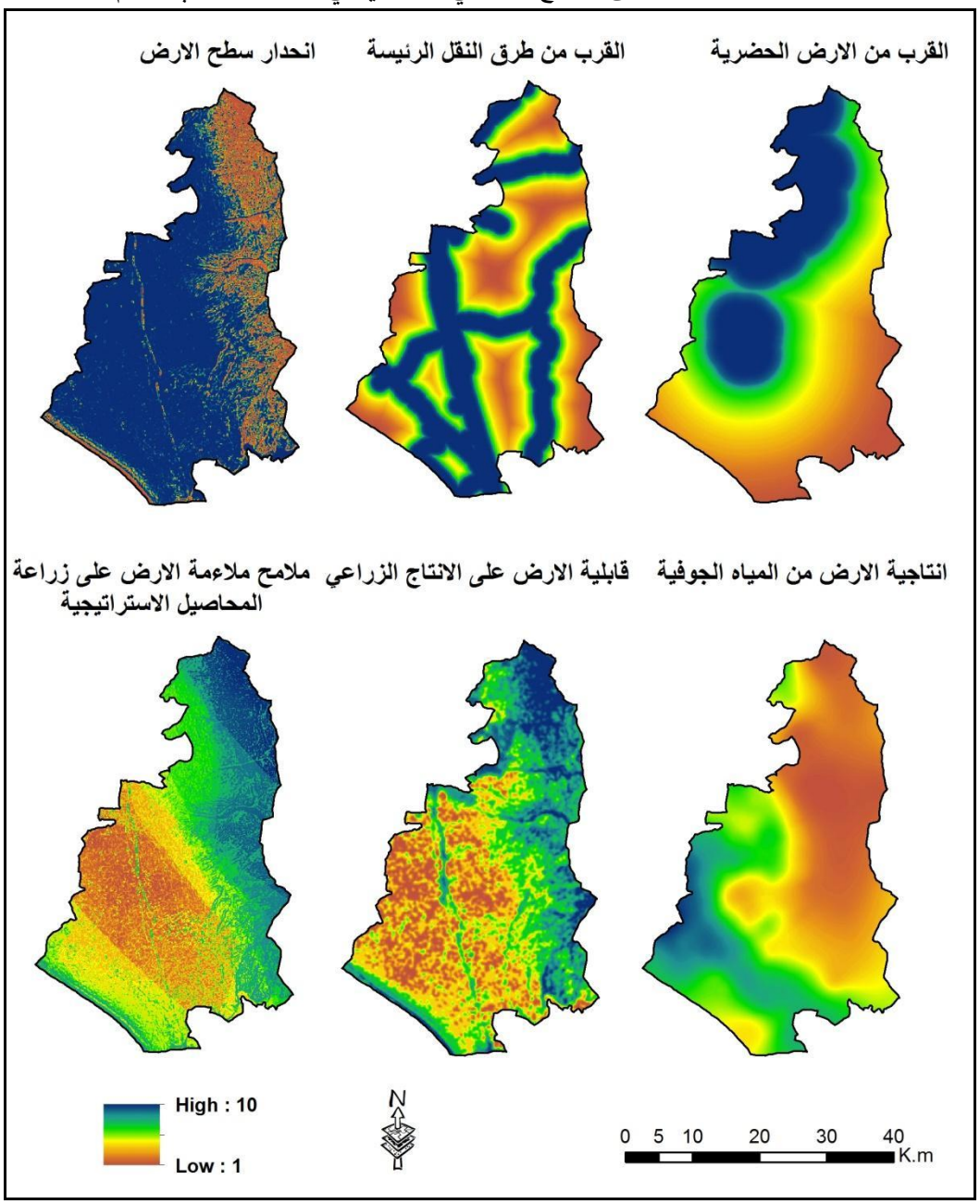


المصدر: ESRI, ArcGIS Desktop 10.6.1 Software Help, Rescale by Function (Spatial Analyst), 2018.

تعمل الدالة Large Function على إعطاء قيمة (١٠) للوحدات الصورية التي تحمل أعلى قيمة في المقياس الاصلي للبيانات، وقيمة (١) للوحدات الصورية التي تحمل أقل قيمة في المقياس الأصلي للبيانات، أما الوحدات الصورية الأُخرى فسوف تأخذ قيما محصورة بين الـ (١٠) و(١) استنادا إلى قربها من القيم العليا والقيم الدنيا في المقياس الأصلي للبيانات على وفق العلاقة خطية، تبعا ذلك استعملت الدالة Large Function مع متغير التوطن في الأراضي الغنية بالمياه الجوفية، إذ إن الأراضي ذات المياه الجوفية التي تحمل أعلى إنتاجية من المياه أخذت القيمة (١٠)، أما الأراضي ذات المياه الجوفية التي تحمل أقل إنتاجية من المياه فأخذت القيمة (١)، وبقية الأراضي تدرجت بين الـ ١٠ والـ ١ استنادا إلى غناها بالمياه الجوفية.

أما الدالة Small Function، فتعمل على إعطاء قيمة (١٠) للوحدات الصورية التي تحمل أقل قيمة في المقياس الأصلي للبيانات، وقيمة (١) للوحدات الصورية التي تحمل أعلى قيمة للبيانات في المقياس الأصلي للبيانات، أما الوحدات الصورية الأُخرى فسوف تأخذ قيما محصورة بين الـ (١٠) و(١) استنادا إلى قربها من القيم العليا والقيم الدنيا في المقياس الأصلي للبيانات على وفق علاقة خطية أيضا، وبذلك استعملت الدالة Small Function مع نماذج القرب من الأرض الحضرية ،والقرب من طرق النقل الرئيسة ،وانحدار سطح الأرض فضلا عن أنموذج قابلية الأرض على الإنتاج وأنموذج ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية.

الخريطة (٦): تقييس المعايير الداخلة في أنموذج الـ **AHP** باستعمال الدالتين **Large and Small** لغرض نمذجة ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل لعام ٢٠١٩



المصدر :عمل الباحث، اعتمادا الخرائط (3)، (4)، .(5)

إذ أعطيت قيمة (١٠) للوحدات الصورية التي تحمل أقل قيمة بعد عن الأراضي الحضرية، على أساس أن المناطق القريبة من الأراضي الحضرية هي مناطق جذب للتوسع المساحي الحضري، أما الوحدات الصورية التي تحمل أعلى قيمة بعد عن الأراضي الحضرية فأعطيت قيمة (١)، نظرا لانخفاض الجذب إلى أقل مستوياته. كذلك الحال بالنسبة للقرب من الطرق الرئيسة، في حين أن انحدار سطح الأرض استعملت الدالة في إعطاء قيمة (١٠) لأقل قيمة انحدار، وقيمة (١) لأعلى قيمة انحدار، ولم يختلف الأمر عن تقييس

أنموذجي قابلية الأرض على الإنتاج وملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية باستعمال الدالة Small Function، إذ أُعطيت قيمة (١٠) للوحدات الصورية التي تحمل أقل قيمة لقابلية على الإنتاج الزراعي، وقيمة (١) للوحدات الصورية التي تحمل أعلى قيمة لذات القابلية، كذلك الحال بالنسبة لأنموذج ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية من حيث إعطاء القيمة (١٠) للوحدات الصورية التي تحمل أقل قيمة لملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، وقيمة (١) للوحدات الصورية التي تحمل أعلى قيمة لذات الملاءمة. ينظر الخريطة (٦).

٣-٣ دعم القرار المكاني المتعدد المعايير للمعايير باستعمال عمليات التحليل الهرمية AHP

قبل الشروع في دمج المتغيرات للخروج بأنموذج ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل، لابد من معرفة الأهمية النسبية لكل معيار من المعايير(الوزن)، ومن أجل تجنب الحكم الشخصي في ذلك ، اعتمد طريقة عمليات التحليل الهرمية التي طورها عالم الرياضيات Tomas Saaty عام ١٩٨٠، وأداة لدعم القرار متعدد المعايير [٢٤] Multi-Criteria Decision Making (MCDM). تعمل طريقة الـ AHP في نظم المعلومات الجغرافية على حساب قيمة الأهمية النسبية لكل متغير للشروع بإنتاج خريطة ذات فئات مرتبة على نحو متسلسل، مُعتمدة قيمة الأهمية النسبية الذي تم تنسيبه إلى المتغيرات الداخلة في نمذجتها.

طبقت عمليات التحليل الهرمية بتهيئة استبانة لمجموعة من المحكمين ذات تخصصات جغرافية وتخطيطية ثم عوملت الاستبانة احصائيا باجراء مصفوفة المقارنة الزوجية ثم الخروج بمستوى ثبات الأحكام وأوزان العوامل الداخلة في العملية[٢٥]. وقد تم تطبيق الـ AHP عمليا على الامتداد GIS Decision Tools في برنامج ArcGIS desktop ١٠.٦.١ ينظر الجدول (٥).

(24)Asmelash Abay, et al., GIS-based Landslide Susceptibility Evaluation Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach: The Case of Tarmaber District, Ethiopia, Momona Ethiopian Journal of Science, Vol. 11, No. 1, 2019, p. 17.

(25) :Thomas L. Saaty, Decision making with the Analytic Hierarchy Process, International journal of services, Vol. 1, No. 1, 2008.

الجدول (٥): الأوزان المطلقة والأهمية النسبية للمعايير الداخلة في الـ **AHP** لملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل لعام ٢٠١٩

ت	المعايير	القيمة الوزنية **Σwi**	
		الوزن المطلق **Score**	الأهمية النسبية%
1	القرب من الأرض الحضرية	0.33975	33.975
2	البعد عن الأراضي ذات القابلية والملاءمة الزراعية العالية	0.32704	32.704
3	القرب من طرق النقل الرئيسة	0.16661	16.661
4	انحدار سطح الأرض	0.0833	8.33
5	إنتاجية الأرض من المياه الجوفية	0.0833	8.33
	المجموع	1	100

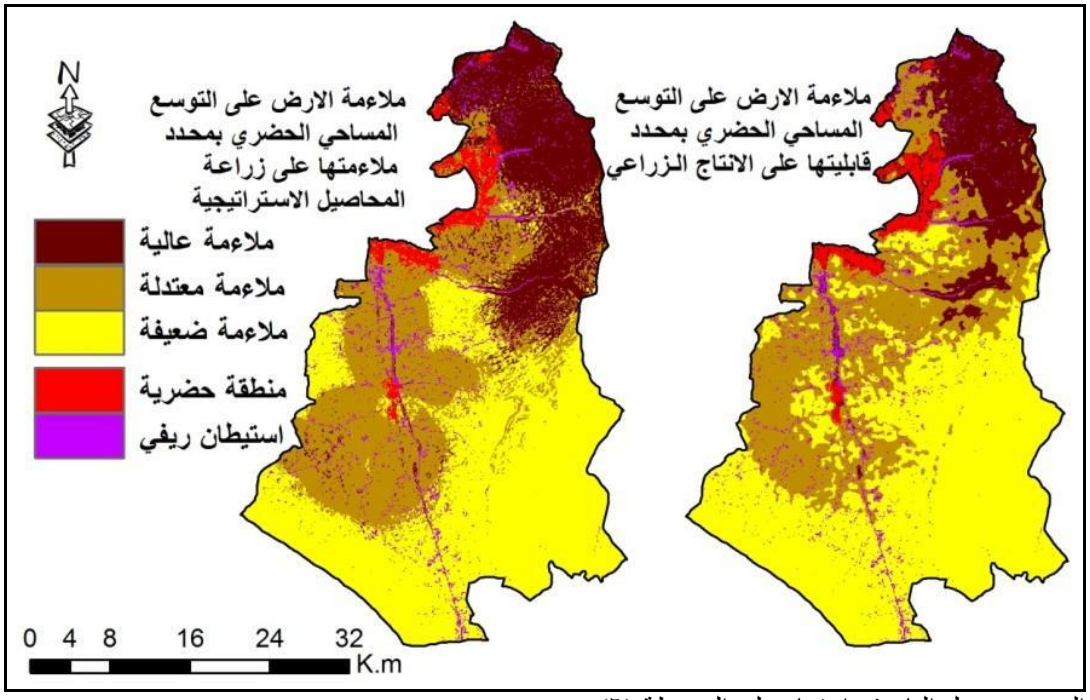
المصدر: عمل الباحث اعتمادا على الامتداد GIS Decision Tools في برنامج ArcGIS Desktop10.6.

Agricultural Publication, Brussels – Belgium, 1991, p.127.

وبعد الخروج بأوزان المعايير الداخلة في انموذج ملاءمة الارض على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل اربيل تم دمج المعايير باستعمال جبر الخرائط في نظم المعلومات الجغرافية ، ليتمخض مشهدان من الملاءمة ، الأول ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري بمحدد قابلية الأرض على الانتاج الزراعي ، والثاني بمحدد ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية. ينظر الخريطة (٧).

أفصحت النماذج الخرائطية عن اختلاف في أنماط توزيع مستويات ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري، على الرغم من وجود تشابه نسبي عام بين التوزيعين، مع تباين واضح في مساحة كل صنف من مستويات الملاءمة، نحو انخفاض مساحة صنفي الملاءمة العالية والمعتدلة وزيادة صنف مستوى الملاءمة الضعيفة عند الأخذ في الحسبان قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي مقارنة بملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية. ويعود ذلك إلى أن قابلية الأرض على الإنتاج تأخذ في الحسبان متطلبات جميع المحاصيل الزراعية، في حين أن ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، قد أخذت في الحسبان متطلبات محاصيل القمح والشعير والذرة الصفراء فقط، متجاهلة بذلك متطلبات المحاصيل الأُخرى سواء أكانت حبوباً أم خضراوات.

الخريطة (٧): نماذج ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري بمحدد قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية في قضاء سهل أربيل لعام ٢٠١٩



المصدر: عمل الباحث، اعتماد على الخريطة (٦) .

وفي ضوء ما تقدم يمكن مناقشة أصناف ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل لعام ٢٠١٩ على النحو الآتي:

١- الملاءمة العالية S1: Very Suitable، شكل هذا الصنف مساحة قدرها ١٧٠.٥٥ كم^2 وبنسبة ١٣.٠٧% عند الأخذ في الحسبان القابلية الإنتاجية الزراعية للأرض، في حين شكلت مساحة الصنف نفسه نحو ٢٤٩ كم^2 بنسبة ١٩.٠٨% عند الأخذ في الحسبان ملاءمة الأرض الزراعية للمحاصيل الاستراتيجية، وقد توطن هذا الصنف في الجزء الشمالي الشرقي من قضاء سهل أربيل في الخريطتين كلتيهما، إذ إن المناطق الأبعد عن الأراضي الزراعية الخصبة والأقرب إلى المناطق الحضري في قضاء سهل أربيل، مع سيادة أرض ذات منحدرات تتطلب كلفة مرتفعة عند تحويلها إلى أرض حضرية. بلغ هذا الصنف مساحة قدرت بنحو ٣ أضعاف مساحة الأرض الحضرية البالغة ٤١.٤٢ كم^2 عام ٢٠١٩ وبواقع ١٧٠.٥٥ كم^2 عند أنموذج ملاءمة التوسع المساحي الحضري بمحدد قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي، في حين بلغ الصنف ذاته مساحة قدرت بـ ٥ أضعاف المساحة الحضرية ذاتها وبواقع ٢٤٩ كم^2 عند أنموذج ملاءمة التوسع المساحي الحضري بمحدد ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية. ينظر الجدول (٦).

الجدول (٦): مساحة مستويات ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل بمحددات قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية لعام ٢٠١٩

مستويات ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري	قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي		ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية	
	المساحة بالكم^2	%	المساحة بالكم^2	%
ملاءمة عالية	170.55	13.07	249	19.08
ملاءمة معتدلة	367.03	28.12	385.97	29.57
ملاءمة ضعيفة	670.32	51.35	572.93	43.89
منطقة حضرية	41.42	3.17	41.42	3.17
استيطان ريفي	55.97	4.29	55.97	4.29
المجموع	1305.3	100	1305.3	100

المصدر: عمل الباحث، اعتمادا على الخريطة (٥٥).

وهذا يعني أن هناك فائضاً في صنف الملاءمة العالية للتوسع المساحي الحضري يكفي لزيادة سكانية نحو أكثر من ٣ أضعاف عدد سكان الحضر المقدر عام ٢٠١٩ بمحدد قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي، مقابل أكثر من ٥ أضعاف لذات العدد المقدر، بمحدد ملامح الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية إن أُخذ جدلا أن التقديرات السكانية دقيقة.

٢- الملاءمة المعتدلة S2: Moderately Suitable، يعد هذا الصنف أقل ملاءمة على التوسع المساحي الحضري من الصنف السابق، لتوطنه القسم الأكبر من أراضي زراعية ذات قابلية إنتاجية متوسطة، فضلا عن ملاءمة متوسطة على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، تشغل هذه الأراضي مساحة قدرها ٣٦٧.٠٣ كم^2 وبنسبة ٢٨.١٢% من مجموع مساحة قضاء سهل أربيل، إذا ما استثنيت مساحة المنطقة الحضرية والاستيطان الريفي البالغة مجموعهما ٩٧.٤ كم^2 عند أنموذج ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري بمحدد قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي، أي ما يعادل نحو ٨ أضعاف المساحة الحضرية في قضاء سهل أربيل، مقابل الاضعاف نفسها التي شكلها ذات الصنف عند مشهد التوسع المساحي الحضري بمحدد ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، وبواقع ٣٨٥.٩٧ كم^2، أي ما يعادل ٢٩.٥٧% من مجموع

مساحة القضاء، ويمكن عده صنف الملاءمة المعتدلة مخزونا أرضيا احتياطيا يمكن الإفادة منه عند التوسع المساحي الحضري في المستقبل البعيد.

٣- ملاءمة ضعيفة S3: Marginally Suitable، يمثل هذا الصنف أقل المناطق ملاءمة على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل، لأسباب مختلفة منها ما يتعلق ببعد المناطق المتوطنة في هذا الصف عن الأراضي الحضري، وكذلك بعدها عن طرق النقل الرئيسة، والأهم من ذلك توطن مساحات كبيرة للأصناف العليا من قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية فيها، وإن أي استعمال حضري لهذه الأراضي سوف يؤدي بالنتيجة إلى فقدان أراض زراعية ذات جودة عالية لا يمكن تعويضها أبدا، وتشغل هذه الأراضي عند أنموذج التوسع المساحي الحضري بمحدد قابلية الأرض على الإنتاج ٥١.٣٥% من المساحة الكلية للقضاء سهل أربيل بواقع ٦٧٠.٣٢ كم^2، يقابلها عند الصنف نفسه نحو ٤٣.٨٩% من مساحة القضاء وبواقع ٥٧٢.٩٣ كم^2 في أنموذج التوسع المساحي الحضري بمحدد ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية. وهذا يعني أن نصف مساحة القضاء تقريبا هي ذات أراضٍ زراعية خصبة لا يجب استعمالها للأغراض الحضرية إن أُريد استدامة الأرض الزراعية بوصفها ثروة وطنية لا يمكن تعويضها في حال فقدانها.

٤- المحاكاة المكانية لمستقبل التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل حتى عام ٢٠٢٩

تعرف المحاكاة Simulation بأنها تقليد أو تمثيل لعمل نظام حقيقي عبر مدة زمنية معينة، وإنها تعمل على توليد تاريخ مصطنع للنظام؛ إذ يستعمل الحدث المشتق من المحاكاة لاستنتاج التغيرات والتفاعلات المختلفة التي قد تطرأ على النظام في حال اجرائها عليه في الواقع [٢٦]، فاذا كان الأنموذج يعبر عن تجسيد مادي أو رياضي لنظام ما (ظاهرة)، فإن المحاكاة هي طريقة لتشغيل الأنموذج عبر الزمن .[٢٧]

---

[٢٦] عدنان ماجد عبد الرحمن بري، النمذجة والمحاكاة باستعمال Excel, SIMAN, Arena and GPSS WORLD (General Purpose Simulation System)، جامعة الملك سعود، ٢٠٠٢، رابط الانترنت: http://www.abarry.net/or/SimulationBook.pdf .

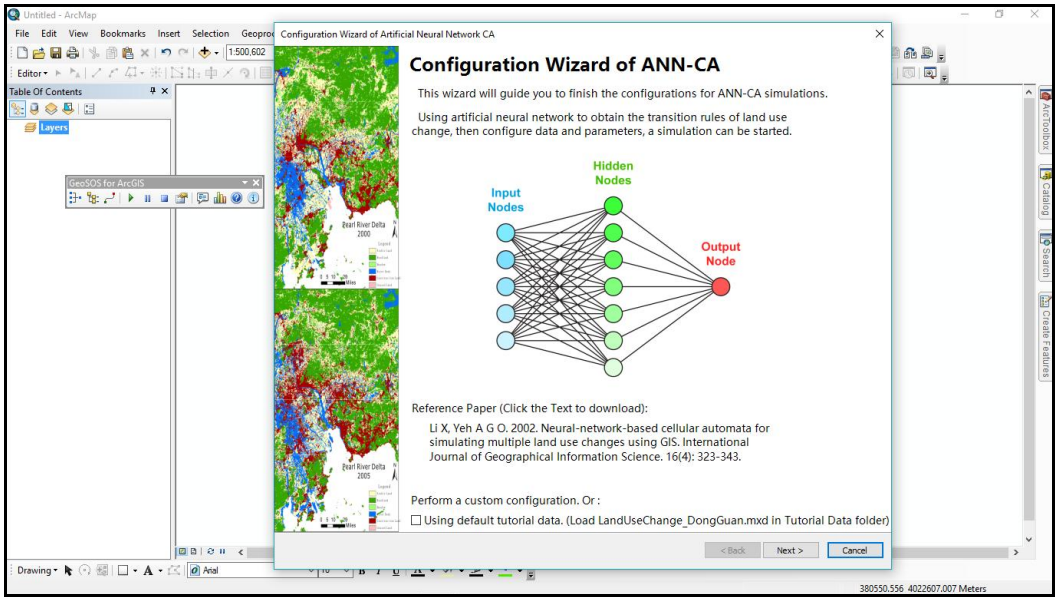
[27] James E. Coolahan, An Introduction to the Use of Modeling and Simulation Throughout the Systems Engineering Process, 2012, p. 5. Internet link: https://02f0a56ef46d93f03c90-22ac5f107621879d5667e0d7ed595bdb.ssl.cf2.rackcdn.com/sites/785/uploads/7422/Guide_to_Use_of_M-S_In_SE20151028-12012-mzlpec.pdf

بيد أن الغرض الرئيس من المحاكاة هو لمنع الاستعمال غير الكافي أو المفرط للموارد؛ إذ يتم تشغيلها في هذا المجال بدلا من الظاهرة الحقيقية للتقليل من مسألة عدم اليقين في سلوك الظاهرة الذي يأخذ سياق معين، والتوسع المساحي الحضري المزمن؛ لذلك تتطلب المحاكاة بدورها أنموذجاً رياضياً خاصاً مطوراً حاسوبياً، يشمل المدخلات والمخرجات مع أخذ عنصر الزمن في الحسبان .[٢٨]

٤-١ أنموذج المحاكاة المستعمل للتنبؤ بمستقبل التوسع المساحي الحضري:

اعتمد أنموذج المحاكاة المركب من الأتمتة الخلوية والشبكات العصبية الاصطناعية ANN-CA للتنبؤ بمستقبل التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل حتى عام ٢٠٢٩، وهو متوافر ضمن الامتداد GeoSOS Extension الذي طوره فريق عمل صيني، وعملوا على إجراء تحديثات له حتى عام ٢٠١٨، ليعمل مع بيئة نظم المعلومات الجغرافية ضمن برنامج ArcGIS Desktop مع الاصدارة ١٠.٢ وكذلك الاصدارات الأحدث، ينظر الشكل (٢).

الشكل (٢): أنموذج المحاكاة **ANN-CA** في الامتداد **GeoSOS** ضمن برنامج **ArcGIS Desktop** ١٠.٦.١



المصدر : http://www.geosimulation.cn

يعمل أنموذج المحاكاة ANN-CA على وفق لقوانين الانتقال تسمى بلعبة الحياة Game of Life في الأتمتة الخلوية CA، مع تحكم ذكي في قوانين الانتقال من لدن الشبكة العصبية المدمجة به. هذه الشبكة العصبية تعمل بدورها على دراسة تغير التوسع

(28) Anu Maria, Introduction to Modeling and Simulation, Proceedings of the 29th conference on Winter simulation, 1997, p.p. 7-13.

المساحي الحضري على الأنموذج المكاني بالصيغة الخلوية Raster في مدتين زمنيتين ماضيتين والتدرب عليهما، ثم تتنبأ بأنموذج مكاني ثالث في مدة زمنية لاحقة (سنة الأساس)، وفي خطوة ثانية تعمل على مقارنة الأنموذج المكاني المنتج مع أنموذج مكاني حقيقي في المدة الزمنية نفسها المتنبئ بها، ثم تُعاير النتائج Calibrated على أساسه للتنبؤ بالأنموذج الهدف.

وعلى الجانب الآخر، تعمل الشبكة العصبية على استقبال حدود شرطية Boundary Condition للتحكم في سيناريو التوسع المساحي الحضري بدلالة تلك الحدود، بمعنى آخر، يتم التعبير عن صنف المساحة الحضرية بوصفه أحد أصناف استعمالات الأرض في الأنموذج المكاني بوصفه متغيراً تابعاً، في حين يمثل الأنموذج المكاني المعني بملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري بوصفه متغيراً مستقلاً يعمل على توجيه التوسع المساحي الحضري عند عملية المحاكاة نحو سيناريو معين، ويقيس المتغير التابع (ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري) بالمنطق المضبب Fuzzy Logic في احدى الدوال الرياضية الخاصة بالتضبيب Fuzzification، بما يتناسب و المفاهيم الجغرافية المعتمدة في عملية المحاكاة، ذلك للحصول على مديات عددية محصورة بين الـ ٠ والـ ١، من أجل توجيه التوسع الحضري نحو ذات السيناريو، وبذلك يمثل الرقم ١ في الوحدة الصورية أعلى قيمة لتحويل استعمالات الأرض إلى أرض حضرية، في حين يمثل الرقم ٠ أقل قيمة لتحويل الأرض إلى أرض حضرية، وهكذا تكون عملية تحويل الوحدة الصورية من استعمال ما إلى استعمال حضري بما يتناسب و نظام الأتمتة الخلوية من جانب، والتحكم في قوانين الانتقال بالذكاء الاصطناعي من جانب آخر. ويتم التعبير رياضيا عما ذكر، على وفق للمعادلات الآتية :[٢٩]

$$X= [x_1, x_2, \ldots\ldots x_n]^T$$

إذ إن:

(x_i)) هي العصبون i) Neuron) في طبقة الإدخال.

أما في الطبقة المخفية تقدر الإشارة المستلمة من العصبون (j) من عصبونات الإدخال على خلية الشبكة p عند الزمن t، كما في المعادلة الآتية:

[29]Xiaoping Liu, et al., A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects, Landscape and Urban Planning, Vol. 168, 2017, p. 97.

$$net_j\ (p,t) = \sum_i \quad w_{ij} \times x_i\ (p,t)$$

إذ إن:

$net_j\ (p,t)$ هي الإشارة المستلمة من لدن العصبون (j) في الطبقة المخفية، $x_i\ (p,t)$ هو المتغير (i th)) المرتبط بعصبون الإدخال (i) على خلية الشبكة (p) عند زمن التدريب (t)، أما (w_{ij}) فهي الوزن التكيفي ما بين طبقة الإدخال والطبقة المخفية التي يتم معايرتها في أثناء عملية التدريب.

إن العلاقة ما بين الطبقة المخفية وطبقة الإخراج تتحدد بدالة التفعيل الجيبية Sigmoid التي تكون فاعلة في بناء علاقة ارتباط ما بين الطبقة المخفية وطبقة الإخراج، كما في المعادلة الآتية:

$$\text{Sigmoid}\left(net_j\ (p,t)\right) = \frac{1}{1+e^{-net_{j(p,t)}}}$$

إذ إن:

كل عصبون في الطبقة الخارجية يقابل نوع استعمال أرض معينة، أما قيمة العصبون (i th)) في طبقة الإخراج تولد قيمة تمثل احتمالية حدوث نوع استعمال أرض (i th)) على الوحدة الصورية، إذ تشير القيمة العالية إلى أن الوحدة الصورية المخصصة، لها احتمالية حدوث أعلى لنوع استعمال الأرض الهدف واحتمالية حدوث استعمال الأرض نوع (k) على الوحدة الصورية p)) عند زمن التدريب (t)، ويعبر عنها بقيمة الـ P(p,k,t) التي تقدر طبقا للمعادلة الآتية:

$$P(p,k,t) = \sum_j \quad w_{j,k} \times sigmoid\left(net_j(p,t)\right) = \sum_j \quad w_{j,k} \times \frac{1}{1+e^{-net_{j(p,t)}}}$$

إذ إن:

($w_{j,k}$) هو الوزن التكيفي ما بين الطبقة المخفية وطبقة الإخراج وبشكل مشابه للـ (w_{ij}) الذي يتم معايرته في أثناء عملية التدريب، وبعد عملية التدريب، تتم معايرة كل من (w_{ij}) و($w_{j,k}$) ثم معايرتهما مرة ثانية باستعمال قواعد بيانات التدريب، وبعد بناء أنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية، يمكن استعمالها لتقدير احتمالية حدوث صنف الاستعمال الحضري من بقية استعمالات الأرض الأُخرى في وحدة صورية معينة.

٤-٢ تحديد سيناريوهات التوسع المساحي الحضري حتى عام ٢٠٢٩

يعد السيناريو Scenario أداة فاعلة لتوسيع وجهات النظر وتوجيه الاسئلة وتحدي التفكير التقليدي حول المستقبل، أي أنه صورة ممكنة للمستقبل تشير إلى "ما يمكن للعلم قوله وما لا يمكنه قوله" حول الخيارات المستقبلية للسياسة المتبعة من صناع القرار[٣٠]؛ لذلك فهي تمكن المخططين وصناع القرارات من التوقع واستكشاف المستقبل المحتمل وتقييم العواقب المرتبطة به جراء استراتيجيات السياسة المختلفة، فضلا عن أن السيناريو – على نحو عام – مفيد للذين يحتاجون إليه من أجل التعامل مع التحديات المتوقعة والإفادة من الفرص المتوقعة أيضا .[٣١]

والسيناريوهات على نوعين، اما أن تكون تنبؤيه Predictive Scenarios تعمل على استكشاف المستقبل المحتمل، استنادا إلى دراسة التغيرات الماضية مع الحاضر من جانب، والتنبؤ بالمستقبل في حال تكرار الظروف الماضية نفسها من جانب آخر. وإما أن تكون معيارية Standard Scenarios تعمل على استكشاف المستقبل المفضل، استنادا إلى دراسة التغيرات الماضية مع الحاضر من جانب، وإدخال حدود شرطية Boundary Condition بوصفه متغيرات مستقلة توجه الحدث نحو سياق مرغوب به من جانب ثان، ثم التنبؤ بالمستقبل عند السياق نفسه من جانب ثالث، لذلك يسمى هذا النوع من السيناريوهات بـ (ماذا لو What if).

وفي ضوء ما ذُكر، تم تحديد ثلاثة سيناريوهات للتوسع المساحي الحضري المحتمل في قضاء سهل أربيل حتى عام ٢٠٢٩، بمنظور استدامة الأراضي الزراعية المتوطنة فيه عند استعمال أنموذج المحاكاة ANN-CA، على النحو الآتي:

١- السيناريو (١): وهو سيناريو معياري يقتضي وجوب التوسع المساحي الحضري لمراكز نواحي قضاء سهل أربيل كنتيجة حتمية للتحضر الناتج عن زيادة عدد سكان الحضر، إلا أن هذا التوسع سوف يأخذ في الحسبان استدامة الأرض الزراعية لجميع المحاصيل سواءً أكانت حبوباً أم خضراوات، وعدم التجاوز على الأصناف العليا منها قدر الإمكان؛ لذلك يجب إدخال الأنموذج الخرائطي المعني بملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري على وفق محدد قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي كحد شرطي عند عملية المحاكاة.

---

[30] Olivier Therond, et al., Methodology to translate policy assessment problems into scenarios: the example of the SEAMLESS integrated framework, Environmental Science & Policy, Vol. 12, No. 5, 2009, p. 620.

[31] Lena Bo¨ Rjeson, et al., Scenario types and techniques: Towards a user's guide, Futures, Vol. 38, No. 7, 2006, p. 726.

٢- السيناريو (٢): وهو سيناريو معياري أيضا، يقتضي وجوب التوسع المساحي الحضري لمراكز نواحي قضاء سهل أربيل نتيجة حتمية للتحضر الناتج عن زيادة عدد سكان الحضر، إلا أن هذا التوسع سوف يأخذ في الحسبان استدامة الأرض الزراعية الصالحة لزراعة المحاصيل الاستراتيجية فقط، من قمح وشعير وذرة صفراء وعدم التجاوز على الأصناف العليا منها قدر الإمكان على اعتبار أنها تدخل في الأمن الغذائي القومي، لكونها تسهم في تحقيق الاكتفاء الذاتي من الغذاء الرئيس الذي تحتاجه الدول النامية، ومن ضمنها قضاء سهل أربيل في إقليم كوردستان العراق؛ لذلك يجب إدخال الأنموذج المكاني المعني بملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري على على وفق محدد ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، كمحدد شرطي عند عملية المحاكاة.

٣- السيناريو (٣): وهو سيناريو تنبؤي، يقتضي وجوب التوسع المساحي الحضري لمراكز نواحي قضاء سهل أربيل نتيجة حتمية للتحضر الناتج عن زيادة عدد سكان الحضر، ولم يأخذ في الحسبان استدامة الأراضي الزراعية، إنما يكتفي بسياقات التوسع المساحي الحضري التي حدثت بين الماضي والحاضر ثم يعمل على اسقاطها في المستقبل المحدد؛ لذلك سوف يتطلب أنموذجاً خرائطياً ذا سطح خلوي تكون قيمة الوحدة الصورية فيه تساوي ١ بالمنطق المضبب، كمحدد شرطي عند عملية المحاكاة.

٤-٣ تضبيب الحدود الشرطية:

التضبيب عملية تحويل القيم الرقمية الأصلية إلى متغيرات الظاهرة الجغرافية (الحدود الشرطية) إلى إمكانية انتماء هذه القيم إلى مجموعة محددة، أي أن القيم الأصلية للمتغير يعاد تصنيفها عبر دوال عضوية Membership Functions يحددها الباحث باعتماد رؤيته الجغرافية لطبيعة المتغير، ومدى تأثيره على الظاهرة قيد البحث .[٣٢]

يتم التعريف المثالي للعضوية في المجموعة الضبابية عبر حساب القيم المركزية للبيانات، أي القيم الأكثر تكرارا في المجموعة على المدرج التكراري بالمقياس الضبابي Fuzzy Scale، التي تبلغ قيمتها عند التضبيب (٠.٥) وهي تسمى بنقطة الانتقال Transition Point. هذه القيمة تعد وسطية ما بين الانتماء التام للمجموعة (١)، واللا انتماء (٠)؛ لذلك يتم اتخاذ القرار بمدى انتماء القيم في المجموعة أو صنف ما عبر نقطة الانتقال، فإذا تحركت القيم المضببة نحو الانخفاض عن نقطة الانتقال، فتقل عندئذ احتمالية انتماء القيم الأصلية للمتغير الجغرافي إلى المجموعة أو الصنف، أما إذا تحركت القيم

[32] Jana Vojteková & Matej Vojtek, GIS-Based Landscape Stability Analysis: A Comparison of Overlay Method and Fuzzy Model for the Case Study in Slovakia, The Professional Geographer, Vol. 71, No. 4, 2019, p. 4.

المضببة نحو الارتفاع عن نقطة الانتقال، ستزيد عندئذ احتمالية انتماء القيم الأصلية للمتغير الجغرافي (الحد الشرطي) إلى المجموعة أو الصنف[٣٣]. إن ما يحدد مدى درجة انتماء العضوية فوق أو من دون نقطة الانتقال هي الدوال العضوية، وقد اعتمد في تضبيب الحدود الشرطية للسيناريوهات المحددة آنفا بغية الشروع بعملية المحاكاة في تشغيل الأنموذج ANN-CA، الدالة العضوية للقيم الكبيرة Fuzzy Large Membership، من بين مجموعة دوال عضوية أدرجها معهد أبحاث النظم البيئية ESRI بوصفها أدوات في الامتداد Spatial Analyst التابع لبرنامج ArcGIS desktop 10.X.

تعمل الدالة Fuzzy Large على تضبيب البيانات المدخلة بذات الصفات الأصلية الموروثة في البيانات، أي أن القيم الأصلية العالية تتحول إلى قيم مضببة عالية، إذ تعمل الدالة على رفع احتمالية أن تكون القيم عضوا في المجموعة، والقيم الأصلية الواطئة تتحول إلى قيم مضببة واطئة، أي تعمل الدالة على خفض احتمالية أنْ تكون القيم عضوا في المجموعة[٣٤]، كما في المعادلة الآتية:-

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_2}\right)^{f_1}}$$

إذ إن:

(x) = الفئة أو الصنف، $\mu(x)$ = قيمة العضوية في الفئة (x)، (f_2) = نقطة الانتقال، (f_1) = انتشار الدالة Spread of the function.

وبناء على ذلك تم استعمال الدالة Fuzzy Large في تضبيب أنموذجي ملاءمة الأرض على التوسع المساحي الحضري بمحدد قابلية الأرض على الإنتاج وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، أما من حيث إمكانية الحصول على سطح خلوي مضبب بالقيمة (١) فقط، فيمكن ضرب أي أنموذج مكاني خلوي بقيمة (٠) مع جمعه بقيمة (١) بغية الحصول على أنموذج مكاني ذي سطح خلوي بالمنطق المضبب بقيمة تساوي (١)، وذلك على وفق المعادلة التي وضعها الباحثون على النحو الآتي:

Fuzzy value (1) = (AnyCarto-model(0 * +1

(33) Yu N Mironova, Use of fuzzy sets in modeling of GIS objects, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1015, No. 3, 2018, p.5.

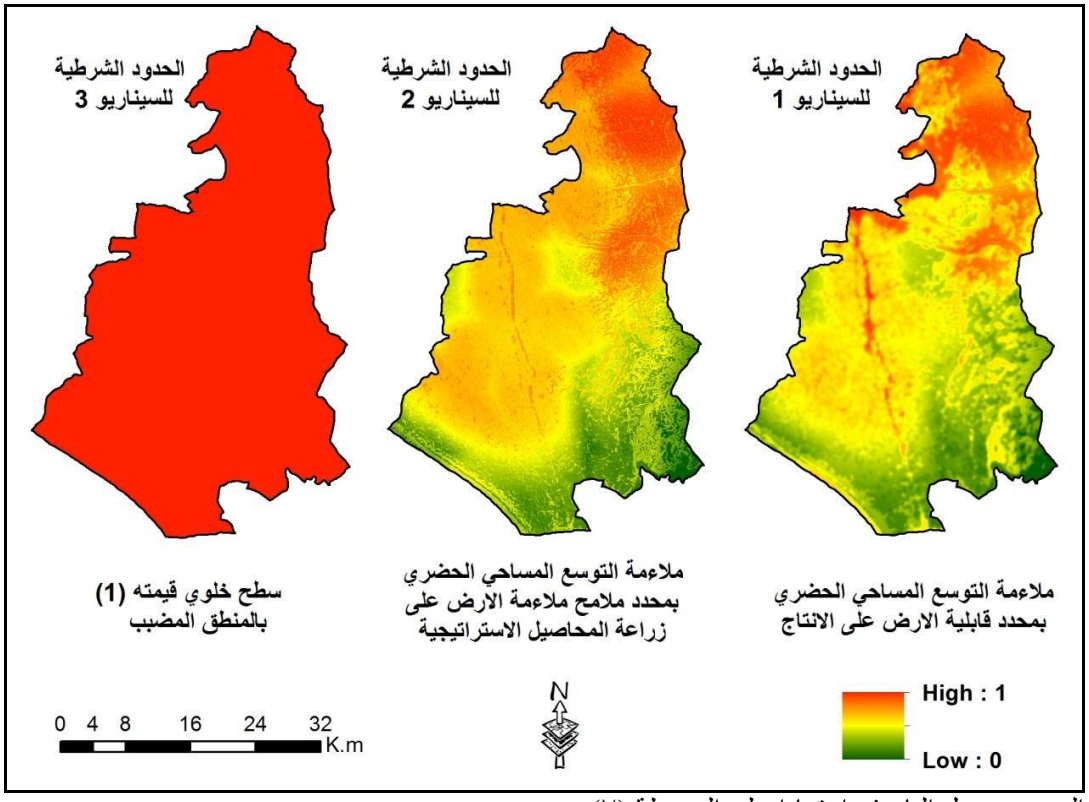
(34) Theodosios Kritikos and Tim Davies, Assessment of rainfall-generated shallow landslide/ debris-flow susceptibility and runout using a GIS-based approach: application to western Southern Alps of New Zealand, Landslides, Vol. 12, No. 6, 2015, p.1055.

إذ إن:

Fuzzy value (١) = السطح الخلوي المضبب بقيمة (١)، AnyCarto-model = أي أنموذج خرائطي ذو سطح خلوي مستمر.

وبذلك تم الحصول على النماذج المكانية المقيسة بالمنطق المضبب لتصبح جاهزة للإدخال بوصفها حدوداً شرطية في أنموذج المحاكاة ANN-CA، ينظر الخريطة (٨).

الخريطة (٨): النماذج الخرائطية للحدود الشرطية المقيسة بالمنطق المضبب والداخلة في أنموذج المحاكاة **ANN-CA**



المصدر: عمل الباحث، اعتمادا على الخريطة (٧).

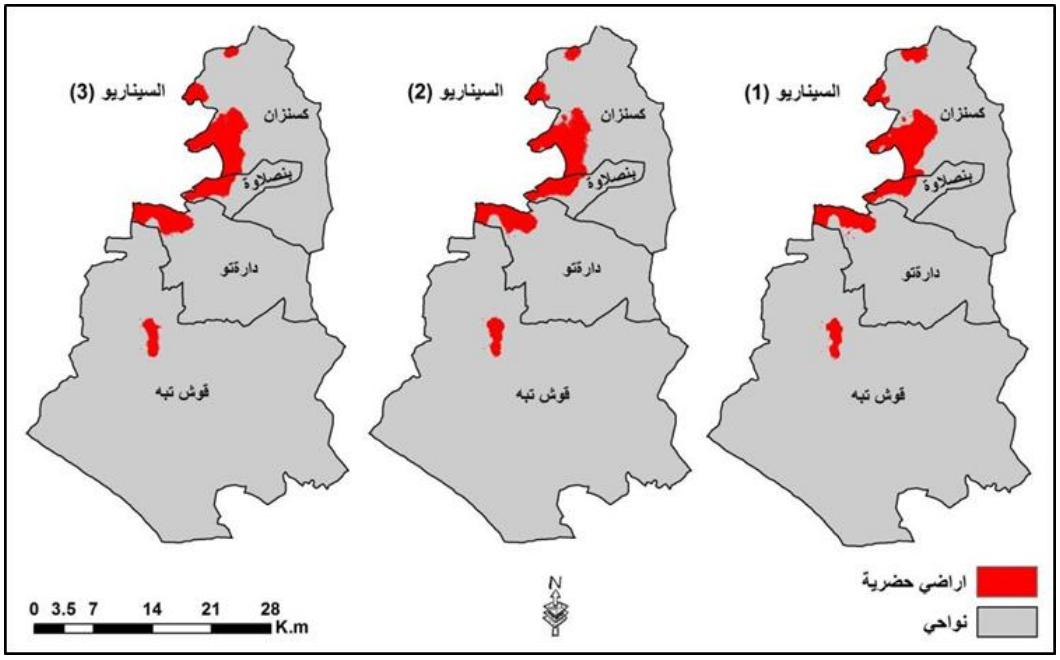
٤-٤ توقعات التوسع المساحي الحضري حسب السيناريوهات المعتمدة حتى عام ٢٠٢٩

أظهرت المحاكاة المكانية باستعمال الأنموذج ANN-CA، ثلاثة أنماط من التوسعات المساحية الحضرية لقضاء سهل أربيل استنادا إلى السيناريوهات المحددة، المعنية باستدامة الأراضي الزراعية، وكما هو متوقع سوف يستمر التوسع المساحي الحضري من عام ٢٠١٩ إلى ٢٠٢٩ في جميع السيناريوهات بسبب زيادة الطلب على الأرض الحضرية المدفوع بزيادة السكان، وهذه الأنماط هي:

١- السيناريو (١): في هذا النمط من التوسع سوف تصل مساحة الأرض الحضرية نحو ٦٧.٩٢ كم^2 عام ٢٠٢٩، وبزيادة مقدارها ٢٦.٥ كم^2 عن عام ٢٠١٩، أي ما تعادل ٢٦٥٠ هكتارا. وهذه النتيجة تفند تماما ما تم تقديره من احتياجات السكان المتوقعة للأرض

الحضرية لعام ٢٠٢٩، فاذا اعتمد جدلا نصيب الفرد من الأرض الحضرية الذي حسب سابقا لعام ٢٠١٩، البالغ ١٩٨.٩ م^2 (يراجع الجدول ٢٤)، فسيكون – بالاستعاضة – عدد سكان الحضر في قضاء سهل أربيل لعام ٢٠٢٩ حسب السيناريو (١) نحو ٣٤١٤٧٨ نسمة[٣٥(***)]، أي بفارق مقداره نحو ٦٣٤٨٦ نسمة عن عدد السكان الذي تم توقعه سابقا باستعمال معادلتي الوسط الهندسي والاسقاط السكاني البالغ ٢٧٧٩٩٢ نسمة، وهذا يدل على عدم دقة الإحصاءات السكانية من جانب، وإن معادلة الوسط الهندسي تعتمد الزيادة الطبيعية للسكان من دون عامل الهجرة من جانب آخر، سواءً أكان عامل الهجرة من ريف قضاء سهل أربيل نحو المراكز الحضرية لنواحيه، أم توسع مدينة أربيل المتاخمة للقضاء من جانبه الغربي نحو أراضيه وما يترتب على ذلك، انتقال السكان من الحيز الحضري للمدينة نحو أطرافها الجديدة بفعل الزيادة السكانية. ينظر الخريطة (٩) والجدول (٧).

الخريطة (٩): مستقبل التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل على على وفق للسيناريوهات المعتمدة حتى عام ٢٠٢٩



[٣٥(***)] تمت عملية التعويض للوصول إلى عدد السكان المتوقع بدلالة المساحة الحضرية الناتجة عن المحاكاة الخرائطية على على وفق المعادلة التي وضعها الباحثون على النحو الآتي: -

عدد السكان المتوقع لعام ٢٠٢٩=

مساحة الأرض الحضرية التي تمت محاكاتها لذات العام بالكم 198.9 / 1000000 * ^{2}

إذ تضرب المساحة بالكم ^{2}في مليون لتحويلها على م^2، ثم يقسم الناتج على الرقم (١٩٨.٩) بوصفه نصيب الفرد من الأرض الحضرية المقاس سنة ٢٠١٩.

الجدول (٧): فقدان الأراضي الزراعية المتوقع بالتوسع المساحي الحضري على على وفق لمنظور قابلية الأرض على الإنتاج وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية في قضاء سهل أربيل عام ٢٠٢٩

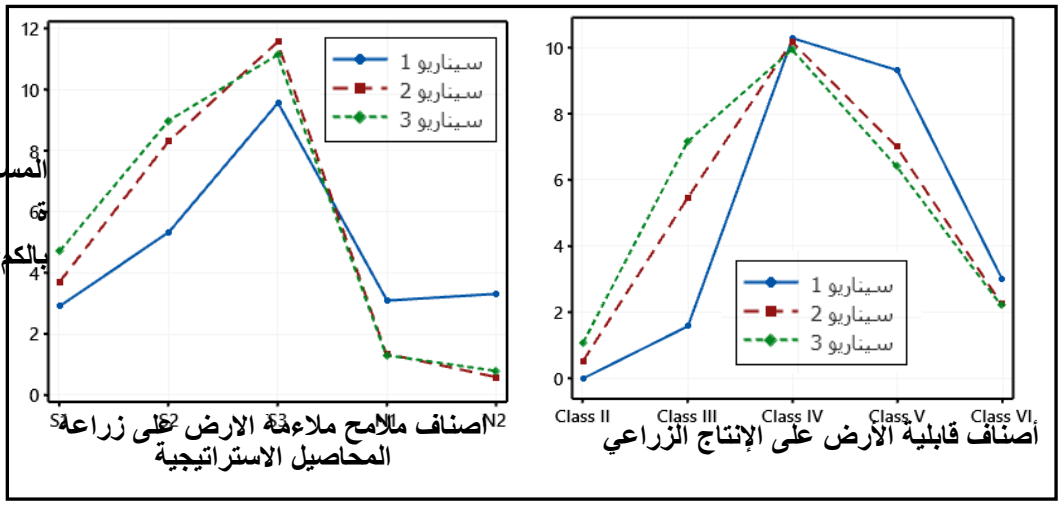
التوسع المساحي الحضري	المساحة بالكم^2		
	سيناريو **1**	سيناريو **2**	سيناريو **3**
مساحة الأرض الحضرية عام ٢٠١٩	41.42	41.42	41.42
مساحة الأرض الحضرية عام ٢٠٢٩	67.92	68.59	68.65
زيادة المساحة الحضرية بين عامي ٢٠١٩ – ٢٠٢٩	26.5	27.17	27.23
فقدان الأراضي بمنظور قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي	سيناريو1	سيناريو2	سيناريو3
Class II	0	0.52	1.07
Class III	1.58	5.46	7.17
Class IV	10.29	10.15	9.96
Class V	9.32	7.02	6.45
Class VI	3.01	2.26	2.24
انضمام الاستيطان الريفي إلى المساحات الجديدة للأرض الحضرية	2.31	1.76	0.34
المجموع	26.5	27.17	27.23
فقدان الأراضي بمنظور ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية	سيناريو1	سيناريو2	سيناريو3
S1	2.91	3.7	4.7
S2	5.33	8.3	8.99
S3	9.55	11.52	11.17
N1	3.09	1.33	1.29
N2	3.31	0.56	0.79
انضمام الاستيطان الريفي إلى المساحات الجديدة للأرض الحضرية	2.31	1.76	0.29
المجموع	26.5	27.17	27.23

المصدر :عمل الباحث، اعتمادا على الخرائط (2)، (7)، (8)و .(9)

وعلى الجانب الآخر، يشير التوقع على وفق للسيناريو (١) إلى أن التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل حتى عام ٢٠٢٩ سوف يحدث بحذر شديد من حيث عدم تجاوزه – قدر الإمكان – على الأراضي الزراعية ذات القابلية الإنتاجية العالية، كذلك الحال بالنسبة للأراضي ذات الملاءمة العالية على زراعة المحاصيل الاستراتيجية؛ إذ سوف يتوجه التوسع الحضري نحو الأصناف الدنيا من تلك الأراضي.

تبعا لذلك سوف يكون هناك عدم تجاوز على أي من الأراضي الزراعية ذات صنف القابلية الإنتاجية ((Class II، مع خسارة الأراضي الزراعية ذات صنف القابلية ((Class III بمساحة تقدر نحو ١.٥٨ كم^2، وهي أقل خسارة سوف تسجل للصنف نفسه مقارنة بالسيناريوهين (٢) و(٣)، وسوف يزيد فقدان الأراضي الزراعية في هذا السيناريو عند الأصناف الدنيا لقابلية الأرض على الإنتاج على نحو أكبر من السيناريوهين (٢) و(٣)، إذ سوف يتوجه التوسع المساحي الحضري نحو قضم الأراضي الزراعية ذات الأصناف (Class IV، Class V وClass VI) بمساحات قدرها ١٠.٢٩ كم^2، ٩.٣٢ كم^2 و٣.٠١ كم^2 على التوالي، وهي أعلى من المساحة التي ستُفقد من ذات الأصناف، مقارنة بالسيناريوهين (٢) و(٣)، والأمر نفسه ينطبق على فقدان أصناف ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، إذ توقع السيناريو (١)، بأن هناك أقل فقدان للأراضي الزراعية ذات الأصناف العليا والمتوسطة (S1، ٢S و٣S) بمساحات تقدر بنحو ٢.٩١ كم^2 و٥.٣٣ كم^2 و٩.٥٥ كم^2 على التوالي، مقارنة بالسيناريوهين (٢) و(٣)، مع أعلى فقدان للأراضي ذات الأصناف غير الملائمة لزراعة المحاصيل الاستراتيجية ١N) و٢N) بمساحة تقدر بنحو ٣.٠٩ كم^2 و٣.٣١ كم^2 على التوالي، مقارنة بالسيناريوهين (٢) و(٣)؛ لذلك سوف يتوجه التوسع المساحي الحضري في هذا السيناريو نحو ضم أعلى مساحة من الاستيطان الريفي تقدر بـ ٢.٣١ كم^2، مقارنة بالسيناريوهين (٢) و(٣)، ينظر الجدول (٧)، والشكل (٣).

الشكل (٣): فقدان الأراضي الزراعية المتوقع بالتوسع المساحي الحضري على وفق منظور قابلية الأرض على الإنتاج وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية في قضاء سهل أربيل عام ٢٠٢٩



المصدر: عمل الباحث، اعتمادا على الجدول (٧).

٢- السيناريو (٢): في هذا النمط من التوسع سوف تصل مساحة الأرض الحضرية نحو ٦٨.٥٩ كم^2 عام ٢٠٢٩، وبزيادة مقدارها ٢٧.١٧ كم^2 عن عام ٢٠١٩، أي ما تعادل ٢٧١٧ هكتارا، وبذلك يتوقع أن يكون عدد سكان الحضر لعام ٢٠٢٩ نحو ٣٤٤٨٤٧ نسمة؛ إذا ما أخذ في الحسبان نصيب الفرد من الأرض الحضرية لعام ٢٠١٩ البالغ ١٩٨.٩ م^2. تزيد الأرض الحضرية في السيناريو (٢) عن السيناريو (١) بمساحة تقدر نحو ٠.٦٧ كم^2، أي ما تعادل ٦٧ هكتارا، بسبب اهتمام السيناريو (٢) باستدامة الأرض بمنظور ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية فقط مع إهمال المحاصيل الزراعية الأُخرى. مما سوف ينعكس ذلك على تباين فقدان الأرض الزراعية، سواءً أكان ذلك بمنظور قابلية الأرض على الإنتاج أم بملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية بين السيناريو (٢) و(١)، ينظر الخريطة (٩) والجدول (٧) والشكل (٣).

بناء على ذلك تشير التوقعات إلى أن التوسع المساحي الحضري سوف يعمل على قضم الأرض الزراعية عند الأصناف العليا من قابلية الأرض على الإنتاج (Class II وClass III)، بمساحات تقدر نحو ٠.٥٢ كم^2 و٥.٤٦ كم^2 كذلك الحال بالنسبة للأراضي الزراعية ذات الأصناف العليا من ملامح ملاءمة الأرض على زراعة المحاصيل الاستراتيجية (S١ وS٢)، بمساحات تقدر نحو ٣.٧ كم^2 و٨.٣ كم^2، وهكذا سيكون الفاقد من مساحة الأراضي الزراعية ذات الأصناف العليا من قابلية الأرض على الإنتاج وملامح

ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، أعلى من مساحة الأصناف نفسها عند السيناريو (١) وأقل من مساحة ذات الأصناف عند السيناريو (٣).

وعلى الجانب الآخر سيكون هناك فقدان لمساحات الأراضي الزراعية ذات الأصناف الدنيا من قابلية الأرض على الإنتاج وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية عند السيناريو (٢) أدنى من مساحات الأصناف ذاتها مقارنة بالسيناريو (١)، واعلى من مساحات الأصناف ذاتها مقارنة بالسيناريو(٣)، وهذا سوف ينطبق أيضاً على المساحة التي سوف تنضم من الاستيطان الريفي إلى الأرض الحضرية، من حيث انها أقل من ذات المساحة عند السيناريو (١)، واكبر عند السيناريو (٣)، ينظر الجدول (٧) والشكل (٣).

٣- السيناريو (٣): في هذا النمط من التوسع، سوف تصل مساحة الأرض الحضرية نحو ٦٨.٦٥ كم^2 عام ٢٠٢٩، وبزيادة مقدارها ٢٧.٢٣ كم^2 عن عام ٢٠١٩، أي ما تعادل ٢٧٢٣ هكتارا. وبذلك يتوقع ان يكون عدد سكان الحضر لعام ٢٠٢٩ نحو ٣٤٥١٤٨ نسمة، إذا ما أخذ في الحسبان نصيب الفرد من الأرض الحضرية لعام ٢٠١٩ البالغ ١٩٨.٩م^2، كما سوف يسجل التوسع المساحي الحضري أعلى مساحة مقارنة بالسيناريوهين (٢) و(١)؛ لكونه سوف يهمل تماما استدامة الأرض الزراعية، قاضما بذلك الأراضي الزراعية الأقرب فالأقرب، عندها سوف تُفقد أكبر مساحة من الأراضي الزراعية عند الأصناف العليا من قابلية الأرض على الإنتاج، وملامح ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، مقارنة بالسيناريوهين (١) و(٢)، وأدنى مساحة عند الأصناف الدنيا مقارنة بالسيناريوهين.

الاستنتاجات:

١- تعتمد النمذجة المكانية لملاءمة الأرض التوسع المساحي الحضري خصوصية الحيز المكاني المدروس من حيث انتخاب المتغيرات المؤثرة في رسم مستويات الملاءمة على سطح الخريطة شريطة أن تكون الأوزان مستنبطة من نظم دعم القرار المكاني وليس من الاجتهادات الشخصية في تعيين أوزان المتغيرات حتى يتم الحكم بموضوعية عن مشهد ملاءمة التوسع المساحي الحضري في المنطقة المدروسة.

٢- هناك توسع مستمر للأراضي الحضرية على حساب الأراضي الزراعية في قضاء سهل أربيل، وبمستويات مساحية قافزة، للمدة (٢٠٠٢-٢٠١٩)، في حين يتوقع أن تزيد المساحة حتى عام ٢٠٢٩ بزيادة مقدارها ٢٧ كم^2، إذا ما أُخذ معدل الزيادة المساحية للأرض الحضرية بين السيناريوهات المختلفة، وبذلك فإن قضاء سهل أربيل سيفقد صفته الزراعية بمرور الزمن متوجها نحو التحضر، في حال غياب التخطيط.

٣- يتميز قضاء سهل أربيل بملاءمة جيدة على التوسع المساحي الحضري عند الأخذ في الحسبان عدم التجاوز – قدر الإمكان – على الأراضي الزراعية ذات الأصناف الجيدة بمنظور قابلية الأرض على الإنتاج الزراعي، فضلا عن ملاءمتها على زراعة المحاصيل الاستراتيجية، وفي حال اعتماد بيانات السكان المقدرة وافتراض أنها صحيحة، فيتوقع أنها تكفي لزيادة سكانية نحو ٣ أضعاف العدد المقدر للسكان لعام ٢٠١٩، إذ ما أخذ في الحسبان استدامة الأرض لجميع المحاصيل الزراعية. و٥ أضعاف العدد المقدر للسكان للعام نفسه، إذا ما أخذ في الحسبان استدامة الأرض لزراعة المحاصيل الاستراتيجية.

٤- بينت السيناريوهات الخرائطية التي أنتجها أنموذج المحاكاة ANN-CA حول معدل الزيادة المساحية للأرض الحضرية التي قدرت بنحو ٢٧ كم^2 حتى عام ٢٠٢٩ أن في حال استمرار التوسع المساحي الحضري بالوتيرة المتوقعة ذاتها، سوف يكون صنف الملاءمة العالية على التوسع المساحي الحضري في قضاء سهل أربيل كافيا لاستيعاب الأرض الحضرية لـ ٦٠ سنة أخرى عند الأخذ في الحسبان استدامة الأرض لجميع المحاصيل الزراعية، ونحو ٩٠ سنة أخرى عند الالتزام باستدامة الأراضي لزراعة المحاصيل الاستراتيجية فقط.

Spatial Simulation of Urban Expansion Using Artificial Intelligence in GIS: Erbil plain district as a model

Omar Abdullah Ismaeel
Assistant Prof.

Dr. Layth Hassan Omar
Assistant Prof.

Rayan Ghazi Thannoun
Assistant Prof.

Abstract:

The phenomenon of urban spatial expansion at the expense of agricultural lands is increasing day by day. Although urban areas represent only a small part of the Earth's surface, their rapid expansion has led to significant changes in the natural landscape and the irreversible loss of fertile lands. These lands are considered a national asset that, if properly utilized, can contribute to the country's prosperity. On the other hand, continuous population growth has been a driving force behind urban expansion at the expense of agricultural lands, a phenomenon observed worldwide, particularly in developing countries. It is expected that the urban population will exceed 60% by 2030, with 90% of the increase occurring in developing countries, according to the United Nations projections.

This research aims to address a significant problem derived from the following questions: "What are the future scenarios for urban spatial expansion in the Sahl Erbil District while considering the sustainability of agricultural lands? And do these scenarios vary at the level of urban nuclei within the district?", The current study utilizes GIS in the process of future spatial simulation of urban spatial expansion at the expense of agricultural lands in the Sahl Erbil District. The objective is to identify potential future scenarios for the desired expansion until 2029 using the Artificial Neural Network (ANN) model within the GeoSOS software in GIS.

The research has reached several conclusions, most notably that the spatial scenarios generated by the ANN-CA simulation model indicate an estimated increase rate of urban land of about 27 km² by 2029. If the urban spatial expansion continues at the expected pace, the high suitability class for urban expansion in the Sahl Erbil District would be sufficient to accommodate urban land for another 60 years while considering the sustainability of all agricultural crops. Furthermore, it would accommodate urban land for approximately 90 more years if the sustainability of lands is committed solely to strategic crop cultivation.

المصادر والهوامش :

YE Yuyao, et al., Construction of an ecological resistance surface model and its application in urban expansion simulations, Journal of Geographical Sciences, Vol. 25, No. 2, 2015

جمهورية العراق، إقليم كوردستان، وزارة الداخلية، دائرة محافظة أربيل، قائمقامية قضاء سهل أربيل، الشعبة الإدارية، كتاب إعلان سهل أربيل كقضاء ضمن محافظة أربيل، المرقم ٣٧٢، لسنة ٢٠٠٢.

William Robert Avis, Urban Expansion in Nigeria. K4D Helpdesk Report 692. Brighton, UK: Institute of Development Studies, 2019

Alireza Sharifi and Mohammad Hosseingholizadeh, The Effect of Rapid Population Growth on Urban Expansion and Destruction of Green Space in Tehran from 1972 to 2017, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 47, No. 6, 2019

جمهورية العراق، وزارة الاعمار والاسكان، الهيئة العامة للإسكان، شعبة الدراسات، كراس معايير الإسكان الحضري، ٢٠١٠.

Siamak Khorram, et al. Remote Sensing, Springer, New York, USA, 2012

Wafi Al-Fares, Historical Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing - A Case Study of the Euphrates River Basin in Syria, Springer Science & Business Media, New York, USA, 2013

طه حمادي الحديثي،جغرافية السكان، دار الكتب للطباعة والنشر، ط٢، جامعة الموصل، ٢٠٠٠

Van der Merwe and Johannes Hendrik, GIS-aided land evaluation and decision-making for regulating urban expansion: A South African case study, Geo Journal, Vol. 43, No. 2, 1997

Masanobu Kii and Kazuki Nakamura, Development of a suitability model for estimation of global urban land cover, Transportation research procedia, Vol. 25, 2017

Abd El-Hady and I. A. H. Yousif, Land Evaluation and Sustainable Development of Some Areas of Dakhla Oasis, Egypt, Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, Vol. 4, No. 12, 2013

A.E. Gadem, et.al., Decision Support System for Soil Productivity and Erosion in Polk county, Nebraska, 2001, Internet Link: http://www.cse.unl.edu/~reich/publications/asprs2001-036.pdf

كامل كاظم بشير الكناني واحمد عبد السلام حنش الجابري، استعمال منهجية التحليل المكاني في تقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري لمدينة الكوت، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العدد ١٢، ٢٠١٢

عمر سالم يسلم المحمدي، شبكة الطرق والنقل الحضري في مدينة المكلا دراسة جغرافية باستعمال نظم المعلومات الجغرافية، المؤتمر الدولي الثالث لنظم المعلومات الجغرافية وتحقيق التنمية المستدامة، قسم الجغرافيا، جامعة طرابلس، ليبيا، ٢٠١٤

David a. Hensher, et al., Handbook of Transport Geography and Spatial Systems, Emerald Group Publishing Limited, UK, Third edition, 2008

Boualem El Kechebour, Relation between stability of slope and the urban density: Case study, Procedia Engineering, Vol. 114, 2015

Amal Najihah M. Nor, et al., Impact of rapid urban expansion on green space structure, Ecological Indicators, Vol. 81, 2017

YE Yuyao, et al., Construction of an ecological resistance surface model and its application in urban expansion simulations, Journal of Geographical Sciences, Vol. 25, No. 2, 2015

S. S. D. Foster, et al., Groundwater in urban development—a review of linkages and concerns, Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater Quality (IUGG), IAHS PUBLICATION, No. 259, 1999

Suraj Mohammed, Urbanization And Water Resources Vulnerability In The Kumasi Metropolitan Area, Ghana, Master Thesis, Linköping University, Department of Water and Environmental Studies, Sweden ,2004

YE Yuyao, et al., Construction of an ecological resistance surface model and its application in urban expansion simulations, Journal of Geographical Sciences, Vol. 25, No. 2, 2015

ESRI, ArcGIS Desktop 10.6.1 Software Help, Rescale by Function (Spatial Analyst), 2018 .

Asmelash Abay, et al., GIS-based Landslide Susceptibility Evaluation Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach: The Case of Tarmaber District, Ethiopia, Momona Ethiopian Journal of Science, Vol. 11, No. 1, 2019, p. 17.

Thomas L. Saaty, Decision making with the Analytic Hierarchy Process, International journal of services, Vol. 1, No. 1, 2008.

عدنان ماجد عبد الرحمن بري، النمذجة والمحاكاة باستعمال Excel, SIMAN, Arena and (General Purpose Simulation System (GPSS WORLD، جامعة الملك سعود، ٢٠٠٢، رابط الانترنت: http://www.abarry.net/or/SimulationBook.pdf .

James E. Coolahan, An Introduction to the Use of Modeling and Simulation Throughout the Systems Engineering Process, 2012, Internet link: https://02f0a56ef46d93f03c90-22ac5f107621879d5667e0d7ed595bdb.ssl.cf2.rackcdn.com/sites/785/uploads/7422/Guide_to_Use_of_M-S_In_SE20151028-12012-mzlpec.pdf

Anu Maria, Introduction to Modeling and Simulation, Proceedings of the 29th conference on Winter simulation, 1997

Xiaoping Liu, et al., A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects, Landscape and Urban Planning, Vol. 168, 2017

Olivier Therond, et al., Methodology to translate policy assessment problems into scenarios: the example of the SEAMLESS integrated framework, Environmental Science & Policy, Vol. 12, No. 5, 2009

Lena Bo¨ Rjeson, et al., Scenario types and techniques: Towards a user's guide, Futures, Vol. 38, No. 7, 2006

Jana Vojteková & Matej Vojtek, GIS-Based Landscape Stability Analysis: A Comparison of Overlay Method and Fuzzy Model for the Case Study in Slovakia, The Professional Geographer, Vol. 71, No. 4, 2019

Yu N Mironova, Use of fuzzy sets in modeling of GIS objects, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1015, No. 3, 2018

Theodosios Kritikos and Tim Davies, Assessment of rainfall-generated shallow landslide/ debris-flow susceptibility and runout using a GIS-based approach: application to western Southern Alps of New Zealand, Landslides, Vol. 12, No. 6, 2015